

SUMÁRIO

7.7	ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E DIRETAMENTE AFETADA DO MEIO FÍSICO	15
7.7.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS GERAIS.....	15
7.7.2	RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	17
7.7.2.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	17
7.7.2.2	Regime Hidrológico do Rio Xingu e seus Afluentes na AID.....	17
7.7.2.2.1	Pequenas Bacias	20
7.7.2.2.2	Igarapés Barrados pelos Diques	20
7.7.2.3	Caracterização Hidráulica do rio Xingu no Estirão do Reservatório	24
7.7.2.3.1	Reservatório.....	24
7.7.2.3.2	Igarapés de Altamira.....	59
7.7.2.4	Caracterização Hidráulica do rio Xingu no Trecho da Volta Grande	102
7.7.2.4.1	Rio Xingu	102
7.7.2.4.2	Caracterização Hidráulica do Bacajá.....	138
7.7.2.4.3	Caracterização Hidráulica dos rios Ituna, Itatá e Bacajaí.....	150
7.7.2.5	Transporte de Sedimentos pelo rio Xingu na AID	173
7.7.2.5.1	Introdução	173
7.7.2.5.2	Taxa de Aumento na Produção de Sedimentos	173
7.7.2.5.3	Curva-Chave de Sedimentos em Altamira	173
7.7.2.5.4	Avaliação do Assoreamento do Reservatório.....	174
7.7.2.5.5	Taxa de Produção de Sedimentos.....	176
7.7.2.5.6	Metodologia.....	176
7.7.2.5.7	Partição de Vazões.....	176
7.7.2.5.8	Abordagem Metodológica	176
7.7.2.5.9	Avaliação da Distribuição dos Sedimentos	179
7.7.2.5.10	Resultados.....	180
7.7.2.5.11	Bacia do Xingu na Região Amazônica.....	181
7.7.2.6	Lagoas Marginais e Insulares	182
7.7.2.6.1	Introdução	182
7.7.2.6.2	Elaboração do Mapa de Lagoas na AID.....	182
7.7.2.6.3	Levantamentos de Campo	183
7.7.2.6.4	Caracterização das Lagoas.....	185
7.7.3	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	191
7.7.3.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	191
7.7.3.2	Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos.....	196
7.7.3.2.1	Cadastro de Poços Tubulares do SIAGAS	199
7.7.3.3	Aquíferos e suas Potencialidades	204
7.7.3.4	Avaliação do Comportamento do Lençol Freático.....	208
7.7.3.5	Qualidade da Água Subterrânea	216
7.7.3.6	Conclusões.....	224
7.7.4	GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS	227
7.7.4.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	227
7.7.4.2	Unidades Geológicas	228
7.7.4.3	Geologia Estrutural.....	261
7.7.4.4	Recursos Minerais	281
7.7.4.4.1	Características Metalogenéticas	281
7.7.4.4.2	Mineralizações e Levantamento dos Recursos Minerais.....	283
7.7.4.4.3	Direitos Minerários.....	313

7.7.4.4.4	Potencial Metalogenético	319
7.7.4.5	Conclusões.....	321
7.7.5	ESPELEOLOGIA.....	324
7.7.5.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	324
7.7.5.2	Contexto Regional	325
7.7.5.3	Caracterização das Cavernas (Espeleometria) da AID/ADA	328
7.7.5.3.1	Caverna do Kararaô	330
7.7.5.3.2	Gruta Leonardo da Vinci	333
7.7.5.3.3	Abrigo do Santo Antônio.....	335
7.7.5.3.4	Abrigo Aturiá.....	335
7.7.5.3.5	Abrigo da Grota do Jôa.....	335
7.7.5.3.6	Gruta do Jôa.....	335
7.7.5.3.7	Abrigo do Paratizão	335
7.7.5.3.8	Gruta Cama de Vara	335
7.7.5.3.9	Caverna Pedra da Cachoeira.....	336
7.7.5.3.10	Caverna Bat-Loça	338
7.7.5.3.11	Gruta do Tic-Tac	338
7.7.5.3.12	Abrigo do Sismógrafo	338
7.7.5.3.13	Abrigo do Tatu	339
7.7.5.3.14	Loça Ultrajano	339
7.7.5.3.15	Abrigo do Beja	339
7.7.5.3.16	Abrigos Assurini.....	339
7.7.5.3.17	Abrigo da Gravura	341
7.7.5.3.18	Caverna do Sugiro	343
7.7.5.3.19	Abrigo Pedra do Navio	343
7.7.5.3.20	Kararaô Abrigo Novo	343
7.7.5.4	Principais Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Estruturais (Geoespeleologia).....	344
7.7.5.5	Origem das Cavernas (Espeleogenética)	350
7.7.5.6	Uso Atual das Cavernas.....	356
7.7.5.7	Conclusões Preliminares	357
7.7.6	GEOMORFOLOGIA	358
7.7.6.1	Aspectos Gerais	358
7.7.6.2	Procedimentos Metodológicos Específicos	358
7.7.6.3	Caracterização Geomorfológica da AID	360
7.7.6.3.1	Unidades de Relevô	360
7.7.6.3.2	Tipos de Terrenos	362
7.7.6.3.3	Canal Fluvial do rio Xingu	371
7.7.6.4	Conclusões.....	375
7.7.7	PEDOLOGIA	376
7.7.7.1	Solos	376
7.7.7.1.1	Aspectos Gerais	376
7.7.7.1.2	Procedimentos Metodológicos	377
7.7.7.1.3	Critérios de Classificação dos Solos.....	379
7.7.7.1.4	Descrição das Classes de Solos (Grandes Grupos)	379
7.7.7.1.5	Caracterização Ambiental e Físico-Química-Morfológica das Unidades Pedogenéticas	397
7.7.7.1.6	Uso Atual das Terras	397
7.7.7.2	Aptidão Agrícola das Terras.....	398
7.7.7.2.1	Condições Agrícolas das Terras e seus Graus de Limitações	398

7.7.7.2.2	Níveis de Manejo Considerados	400
7.7.7.2.3	Grupos de Aptidão Agrícola.....	400
7.7.7.2.4	Alternativas de Utilização das Terras	400
7.7.7.2.5	Classes de Aptidão Agrícola.....	401
7.7.7.2.6	Avaliação das Classes de Aptidão Agrícola das Terras	402
7.7.7.2.7	Viabilidade de Melhoramento das Condições Agrícolas das Terras	403
7.7.7.2.8	Mapa de Aptidão Agrícola das Terras	403
7.7.7.3	Resultados e Discussões	406
7.7.7.3.1	Aspectos Pedogenéticos	406
7.7.7.3.2	Cenários Agroecológicos.....	407
7.7.7.3.3	Áreas Seleccionadas para Detalhamento como Suporte para Futura Relocação e Assentamento Rural	414
7.7.7.4	Conclusões.....	415
7.7.8	SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DAS TERRAS.....	417
7.7.8.1	Aspectos Gerais	417
7.7.8.2	Procedimentos Metodológicos Específicos	418
7.7.8.2.1	Definição dos Graus de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Geológico-Geomorfológico.....	418
7.7.8.2.2	Definição dos Graus de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Pedológico	422
7.7.8.2.3	Avaliação Integrada da Geologia, Geomorfologia e Solo na Definição da Susceptibilidade à Erosão das Terras	425
7.7.8.3	Caracterização da Susceptibilidade à Erosão das Terras da AID.....	428
7.7.8.4	Conclusões.....	430
7.7.9	ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS	432
7.7.9.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	432
7.7.9.2	Processos e Mecanismos de Instabilização das Encostas Marginais e seus Condicionantes	433
7.7.9.2.1	Condicionantes	433
7.7.9.2.2	Processos e Mecanismos	434
7.7.9.3	Reservatório do Xingu.....	436
7.7.9.3.1	Compartimento - B5- Ilha Babaquara/Montante Ilha Grande.....	436
7.7.9.3.2	Compartimento B4 - Paratizinho/Ilha Babaquara	437
7.7.9.3.3	Compartimento B3 – Ilha da Taboca/Paratizinho	438
7.7.9.3.4	Compartimento B2 – Barragem/Ilha da Taboca.....	439
7.7.9.4	Reservatório dos Canais	439
7.7.9.5	Jusante da Casa de Força Principal.....	441
7.7.9.6	Conclusões.....	441
7.7.10	INVESTIGAÇÕES E AVALIAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E FUGAS D’ÁGUA	444
7.7.10.1	Procedimentos Metodológicos Específicos	444
7.7.10.2	Risco geológico-geotécnico.....	444
7.7.10.2.1	Suficiência das investigações	445
7.7.10.2.2	Possibilidade de sismicidade natural e induzida.....	446
7.7.10.2.3	Possíveis condicionantes e processos geológico-geotécnicos relacionados a riscos nos sítios do empreendimento	447
7.7.10.3	Conclusões.....	459
7.7.11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	461

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA 7.7.2-1 - Igarapés dos Diques	21
FIGURA 7.7.2-2 - Remanso no Reservatório - Localização das Seções Topobatimétricas	25
FIGURA 7.7.2-3 - Igarapés de Altamira - Bacias Hidrográficas	62
FIGURA 7.7.2-4 - Igarapés de Altamira - Pedologia.....	64
FIGURA 7.7.2-5 - Igarapés de Altamira - Mapa de Vegetação	65
FIGURA 7.7.2-6 - Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados - Igarapé e Painelas	72
FIGURA 7.7.2-7 - Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados - Igarapé e Altamira	73
FIGURA 7.7.2-8 - Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados - Igarapé Ambé.....	74
FIGURA 7.7.2-9 - Localização das Seções - Cálculo de Remanso - Diagnóstico - Igarapé Painelas	78
FIGURA 7.7.2-10 - Localização das Seções - Cálculo de Remanso – Diagnóstico – Igarapé Altamira	79
FIGURA 7.7.2-11 - Localização das Seções – Cálculo de Remanso – Diagnóstico – Igarapé Ambé.....	80
FIGURA 7.7.2-12 - Localização das Seções - Cálculo do Remanso - Prognóstico - Igarapé Painelas	90
FIGURA 7.7.2-13 - Localização das Seções - Cálculo do Remanso - Prognóstico - Igarapé Altamira	91
FIGURA 7.7.2-14 - Localização das Seções - Cálculo do Remanso - Prognóstico - Igarapé Ambé.....	92
FIGURA 7.7.2-15 - Localização das Seções	104
FIGURA 7.7.2-16 - Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Medidos ...	108
FIGURA 7.7.2-17 - Imagem de Satélite - Período de Transição - Localização das Seções ..	114
FIGURA 7.7.2-18 - Topologia das Seções no Modelo HEC RAS- Vazões Baixas.....	116
FIGURA 7.7.2-19 - Topologia das Seções no Modelo HEC RAS - Vazões Altas	117
FIGURA 7.7.2-20 - Partição de Vazão pelo Canal	134
FIGURA 7.7.2-21 - Rio Bacajá - Estudo de Remanso - Localização das Seções.....	139
FIGURA 7.7.2-22 - Volta Grande - Rio Itatá - Localização das Seções.....	151
FIGURA 7.7.2-23 - Volta Grande - Rio Bacajá - Localização das Seções.....	152
FIGURA 7.7.2-24 - Cartografia da foz do rio Ituna.....	155
FIGURA 7.7.3-1 - Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos AII e AID AHE Belo Monte (MME/SGMTM/CPRM, 2007).	197
FIGURA 7.7.3-2 - Localização de poços constantes no cadastro do SIAGAS, na região de Altamira	201
FIGURA 7.7.3-3 - Poço raso na cidade de Altamira incluído no.....	210
FIGURA 7.7.3-4 - Poço raso na cidade de Altamira incluído no cadastro das campanhas de hidrogeologia e selecionado para coleta de amostras para análise de qualidade da água.....	210
FIGURA 7.7.3-5 - Lixão de Altamira	215
FIGURA 7.7.4-1 - Contato entre metavulcânica básica com veios.....	232
FIGURA 7.7.4-2 - Fragmentos de metavulcânica básica com veios.....	232
FIGURA 7.7.4-3 - Amostra de mão do Anfibolito Itatá.	233
FIGURA 7.7.4-4 - Amostra de mão de veio de quartzo aurífero.	233
FIGURA 7.7.4-5 - Encosta com blocos de rochas da Unidade AxrIII.....	236
FIGURA 7.7.4-6 - Ilha no rio Xingu, na região do sítio Bela Vista,.....	236

FIGURA 7.7.4-7 - Afloramento de migmatito da Unidade AxrIII	237
FIGURA 7.7.4-8 - Migmatito da Unidade AxrIII na cachoeira do	237
FIGURA 7.7.4-9 - Migmatito da Unidade AxrIII no rio Xingu nas proximidades do canal Salvaterra, observando-se	238
FIGURA 7.7.4-10 - Gnaisse grosseiro com pórfiros da Unidade	238
FIGURA 7.7.4-11 - Migmatito da Unidade AxrIII, com encraves de.....	239
FIGURA 7.7.4-12 - Migmatito da Unidade AxrIII na foz do rio Bacajá.....	239
FIGURA 7.7.4-13 - Gnaisse da Unidade AxrIII cortado por veios.....	240
FIGURA 7.7.4-14 - Amostra de mão de migmatito.....	240
FIGURA 7.7.4-15 - Amostra de mão do Granodiorito Oca sulfetado.....	242
FIGURA 7.7.4-16 - Granito da Unidade AxrV, róseo, rico em feldspato potássico, de granulação média, equigranular,.....	244
FIGURA 7.7.4-17 - Amostra de mão do granito da Figura 7.7.4-16.....	244
FIGURA 7.7.4-18 - Granito da Unidade AxrV, róseo, rico em biotita, de granulação média a grossa, na margem esquerda do rio	245
FIGURA 7.7.4- 19 - Seqüência ideal de fácies para a Formação Trombetas (St), Membro Pitinga acima e Membros Pitinga e Manacapuru - abaixo (ELETRONORTE, 2002).....	248
FIGURA 7.7.4-20 - Argilito cinza esverdeado, com laminação plano	249
FIGURA 7.7.4-21 - Falhas cortando os argilitos da Formação.....	249
FIGURA 7.7.4-22 - Seqüência ideal de fácies para a Formação Maecuru - Dm (ELETRONORTE, 2002).....	251
FIGURA 7.7.4-23 - Erosão de grandes dimensões instalada	252
FIGURA 7.7.4-24 - Arenito médio a grosso, friável, com.....	252
FIGURA 7.7.4-25 - Arenito médio a grosso, friável, com estratificações cruzadas, exposto nas paredes da erosão da Figura 7.7.4-24. Detalhe da estratificação cruzada.....	253
FIGURA 7.7.4-26 - Pedral no leito do rio Xingu, nas proximidades do aeroporto de Altamira, constituído por arenitos da Formação Maecuru.....	253
FIGURA 7.7.4-27 - Formação Ererê exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 49,0. Apresenta arenito branco, friável, sotoposto a uma seqüência de arenitos finos, siltitos e argilitos, com estratificação plano-paralela.....	254
FIGURA 7.7.4-28 - Formação Curuá exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 38,0, constituída por argilitos e siltitos.....	255
FIGURA 7.7.4-29 - Formação Curuá exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 42,0, constituída por folhelho cinza-escuro.....	255
FIGURA 7.7.4-30 - Solo de alteração do diabásio Penatecaua exposto em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 48,0, constituído por argila siltosa vermelha com manchas amarelas.....	256
FIGURA 7.7.4-31 - Formação Alter do Chão exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do km 42,0, constituída por areia média a grossa, friável amarela e vermelha. Apresenta nível cimentado por compostos de ferro no contato com os folhelhos da Formação Curuá.....	257
FIGURA 7.7.4-32 - Aluvião na margem direita do rio Xingu, a montante de Altamira, constituído por argila cinza, explorada na década de 80 para a fabricação de tijolos. Área sujeita a alagamento nas cheias.....	259
FIGURA 7.7.4-33 - Aluvião no leito do rio Xingu, na região do sítio Pimental, constituído por argila cinza.....	260

FIGURA 7.7.4-34 - Bloco Escalço limitado pelo Lineamento Xambioá-Piranhauara e pela Bacia Sedimentar do Amazonas (Santos, 1986, apud CNEC/ELETRONORTE, 1987).	262
FIGURA 7.7.4-35 - (A) Modelo de rampa frontal para cisalhamento dúctil de baixo ângulo. A seta indica o sentido do movimento do bloco superior não representado. (B) Linhas de fluxo milonítico do evento dúctil de baixo ângulo em perfil (Coward,1980 apud CNEC/ELETRONORTE,1987).....	263
FIGURA 7.7.4-36 - Afloramento expondo brecha de falha de cor avermelhada e esbranquiçada.	265
FIGURA 7.7.4-37 - Amostra de mão da brecha de falha da Figura 7.7.4-36.	266
FIGURA 7.7.4-38 - Modelo esquemático das áreas em soerguimento e abatimento no médio/baixo vale do Xingu, proximidades de Altamira (Santos,1986, apud CNEC/ELETRONORTE,1987).....	268
FIGURA 7.7.4-39 - Localização das áreas com evidências neotectônicas e lineamentos do rio Xingu (modificado de Rodriguez, 1993).....	270
FIGURA 7.7.4-40 - Sondagem em execução pela Geosol, para a Verena Mineração, entre os garimpos Ouro Verde e da região da Ressaca, para avaliação da reserva aurífera na área.	295
FIGURA 7.7.4-41 - Garimpo de ouro Serrinha - Shaft para extração do minério.	295
FIGURA 7.7.4-42 - Garimpo de ouro Serrinha - Fragmentos de rocha com veios de quartzo auríferos (frisos) extraídos através de lavra subterrânea.	296
FIGURA 7.7.4-43 - Garimpo Ouro Verde - Área de aluvião lavrado no passado e atualmente recoberta por vegetação.	296
FIGURA 7.7.4-44 - Garimpo Ouro Verde - Cava de extração do minério em elúvio.	297
FIGURA 7.7.4-45 - Garimpo de ouro Grota Seca - Área de aluvião lavrado no passado, considerada a maior da região da Ressaca e atualmente exaurida.	297
FIGURA 7.7.4-46 - Garimpo de ouro Grota Seca - Lavra em depósito eluvionar.	298
FIGURA 7.7.4-47 - Garimpo de ouro Grota Seca - Extração de minério primário através de galerias.....	298
FIGURA 7.7.4-48 - Garimpo de ouro do Galo - Poço para extração de minério primário....	299
FIGURA 7.7.4-49 - Garimpo de ouro do Galo - Instalação de beneficiamento do minério primário envolvendo britagem, moagem e concentração em caixas.	299
FIGURA 7.7.4-50 - Garimpo de ouro Itatá - Minério extraído estocado para beneficiamento, observando-se a rocha metabásica com os veios de quartzo auríferos (faixas claras).....	300
FIGURA 7.7.4-51 - Garimpo de ouro Itatá - Tratamento do minério primário feito de acordo com o mesmo padrão utilizado nos demais garimpos da região. O material retido nas caixas é amalgamado com mercúrio, sendo o ouro recuperado após a volatilização do mercúrio.	300
FIGURA 7.7.4-52 - Garimpo de ouro Itatá - Pré-concentrado das caixas.	301
FIGURA 7.7.4-53 - Garimpo de ouro Itatá - Área de aluvião lavrado no passado e atualmente exaurido, considerado uma dos maiores da região.	301
FIGURA 7.7.4-54 - Garimpo de ouro Canela - Em primeiro plano o aluvião lavrado e ao fundo a corrutela do Ressaca.	302
FIGURA 7.7.4-55 - Garimpo de ouro Gauchão - Vista do barranco de colúvio/elúvio e instalação de tubulação para desmonte hidráulico.	302
FIGURA 7.7.4-56 - Atividade garimpeira através de balsa no rio Xingu, em frente ao povoado do Galo.	303
FIGURA 7.7.4-57 - Fotografia aérea das áreas de extração de argila e localização dos depósitos no igarapé Pannels.	304

FIGURA 7.7.4-58 - Fotografia aérea das áreas de extração de argila.....	305
FIGURA 7.7.4-59 - Área de extração mecanizada de argila na margem direita do igarapé Panelas, próximo ao rio Xingu (Ag-2). Toda produção é utilizada pela Cerâmica Santa Clara.	307
FIGURA 7.7.4-60 - Olaria e depósito de argila situados na margem direita do igarapé Panelas, junto à estrada que liga Altamira ao aeroporto (Ag-3).....	308
FIGURA 7.7.4-61 - Área de extração de argila na margem esquerda do igarapé Panelas, em fase de exaustão. Em frente, pó de serragem utilizada na forragem dos tijolos (Ag-6).	308
FIGURA 7.7.4-62 - Extração manual de argila no igarapé Ambé (Ag-9).	309
FIGURA 7.7.4-63 - Detalhe de extração manual de argila no igarapé Ambé (Ag-9).....	309
FIGURA 7.7.4-64 - Área de extração de argila desativada na planície do igarapé Ambé (Ag-9).....	310
FIGURA 7.7.4-65 - Área de extração de argila e fabricação de tijolos em São Francisco/Colinas, na planície de um igarapé afluente do Ambé, próxima à rodovia Transamazônica (Ag-10).	310
FIGURA 7.7.4-66 - Extração de areia e cascalho no leito do rio Xingu, através de bomba de cascalho instalada em barcos.....	311
FIGURA 7.7.4-67 - Detalhe da extração de cascalhos.....	312
FIGURA 7.7.4-68 - Extração de areia e cascalho com equipamentos de dragagem e beneficiamento instalados em balsa com capacidade para 40 -50 m3 por viagem.	312
FIGURA 7.7.4-69 - Armazenamento para a comercialização de areia e cascalho extraídos no rio Xingu, localizado às margens do rio Xingu, em Altamira.....	313
FIGURA 7.7.5-1 - Delimitação da Província Espeleológica Altamira-Itaituba.....	327
FIGURA 7.7.5-2 - Planta Baixa detalhada da Caverna Kararaô.....	330
FIGURA 7.7.5-3 - Aspecto da entrada da Caverna Kararaô.....	331
FIGURA 7.7.5-4 - Aspecto do levantamento topográfico no Salão Kararaô.....	332
FIGURA 7.7.5-5 - Galeria leste da Caverna Kararaô onde está situado o córrego Rego Gruta Beleza.....	332
FIGURA 7.7.5-6 - Planta Baixa detalhada da Gruta Leonardo Da Vinci.....	333
FIGURA 7.7.5-7 - Cachoeira localizada imediatamente ao lado das entradas da Gruta Leonardo Da Vinci.....	334
FIGURA 7.7.5-8 - Vista frontal das entradas da Gruta Leonardo Da Vinci.....	334
FIGURA 7.7.5-9 - Planta Baixa detalhada da Caverna Pedra da Cachoeira.....	336
FIGURA 7.7.5-10 - Córrego Rego GEP - Amor no interior da Caverna Pedra da Cachoeira.....	337
FIGURA 7.7.5-11 - Parede do Salão do Firmamento na Caverna Pedra da Cachoeira.....	337
FIGURA 7.7.5-12 - Vista do paredão de arenito com a entrada do abrigo Assurini em julho de 2008. O abrigo encontrava-se quase que inteiramente submerso.....	340
FIGURA 7.7.5-13 - Detalhe da Figura anterior. Notar que é possível visualizar uma porção emersa de 20 cm junto ao teto do abrigo.....	340
FIGURA 7.7.5-14 - Vista do paredão vertical de arenito, na margem esquerda do rio Xingu, onde se encontra o Abrigo da Gravura.....	341
FIGURA 7.7.5-15 - Vista de dentro para fora do abrigo.....	342
FIGURA 7.7.5-16 - Detalhe das gravuras em baixo relevo observadas no interior do abrigo.....	342
FIGURA 7.7.5-17 - Aspecto da porção interna do Kararaô Abrigo Novo.....	343
FIGURA 7.7.5-18 - Vista de dentro para fora da entrada do Kararaô Abrigo Novo.....	344

FIGURA 7.7.5-19 - Espeleotema tipo popcorn decorrente da precipitação de sílica amorfa nas paredes e tetos da Caverna Pedra da Cachoeira.	349
FIGURA 7.7.5-20 - Bloco esquemático da Borda Sul da Bacia Sedimentar do Amazonas, proximidades de Altamira, ilustrando o posicionamento das cavernas da Província Altamira - Itaituba em relação aos elementos de relevo e padrão de drenagem da região (CNEC/ ELETRONORTE, 1987).....	355
FIGURA 7.7.6-1 - Unidades de Relevo presentes na AID.....	361
FIGURA 7.7.6-2 - Escarpa dissecada sustentada por arenitos da Formação Maecuru.....	365
FIGURA 7.7.6-3 - Relevo de Morrotes e Morros com topos estreitos e convexos.....	366
FIGURA 7.7.6-4 - Boçoroca presente nos relevos de Morrotes e Morros sustentados por arenitos.....	367
FIGURA 7.7.6-5 - Relevo de Morrotes, forma isolada de topo estreito convexo.....	368
FIGURA 7.7.6-6 - Relevo de Colinas médias e pequenas com topos convexos.....	368
FIGURA 7.7.6-7 - Relevo de Colinas médias, formas subniveladas com topos convexos longos e vales erosivos abertos.	369
FIGURA 7.7.6-8 - Planície Fluvial de afluente do rio Xingu	370
FIGURA 7.7.6-9 - Área alagadiça em Planície Fluvial.....	371
FIGURA 7.7.6-10 - Ilha aluvial com barra arenosa	372
FIGURA 7.7.6-11 - Ilha do Arapujá com Altamira ao fundo	372
FIGURA 7.7.6-12 - Aspecto do rio Xingu com canais anastomosados, ilhas aluviais e pedrais.	373
FIGURA 7.7.6-13 - Canal em rocha com extenso afloramento rochoso	374
FIGURA 7.7.6-14 - Corredeira a jusante do rio Bacajá	374
FIGURA 7.7.7-1 - Argissolo Acinzentado Alumínico.....	380
FIGURA 7.7.7-2 - Argissolo Amarelo Alumínico.....	381
FIGURA 7.7.7-3 - Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico.....	382
FIGURA 7.7.7-4 - Argissolo Vermelho Distrófico e Eutrófico	383
FIGURA 7.7.7-5 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico	384
FIGURA 7.7.7-6 - Cambissolo Háptico Tb Eutrófico Argissólico	385
FIGURA 7.7.7-7 - Espodossolo Cárbico.....	386
FIGURA 7.7.7-8 - Gleissolo Háptico Alumínico.....	387
FIGURA 7.7.7-9 - Latossolo Amarelo Alumínico.....	388
FIGURA 7.7.7-10 - Latossolo Vermelho Amarelo Alumínico.....	389
FIGURA 7.7.7-11 - Neossolo Flúvico Distrófico	390
FIGURA 7.7.7-12 - Neossolo Litólico Distrófico.....	391
FIGURA 7.7.7-13 - Neossolo Quartzarênico Alumínico Órtico.....	392
FIGURA 7.7.7-14 - Neossolo Quartzarênico Alumínico Hidromórfico.....	392
FIGURA 7.7.7-15 - Nitossolo Vermelho Eutrófico	393
FIGURA 7.7.7-16 - Nitossolo Háptico Eutrófico	394
FIGURA 7.7.7-17 - Planossolo Hidromórfico Distrófico	395
FIGURA 7.7.7-18 - Plintossolo Pétrico Concrecionário.....	396
FIGURA 7.7.7-19 - Plintossolo Háptico Alumínico.....	397
FIGURA 7.7.8-1 - Mapa Esquemático de Grau de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Geológico-Geomorfológico (AID).....	422
FIGURA 7.7.8-2 - Mapa Esquemático de Grau de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Pedológico (AID)	425

LISTA DOS GRÁFICOS

GRÁFICO 7.7.2-1 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais - Posto: Altamira - rio Xingu	18
GRÁFICO 7.7.2-2 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais - Posto: Fazenda Cipaúba ...	19
GRÁFICO 7.7.2-3 - Sazonalidade dos Níveis d'Água - Posto: Belo Monte	20
GRÁFICO 7.7.2-4 - Vazões Médias Estimadas - Igarapé 1	22
GRÁFICO 7.7.2-5 - Vazões Médias Estimadas - Igarapé 3.....	22
GRÁFICO 7.7.2-6 - Vazões Médias Estimadas - Igarapé 4.....	23
GRÁFICO 7.7.2-7 - Vazões Médias Estimadas - Igarapé 5.....	23
GRÁFICO 7.7.2-8 - Vazões Médias Estimadas - Igarapé 6.....	24
GRÁFICO 7.7.2-9 - Curva chave em Altamira.....	27
GRÁFICO 7.7.2-10 - Curva chave em Cana Verde I.....	27
GRÁFICO 7.7.2-11 - Curva Chave no Eixo Pimental	28
GRÁFICO 7.7.2-12 - Curva Chave. Cana Verde I.....	29
GRÁFICO 7.7.2-13 - Curva Chave em Cana Verde II	29
GRÁFICO 7.7.2-14 - Curva Chave em Taboca	30
GRÁFICO 7.7.2-15 - Curva Chave em BM-1.....	30
GRÁFICO 7.7.2-16 - Curva Chave em BM-2.....	31
GRÁFICO 7.7.2-17 - Curva Chave em BM-2.....	31
GRÁFICO 7.7.2-18 - Curva Chave da ANA em Altamira	32
GRÁFICO 7.7.2-19 - Curva Chave de Altamira e Pontos de Aferição atuais	38
GRÁFICO 7.7.2-20 - Vazão de 1017 m ³ /s (Média das Mínimas Anuais). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	41
GRÁFICO 7.7.2-21 - Vazão de 7.851 m ³ /s (média de longo termo).....	43
GRÁFICO 7.7.2-22 - Vazão de 23.414 m ³ /s (Cheia média anual).....	46
GRÁFICO 7.7.2-23 - Vazão de 26.270 m ³ /s (TR= 5 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	47
GRÁFICO 7.7.2-24 - Vazão de 29.518 m ³ /s (TR= 10 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	50
GRÁFICO 7.7.2-25 - Vazão de 33.812m ³ /s (TR= 25 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	51
GRÁFICO 7.7.2-26 - Vazão de 37.060m ³ /s (TR= 50 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	53
GRÁFICO 7.7.2-27 - Vazão de 40.309 m ³ /s (TR= 100 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.	54
GRÁFICO 7.7.2-28 - Cidade de Altamira. Comparação dos Níveis d'água para as condições Naturais e com Reservatório.	59
GRÁFICO 7.7.2-29 - Vazões e Recorrências no Pannels	69
GRÁFICO 7.7.2-30 - Vazões e Recorrências no Altamira	70
GRÁFICO 7.7.2-31 - Vazões e Recorrências no Ambé.....	70
GRÁFICO 7.7.2-32 - Igarapé Pannels - Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.	83
GRÁFICO 7.7.2-33 - Igarapé Altamira - Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.	84
GRÁFICO 7.7.2-34 - Igarapé Ambé- Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.	85
GRÁFICO 7.7.2-35 - Linhas d'água no Igarapé Pannels	94
GRÁFICO 7.7.2-36 - Linhas d'água no Igarapé Altamira	95
GRÁFICO 7.7.2-37 - Linhas d'água no Igarapé Ambé	96

GRÁFICO 7.7.2-38 - Eixo Cana Verde I	109
GRÁFICO 7.7.2-39 - Eixo Pimental.	109
GRÁFICO 7.7.2-40 - Eixo HEC I.	110
GRÁFICO 7.7.2-41 - Seção 7- Próxima a foz do Bacajá.....	110
GRÁFICO 7.7.2-42 - Níveis d' água e Vazão concomitantes nos eixos Pimental e.....	112
GRÁFICO 7.7.2-43 - Porcentual da Vazão total nos eixos Pimental e Cana Verde I	112
GRÁFICO 7.7.2-44 - Aferição para vazão de 970 m ³ /s - Margem Direita	119
GRÁFICO 7.7.2-45 - Aferição para vazão de 970 m ³ /s - Margem Esquerda	120
GRÁFICO 7.7.2-46 - Aferição para a vazão de 16.000 m ³ /s - Margem Direita	121
GRÁFICO 7.7.2-47- Aferição para a vazão de 16.000 m ³ /s - Margem Esquerda	121
GRÁFICO 7.7.2-48 - Aferição para a vazão de 26.050 m ³ /s - Margem Direita	122
GRÁFICO 7.7.2-49 - Aferição para a vazão de 26.050 m ³ /s - Margem Esquerda	122
GRÁFICO 7.7.2-50 - Aferição\verificação para a vazão de 20.438 m ³ /s - Margem Direita .	123
GRÁFICO 7.7.2-51 - Aferição\verificação para a vazão de 20.438 m ³ /s - Margem Esquerda	123
GRÁFICO 7.7.2-52 - Aferição\verificação para a vazão de 3.639 m ³ /s - Margem Direita ...	124
GRÁFICO 7.7.2-53 - Aferição\verificação para a vazão de 3.639 m ³ /s - Margem Esquerda .	124
GRÁFICO 7.7.2-54 - Aferição\verificação para a vazão de 4.292 m ³ /s - Margem Direita ...	125
GRÁFICO 7.7.2-55 - Aferição\verificação para a vazão de 4.292 m ³ /s - Margem Esquerda	125
GRÁFICO 7.7.2-56 - Aferição\verificação para a vazão de 7.851 m ³ /s - Margem Direita ...	126
GRÁFICO 7.7.2-57 - Aferição\verificação para a vazão de 7.851 m ³ /s - Margem Esquerda	126
GRÁFICO 7.7.2-58 - Níveis d' água no Xingu - Vazões Baixas.....	127
GRÁFICO 7.7.2-59 - Níveis d' água no Xingu - Vazões Médias.....	127
GRÁFICO 7.7.2-60 - Níveis d' água no Xingu - Vazões Altas	128
GRÁFICO 7.7.2-61 - Velocidades no Xingu - Vazões Baixas	128
GRÁFICO 7.7.2-62- Velocidades no Xingu - Vazões Médias	129
GRÁFICO 7.7.2-63 - Velocidades no Xingu - Vazões Altas.....	129
GRÁFICO 7.7.2-64 - Profundidades Máximas no Xingu - Seção Nova 2 = São Pedro - ME	130
GRÁFICO 7.7.2-65 - Profundidades Máximas no Xingu - Seção 8 - Ressaca Ilha da Fazenda	130
GRÁFICO 7.7.2-66 - Profundidades Máximas no Xingu - Seção 5 - TI Paquiçamba	131
GRÁFICO 7.7.2-67 - Profundidades Máximas no Xingu - Seção Nova 4 - TI Paquiçamba.	131
GRÁFICO 7.7.2-68- Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 1	132
GRÁFICO 7.7.2-69 - Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 8	132
GRÁFICO 7.7.2-70 - Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 2	133
GRÁFICO 7.7.2-71 - Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 3	133
GRÁFICO 7.7.2-72 - Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais	140
GRÁFICO 7.7.2-73 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais	141
GRÁFICO 7.7.2-74 - Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais.....	141
GRÁFICO 7.7.2-75 - Vazões no Xingu x Bacajá	142
GRÁFICO 7.7.2-76 - Curva Chave na Seção 7 do Xingu, próximo a Foz do Bacajá	143
GRÁFICO 7.7.2-77 - Cenário 1 (março). - rio Bacajá - Vazão de 1.465 m ³ /s.....	145
GRÁFICO 7.7.2-78 - Cenário 2 (abril). - rio Bacajá - Vazão de 840 m ³ /s	145
GRÁFICO 7.7.2-79 - Cenário 3 (maio). - rio Bacajá. Vazão de 40 m ³ /s	146
GRÁFICO 7.7.2-80- Vazões no Xingu x Bacajá.	154
GRÁFICO 7.7.2-81 - Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais	156
GRÁFICO 7.7.2-82 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais	157
GRÁFICO 7.7.2-83 - Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais.....	157
GRÁFICO 7.7.2-84 - Curva Chave Foz do Itatá.....	158

GRÁFICO 7.7.2-85 - Rio Itatá - Cenário 1 - Vazão de 95 m ³ /s.....	159
GRÁFICO 7.7.2-86 - Rio Itatá - Cenário 2 - Vazão de 51 m ³ /s.....	160
GRÁFICO 7.7.2-87 - Rio Itatá - Cenário 3 - Vazão de 2 m ³ /s.....	160
GRÁFICO 7.7.2-88 - Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais	165
GRÁFICO 7.7.2-89 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais	165
GRÁFICO 7.7.2-90 - Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais.....	166
GRÁFICO 7.7.2-91 - Curva Chave Foz do Bacajaí.....	166
GRÁFICO 7.7.2-92 - Rio Bacajaí - Cenário 1 - Vazão de 136 m ³ /s.....	168
GRÁFICO 7.7.2-93 - Rio Bacajaí - Cenário 2 - Vazão de 72 m ³ /s.....	168
GRÁFICO 7.7.2-94 - Rio Bacajaí - Cenário 3 - Vazão de 3 m ³ /s.....	169
GRÁFICO 7.7.2-95 - Curva Chave de Sedimentos - Posto: Altamira.....	174
GRÁFICO 7.7.2-96 - Curva de Brune.....	177
GRÁFICO 7.7.2-97 - Curva Volume versus Profundidade - Tipo de Reservatório	178
GRÁFICO 7.7.2-98 - Curvas Cota x Área x Volume	180
GRÁFICO 7.7.2-99 - Novas Curvas Cota x Área x Volume	180
GRÁFICO 7.7.2-100 - Transporte de Sedimentos - Bacias da Região Amazônica.....	181
GRÁFICO 7.7.3-1 - Valores de temperatura da água dos poços.	216
GRÁFICO 7.7.7-1 - Balanço Hídrico Climatológico.....	412
GRÁFICO 7.7.7-2 - Armazenamento: Máximo e Efetivo	412

LISTA DAS TABELAS

TABELA 7.7.2-1 Vazões Estimadas para os Pequenos Cursos d'água	20
TABELA 7.7.2-2 Dados da Aferição dos Estudos de Remanso	26
TABELA 7.7.2-3 Níveis d'água para a vazão de 1.125 m ³ /s (25/11/07)	32
TABELA 7.7.2-4 Níveis d'água para a vazão de 20.078 m ³ /s (16/03/08)	33
TABELA 7.7.2-5 Distância entre Seções. Seções de montante para jusante.....	33
TABELA 7.7.2-6 Topologia do Modelo com Seções Interpoladas	34
TABELA 7.7.2-7 Aferição Vazões de 3450 e 9200 m ³ /s.....	36
TABELA 7.7.2-8 Aferição. Vazões de 12.300 e 20.078 m ³ /s.....	37
TABELA 7.7.2-9 Aferição. Vazões de 30.250 e 34.795 m ³ /s.....	37
TABELA 7.7.2-10 Vazões Características.....	39
TABELA 7.7.2- 11 Resultados - Condições naturais. Vazão de 1017 m ³ /s.....	39
TABELA 7.7.2-12 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 1017 m ³ /s	40
TABELA 7.7.2-13 Resultados - Condições naturais. Vazão de 7.851 m ³ /s.....	42
TABELA 7.7.2-14 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 7.851 m ³ /s (média de longo termo).....	43
TABELA 7.7.2-15 Resultados - Condições naturais. Vazão de 23.414 m ³ /s (Cheia média anual).....	44
TABELA 7.7.2-16 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 23.414 m ³ /s (Cheia média anual).....	45
TABELA 7.7.2-17 Resultados - Condições naturais. Vazão de 26.270 m ³ /s (TR = 5 anos). .	46
TABELA 7.7.2-18 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 26.270 m ³ /s (TR= 5 anos)....	47
TABELA 7.7.2-19 Resultados - Condições naturais. Vazão de 29.518 m ³ /s (TR = 10 anos).	48
TABELA 7.7.2-20 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 29.518 m ³ /s (TR = 10 anos)..	49
TABELA 7.7.2-21 Resultados - Condições naturais. Vazão de 33.812m ³ /s (TR = 25 anos).	50
TABELA 7.7.2-22 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 33.812m ³ /s (TR = 25 anos)...	51
TABELA 7.7.2- 23Resultados - Condições naturais. Vazão de 37.060m ³ /s (TR = 50 anos).	52
TABELA 7.7.2- 24Resultados - Com Reservatório. Vazão de 37.060m ³ /s (TR = 50 anos)...	52

TABELA 7.7.2-25 Resultados - Condições naturais. Vazão de 40.309 m ³ /s (TR = 100 anos).	53
TABELA 7.7.2-26 Resultados - Com Reservatório. Vazão de 40.309 m ³ /s (TR = 100 anos).	54
TABELA 7.7.2-27 Resultados - Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 1/4	55
TABELA 7.7.2- 28 Resultados - Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 2/4	55
TABELA 7.7.2- 29 Resultados - Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 3/4	56
TABELA 7.7.2- 30 Resultados - Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 4/4	56
TABELA 7.7.2-31 Cidade de Altamira. Comparação dos Níveis d'água para as condições Naturais e com Reservatório.	58
TABELA 7.7.2-32 Totais precipitados (mm) em 24 horas	66
TABELA 7.7.2-33 Hietograma de Projeto - Chuvas no Posto Taperinha, PA	67
TABELA 7.7.2-34 Números de Curva (CN)	68
TABELA 7.7.2-35 Cálculo dos Tempos de Concentração (TC)	68
TABELA 7.7.2-36 Picos dos Hidrogramas	69
TABELA 7.7.2-37 Vazões e Níveis em Altamira. Condições Naturais	75
TABELA 7.7.2-38 Topologia Panelas	76
TABELA 7.7.2-39 Topologia Altamira	76
TABELA 7.7.2-40 Topologia Ambé	76
TABELA 7.7.2-41 Igarapé Panelas	82
TABELA 7.7.2-42 Igarapé Altamira	83
TABELA 7.7.2-43 Igarapé Ambé	83
TABELA 7.7.2-44 Vazões e Níveis no rio Xingu	87
TABELA 7.7.2-45 Igarapé Panelas - Condição Atual	87
TABELA 7.7.2-46 Igarapé Altamira - Condição Atual	87
TABELA 7.7.2-47 Igarapé Ambé - Condição Atual	88
TABELA 7.7.2-48 Vazões e Níveis no rio Xingu	88
TABELA 7.7.2-49 Topologia Igarapé Panelas	93
TABELA 7.7.2-50 Topologia Igarapé Altamira	93
TABELA 7.7.2-51 Topologia Igarapé Ambé	93
TABELA 7.7.2-52 Resultados do remanso. Igarapé Panelas	94
TABELA 7.7.2-53 Resultados do Remanso. Igarapé Altamira	95
TABELA 7.7.2-54 Resultados do remanso. Igarapé Ambé	96
TABELA 7.7.2-55 Resumo das Condições do Igarapé Panelas.	99
TABELA 7.7.2-56 Resumo das Condições do Igarapé Altamira.	100
TABELA 7.7.2-57 Resumo das Condições do Igarapé Ambé.	101
TABELA 7.7.2-58 Níveis d'água observados e calculados	105
TABELA 7.7.2-59 Partição da Vazão na Seção 5	105
TABELA 7.7.2-60 Medições de Vazão - Fevereiro de 2008	111
TABELA 7.7.2-61 Distâncias pelo centro das seções - Topologia - Vazões Baixas	116
TABELA 7.7.2-62 Distâncias pelo centro das seções - Topologia - Vazões Altas	118
TABELA 7.7.2-63 Variação dos Perímetros Molhados (m) das seções com as Vazões	137
TABELA 7.7.2-64 Vazões Típicas de Belo Monte	142
TABELA 7.7.2-65 Cenário 1 - Vazão de 1.465 m ³ /s no Bacajá	146
TABELA 7.7.2-66 Cenário 2 - Vazão de 840 m ³ /s no Bacajá	147
TABELA 7.7.2-67 Cenário 3 - Vazão de 40 m ³ /s no Bacajá	148

TABELA 7.7.2-68 Vazões Típicas de Belo Monte.....	153
TABELA 7.7.2-69 Vazões e N.A. nas seções do Xingu.....	154
TABELA 7.7.2-70 Cenário 1 - Vazão de 95 m ³ /s no Itatá.....	161
TABELA 7.7.2-71 Cenário 1 - Vazão de 95 m ³ /s no Itatá (continuação).....	161
TABELA 7.7.2-72 Cenário 2 - Vazão de 51 m ³ /s no Itatá.....	162
TABELA 7.7.2-73 Cenário 2 - Vazão de 51 m ³ /s no Itatá (continuação).....	162
TABELA 7.7.2-74 Cenário 3 - Vazão de 2 m ³ /s no Itatá.....	163
TABELA 7.7.2-75 Cenário 3 - Vazão de 2 m ³ /s no Itatá (continuação).....	163
TABELA 7.7.2-76 Cenário 1 - Vazão de 136 m ³ /s no Bacajaí.....	169
TABELA 7.7.2-77 Cenário 2 - Vazão de 72 m ³ /s no Bacajaí.....	170
TABELA 7.7.2-78 Cenário 3 - Vazão de 72 m ³ /s no Bacajaí.....	171
TABELA 7.7.2-79 Tipos de Operação de Reservatório (Strand,1974).....	175
TABELA 7.7.2-80 Constantes W e K para Cálculo de Peso Específico Aparente (Strand,1974).....	175
TABELA 7.7.2-81 Tempo de Assoreamento.....	179
TABELA 7.7.7-1 Quantitativos dos Subgrupos de Aptidão Agrícola AID.....	405
TABELA 7.7.7-2 Quantitativos de Unidades Pedogenéticas - AID.....	410
TABELA 7.7.7-3 Comportamento da Água no Solo para um período de oito dias.....	411
TABELA 7.7.7-4 Dados Comparativos de Disponibilidade e Consumo Atual da Água dos Mananciais.....	413
TABELA 7.7.7-5 Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas.....	413

LISTA DE QUADROS

QUADRO 7.7.2-1 Postos Fluviométricos da AID.....	17
QUADRO 7.7.2-2 Disponibilidade de Curvas Chave (de jusante para montante).....	28
QUADRO 7.7.3-1 Valores máximos e mínimos de alguns parâmetros obtidos em quatro campanhas sobre águas subterrâneas na região entre Altamira e Belo Monte (Eletronorte, 2002).	192
QUADRO 7.7.3-2 Localização dos pontos de coleta.....	194
QUADRO 7.7.3-3 Principais características dos poços tubulares da AII e da AID (CPRM, SIAGAS, http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp , abril, 2008)...	202
QUADRO 7.7.3-4 Propriedades físicas das águas.....	217
QUADRO 7.7.3-5 Resultados de pH, oxigênio dissolvido, DBO e DQO.....	220
QUADRO 7.7.3-6 Resultados de condutividade e de íons.....	221
QUADRO 7.7.3-7 Resultados das Análises de Coliformes.....	224
QUADRO 7.7.4-1 Coluna Estratigráfica da AID (CNEC/ELETRONORTE,1987; Santos et al.,1988; Schobbenhaus et al./CPRM - 2004).....	229
QUADRO 7.7.4-2 Relação das concentrações minerais na AID conforme estudos anteriores (CNEC/ELETRONORTE, 1987; ELETRONORTE, 2001).....	284
QUADRO 7.7.4-3 Comparação entre a situação dos garimpos de ouro da AID nos estudos anteriores do CNEC/ELETRONORTE (1987), ELETRONORTE (2001) e no levantamento de junho de 2007.	289
QUADRO 7.7.4-4 Levantamento de campo de Recursos Minerais na AID em junho de 2007 - Garimpos.....	290
QUADRO 7.7.4-5 Levantamento de campo de Recursos Minerais na AID em junho de 2007 - Argila.	292
QUADRO 7.7.4-6 Levantamento de campo de recursos minerais na AID em junho de 2007 - Areia e Cascalho.....	293
QUADRO 7.7.4-7 Dados estatísticos dos direitos minerais na AID em 30 de abril de 2008.	314

QUADRO 7.7.4-8	Relação dos processos minerários na AID levantados no cadastro mineiro do DNPM - 30 de abril de 2008.....	315
QUADRO 7.7.5-1	Síntese das características das cavidades subterrâneas da AID/ADA do AHE Belo Monte.	329
QUADRO 7.7.5-2	Principais sistemas de descontinuidades verificados no desenvolvimento das cavernas da AID/ADA do AHE Belo Monte	346
QUADRO 7.7.6-1	Classificação de formas de relevo, segundo a amplitude e inclinação	359
QUADRO 7.7.6-2	Características dos relevos Escarpas dissecadas, Morrotes e Morrotes e Morros que ocorrem na AID do AHE de Belo Monte.....	363
QUADRO 7.7.6-3	Características dos diferentes tipos de Colinas médias e pequenas, Colinas médias, Terraços e Planícies Fluviais que ocorrem na AID do AHE de Belo Monte.	364
QUADRO 7.7.7-1	Correspondência entre o Sistema Brasileiro e o Soil Taxonomy.....	379
QUADRO 7.7.7-2	Caracterização dos Graus de Limitações das Condições	399
QUADRO 7.7.7-3	Alternativas de Utilização das Terras de Acordo.....	401
QUADRO 7.7.7-4	Legenda do Mapa de Aptidão Agrícola das Terras.....	404
QUADRO 7.7.7-5	Simbologia das Classes de Aptidão das Terras, Tipos de Uso e Manejo	404
QUADRO 7.7.7-6	Identificação da Potencialidade das Unidades de Mapeamento de Solos e Classificação dos Níveis de Exigência das Terras e Possibilidades de Mecanização	409
QUADRO 7.7.8-1	Descrição das classes litológicas empregadas na reclassificação do mapa geológico da AID.....	419
QUADRO 7.7.8-2	Classificação das formas de relevo segundo a amplitude e a inclinação .	420
QUADRO 7.7.8-3	Unidades e tipos de relevo da Área de Influência Direta do AHE Belo Monte.	421
QUADRO 7.7.8-4	Graus de susceptibilidade à erosão atribuídos às combinações geologia-geomorfologia para constituição do mapa do fator condicionante 1.	421
QUADRO 7.7.8-5	Graus de susceptibilidade à erosão por condicionamento pedológico (fator condicionante 2).....	424
QUADRO 7.7.8-6	Legenda Descritiva do Mapa de Susceptibilidade à Erosão das Terras da Área de Influência Direta AHE Belo Monte	427
QUADRO 7.7.8-7	Classificação final dos graus de susceptibilidade à erosão das terras da AID e as áreas de ocorrência em hectares.	429
QUADRO 7.7.10-1	Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.....	450

7.7 ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA E DIRETAMENTE AFETADA DO MEIO FÍSICO

7.7.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS GERAIS

Para a Área de Influência Direta (AID) e para Área Diretamente Afetada (ADA) os dados secundários foram complementados com dados primários obtidos em campo no contexto dos estudos realizados para o EIA do AHE Belo Monte, de forma a permitir o pleno entendimento da dinâmica do meio físico e das interações com os meios bióticos, socioeconômico e cultural, bem com da fragilidade ambiental com a inserção do Empreendimento.

Como dados básicos foram incorporadas informações dos estudos anteriores realizados para o AHE Belo Monte, em particular o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) elaborado pela Universidade Federal de Pará – UFPA (ELETRONORTE 2001– Convênio FADESP-ELETRONORTE) e o Estudo de Viabilidade da ELETRONORTE (2001), assim como os estudos do AHE Kararaô elaborados pela CNEC (1987).

Também foram incorporados, em vários temas, dados da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Projeto RADAM (Radar na Amazônia) e da Companhia de Recursos Minerais (CPRM).

A metodologia específica para o diagnóstico de cada tema, inclusive para a elaboração de estimativas e cálculos, é apresentado nos capítulos respectivos. Os trabalhos de campo realizados para o diagnóstico de cada tema são detalhados nos itens denominados “Procedimentos Metodológicos Específicos”, que abrem cada capítulo deste relatório.

Sempre que possível, e no intuito de facilitar a compreensão dos assuntos trabalhados, são apresentados quadros, gráficos ou figuras, fotos e mapas.

Foram utilizadas geotecnologias para aquisição, georreferenciamento, processamento, análise e apresentação dos dados espaciais. Em particular, todos os mapas temáticos foram elaborados e apresentados utilizando os recursos do sistema de informações geográficas ARCGIS e todas as imagens, cartas e mapas foram georreferenciados.

Desta forma, a utilização do Sistema de Informações Geográficas deverá constituir uma das ferramentas para a avaliação integrada dos temas físicos, bióticos e socioeconômicos.

A modelagem matemática foi utilizada em vários temas, particularmente nas questões de recursos hídricos, com a finalidade de obter uma compreensão mais completa e detalhada dos fenômenos envolvidos a partir dos dados coletados em campo, conjugados com a cartografia básica e com as imagens de satélite, que foram coletadas para várias vazões, com o objetivo de cobrir o ciclo hidrológico.

Foi dessa forma tratada a região da Volta Grande do Xingu, no Trecho da Vazão Reduzida – TVR, incluindo o afluente Bacajá, com a finalidade de subsidiar a definição do Hidrograma Ecológico. Também foi desenvolvido modelo hidráulico para o estirão do rio Xingu correspondente ao futuro reservatório, de forma a precisar a envoltória de situações que definem a Área Diretamente Afetada (ADA).

Os igarapés que atravessam a malha urbana da cidade de Altamira também foram estudados com modelagem matemática com a finalidade de melhor caracterizar a situação atual em diversos casos típicos de variáveis hidrológicas (estiagem, condição média, cheia dos igarapés, em combinação com os estados possíveis do rio Xingu) e fornecer elementos para a subsequente avaliação da situação com o reservatório.

As equipes responsáveis pelos diversos temas do meio físico – geologia, geomorfologia, pedologia e recursos hídricos – trabalharam de forma integrada no planejamento dos estudos, na interpretação dos reconhecimentos de campo e na discussão e apresentação dos resultados.

7.7.2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

7.7.2.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

Este capítulo, correspondente aos Recursos Hídricos Superficiais é composto de vários itens que, pelas suas características diferenciadas, foram desenvolvidos com metodologias próprias.

Assim, o item 7.7.2.2 Regime Hidrológico do rio Xingu e seus Afluentes na AID e o item 7.7.2.5. Transporte de Sedimentos pelo rio Xingu na AID, foram desenvolvidos basicamente pela compilação e análise de dados obtidos em estações hidrométricas e generalizações envolvendo operações simples, como aplicação de vazão específica constante, para extensão de dados por área de drenagem. Nos itens específicos são listados os dados utilizados e as extensões realizadas.

Por outro lado nos itens 7.7.2.3 e 7.7.2.4, que descrevem as Condições Hidráulicas do rio Xingu respectivamente no estirão do Reservatório e na Volta Grande, foram utilizados dados hidrológicos (vazões e níveis d'água) morfométricos (seções topobatimétricas, plantas aerofotogramétricas e imagens de satélite) e de cobertura vegetal, para calibragem e operação de um modelo matemático de remanso hidráulico, do qual foram extraídos os principais resultados.

Nos itens respectivos são descritos e justificados o modelo matemático utilizado e os dados de entrada, bem como as calibrações realizadas.

7.7.2.2 Regime Hidrológico do Rio Xingu e seus Afluentes na AID

A bacia do rio Xingu correspondente a área da AID, com 5.149,70 km² é pouco servida de postos hidrométricos, apresentando dois postos fluviométricos e um limnimétrico em operação, conforme apresentado no **QUADRO 7.7.2-1**.

Com exceção dos cursos do rio Xingu e do rio Bacajá, os maiores da região, os demais cursos d'água são de pequeno porte com áreas de drenagem até 3.000 km².

QUADRO 7.7.2-1
Postos Fluviométricos da AID

Código	Posto	Rio	AD (km ²)	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
18 850 000	Altamira	Xingu	446.573	3° 12' S	52° 13' W
18 880 000	Faz. Cipaúba	Bacajá	21.592	3° 46' 10" S	51° 31' 24" W
18 900 000	Belo Monte (*)	Xingu	478.816	3° 07' S	51° 42' W

Obs: (*) – posto com leitura de régua sem medição de descarga líquida.

Apresenta-se a seguir as principais características dos postos da AID com base nas séries cotas/vazões:

Posto: Altamira – rio Xingu – AD = 446.203 km²

- Vazão Máxima Diária Observada: 32.330 m³/s (17/03/1980), série diária da ANA;
- Vazão Média de Longo Termo: 7.851 m³/s , série diária da ANA;
- Cheia média anual: 23.414 m³/s;
- Vazão média das mínimas anuais: 1.017 m³/s;
- A menor vazão observada ocorreu em 20/09/2003 com 365 m³/s, série diária da ANA;
- Em 90% do tempo as vazões são superiores a 1.193 m³/s;
- A vazão Q_{7;10} (média móvel de 7 dias para 10 anos de período de retorno) é igual a 654 m³/s;
- A distância das cabeceiras até o posto é de 1.439 km;
- No posto os níveis apresentam variação entre 8,86 a 2,00 m que correspondem aos níveis das vazões extremas.

No **GRÁFICO 7.7.2-1** apresenta-se a sazonalidade das vazões médias mensais do posto Altamira.

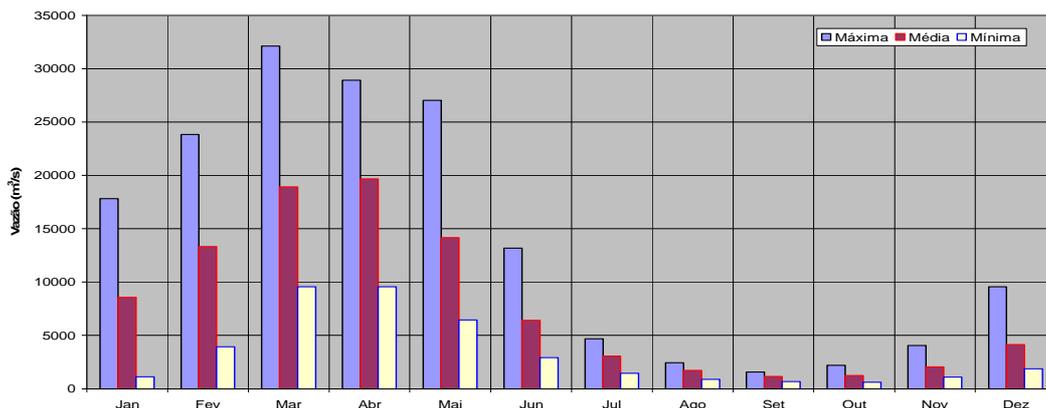


GRÁFICO 7.7.2-1 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais - Posto: Altamira – rio Xingu

Posto: Fazenda Cipaúba – Rio Bacajá – AD= 21.592 km²

- Vazão Máxima Diária Observada: 1.385 m³/s (24/02/1980), série diária da ANA;
- Vazão Média de Longo Termo: 296 m³/s , série diária da ANA;
- A menor vazão observada ocorreu em 06/12/1983 com 0,234 m³/s, série diária da ANA;
- Em 90% do tempo as vazões são superiores a 3,90 m³/s;
- A vazão Q 7;10 (média móvel de 7 dias para 10 anos de período de retorno) é igual a 2,20 m³/s;
- A distância das cabeceiras até o posto é de 382 km;
- No posto os níveis apresentam variação entre 10,24 a 2,26 m que correspondem aos níveis das vazões extremas.

No **GRÁFICO 7.7.2-2** apresenta-se a sazonalidade das vazões médias mensais do posto Fazenda Cipaúba;

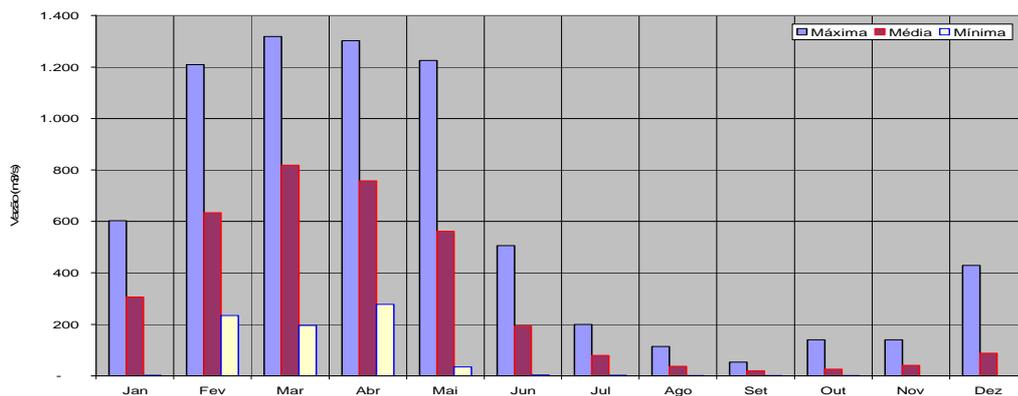


GRÁFICO 7.7.2-2 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais - Posto: Fazenda Cipaúba

Posto: Belo Monte – Rio Xingu

- O posto Belo Monte é limnimétrico, não apresentando medições de descargas líquidas, isto se deve ao efeito de maré que atinge todo o trecho baixo do curso do rio Xingu;
- Os níveis diários junto ao posto variam de 8,99 m a 1,01 m e correspondem aos valores extremos da série de níveis.

Com base nas leituras de réguas, é apresentada no **GRÁFICO 7.7.2-3** a variação sazonal dos níveis d'água no posto.

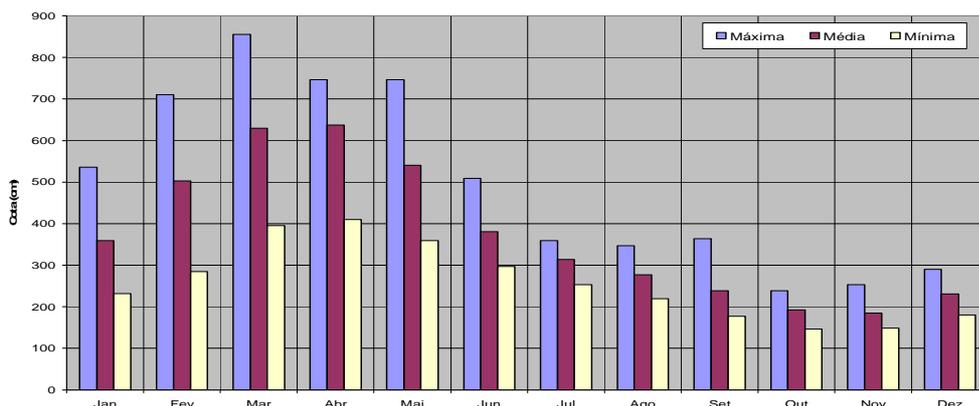


GRÁFICO 7.7.2-3 - Sazonalidade dos Níveis d'Água - Posto: Belo Monte

A bacia do rio Xingu que abrange a área da AID apresenta uma vasta rede hidrográfica formada por pequenos rios e igarapés. De forma a quantificar as vazões nestes cursos d'água, utilizou-se as vazões específicas do rio Bacajá em termos de máximas, médias e mínimas e efetuou-se a transferência para estes cursos d'água.

7.7.2.2.1 Pequenas Bacias

Na **TABELA 7.7.2-1** apresentam-se as vazões estimadas para estas pequenas sub-bacias da AID, cujos valores foram obtidos por relação de área de drenagem com os dados de posto fluviométrico existente na região.

TABELA 7.7.2-1
Vazões Estimadas para os Pequenos Cursos d'água

Cursos d'Água	AD (km ²)	Vazão Máxima (m ³ /s)	Vazão Média (m ³ /s)	Vazão Mínima (m ³ /s)
Bacajá	2.555	163,8	35,0	0,036
Itatá	1.449	92,8	19,8	0,022
Ituna	1.512	96,9	20,7	0,024
Ambé	222	5,04	3,11	0,013
Panelas	508,8	11,6	7,12	0,019
Altamira	72,2	1,64	1,01	0,010

7.7.2.2.2 Igarapés Barrados pelos Diques

Ao longo do reservatório dos canais, uma série de igarapés terá seu fluxo seccionado pelos diques, o que irá formar pequenos reservatórios nestes cursos d'água.

A exceção do igarapé 2, cujo dique não chegou a cortar o fluxo d'água, os demais tiveram suas vazões estimadas com base em dados da bacia do rio Bacajá. Foram estimadas as vazões para os trechos seccionados e para os trechos remanescentes a jusante dos diques.

Na **FIGURA 7.7.2-1** apresentam-se os igarapés considerados e nos **GRÁFICO 7.7.2-4** ao **GRÁFICO 7.7.2-8** as vazões médias estimadas para estes cursos d'água.

FIGURA 7.7.2-1 – Igarapés dos Diques

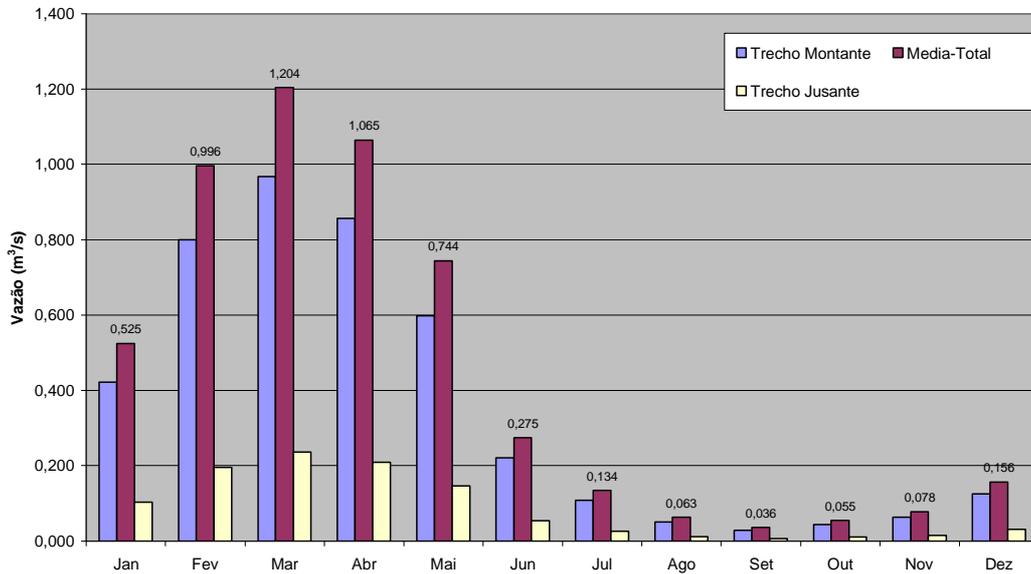


GRÁFICO 7.7.2-4 – Vazões Médias Estimadas – Igarapé 1

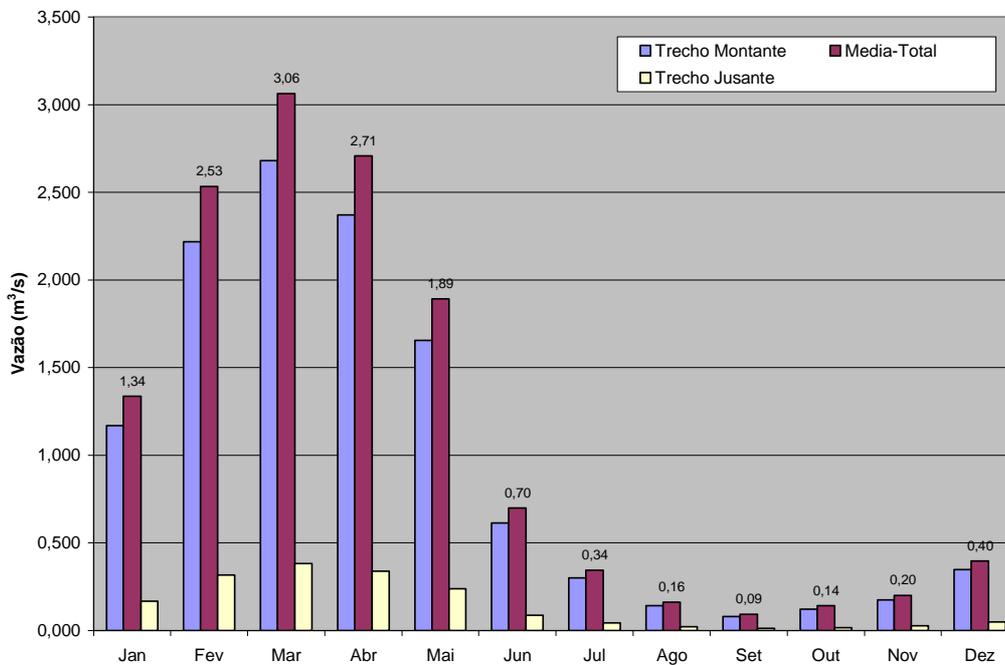


GRÁFICO 7.7.2-5 – Vazões Médias Estimadas – Igarapé 3

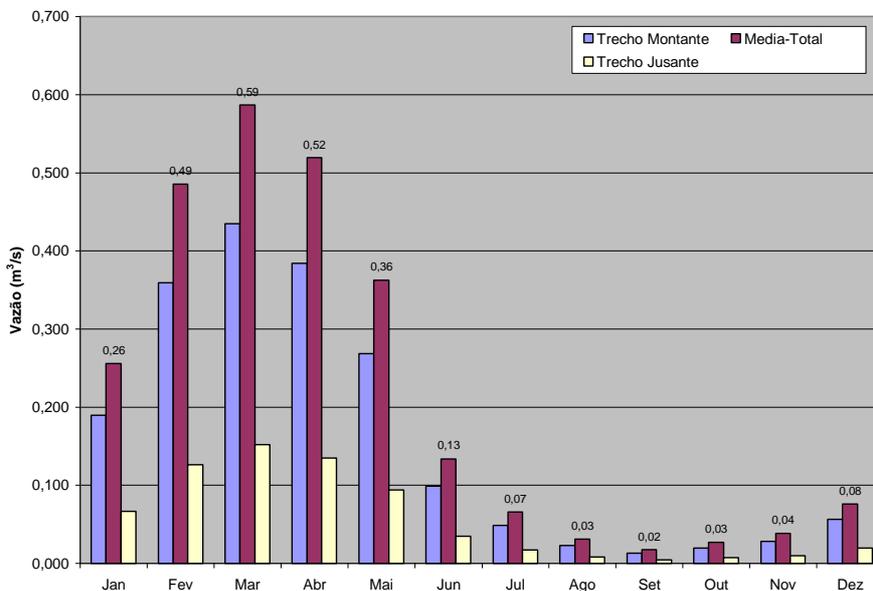


GRÁFICO 7.7.2-6 – Vazões Médias Estimadas – Igarapé 4

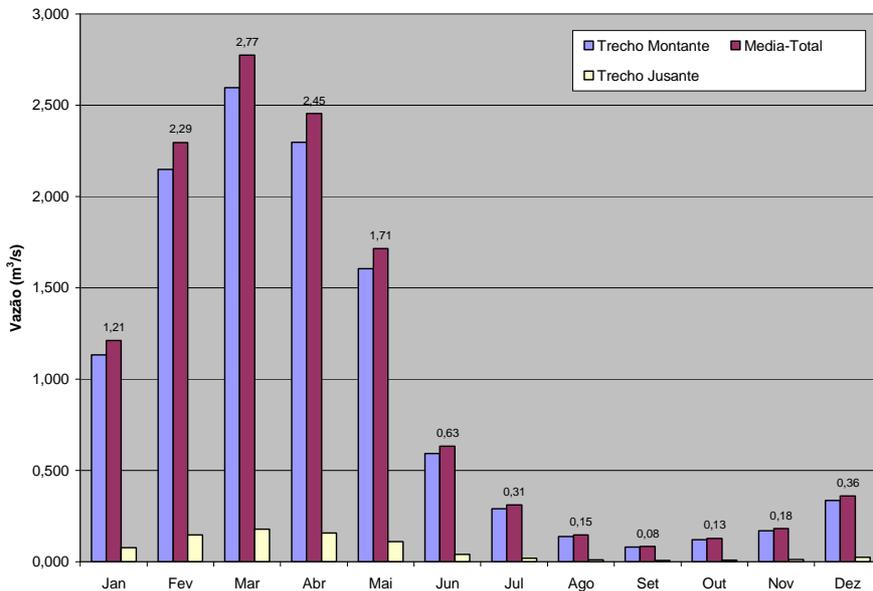


GRÁFICO 7.7.2-7 – Vazões Médias Estimadas – Igarapé 5

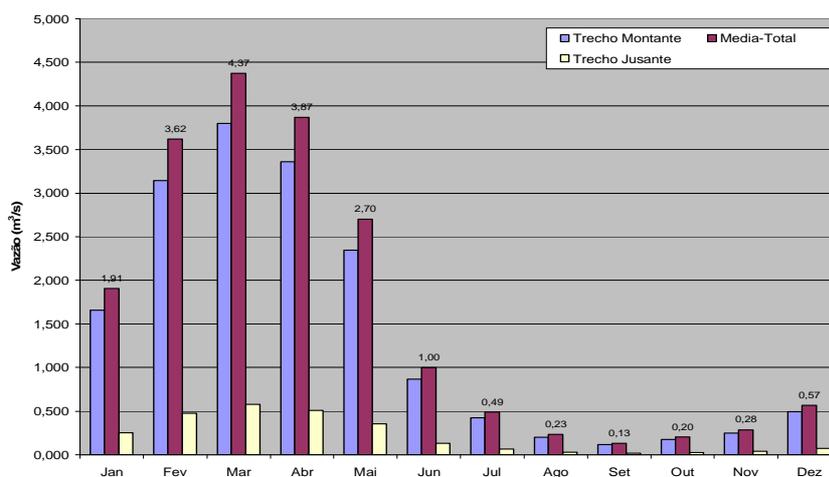


GRÁFICO 7.7.2-8 – Vazões Médias Estimadas – Igarapé 6

7.7.2.3 Caracterização Hidráulica do rio Xingu no Estirão do Reservatório

7.7.2.3.1 Reservatório

a) Introdução

Este item apresenta os estudos realizados para identificar o comportamento dos níveis d'água naturais e com a presença do AHE Belo Monte do rio Xingu, no estirão compreendido entre o Sítio Pimental (Eixo do Barramento) até uma seção do rio situada a cerca de 45 km a montante da cidade de Altamira, conhecida como Furo da Boa Esperança. O trecho analisado tem cerca de 84,5 km.

Estes estudos envolveram a coleta de informações fluviométricas, topobatimétricas e o cálculo do remanso, que foi realizado com um modelo matemático baseado na metodologia conhecida como “Standard Step Method”, que consta, por exemplo, de Ven Te Chow (1959), e é utilizada nos modelos de cálculo de remanso consagrados.

Pode-se comentar que a base de dados utilizada nos estudos é bastante abrangente, acima do usualmente disponível em estudos semelhantes, seja em relação à precisão da geometria das seções seja quanto à disponibilidade de dados fluviométricos.

Os itens seguintes mostram os dados básicos utilizados e os cálculos de remanso efetuados, incluindo a montagem do banco de dados do modelo, a aferição do modelo e os cálculos do remanso propriamente ditos.

b) Dados Básicos

Os dados básicos utilizados foram compilados a partir dos trabalhos da ELETRONORTE (2001); SAINT GERMAIN (2001, 2002); ANA (2006); CNEC (1980) e TOPOCART (2008) referentes a levantamento de seções, dados fluviométricos, estudo de remanso. As seções topobatimétricas ao longo do trecho de interesse encontram-se localizadas na **FIGURA 7.7.2-2**.

FIGURA 7.7.2-2 – Remanso no Reservatório – Localização das Seções Topobatimétricas

b.1) Dados de Estudos da ELETRONORTE

Os principais dados coletados encontram-se apresentados no relatório: Estudo de Remanso do Reservatório, número – BEL-V-10-109-0007-RE-R0 (jun, 2001), que mostra em linhas gerais os cálculos de remanso efetuados, incluindo a aferição do modelo e os resultados dos cálculos somente na seção da cidade de Altamira.

A **TABELA 7.7.2-2** mostra os níveis d'água observados em 4 locais do estirão de interesse, juntamente com os valores obtidos no cálculo do remanso na etapa de aferição do modelo matemático.

TABELA 7.7.2-2
Dados da Aferição dos Estudos de Remanso

Taboca e Cana Verde II				
Vazão (m³/s)	NA OBS (m)	NA MOD (m)	Manning	Delta H (m)
3.450	84,47	84,47	0,040	0,00
9.200	86,13	86,13	0,040	0,00
12.300	86,83	86,83	0,040	0,00
19.800	88,32	88,32	0,044	0,00
BM 1				
Vazão (m³/s)	NA OBS (m)	NA MOD (m)	Manning	Delta H (m)
3.450	88,95	88,4	0,043	0,55
9.200	90,35	90,37	0,040	-0,02
12.300	90,98	91,04	0,039	-0,06
19.800	92,26	92,35	0,037	-0,09
BM 2				
Vazão (m³/s)	NA OBS (m)	NA MOD (m)	Manning	Delta H (m)
3.450	93,84	93,37	0,031	0,47
9.200	94,99	94,95	0,031	0,04
12.300	95,46	95,46	0,031	0,00
19.800	96,48	96,53	0,031	-0,05
ALTAMIRA				
Vazão (m³/s)	NA OBS (m)	NA MOD (m)	Manning	Delta H (m)
3.450	93,99	93,56	0,026	0,43
9.200	95,4	95,33	0,026	0,07
12.300	96,02	95,95	0,026	0,07
19.800	97,32	97,26	0,027	0,06

Fonte: Estudos ELETRONORTE – BEL-V-10-109-0007-RE-R0

Obs.: NAOBS – Os níveis d'água obtidos de medições realizadas pela ELETRONORTE;
NAMOD – Os níveis d'água calculados nos Estudos de Remanso;
Delta H – NAOBS-NAMOD.

Também foram consultadas as curvas chave do rio Xingu nas seções Casa Verde I e Altamira, contidas no desenho BEL-V-10-108-011 dos Estudos de Viabilidade, que foram reproduzidas nos **GRÁFICO 7.7.2-9** e **GRÁFICO 7.7.2-10**.

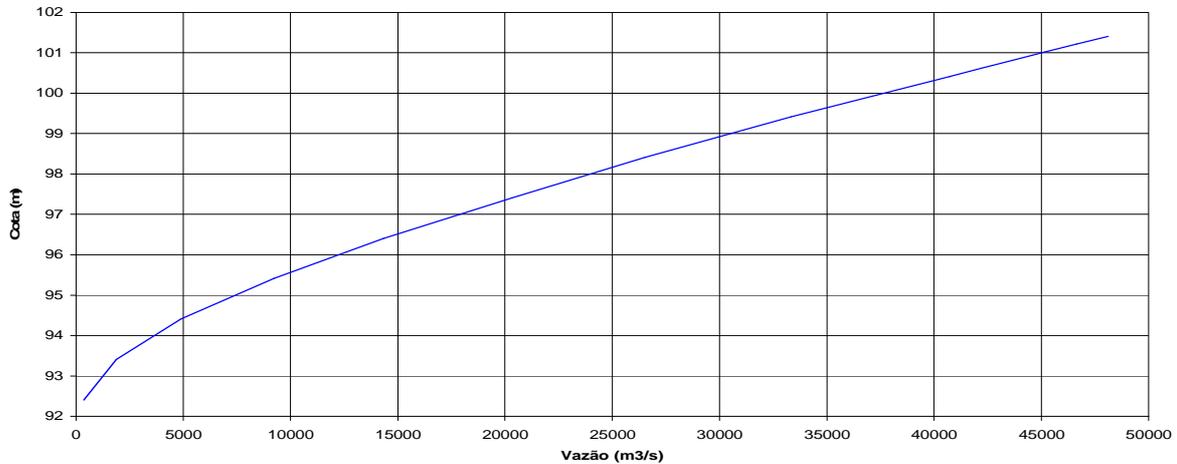


GRÁFICO 7.7.2-9 – Curva chave em Altamira

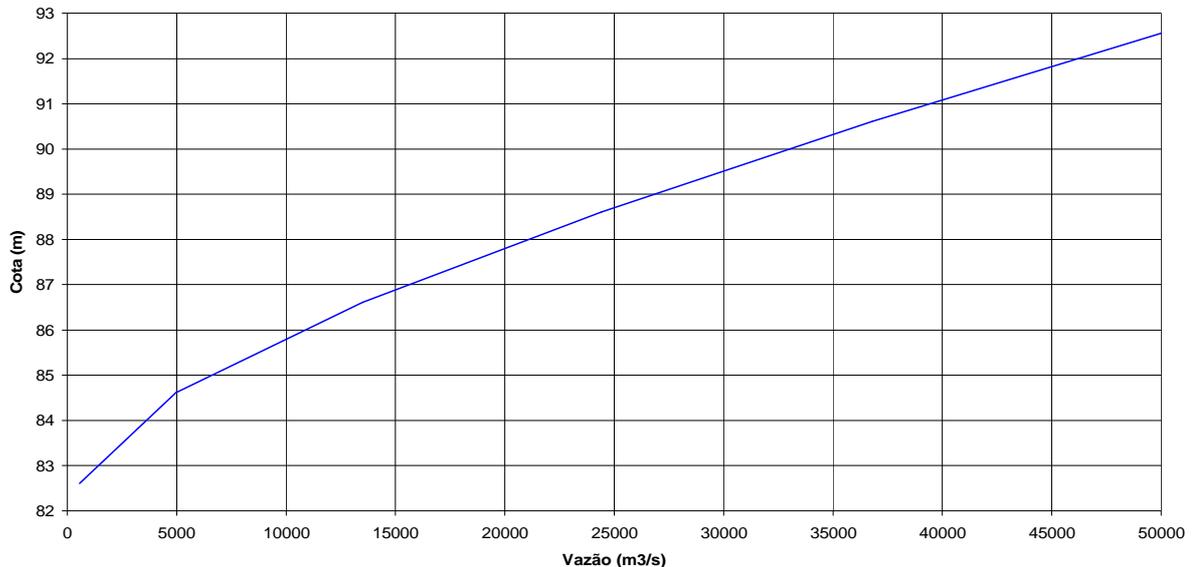


GRÁFICO 7.7.2-10 – Curva chave em Cana Verde I

b.2) Seções Topobatimétricas

No trecho compreendido entre o eixo Pimental e a seção de montante NOVA 3, que perfaz uma extensão de aproximadamente 79,5 km, dispõe-se de doze seções topobatimétricas. Destas, sete seções são topobatimétricas levantadas para os Estudos da ELETRONORTE (2001), mencionadas no item anterior, três levantadas pela TOPOCART em março de 2008 e duas seções que são: seção topobatimétrica em frente à cidade de Altamira e a do antigo eixo de Babaquara.

A **FIGURA 7.7.2-2** mostra a localização das seções mencionadas, com a identificação de sua fonte. Como as seções topobatimétricas foram levantadas em várias oportunidades resolveu-se manter a denominação original das seções, para que ficasse claro a sua origem. Com este intuito as seções levantadas em 2008 foram denominadas de Novas.

b.3) Dados Fluviométricos (Saint Germain)

A partir dos dados hidrométricos coletados pela SAINT GERMAIN em 2001 e 2002, foram definidas curvas chave nas seções (em cinco seções). Por sua vez, o posto fluviométrico de Altamira, dispõe de dados de medição da vazão de 1978 a 2001. Ver **QUADRO 7.7.2-2**, com a disponibilidade de curvas chave.

QUADRO 7.7.2-2
Disponibilidade de Curvas Chave (de jusante para montante)

Nome da Seção	Período de Dados
Cana Verde I e Pimental	2001-2002
Taboca e Cana Verde II	2001-2002
BM 1	2001-2002
BM 2	2001-2002
Altamira	1978-2001
BAB 1B	2001-2002

As curvas chaves obtidas a partir dos dados hidrométricos são apresentadas nos **GRÁFICO 7.7.2-11** a **GRÁFICO 7.7.2-17**.

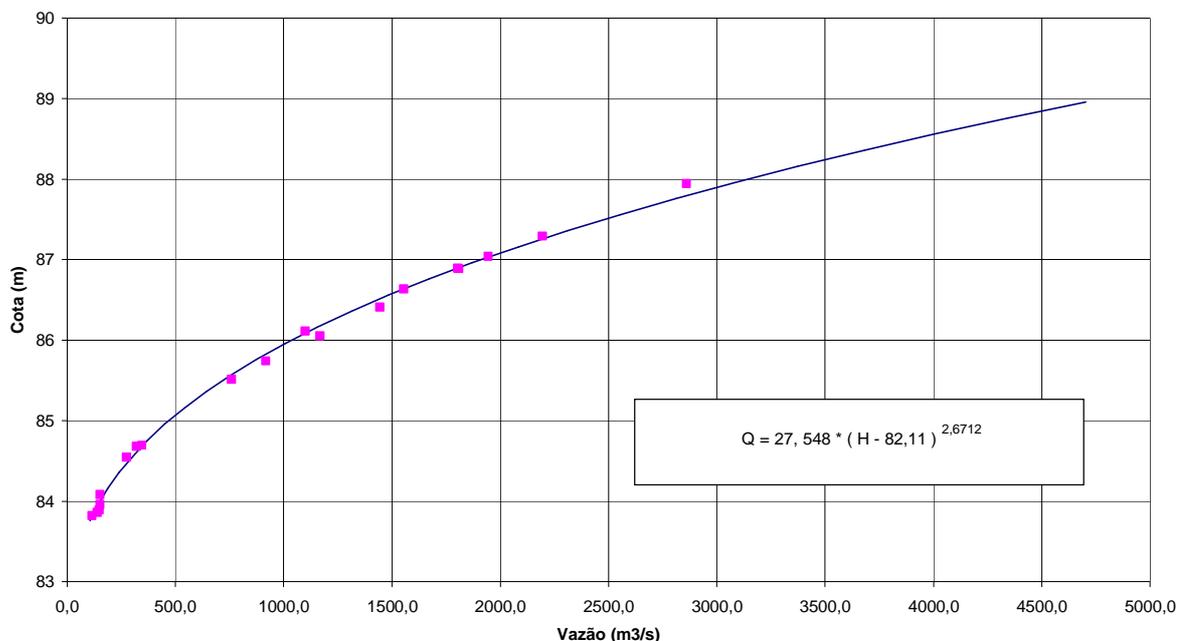


GRÁFICO 7.7.2-11 - Curva Chave no Eixo Pimental

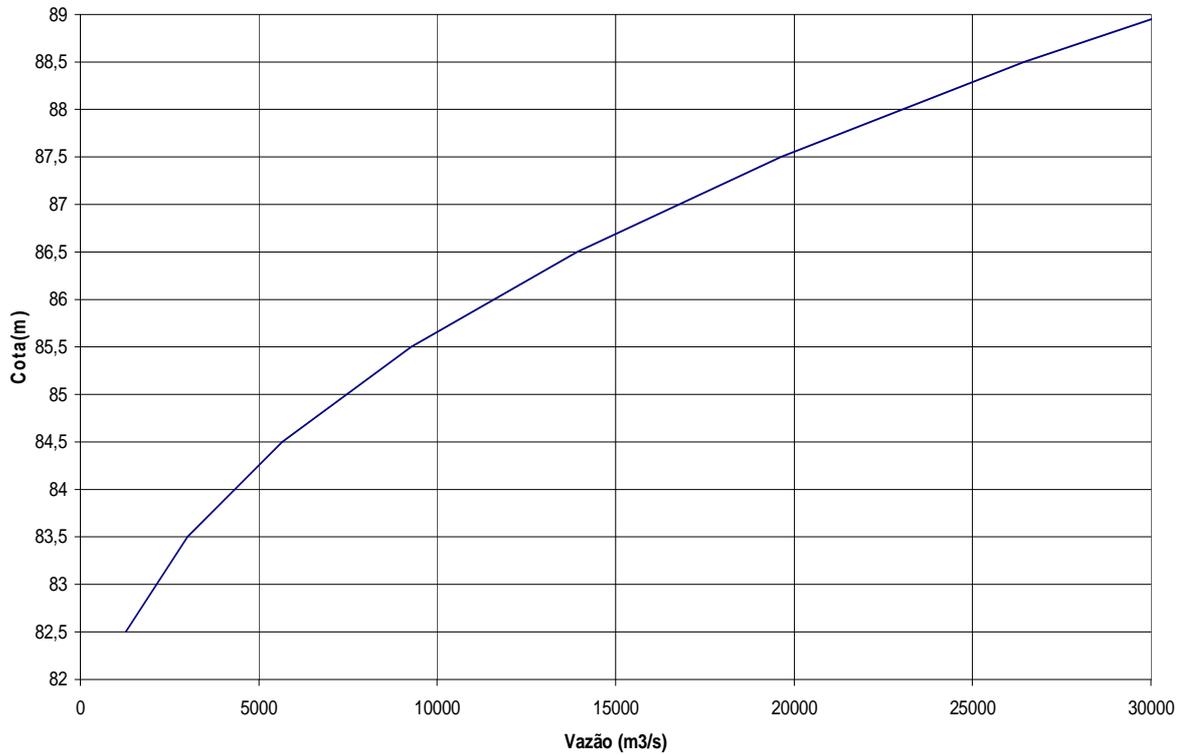


GRÁFICO 7.7.2-12 - Curva Chave. Cana Verde I

Observação: esta curva chave é a resultante da soma das vazões em 4 canais.

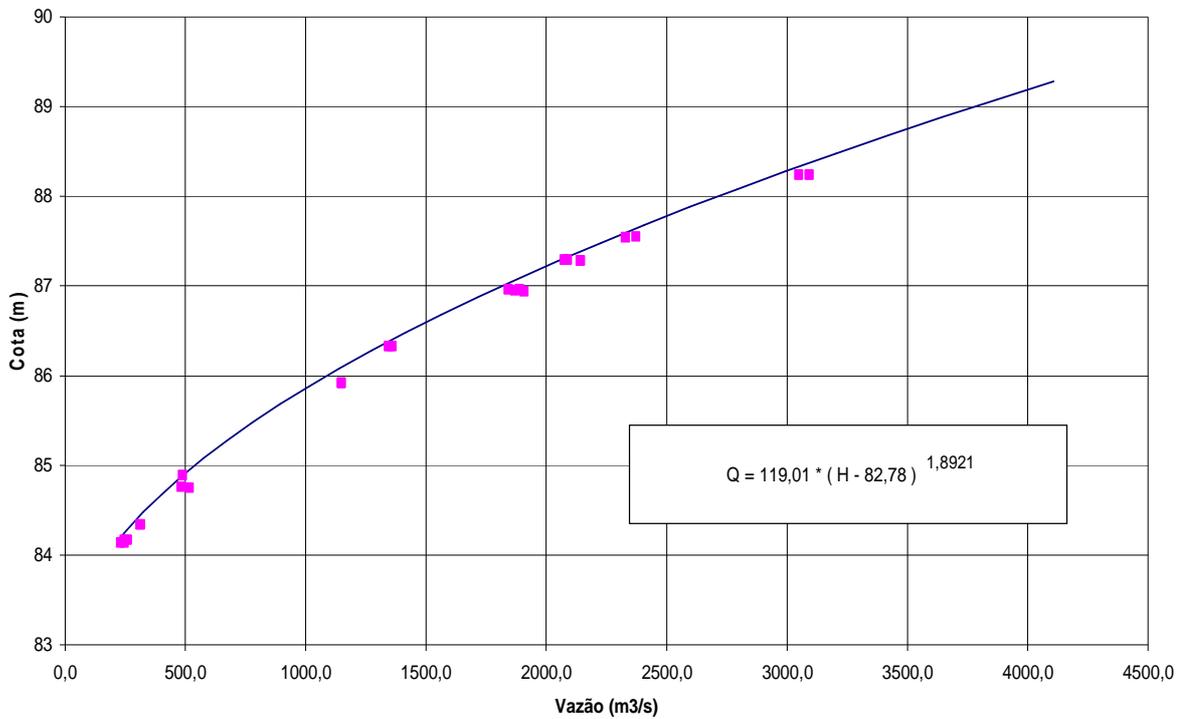


GRÁFICO 7.7.2-13 - Curva Chave em Cana Verde II

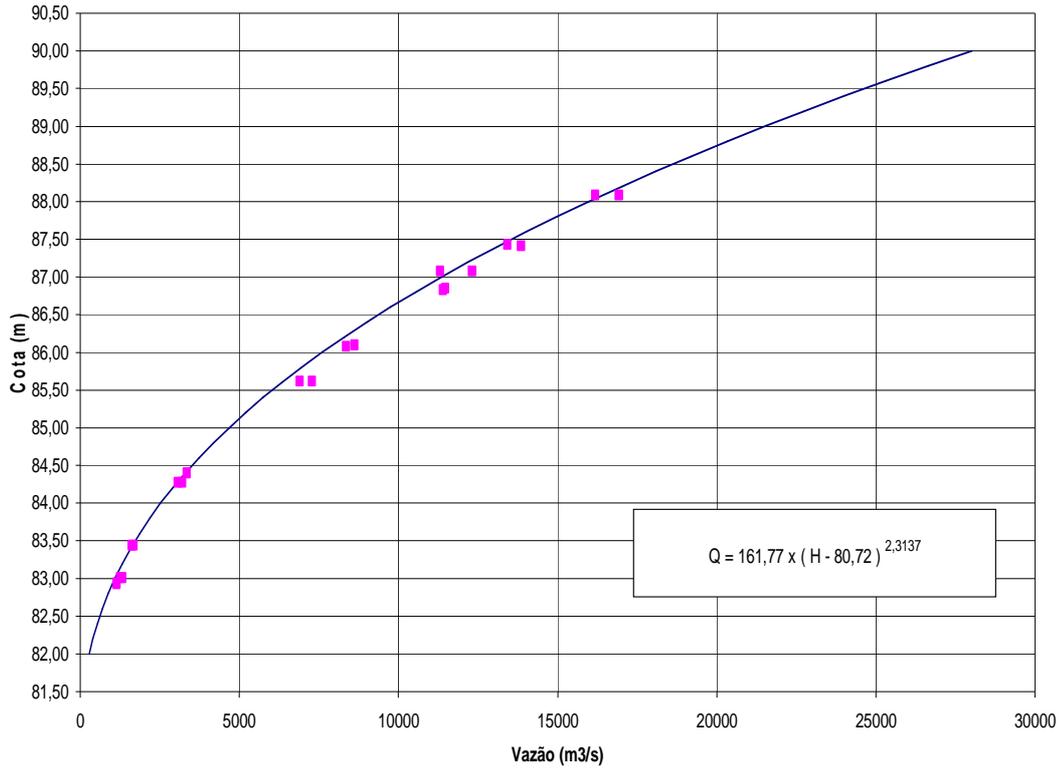


GRÁFICO 7.7.2-14 - Curva Chave em Taboca

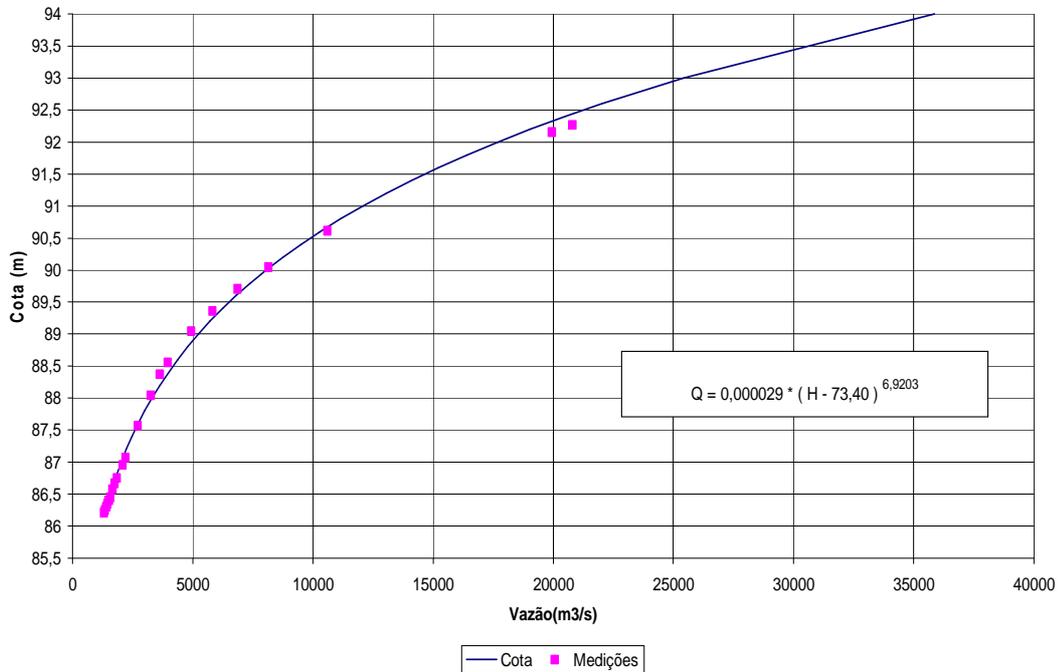


GRÁFICO 7.7.2-15 - Curva Chave em BM-1

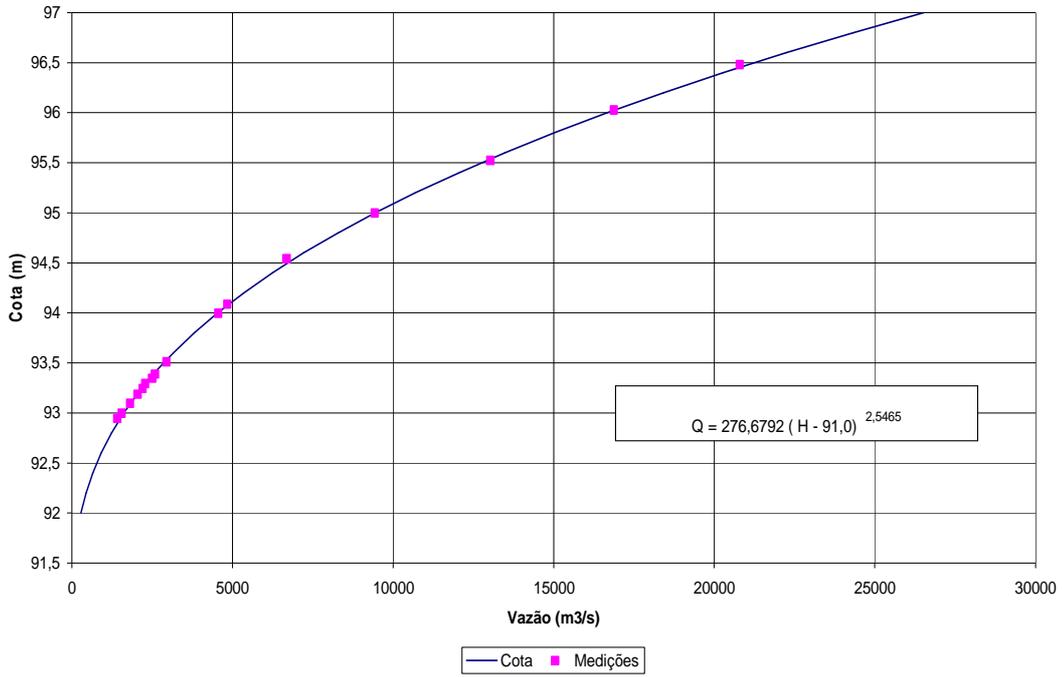


GRÁFICO 7.7.2-16 - Curva Chave em BM-2

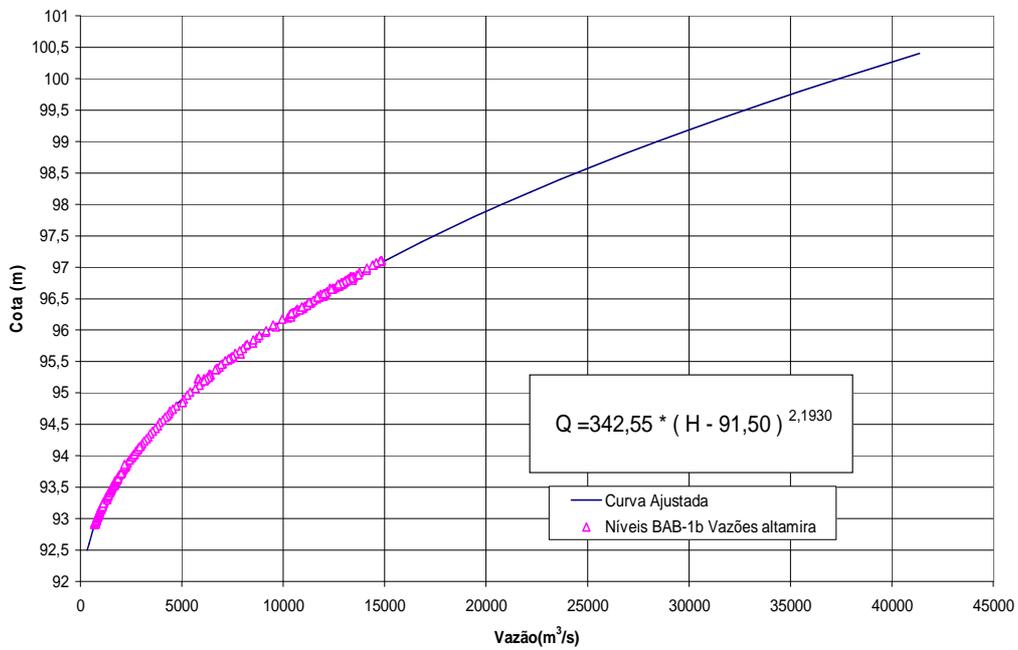


GRÁFICO 7.7.2-17 - Curva Chave em BM-2

O **GRÁFICO 7.7.2-18** apresenta a curva chave de Altamira definida pela ANA, que coincide com a adotada pela ELETRONORTE, plotada em conjunto com as medições de vazão realizadas no período 1971 a 2002. De acordo com as análises realizadas, a curva chave definida pela ANA - ELETRONORTE está consistente com os pontos medidos. Notar que se dispõe de relativamente poucos pontos de medição para vazões acima de 27.000 m³/s e que na faixa de 28.000 m³/s a 30.000 m³/s estes pontos apresentam em casos extremos uma dispersão da ordem do metro.

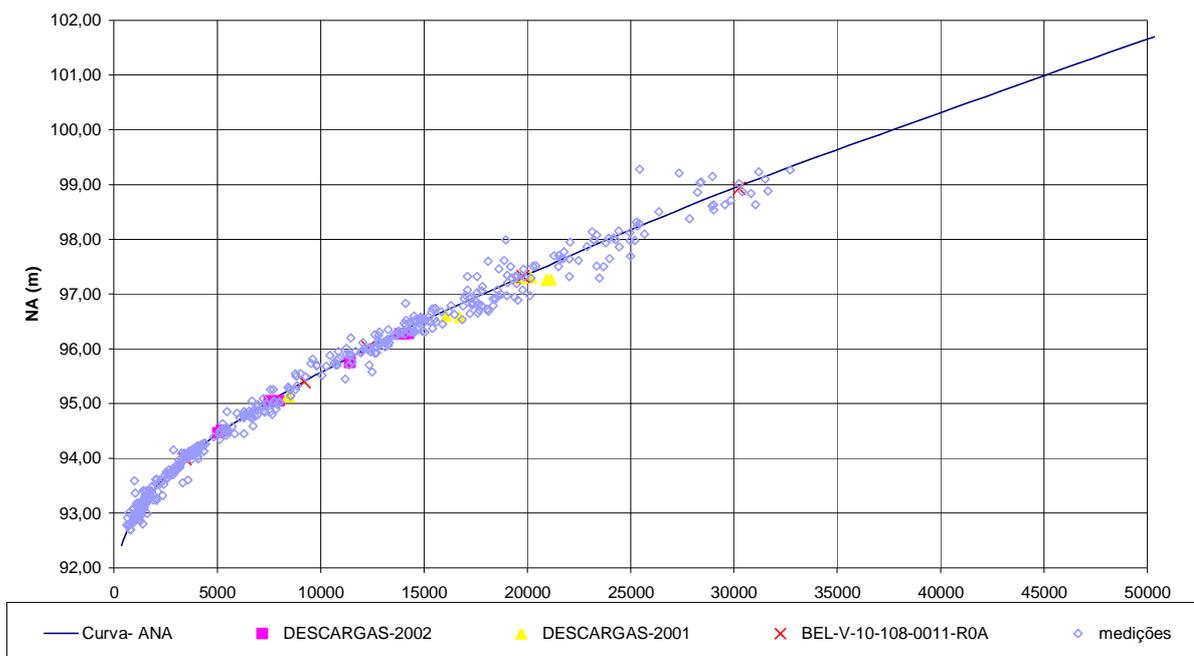


GRÁFICO 7.7.2-18 - Curva Chave da ANA em Altamira

No dia 25/11/2007 foi realizada pela TOPOCART (2008) uma campanha de medições de níveis d'água na porção mais a montante do reservatório, cujos níveis são apresentados na **TABELA 7.7.2-3**, a seguir.

TABELA 7.7.2-3
Níveis d'água para a vazão de 1.125 m³/s (25/11/07)

Seção	Nível d'água (m)	
	ME	MD
Nova 3	97,257	97,203
Nova 2	94,857	94,763
Nova 1	93,927	94,025
BAb1b	93,156	93,306

onde:
MD – margem direita;
ME – margem esquerda.

Na época do levantamento das seções topobatimétricas pela TOPOCART , seções Nova 1 a Nova 3, a vazão em Altamira era de 20.078 m³/s. A **TABELA 7.7.2-4** mostra os níveis d'água medidos em cada seção e a data da medição.

TABELA 7.7.2-4
Níveis d'água para a vazão de 20.078 m³/s (16/03/08)

Seção	Nível d'água (m)
Nova 3	102,16
Nova 2	100,33
Nova 1	99,35

c.) Cálculos com o Modelo de Remanso

c.1) Topologia e Seções

A partir da localização das seções topobatimétricas, indicada na **FIGURA 7.7.2-10**, foi montada no modelo matemático a topologia do trecho do rio Xingu em estudo. As distâncias entre seções, pelo centro do rio, são mostradas na **TABELA 7.7.2-5** a seguir.

TABELA 7.7.2-5
Distância entre Seções. Seções de montante para jusante.

Nome da Seção	Fonte das Seções	Distância (m)	Dist. Acum. (m)
Nova 3		12.551	0
Nova 2	TOPOCART (2008)	9.082	12.551
Nova 1		8.088	21.633
Bab 1A	CNEC (1980)	1.584	29.721
Bab 1B		9.537	31.305
Altamira		11.475	40.842
BM 2		9.165	52.317
BM 1	ELETRONORTE (2000-2001)	12.662	61.482
Tab+Verde II		2.191	74.144
Canteiro		3.105	76.335
Verde+Pim		0	79.440

Obs: Utilizada denominação original das seções nas várias fontes.

Notar que alguns trechos do rio Xingu foi feita uma interpolação entre seções, de forma a aproximar melhor os níveis d'água observados e os obtidos nos cálculos realizados no modelo, através de representação de uma modificação gradual entre seções contíguas distintas. Com as distâncias e as seções foi montada a planilha com a topologia adotada no modelo, que é indica na **TABELA 7.7.2-6**.

TABELA 7.7.2-6
Topologia do Modelo com Seções Interpoladas

Continua			
Nome da Seção	Categoria	Distância (m)	Distância Acum. (m)
Nova 3	Topobatimetria	1.255,1	0,0
Nova 3- -1	Interpolada	1.255,1	1.255,1
Nova 3- -2	Interpolada	1.255,1	2.510,2
Nova 3- -3	Interpolada	1.255,1	3.765,3
Nova 3- -4	Interpolada	1.255,1	5.020,4
Nova 3- -5	Interpolada	1.255,1	6.275,5
Nova 3- -6	Interpolada	1.255,1	7.530,6
Nova 3- -7	Interpolada	1.255,1	8.785,7
Nova 3- -8	Interpolada	1.255,1	10.040,8
Nova 3- -9	Interpolada	1.255,1	11.295,9
Nova 2	Topobatimetria	9.082,0	12.551,0
Nova 1	Topobatimetria	808,8	21.633,0
Nova 1- -1	Interpolada	808,8	22.441,8
Nova 1- -2	Interpolada	808,8	23.250,6
Nova 1- -3	Interpolada	808,8	24.059,4
Nova 1- -4	Interpolada	808,8	24.868,2
Nova 1- -5	Interpolada	808,8	25.677,0
Nova 1- -6	Interpolada	808,8	26.485,8
Nova 1- -7	Interpolada	808,8	27.294,6
Nova 1- -8	Interpolada	808,8	28.103,4
Nova 1- -9	Interpolada	808,8	28.912,2
Bab 1A	Topobatimetria	1.584,0	29.721,0
Bab 1B	Topobatimetria	9.537,0	31.305,0
Altamira	Topobatimetria	1.147,5	40.842,0
Altamira- -1	Interpolada	1.147,5	41.989,5
Altamira- -2	Interpolada	1.147,5	43.137,0
Altamira- -3	Interpolada	1.147,5	44.284,5
Altamira- -4	Interpolada	1.147,5	45.432,0
Altamira- -5	Interpolada	1.147,5	46.579,5
Altamira- -6	Interpolada	1.147,5	47.727,0
Altamira- -7	Interpolada	1.147,5	48.874,5
Altamira- -8	Interpolada	1.147,5	50.022,0
Altamira- -9	Interpolada	1.147,5	51.169,5
BM 2	Topobatimetria	916,5	52.317,0
BM 2- -1	Interpolada	916,5	53.233,5
BM 2- -2	Interpolada	916,5	54.150,0
BM 2- -3	Interpolada	916,5	55.066,5
BM 2- -4	Interpolada	916,5	55.983,0
BM 2- -5	Interpolada	916,5	56.899,5
BM 2- -6	Interpolada	916,5	57.816,0
BM 2- -7	Interpolada	916,5	58.732,5
BM 2- -8	Interpolada	916,5	59.649,0
BM 2- -9	Interpolada	916,5	60.565,5
BM 1	Topobatimetria	12.662,0	61.482,0
Tab+Verde II	Topobatimetria	2.191,0	74.144,0
Canteiro	Topobatimetria	3.105,0	76.335,0
Verde+Pim	Topobatimetria	0,0	79.440,0

As seções representadas no modelo foram obtidas dos perfis topobatimétricos, complementadas com as informações obtidas a partir das cotas das bordas das seções levantadas e da restituição Aerofotogramétrica 1:10.000. O **Apêndice 7.7.2-1** mostra os perfis das seções utilizadas no modelo.

c.2) Comparação de modelos de cálculo e Fundamentos Teóricos.

Para o cálculo das curvas de remanso, foi adotado o método conhecido como “Standard Step Method”, que se aplica bem tanto a seções naturais como artificiais. Este método foi aplicado no algoritmo de diversos modelos matemáticos de cálculo de remanso podendo-se citar os modelos: Remanth, versão 2.08, maio de 2007, desenvolvido especialmente para a THEMAG e HEC-RAS, versão 4.0, Beta, de novembro de 2006, elaborado pelo US. Army Corps of Engineers.

O Remanth, já foi validado anteriormente através de comparação de seus resultados com resultados dos modelos consagrados, inclusive o HEC-RAS, versão 2.2. Posteriormente, para o caso específico do remanso no reservatório da AHE Belo Monte, foram comparados os resultados do Remanth 2.08 com o HEC RAS 4.0 em uma condição sem a interpolação de seções, obtendo-se resultados praticamente idênticos. As pequenas diferenças encontradas se devem, entre outras, à discretização das características hidrogeométricas das seções e às interpolações internas feitas nos dois modelos matemáticos.

Uma característica do cálculo de remanso em reservatórios é proceder a aferição para as condições naturais e então efetuar os cálculos para a condição com presença do reservatório, condições que podem representar uma diferença significativa de níveis d’água na área de influência do reservatório. Para contemplar estas condições de cálculo é necessária a utilização de um modelo matemático que permita utilizar a rugosidade de Manning variando com a cota do nível d’água.

Optou-se então pela utilização do Remanth, pois este modelo permite a discretização das rugosidades de Manning em 20 horizontais de cada seção, representando de forma detalhada as modificações das capacidades da calha do rio Xingu para toda a gama de vazões de interesse (1.000 a 40.000 m³/s), além de permitir ao mesmo tempo a utilização de seções interpoladas, condições que se demonstraram importantes para representar com maior precisão os níveis d’água em Altamira, recursos que não podem ser utilizados de forma simultânea no HEC RAS 4.0.

c.3) Aferição do Modelo

O processo de aferição do modelo matemático consistiu em ajustar as rugosidades de Manning de forma a reproduzir com razoável precisão os níveis d’água determinados pelas curvas chave das seções: Taboca- Cana Verde II; BM1; BM2; Altamira; e Bab 1B. Também foram utilizados os níveis d’água medidos em 16/03/2008 nas seções Nova 1 a Nova 3.

Fez parte do processo de aferição a introdução de seções interpoladas em alguns trechos do rio, que conduziram a uma melhor representação dos níveis d’água do Xingu.

Em resumo, foram seguidos os seguintes passos na aferição: definiu-se o nível d’água de jusante na curva chave de Cana Verde I (Versão ELN); adotou-se as rugosidades de Manning iniciais em cada seção, efetuou-se o cálculo do remanso, comparou-se os níveis d’águas

observados e calculados nos vários eixos. Prosseguiu-se ajustando as rugosidades até que os valores observados e calculados estivessem suficientemente próximos.

Conforme pode ser visto no **GRÁFICO 7.7.2-18**, que apresenta a Curva Chave de Altamira, ocorre uma certa dispersão nas medições de vazão, que é em média da ordem de 0,5 m, ou seja a curva chave baseada em poucas medições pode apresentar erros de nível d'água desta ordem.

Diante destes elementos, preservando-se a coerência das rugosidades de Manning, ao longo do rio, realizou-se uma aferição que em geral aceitou diferenças entre os níveis observados (curvas chave) e calculados, menores que 0,5 m. No caso de Altamira, se obtiveram diferenças inferiores a 0,12 m. Por outro lado, na seção BM2, foi necessário para vazões baixas, aceitar diferenças maiores que 0,5 m.

Ressalta-se ainda que, exceto a curva chave de Altamira, todas as demais têm medições até cerca de 20.000 m³/s. Acima deste valor as curvas são extrapoladas e portanto menos precisas que a de Altamira.

As **TABELA 7.7.2-7** a **TABELA 7.7.2-9** mostram os resultados da aferição conseguida. O **GRÁFICO 7.7.2-19** sumariza os resultados dos cálculos na seção de Altamira.

TABELA 7.7.2-7
Aferição Vazões de 3450 e 9200 m³/s

SEÇÕES	Vazão (m ³ /s)	3450			9200		
		DIST. ACUM. (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calculado (m)	ΔN.A. (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calculado (m)
Nova 3	0	-	99,18	-	-	101,51	-
Nova 2	12551	-	96,45	-	-	99,03	-
Nova 1	21633	-	95,02	-	-	96,61	-
BABAQUARA BAb1a	29721	-	94,50	-	-	95,67	-
BABAQUARA BAb1b	31305	94,37	94,40	-0,04	95,98	95,62	0,37
ALTAMIRA	40842	93,94	93,96	-0,02	95,40	95,52	-0,12
BM2	52317	93,69	92,42	1,28	94,96	94,37	0,59
BM1	61482	88,08	87,75	0,33	90,31	90,37	-0,06
TABOCA	74144	84,50	84,50	0,00	86,10	86,30	-0,20
CANTEIRO	76335	-	84,33	-	-	86,03	-
CANA VERDE I	79440	84,11	84,11	0,00	85,66	85,66	0,00

Onde:

N.A. réguas - nível d'água extraído das curvas chave elaboradas para cada seção;

N.A. cal. - nível d'água cálculo;

Δ N.A. - diferença entre (N.A. réguas) e (N.A. cal).;

TABELA 7.7.2-8
Aferição. Vazões de 12.300 e 20.078 m³/s

SEÇÕES	Vazão (m ³ /s)	12300			20078		
	DIST. ACUM. (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calc (m)	ΔN.A (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calc (m)	ΔN.A (m)
Nova 3	0		101,74		101,99	101,99	0,00
Nova 2	12551		99,93		100,33	100,66	-0,33
Nova 1	21633		97,21		99,35	98,47	0,88
BABAQUARA BAb1a	29721		96,23			97,78	
BABAQUARA BAb1b	31305	96,62	96,20	0,42	97,90	97,72	0,18
ALTAMIRA	40842	96,02	96,03	-0,01	97,35	97,30	0,05
BM2	52317	95,44	95,00	0,44	96,38	96,16	0,22
BM1	61482	91,04	90,98	0,06	92,33	92,14	0,19
TABOCA	74144	86,80	86,99	-0,19	88,20	88,55	-0,35
CANTEIRO	76335		86,72			88,24	
CANA VERDE I	79440	86,36	86,36	0,00	87,86	87,86	0,00

TABELA 7.7.2-9
Aferição. Vazões de 30.250 e 34.795 m³/s

SEÇÕES	Vazão (m ³ /s)	30250			34795		
	DIST. ACUM. (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calc (m)	ΔN.A (m)	N.A.réguas (m)	N.A.calc (m)	ΔN.A (m)
Nova 3	0		102,23			102,41	
Nova 2	12551		101,32			101,58	
Nova 1	21633		100,11			100,79	
BABAQUARA BAb1a	29721		99,53			100,21	
BABAQUARA BAb1b	31305	99,22	99,48	-0,26	99,72	100,18	-0,45
ALTAMIRA	40842	98,93	98,99	-0,06	99,61	99,63	-0,02
BM2	52317	97,32	97,35	-0,03	97,68	97,82	-0,15
BM1	61482	93,50	93,15	0,35	93,91	93,53	0,38
TABOCA	74144	89,66	90,26	-0,60	90,20	90,90	-0,70
CANTEIRO	76335		89,98			90,64	
CANA VERDE I	79440	89,61	89,61	0,00	90,31	90,31	0,00

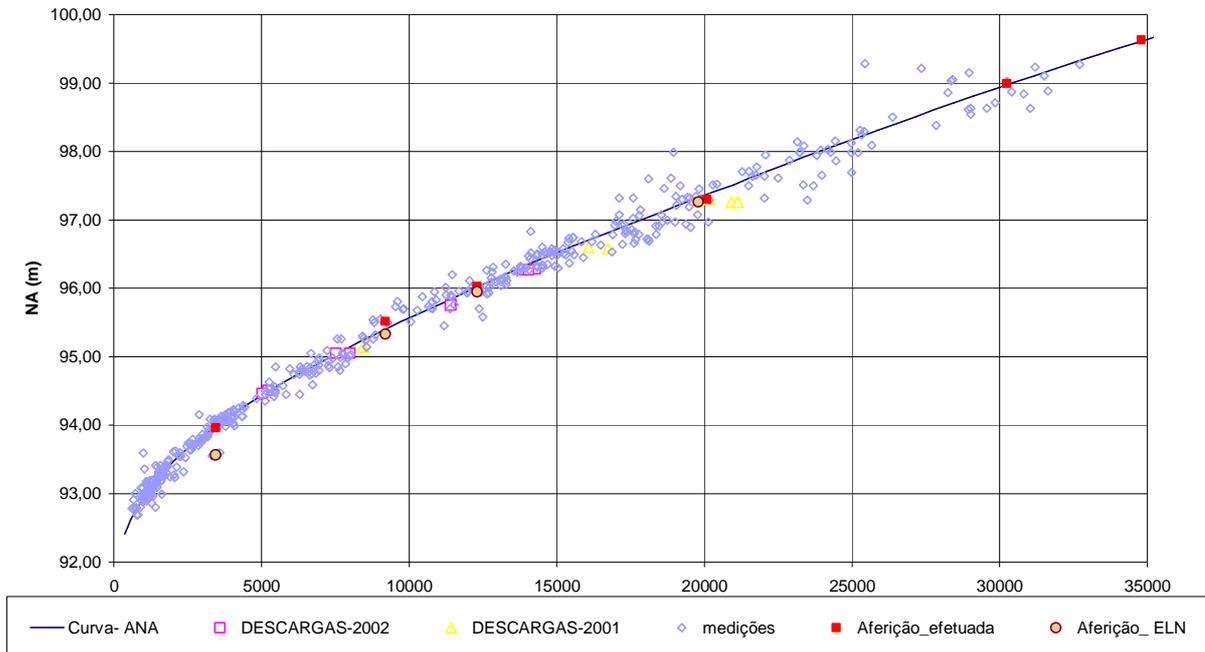


GRÁFICO 7.7.2-19 - Curva Chave de Altamira e Pontos de Aferição atuais

Deve ser ressaltado que os níveis d'água da aferição conseguida ajustam-se perfeitamente a curva chave em Altamira, inclusive no tramo de extrapolação da curva.

c.4) Resultado dos Cálculos de Remanso

Considerado aferido o Modelo, foram calculados os níveis d'água para as várias vazões de interesse para as condições naturais e com reservatório do rio Xingu.

A **TABELA 7.7.2-10** mostra as vazões características para as quais foram efetuados os cálculos. As vazões referem-se à estatística realizada para o período 1931-2000, que é o período considerado nos estudos de viabilidade.

As **TABELA 7.7.2-11** a **TABELA 7.7.2-26** mostram os resultados do cálculo do remanso nas seções. Os **GRÁFICO 7.7.2-20** a **GRÁFICO 7.7.2-27** mostram os perfis das linhas d'água, incluindo os valores nas seções interpoladas.

TABELA 7.7.2-10
Vazões Características

TR (Anos)	Q (m ³ /s)
MMA	1.017
MLT	7.851
CMA	23.414
5	26.270
10	29.518
25	33.812
50	37.060
100	40.309

onde: TR: Tempo de Recorrência;
MMA – Média das Mínimas Anuais (1978-2000);
MLT - Vazão média de Longo Termo;
CMA - Cheia média Anual.

TABELA 7.7.2- 11
Resultados – Condições naturais. Vazão de 1017 m³/s
(Média das Mínimas Anuais)

continua

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	97,05	0,14	Altamira	40.842	93,29	0,09
Interpolada	1.255	96,91	0,13	Interpolada	41.990	93,27	0,09
Interpolada	2.510	96,76	0,13	Interpolada	43.137	93,25	0,09
Interpolada	3.765	96,59	0,12	Interpolada	44.285	93,23	0,09
Interpolada	5.020	96,40	0,12	Interpolada	45.432	93,19	0,09
Interpolada	6.276	96,19	0,12	Interpolada	46.580	93,13	0,09
Interpolada	7.531	95,96	0,11	Interpolada	47.727	93,03	0,1
Interpolada	8.786	95,72	0,11	Interpolada	48.875	92,86	0,1
Interpolada	10.041	95,46	0,11	Interpolada	50.022	92,62	0,11
Interpolada	11.296	95,19	0,11	Interpolada	51.170	92,28	0,12
Nova 2	12.551	94,90	0,11	BM 2	52.317	91,23	0,17
Nova 1	21.633	93,68	0,09	Interpolada	53.234	90,01	0,19
Interpolada	22.442	93,65	0,08	Interpolada	54.150	89,03	0,19
Interpolada	23.251	93,64	0,08	Interpolada	55.067	88,14	0,21

TABELA 7.7.2-11
Resultados – Condições naturais. Vazão de 1017 m³/s
(Média das Mínimas Anuais)

				conclusão			
SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Interpolada	24.059	93,62	0,08	Interpolada	55.983	87,39	0,22
Interpolada	24.868	93,61	0,07	Interpolada	56.900	86,86	0,23
Interpolada	25.677	93,61	0,07	Interpolada	57.816	86,42	0,25
Interpolada	26.486	93,60	0,08	Interpolada	58.733	85,96	0,27
Interpolada	27.295	93,59	0,08	Interpolada	59.649	85,52	0,26
Interpolada	28.103	93,58	0,08	Interpolada	60.566	85,16	0,26
Interpolada	28.912	93,57	0,08	BM 1	61.482	84,87	0,25
Bab 1A	29.721	93,56	0,08	Tab+Verde II	74.144	83,08	0,11
Bab 1B	31.305	93,52	0,09	Canteiro	76.335	83,03	0,18
				Verde+Pim	79.440	82,97	0,09

TABELA 7.7.2-12
Resultados - Com Reservatório. Vazão de 1017 m³/s
(Média das Mínimas Anuais)

				continua			
SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	98,11	0,1	Altamira	40.842	97,01	0,05
Interpolada	1.255	98,05	0,09	Interpolada	41.990	97,01	0,05
Interpolada	2.510	97,99	0,09	Interpolada	43.137	97,01	0,05
Interpolada	3.765	97,92	0,09	Interpolada	44.285	97,01	0,05
Interpolada	5.020	97,84	0,08	Interpolada	45.432	97,01	0,05
Interpolada	6.276	97,77	0,08	Interpolada	46.580	97,01	0,05
Interpolada	7.531	97,69	0,08	Interpolada	47.727	97,01	0,05
Interpolada	8.786	97,60	0,07	Interpolada	48.875	97,01	0,05
Interpolada	10.041	97,52	0,07	Interpolada	50.022	97,00	0,05
Interpolada	11.296	97,43	0,07	Interpolada	51.170	97,00	0,05
Nova 2	12.551	97,34	0,07	BM 2	52.317	97,00	0,04
Nova 1	21.633	97,01	0,04	Interpolada	53.234	97,00	0,04
Interpolada	22.442	97,01	0,04	Interpolada	54.150	97,00	0,04
Interpolada	23.251	97,01	0,04	Interpolada	55.067	97,00	0,04
Interpolada	24.059	97,01	0,04	Interpolada	55.983	97,00	0,04
Interpolada	24.868	97,01	0,04	Interpolada	56.900	97,00	0,04

TABELA 7.7.2-12
Resultados - Com Reservatório. Vazão de 1017 m³/s
(Média das Mínimas Anuais)

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	conclusão
Interpolada	25.677	97,01	0,04	Interpolada	57.816	97,00	0,04	
Interpolada	26.486	97,01	0,04	Interpolada	58.733	97,00	0,04	
Interpolada	27.295	97,01	0,04	Interpolada	59.649	97,00	0,04	
Interpolada	28.103	97,01	0,04	Interpolada	60.566	97,00	0,03	
Interpolada	28.912	97,01	0,04	BM 1	61.482	97,00	0,03	
Bab 1 ^a	29.721	97,01	0,04	Tab+Verde II	74.144	97,00	0,02	
Bab 1B	31.305	97,01	0,04	Canteiro	76.335	97,00	0,02	
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,01	

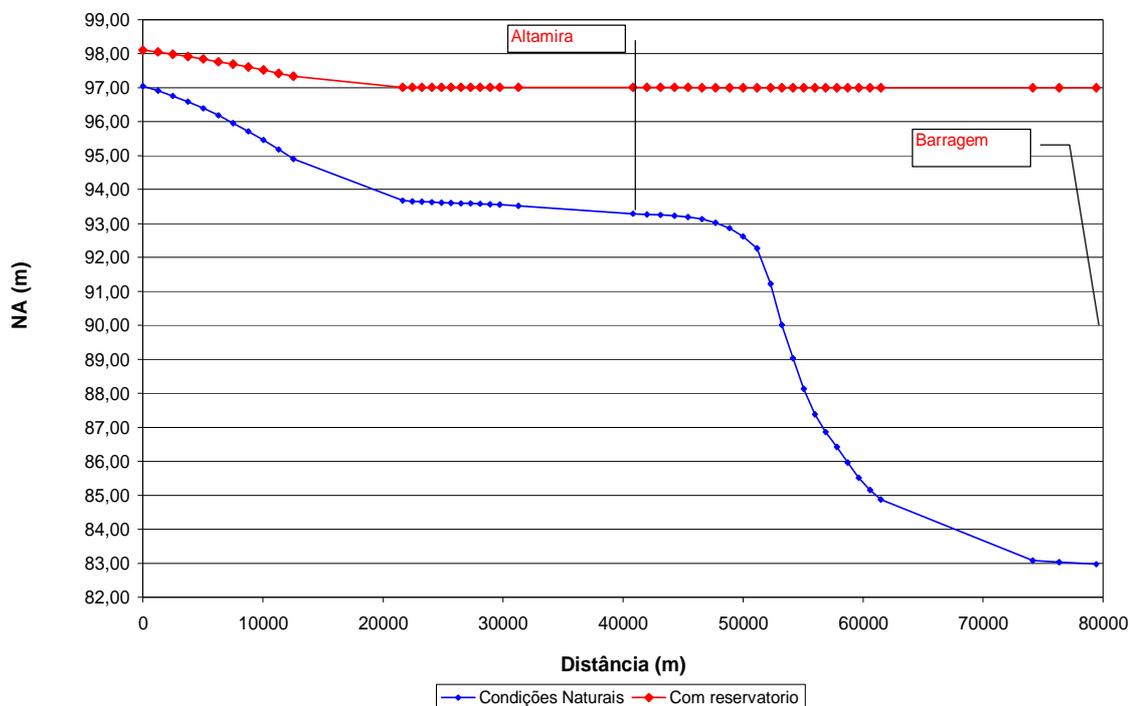


GRÁFICO 7.7.2-20 - Vazão de 1017 m³/s (Média das Mínimas Anuais). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-13
Resultados – Condições naturais. Vazão de 7.851 m³/s
(média de longo termo)

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	101,32	0,36	Altamira	40.842	95,27	0,50
Interpolada	1.255	101,20	0,35	Interpolada	41.990	95,25	0,50
Interpolada	2.510	101,06	0,35	Interpolada	43.137	95,20	0,50
Interpolada	3.765	100,91	0,34	Interpolada	44.285	95,10	0,51
Interpolada	5.020	100,73	0,34	Interpolada	45.432	94,97	0,52
Interpolada	6.276	100,53	0,34	Interpolada	46.580	94,82	0,54
Interpolada	7.531	100,27	0,35	Interpolada	47.727	94,65	0,55
Interpolada	8.786	99,90	0,37	Interpolada	48.875	94,49	0,57
Interpolada	10.041	99,44	0,38	Interpolada	50.022	94,35	0,59
Interpolada	11.296	98,96	0,40	Interpolada	51.170	94,23	0,59
Nova 2	12.551	98,47	0,42	BM 2	52.317	94,10	0,60
Nova 1	21.633	96,30	0,38	Interpolada	53.234	93,95	0,58
Interpolada	22.442	96,25	0,38	Interpolada	54.150	93,68	0,56
Interpolada	23.251	96,20	0,38	Interpolada	55.067	93,14	0,58
Interpolada	24.059	96,14	0,38	Interpolada	55.983	92,50	0,58
Interpolada	24.868	96,06	0,38	Interpolada	56.900	91,99	0,59
Interpolada	25.677	95,96	0,39	Interpolada	57.816	91,59	0,59
Interpolada	26.486	95,84	0,40	Interpolada	58.733	91,23	0,59
Interpolada	27.295	95,72	0,41	Interpolada	59.649	90,89	0,60
Interpolada	28.103	95,60	0,42	Interpolada	60.566	90,52	0,63
Interpolada	28.912	95,50	0,43	BM 1	61.482	90,06	0,68
Bab 1A	29.721	95,42	0,44	Tab+Verde II	74.144	85,98	0,56
Bab 1B	31.305	95,35	0,43	Canteiro	76.335	85,71	0,67
				Verde+Pim	79.440	85,36	0,48

TABELA 7.7.2-14

Resultados – Com Reservatório. Vazão de 7.851 m³/s (média de longo termo)

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	101,36	0,36	Altamira	40.842	97,29	0,38
Interpolada	1.255	101,24	0,35	Interpolada	41.990	97,28	0,38
Interpolada	2.510	101,12	0,34	Interpolada	43.137	97,28	0,38
Interpolada	3.765	100,99	0,34	Interpolada	44.285	97,27	0,38
Interpolada	5.020	100,84	0,34	Interpolada	45.432	97,25	0,37
Interpolada	6.276	100,68	0,33	Interpolada	46.580	97,24	0,37
Interpolada	7.531	100,49	0,33	Interpolada	47.727	97,22	0,37
Interpolada	8.786	100,27	0,34	Interpolada	48.875	97,21	0,36
Interpolada	10.041	99,96	0,35	Interpolada	50.022	97,19	0,35
Interpolada	11.296	99,58	0,36	Interpolada	51.170	97,17	0,34
Nova 2	12.551	99,16	0,37	BM 2	52.317	97,15	0,33
Nova 1	21.633	97,55	0,32	Interpolada	53.234	97,13	0,33
Interpolada	22.442	97,53	0,31	Interpolada	54.150	97,12	0,32
Interpolada	23.251	97,51	0,31	Interpolada	55.067	97,10	0,31
Interpolada	24.059	97,47	0,31	Interpolada	55.983	97,09	0,31
Interpolada	24.868	97,44	0,31	Interpolada	56.900	97,08	0,30
Interpolada	25.677	97,41	0,31	Interpolada	57.816	97,07	0,29
Interpolada	26.486	97,39	0,31	Interpolada	58.733	97,06	0,28
Interpolada	27.295	97,38	0,32	Interpolada	59.649	97,05	0,27
Interpolada	28.103	97,38	0,32	Interpolada	60.566	97,04	0,26
Interpolada	28.912	97,37	0,32	BM 1	61.482	97,03	0,26
Bab 1A	29.721	97,37	0,32	Tab+Verde II	74.144	97,00	0,13
Bab 1B	31.305	97,36	0,31	Canteiro	76.335	97,00	0,12
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,09

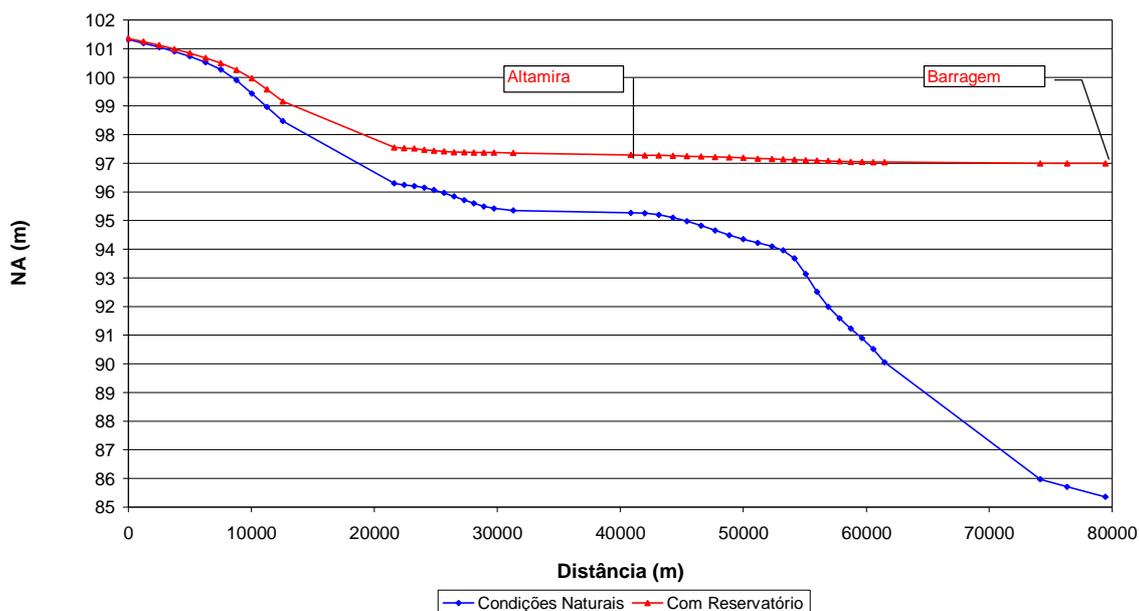


GRÁFICO 7.7.2-21 - Vazão de 7.851 m³/s (média de longo termo).
Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-15

Resultados – Condições naturais. Vazão de 23.414 m³/s (Cheia média anual).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,05	0,92	Altamira	40.842	97,90	1,05
Interpolada	1.255	101,98	0,90	Interpolada	41.990	97,86	1,05
Interpolada	2.510	101,91	0,88	Interpolada	43.137	97,81	1,06
Interpolada	3.765	101,84	0,86	Interpolada	44.285	97,73	1,06
Interpolada	5.020	101,76	0,84	Interpolada	45.432	97,63	1,06
Interpolada	6.276	101,68	0,82	Interpolada	46.580	97,51	1,06
Interpolada	7.531	101,59	0,80	Interpolada	47.727	97,37	1,07
Interpolada	8.786	101,49	0,79	Interpolada	48.875	97,21	1,07
Interpolada	10.041	101,36	0,78	Interpolada	50.022	97,04	1,07
Interpolada	11.296	101,19	0,78	Interpolada	51.170	96,83	1,07
Nova 2	12.551	100,89	0,79	BM 2	52.317	96,60	1,08
Nova 1	21.633	99,01	0,76	Interpolada	53.234	96,41	1,10
Interpolada	22.442	98,91	0,76	Interpolada	54.150	96,22	1,09
Interpolada	23.251	98,80	0,76	Interpolada	55.067	96,05	1,09
Interpolada	24.059	98,71	0,77	Interpolada	55.983	95,82	1,08
Interpolada	24.868	98,63	0,77	Interpolada	56.900	95,43	1,08
Interpolada	25.677	98,58	0,78	Interpolada	57.816	94,75	1,13
Interpolada	26.486	98,53	0,78	Interpolada	58.733	93,98	1,18
Interpolada	27.295	98,49	0,78	Interpolada	59.649	93,37	1,23
Interpolada	28.103	98,46	0,79	Interpolada	60.566	92,91	1,26
Interpolada	28.912	98,43	0,79	BM 1	61.482	92,53	1,29
Bab 1A	29.721	98,41	0,80	Tab+Verde II	74.144	89,09	1,02
Bab 1B	31.305	98,34	0,81	Canteiro	76.335	88,75	1,07
				Verde+Pim	79.440	88,34	0,86

TABELA 7.7.2-16
Resultados – Com Reservatório. Vazão de 23.414 m³/s (Cheia média anual).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,05	0,92	Altamira	40.842	98,90	0,94
Interpolada	1.255	101,98	0,90	Interpolada	41.990	98,86	0,94
Interpolada	2.510	101,91	0,88	Interpolada	43.137	98,80	0,94
Interpolada	3.765	101,84	0,86	Interpolada	44.285	98,72	0,94
Interpolada	5.020	101,77	0,84	Interpolada	45.432	98,65	0,93
Interpolada	6.276	101,69	0,82	Interpolada	46.580	98,56	0,92
Interpolada	7.531	101,60	0,80	Interpolada	47.727	98,47	0,92
Interpolada	8.786	101,51	0,79	Interpolada	48.875	98,37	0,91
Interpolada	10.041	101,39	0,78	Interpolada	50.022	98,27	0,90
Interpolada	11.296	101,25	0,77	Interpolada	51.170	98,16	0,89
Nova 2	12.551	101,03	0,77	BM 2	52.317	98,03	0,87
Nova 1	21.633	99,68	0,68	Interpolada	53.234	97,93	0,88
Interpolada	22.442	99,60	0,68	Interpolada	54.150	97,84	0,87
Interpolada	23.251	99,54	0,68	Interpolada	55.067	97,76	0,87
Interpolada	24.059	99,48	0,68	Interpolada	55.983	97,68	0,85
Interpolada	24.868	99,44	0,68	Interpolada	56.900	97,61	0,84
Interpolada	25.677	99,40	0,69	Interpolada	57.816	97,55	0,82
Interpolada	26.486	99,36	0,69	Interpolada	58.733	97,48	0,80
Interpolada	27.295	99,34	0,69	Interpolada	59.649	97,40	0,78
Interpolada	28.103	99,31	0,70	Interpolada	60.566	97,33	0,76
Interpolada	28.912	99,29	0,70	BM 1	61.482	97,28	0,75
Bab 1A	29.721	99,28	0,70	Tab+Verde II	74.144	97,02	0,40
Bab 1B	31.305	99,24	0,73	Canteiro	76.335	97,01	0,36
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,27

Resultados Q=23414 m³/s

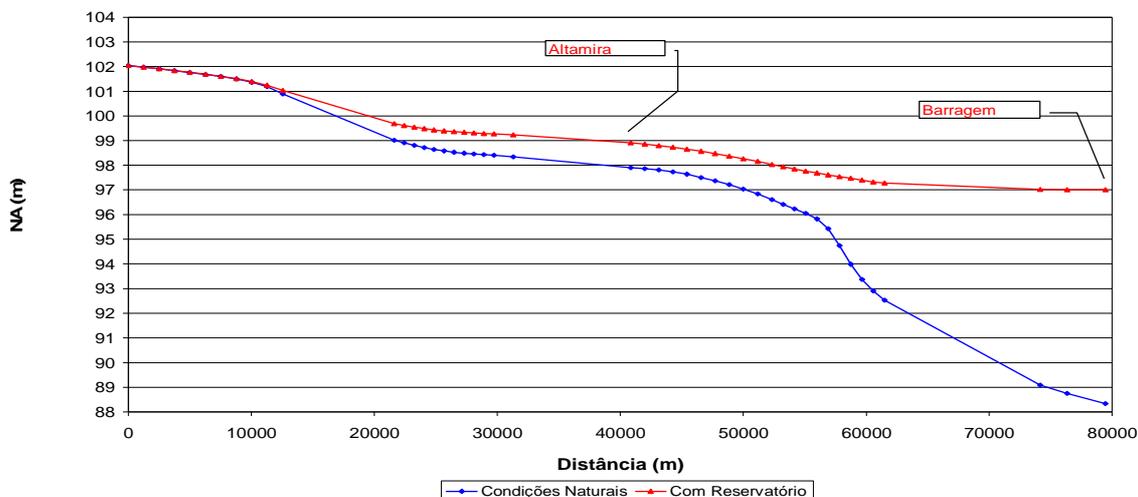


GRÁFICO 7.7.2-22- Vazão de 23.414 m³/s (Cheia média anual).
Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-17

Resultados – Condições naturais. Vazão de 26.270 m³/s (TR = 5 anos).

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	102,11	1,02	Altamira	40.842	98,37	1,12
Interpolada	.255	102,03	1,00	Interpolada	41.990	98,32	1,12
Interpolada	2.510	101,95	0,98	Interpolada	43.137	98,25	1,13
Interpolada	3.765	101,88	0,95	Interpolada	44.285	98,15	1,13
Interpolada	5.020	101,81	0,93	Interpolada	45.432	98,03	1,13
Interpolada	6.276	101,74	0,91	Interpolada	46.580	97,90	1,13
Interpolada	7.531	101,66	0,89	Interpolada	47.727	97,74	1,13
Interpolada	8.786	101,56	0,87	Interpolada	48.875	97,57	1,13
Interpolada	10.041	101,45	0,86	Interpolada	50.022	97,39	1,14
Interpolada	11.296	101,31	0,85	Interpolada	51.170	97,17	1,14
Nova 2	12.551	101,08	0,86	BM 2	52.317	96,92	1,15
Nova 1	21.633	99,51	0,79	Interpolada	53.234	96,71	1,17
Interpolada	22.442	99,41	0,79	Interpolada	54.150	96,51	1,18
Interpolada	23.251	99,32	0,79	Interpolada	55.067	96,31	1,17
Interpolada	24.059	99,24	0,80	Interpolada	55.983	96,10	1,17
Interpolada	24.868	99,17	0,80	Interpolada	56.900	95,76	1,17
Interpolada	25.677	99,12	0,80	Interpolada	57.816	95,13	1,21
Interpolada	26.486	99,07	0,81	Interpolada	58.733	94,37	1,26
Interpolada	27.295	99,03	0,81	Interpolada	59.649	93,70	1,32
Interpolada	28.103	99,00	0,82	Interpolada	60.566	93,20	1,36
Interpolada	28.912	98,97	0,83	BM 1	61.482	92,82	1,39
Bab 1A	29.721	98,95	0,83	Tab+Verde II	74.144	89,65	1,04
Bab 1B	31.305	98,88	0,85	Canteiro	76.335	89,33	1,07
				Verde+Pim	79.440	88,94	0,87

TABELA 7.7.2-18

Resultados – Com Reservatório. Vazão de 26.270 m³/s (TR= 5 anos).

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	102,11	1,02	Altamira	40.842	99,24	1,03
Interpolada	1.255	102,03	1,00	Interpolada	41.990	99,18	1,03
Interpolada	2.510	101,95	0,98	Interpolada	43.137	99,11	1,02
Interpolada	3.765	101,88	0,95	Interpolada	44.285	99,02	1,02
Interpolada	5.020	101,82	0,93	Interpolada	45.432	98,94	1,01
Interpolada	6.276	101,74	0,91	Interpolada	46.580	98,84	1,00
Interpolada	7.531	101,67	0,89	Interpolada	47.727	98,74	0,99
Interpolada	8.786	101,58	0,87	Interpolada	48.875	98,63	0,98
Interpolada	10.041	101,49	0,86	Interpolada	50.022	98,51	0,97
Interpolada	11.296	101,37	0,85	Interpolada	51.170	98,37	0,96
Nova 2	12.551	101,21	0,84	BM 2	52.317	98,23	0,95
Nova 1	21.633	100,06	0,72	Interpolada	53.234	98,12	0,96
Interpolada	22.442	99,98	0,73	Interpolada	54.150	98,01	0,96
Interpolada	23.251	99,91	0,73	Interpolada	55.067	97,91	0,95
Interpolada	24.059	99,85	0,73	Interpolada	55.983	97,82	0,94
Interpolada	24.868	99,80	0,73	Interpolada	56.900	97,74	0,93
Interpolada	25.677	99,76	0,73	Interpolada	57.816	97,66	0,91
Interpolada	26.486	99,72	0,74	Interpolada	58.733	97,58	0,89
Interpolada	27.295	99,69	0,74	Interpolada	59.649	97,49	0,87
Interpolada	28.103	99,66	0,75	Interpolada	60.566	97,40	0,85
Interpolada	28.912	99,64	0,75	BM 1	61.482	97,35	0,83
Bab 1A	29.721	99,63	0,75	Tab+Verde II	74.144	97,03	0,45
Bab 1B	31.305	99,59	0,78	Canteiro	76.335	97,01	0,40
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,30

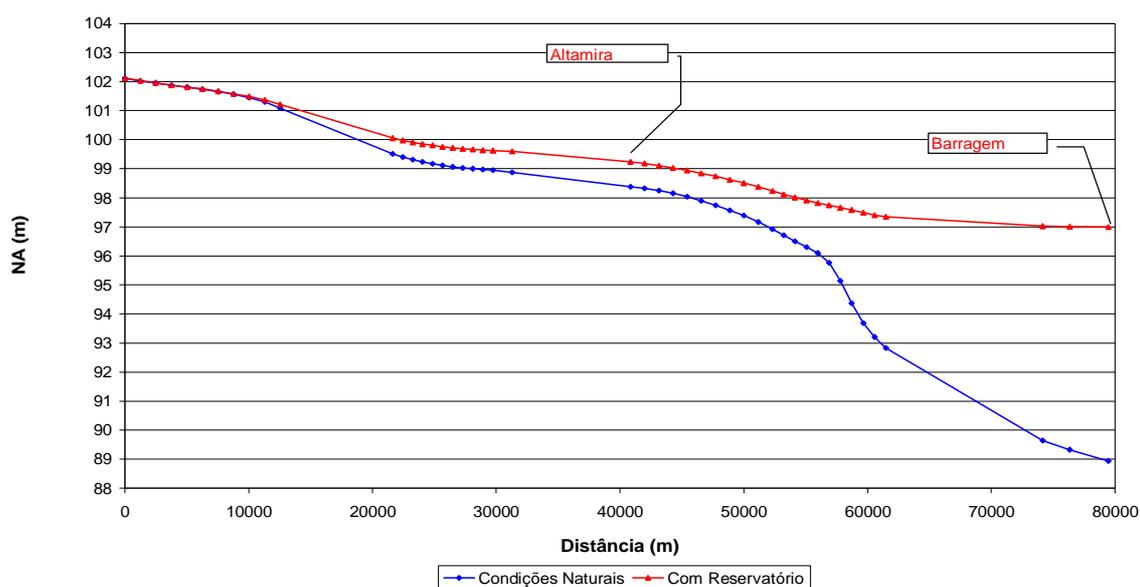


GRÁFICO 7.7.2-23 - Vazão de 26.270 m³/s (TR= 5 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-19

Resultados – Condições naturais. Vazão de 29.518 m³/s (TR = 10 anos).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,20	1,11	Altamira	40.842	98,88	1,19
Interpolada	1.255	102,10	1,10	Interpolada	41.990	98,81	1,20
Interpolada	2.510	102,01	1,08	Interpolada	43.137	98,71	1,20
Interpolada	3.765	101,93	1,06	Interpolada	44.285	98,59	1,20
Interpolada	5.020	101,86	1,04	Interpolada	45.432	98,46	1,20
Interpolada	6.276	101,79	1,01	Interpolada	46.580	98,31	1,20
Interpolada	7.531	101,72	0,99	Interpolada	47.727	98,15	1,20
Interpolada	8.786	101,64	0,97	Interpolada	48.875	97,97	1,21
Interpolada	10.041	101,54	0,95	Interpolada	50.022	97,77	1,21
Interpolada	11.296	101,43	0,94	Interpolada	51.170	97,54	1,22
Nova 2	12.551	101,28	0,93	BM 2	52.317	97,27	1,23
Nova 1	21.633	100,00	0,82	Interpolada	53.234	97,04	1,25
Interpolada	22.442	99,90	0,83	Interpolada	54.150	96,82	1,26
Interpolada	23.251	99,80	0,83	Interpolada	55.067	96,60	1,27
Interpolada	24.059	99,73	0,83	Interpolada	55.983	96,40	1,26
Interpolada	24.868	99,66	0,84	Interpolada	56.900	96,09	1,26
Interpolada	25.677	99,60	0,84	Interpolada	57.816	95,54	1,29
Interpolada	26.486	99,55	0,85	Interpolada	58.733	94,77	1,35
Interpolada	27.295	99,51	0,86	Interpolada	59.649	94,03	1,42
Interpolada	28.103	99,47	0,86	Interpolada	60.566	93,48	1,47
Interpolada	28.912	99,44	0,86	BM 1	61.482	93,10	1,50
Bab 1A	29.721	99,42	0,87	Tab+Verde II	74.144	90,16	1,07
Bab 1B	31.305	99,37	0,90	Canteiro	76.335	89,87	1,08
				Verde+Pim	79.440	89,49	0,89

TABELA 7.7.2-20
Resultados – Com Reservatório. Vazão de 29.518 m³/s (TR = 10 anos).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,21	1,11	Altamira	40.842	99,62	1,11
Interpolada	1.255	102,11	1,10	Interpolada	41.990	99,54	1,11
Interpolada	2.510	102,02	1,08	Interpolada	43.137	99,46	1,11
Interpolada	3.765	101,94	1,06	Interpolada	44.285	99,37	1,10
Interpolada	5.020	101,86	1,04	Interpolada	45.432	99,27	1,09
Interpolada	6.276	101,79	1,01	Interpolada	46.580	99,16	1,08
Interpolada	7.531	101,73	0,99	Interpolada	47.727	99,04	1,08
Interpolada	8.786	101,66	0,97	Interpolada	48.875	98,92	1,07
Interpolada	10.041	101,58	0,95	Interpolada	50.022	98,78	1,06
Interpolada	11.296	101,50	0,93	Interpolada	51.170	98,63	1,05
Nova 2	12.551	101,39	0,92	BM 2	52.317	98,47	1,04
Nova 1	21.633	100,50	0,76	Interpolada	53.234	98,34	1,05
Interpolada	22.442	100,42	0,77	Interpolada	54.150	98,21	1,05
Interpolada	23.251	100,35	0,77	Interpolada	55.067	98,10	1,05
Interpolada	24.059	100,28	0,77	Interpolada	55.983	97,99	1,04
Interpolada	24.868	100,23	0,78	Interpolada	56.900	97,89	1,02
Interpolada	25.677	100,18	0,78	Interpolada	57.816	97,80	1,01
Interpolada	26.486	100,14	0,78	Interpolada	58.733	97,71	0,99
Interpolada	27.295	100,11	0,79	Interpolada	59.649	97,60	0,97
Interpolada	28.103	100,08	0,79	Interpolada	60.566	97,50	0,95
Interpolada	28.912	100,06	0,79	BM 1	61.482	97,43	0,93
Bab 1A	29.721	100,04	0,80	Tab+Verde II	74.144	97,03	0,50
Bab 1B	31.305	100,02	0,84	Canteiro	76.335	97,02	0,45
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,33

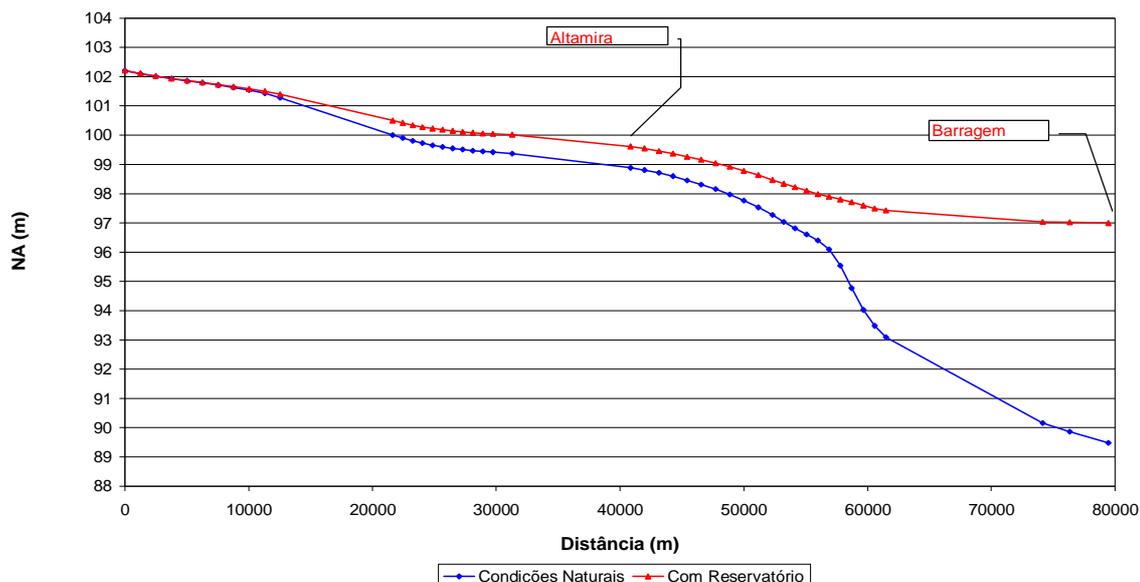


GRÁFICO 7.7.2-24 - Vazão de 29.518 m³/s (TR= 10 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-21

Resultados – Condições naturais. Vazão de 33.812m³/s (TR = 25 anos).

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	102,36	1,22	Altamira	40.842	99,50	1,29
Interpolada	1.255	102,24	1,21	Interpolada	41.990	99,40	1,29
Interpolada	2.510	102,13	1,20	Interpolada	43.137	99,28	1,29
Interpolada	3.765	102,04	1,18	Interpolada	44.285	99,15	1,29
Interpolada	5.020	101,94	1,16	Interpolada	45.432	99,01	1,29
Interpolada	6.276	101,86	1,14	Interpolada	46.580	98,85	1,29
Interpolada	7.531	101,79	1,12	Interpolada	47.727	98,67	1,29
Interpolada	8.786	101,72	1,10	Interpolada	48.875	98,48	1,29
Interpolada	10.041	101,65	1,07	Interpolada	50.022	98,26	1,29
Interpolada	11.296	101,59	1,05	Interpolada	51.170	98,01	1,30
Nova 2	12.551	101,51	1,03	BM 2	52.317	97,73	1,32
Nova 1	21.633	100,63	0,86	Interpolada	53.234	97,48	1,35
Interpolada	22.442	100,53	0,86	Interpolada	54.150	97,24	1,37
Interpolada	23.251	100,44	0,87	Interpolada	55.067	97,01	1,37
Interpolada	24.059	100,36	0,87	Interpolada	55.983	96,78	1,38
Interpolada	24.868	100,29	0,88	Interpolada	56.900	96,50	1,38
Interpolada	25.677	100,23	0,89	Interpolada	57.816	96,03	1,39
Interpolada	26.486	100,18	0,89	Interpolada	58.733	95,26	1,47
Interpolada	27.295	100,13	0,90	Interpolada	59.649	94,44	1,55
Interpolada	28.103	100,10	0,90	Interpolada	60.566	93,82	1,61
Interpolada	28.912	100,07	0,91	BM 1	61.482	93,42	1,65
Bab 1A	29.721	100,05	0,91	Tab+Verde II	74.144	90,79	1,12
Bab 1B	31.305	100,01	0,97	Canteiro	76.335	90,52	1,10
				Verde+Pim	79.440	90,19	0,88

TABELA 7.7.2-22

Resultados – Com Reservatório. Vazão de 33.812m³/s (TR = 25 anos).

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	102,5	1,19	Altamira	40.842	100,1	1,21
Interpolada	1.255	102,4	1,18	Interpolada	41.990	100	1,21
Interpolada	2.510	102,3	1,16	Interpolada	43.137	99,91	1,21
Interpolada	3.765	102,2	1,15	Interpolada	44.285	99,81	1,2
Interpolada	5.020	102,1	1,13	Interpolada	45.432	99,7	1,19
Interpolada	6.276	102	1,11	Interpolada	46.580	99,57	1,18
Interpolada	7.531	101,9	1,09	Interpolada	47.727	99,44	1,17
Interpolada	8.786	101,9	1,06	Interpolada	48.875	99,3	1,16
Interpolada	10.041	101,8	1,04	Interpolada	50.022	99,14	1,16
Interpolada	11.296	101,8	1,02	Interpolada	51.170	98,98	1,15
Nova 2	12.551	101,7	0,99	BM 2	52.317	98,79	1,14
Nova 1	21.633	101,1	0,81	Interpolada	53.234	98,64	1,16
Interpolada	22.442	101	0,81	Interpolada	54.150	98,49	1,16
Interpolada	23.251	100,9	0,82	Interpolada	55.067	98,35	1,16
Interpolada	24.059	100,8	0,82	Interpolada	55.983	98,22	1,16
Interpolada	24.868	100,8	0,83	Interpolada	56.900	98,1	1,14
Interpolada	25.677	100,7	0,83	Interpolada	57.816	97,99	1,13
Interpolada	26.486	100,7	0,84	Interpolada	58.733	97,88	1,11
Interpolada	27.295	100,7	0,84	Interpolada	59.649	97,75	1,09
Interpolada	28.103	100,6	0,84	Interpolada	60.566	97,63	1,07
Interpolada	28.912	100,6	0,85	BM 1	61.482	97,55	1,05
Bab 1A	29.721	100,6	0,85	Tab+Verde II	74.144	97,05	0,58
Bab 1B	31.305	100,6	0,92	Canteiro	76.335	97,02	0,52
				Verde+Pim	79.440	97	0,38

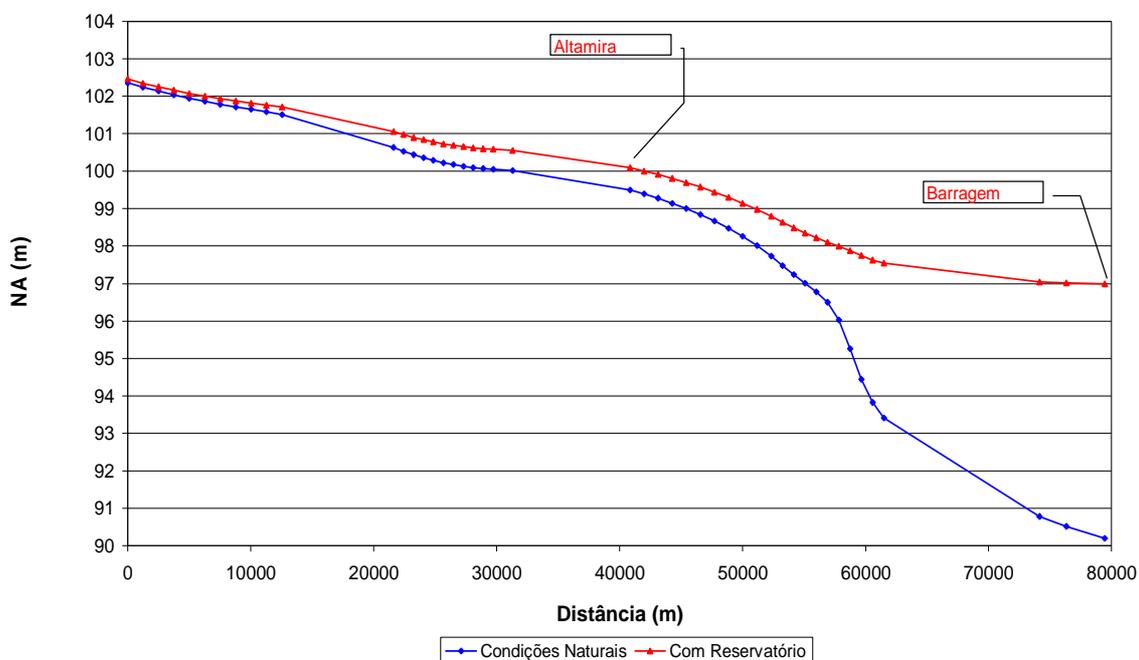


GRÁFICO 7.7.2-25 - Vazão de 33.812m³/s (TR= 25 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2- 23

 Resultados – Condições naturais. Vazão de 37.060m³/s (TR = 50 anos).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,66	1,23	Altamira	40.842	99,91	1,36
Interpolada	1.255	102,54	1,23	Interpolada	41.990	99,80	1,36
Interpolada	2.510	102,44	1,22	Interpolada	43.137	99,67	1,36
Interpolada	3.765	102,34	1,20	Interpolada	44.285	99,53	1,36
Interpolada	5.020	102,26	1,19	Interpolada	45.432	99,38	1,35
Interpolada	6.276	102,18	1,17	Interpolada	46.580	99,22	1,35
Interpolada	7.531	102,10	1,15	Interpolada	47.727	99,04	1,35
Interpolada	8.786	102,03	1,13	Interpolada	48.875	98,83	1,35
Interpolada	10.041	101,97	1,11	Interpolada	50.022	98,60	1,36
Interpolada	11.296	101,92	1,09	Interpolada	51.170	98,34	1,37
Nova 2	12.551	101,87	1,06	BM 2	52.317	98,04	1,38
Nova 1	21.633	101,11	0,88	Interpolada	53.234	97,78	1,42
Interpolada	22.442	101,00	0,89	Interpolada	54.150	97,52	1,44
Interpolada	23.251	100,91	0,89	Interpolada	55.067	97,27	1,45
Interpolada	24.059	100,84	0,90	Interpolada	55.983	97,03	1,46
Interpolada	24.868	100,77	0,91	Interpolada	56.900	96,77	1,46
Interpolada	25.677	100,71	0,91	Interpolada	57.816	96,35	1,47
Interpolada	26.486	100,66	0,92	Interpolada	58.733	95,66	1,53
Interpolada	27.295	100,61	0,93	Interpolada	59.649	94,87	1,61
Interpolada	28.103	100,58	0,93	Interpolada	60.566	94,23	1,68
Interpolada	28.912	100,55	0,94	BM 1	61.482	93,83	1,71
Bab 1A	29.721	100,53	0,94	Tab+Verde II	74.144	91,22	1,15
Bab 1B	31.305	100,49	1,01	Canteiro	76.335	90,96	1,13
				Verde+Pim	79.440	90,65	0,89

TABELA 7.7.2- 24

 Resultados – Com Reservatório. Vazão de 37.060m³/s (TR = 50 anos).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	102,81	1,19	Altamira	40.842	100,45	1,29
Interpolada	1.255	102,71	1,18	Interpolada	41.990	100,35	1,28
Interpolada	2.510	102,62	1,17	Interpolada	43.137	100,25	1,28
Interpolada	3.765	102,54	1,15	Interpolada	44.285	100,13	1,27
Interpolada	5.020	102,46	1,14	Interpolada	45.432	100,01	1,26
Interpolada	6.276	102,39	1,12	Interpolada	46.580	99,88	1,25
Interpolada	7.531	102,33	1,10	Interpolada	47.727	99,74	1,24
Interpolada	8.786	102,27	1,08	Interpolada	48.875	99,58	1,23
Interpolada	10.041	102,21	1,06	Interpolada	50.022	99,42	1,23
Interpolada	11.296	102,17	1,04	Interpolada	51.170	99,24	1,22
Nova 2	12.551	102,12	1,02	BM 2	52.317	99,04	1,21
Nova 1	21.633	101,47	0,84	Interpolada	53.234	98,87	1,23
Interpolada	22.442	101,38	0,85	Interpolada	54.150	98,70	1,24
Interpolada	23.251	101,30	0,85	Interpolada	55.067	98,55	1,25
Interpolada	24.059	101,24	0,86	Interpolada	55.983	98,40	1,24
Interpolada	24.868	101,18	0,86	Interpolada	56.900	98,27	1,23
Interpolada	25.677	101,13	0,87	Interpolada	57.816	98,14	1,22
Interpolada	26.486	101,08	0,87	Interpolada	58.733	98,01	1,21
Interpolada	27.295	101,05	0,88	Interpolada	59.649	97,88	1,18
Interpolada	28.103	101,02	0,88	Interpolada	60.566	97,74	1,17
Interpolada	28.912	101,00	0,89	BM 1	61.482	97,64	1,14
Bab 1A	29.721	100,98	0,89	Tab+Verde II	74.144	97,05	0,63
Bab 1B	31.305	100,94	0,97	Canteiro	76.335	97,03	0,57

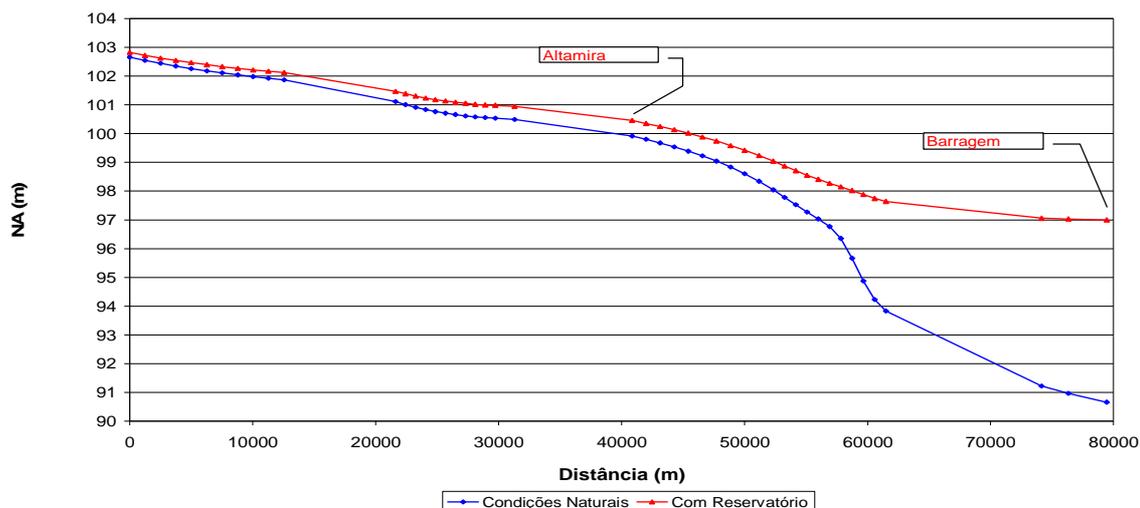


GRÁFICO 7.7.2-26 - Vazão de 37.060 m³/s (TR= 50 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-25

Resultados – Condições naturais. Vazão de 40.309 m³/s (TR = 100 anos).

SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.	SEÇÃO	DIST.	N.A.	Vel.
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
Nova 3	-	103,01	1,23	Altamira	40.842	100,30	1,42
Interpolada	1.255	102,90	1,23	Interpolada	41.990	100,18	1,42
Interpolada	2.510	102,81	1,22	Interpolada	43.137	100,05	1,42
Interpolada	3.765	102,72	1,21	Interpolada	44.285	99,90	1,42
Interpolada	5.020	102,64	1,19	Interpolada	45.432	99,75	1,41
Interpolada	6.276	102,56	1,18	Interpolada	46.580	99,57	1,41
Interpolada	7.531	102,49	1,16	Interpolada	47.727	99,38	1,41
Interpolada	8.786	102,43	1,14	Interpolada	48.875	99,17	1,41
Interpolada	10.041	102,37	1,12	Interpolada	50.022	98,93	1,41
Interpolada	11.296	102,32	1,10	Interpolada	51.170	98,66	1,42
Nova 2	12.551	102,27	1,09	BM 2	52.317	98,35	1,44
Nova 1	21.633	101,53	0,91	Interpolada	53.234	98,08	1,48
Interpolada	22.442	101,43	0,92	Interpolada	54.150	97,81	1,51
Interpolada	23.251	101,34	0,92	Interpolada	55.067	97,55	1,53
Interpolada	24.059	101,26	0,93	Interpolada	55.983	97,29	1,54
Interpolada	24.868	101,19	0,94	Interpolada	56.900	97,04	1,55
Interpolada	25.677	101,13	0,94	Interpolada	57.816	96,67	1,55
Interpolada	26.486	101,08	0,95	Interpolada	58.733	96,06	1,59
Interpolada	27.295	101,03	0,96	Interpolada	59.649	95,32	1,67
Interpolada	28.103	101,00	0,96	Interpolada	60.566	94,67	1,73
Interpolada	28.912	100,97	0,97	BM 1	61.482	94,27	1,76
Bab 1A	29.721	100,95	0,97	Tab+Verde II	74.144	91,74	1,17
Bab 1B	31.305	100,91	1,06	Canteiro	76.335	91,50	1,13
				Verde+Pim	79.440	91,23	0,88

TABELA 7.7.2-26

Resultados – Com Reservatório. Vazão de 40.309 m³/s (TR = 100 anos).

SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)	SEÇÃO	DIST. (m)	N.A. (m)	Vel. (m/s)
Nova 3	-	103,16	1,19	Altamira	40.842	100,78	1,36
Interpolada	1.255	103,07	1,18	Interpolada	41.990	100,68	1,35
Interpolada	2.510	102,98	1,17	Interpolada	43.137	100,57	1,35
Interpolada	3.765	102,91	1,16	Interpolada	44.285	100,45	1,34
Interpolada	5.020	102,83	1,15	Interpolada	45.432	100,32	1,33
Interpolada	6.276	102,77	1,13	Interpolada	46.580	100,18	1,32
Interpolada	7.531	102,71	1,12	Interpolada	47.727	100,03	1,31
Interpolada	8.786	102,65	1,10	Interpolada	48.875	99,86	1,30
Interpolada	10.041	102,60	1,08	Interpolada	50.022	99,69	1,29
Interpolada	11.296	102,55	1,07	Interpolada	51.170	99,49	1,29
Nova 2	12.551	102,51	1,05	BM 2	52.317	99,28	1,28
Nova 1	21.633	101,85	0,87	Interpolada	53.234	99,09	1,31
Interpolada	22.442	101,77	0,88	Interpolada	54.150	98,91	1,32
Interpolada	23.251	101,69	0,89	Interpolada	55.067	98,74	1,33
Interpolada	24.059	101,62	0,89	Interpolada	55.983	98,58	1,33
Interpolada	24.868	101,56	0,90	Interpolada	56.900	98,43	1,32
Interpolada	25.677	101,51	0,90	Interpolada	57.816	98,29	1,31
Interpolada	26.486	101,47	0,91	Interpolada	58.733	98,15	1,30
Interpolada	27.295	101,43	0,91	Interpolada	59.649	98,00	1,27
Interpolada	28.103	101,40	0,92	Interpolada	60.566	97,85	1,25
Interpolada	28.912	101,37	0,92	BM 1	61.482	97,74	1,23
Bab 1A	29.721	101,36	0,93	Tab+Verde II	74.144	97,06	0,68
Bab 1B	31.305	101,32	1,02	Canteiro	76.335	97,03	0,62
				Verde+Pim	79.440	97,00	0,46

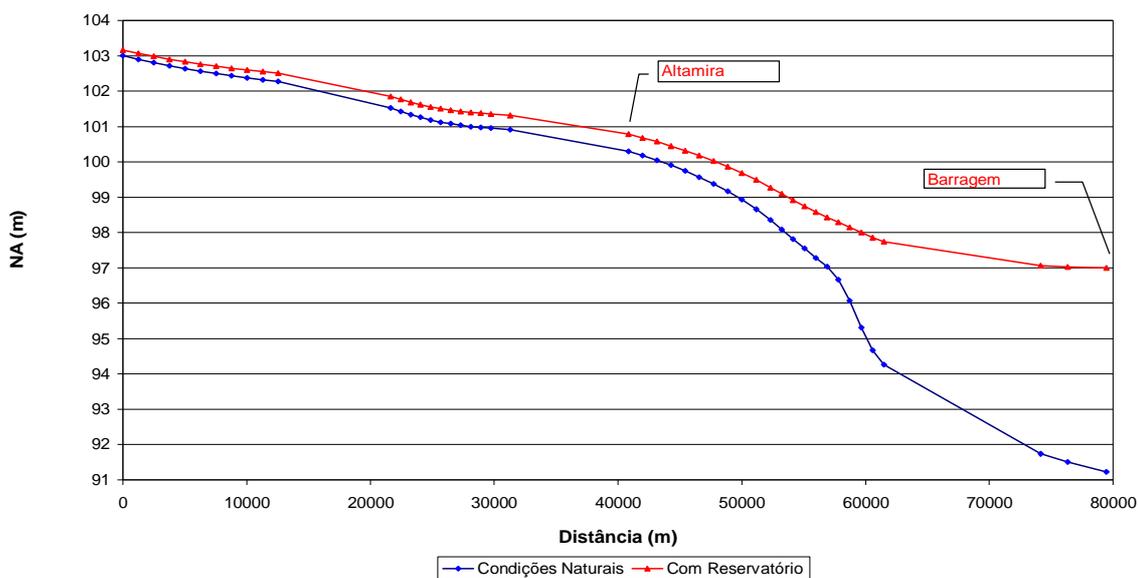


GRÁFICO 7.7.2-27 - Vazão de 40.309 m³/s (TR= 100 anos). Perfis das linhas d'água para as condições naturais e com reservatório.

As **TABELA 7.7.2-27** a **TABELA 7.7.2- 30** apresentam um resumo que permitem comparar de forma direta os níveis d água nas seções topobatimétricas para as condições com e sem reservatório.

TABELA 7.7.2-27

Resultados – Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 1/4

SEÇÃO	DIST. (m)	Média das Mínimas Anuais		Média de Longo Termo	
		Q = 1.017 m³/s		Q = 7.851 m³/s	
		N.A. Naturais	N.A. c/	N.A. Naturais	N.A. c/
		(m)	Reserv. (m)	(m)	Reserv. (m)
Nova 3	0	97,05	98,11	101,32	101,36
Nova 2	12.551	94,90	97,34	98,47	99,16
Nova 1	21.633	93,68	97,01	96,30	97,55
Bab 1A	29.721	93,56	97,01	95,42	97,37
Bab 1B	31.305	93,52	97,01	95,35	97,36
Altamira	40.842	93,29	97,01	95,27	97,29
BM 2	52.317	91,23	97,00	94,10	97,15
BM 1	61.482	84,87	97,00	90,06	97,03
Tab+Verde II	74.144	83,08	97,00	85,98	97,00
Canteiro	76.335	83,03	97,00	85,71	97,00
Verde+Pim	79.440	82,97	97,00	85,36	97,00

TABELA 7.7.2- 28

Resultados – Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 2/4

SEÇÃO	DIST. (m)	Cheia média Anual		(TR= 5 anos)	
		Q = 23.414 m³/s		Q = 26.270 m³/s	
		N.A. Naturais	N.A. c/	N.A. Naturais	N.A. c/
		(m)	Reserv. (m)	(m)	Reserv. (m)
Nova 3	0	102,05	102,05	102,11	102,11
Nova 2	12.551	100,89	101,03	101,08	101,21
Nova 1	21.633	99,01	99,68	99,51	100,06
Bab 1A	29.721	98,41	99,28	98,95	99,63
Bab 1B	31.305	98,34	99,24	98,88	99,59
Altamira	40.842	97,90	98,90	98,37	99,24
BM 2	52.317	96,60	98,03	96,92	98,23
BM 1	61.482	92,53	97,28	92,82	97,35
Tab+Verde II	74.144	89,09	97,02	89,65	97,03
Canteiro	76.335	88,75	97,01	89,33	97,01
Verde+Pim	79.440	88,34	97,00	88,94	97,00

TABELA 7.7.2- 29
Resultados – Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 3/4

SEÇÃO	DIST. (m)	(TR= 10 anos)		(TR= 25 anos)	
		Q = 29.518 m³/s		Q = 33.812 m³/s	
		N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)
Nova 3	0	102,20	102,21	102,36	102,50
Nova 2	12.551	101,28	101,39	101,51	101,10
Nova 1	21.633	100,00	100,50	100,63	101,70
Bab 1A	29.721	99,42	100,04	100,05	100,60
Bab 1B	31.305	99,37	100,02	100,01	100,60
Altamira	40.842	98,88	99,62	99,50	100,10
BM 2	52.317	97,27	98,47	97,73	98,79
BM 1	61.482	93,10	97,43	93,42	97,55
Tab+Verde II	74.144	90,16	97,03	90,79	97,05
Canteiro	76.335	89,87	97,02	90,52	97,02
Verde+Pim	79.440	89,49	97,00	90,19	97,00

TABELA 7.7.2- 30
Resultados – Condições Naturais e com Reservatório. Tabela Resumo 4/4

SEÇÃO	DIST. (m)	(TR= 50 anos)		(TR= 100 anos)	
		Q = 37.060 m³/s		Q = 40.309 m³/s	
		N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)
Nova 3	0	102,66	102,81	103,01	103,16
Nova 2	12.551	101,87	102,12	102,27	102,51
Nova 1	21.633	101,11	101,47	101,53	101,85
Bab 1A	29.721	100,53	100,98	100,95	101,36
Bab 1B	31.305	100,49	100,94	100,91	101,32
Altamira	40.842	99,91	100,45	100,30	100,78
BM 2	52.317	98,04	99,04	98,35	99,28
BM 1	61.482	93,83	97,64	94,27	97,74
Tab+Verde II	74.144	91,22	97,05	91,74	97,06
Canteiro	76.335	90,96	97,03	91,50	97,03
Verde+Pim	79.440	90,65	97,00	91,23	97,00

d.) Comentários

d.1) Condições naturais

Conforme se observa na análise das figuras, no trecho analisado distinguem-se quatro trechos típicos para o rio Xingu.

De montante para jusante, do km 0 (seção Nova 3) ao km 21 (seção Nova 1), verifica-se uma declividade da linha d'água variando de 0,16 m/km para a vazão de 1.017 m³/s a 0,07 m/km para a vazão de 40.309 m³/s. No segundo e terceiro trechos, as declividades permanecem praticamente constantes com as vazões, sendo 0,09 m/km do km 21 ao km 52 (seção BM-2) e no seguinte, do km 52 ao km 62 (seção BM-1), da ordem de 0,45 m/km.

Finalmente, no quarto trecho, do km 62 ao 79,5 km (Sítio Pimental) volta a ocorrer alguma distinção das declividades com as vazões, passando de 0,22 m/km para a vazão de 1.017 m³/s para 0,17 m/km para a vazão de 40.309 m³/s.

Quanto ao campo de velocidades, constata-se que as velocidades são baixas, em geral inferiores a 1,5 m/s, mesmo para vazões elevadas. Uma seção notável é a BM-1 que, localizada em uma região encachoeirada, apresenta as maiores velocidades.

d.2) Condição com reservatório

Com base nos cálculos efetuados foram traçadas as áreas sob a influência do reservatório para as vazões de 1.017 m³/s (média das mínimas anuais); 7.851 m³/s (vazão média de longo termo); 23.414 m³/s (Cheia média anual); e 40.309 m³/s (cheia centenária). Este conjunto de vazões atende as especificações contidas no TR do IBAMA. Estas áreas encontram-se indicadas nos **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-009** e **6365-EIA-DE-G91-010**. Notar que essa última Ilustração apresenta os níveis d'água calculados para o reservatório lançados na cartografia 1:2.000, sem considerar a possível influência da vazão escoada nos igarapés.

Conforme se observa no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-009**, pode-se dividir o reservatório em três trechos principais. Para que fosse possível entender o remanso da AHE Belo Monte, foram conceituadas as principais características do mesmo.

No primeiro trecho, do sítio Pimental até a coordenada 380.000 Este, antes da cidade de Altamira, a ocupação da calha do rio Xingu pelo reservatório não sofre a influência da vazão, exceto em algumas Ilhas fluviais. No segundo trecho, posterior a coordenada 380.000 Este, que incorpora a cidade de Altamira, as áreas de inundação crescem com as vazões, como pode ser claramente visto no Igarapé Trindade e nos Igarapés Ambé, Altamira e Panelas, cujo detalhe é mostrado no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-010**.

No último trecho do reservatório, a montante da cidade de Altamira ocorre principalmente o aumento da área de inundação das Ilhas Fluviais.

Considera-se o final da influência do reservatório (limite) quando em determinada seção há coincidência entre os níveis d'água das condições naturais com os níveis d'água considerando-se a existência do reservatório. No caso, foi considerado o nível d'água no Sítio Pimental na cota 97,0 m.

Conceitualmente, quanto maior a vazão mais o limite do reservatório desloca-se para jusante. Ou seja, a menor vazão considerada é responsável pela maior extensão do reservatório e as maiores vazões são responsáveis pelas maiores extravazões da calha dentro dos limites considerados.

Descreve-se a seguir os critérios utilizados para a definição dos limites do reservatório.

Para definir o limite extremo de montante do reservatório para a vazão mínima média anual (1.017 m³/s) foi considerado, conforme consta da restituição 1:25.000, que a montante do Furo da Boa Esperança tem-se níveis d'água acima da cota 100m, além de Cachoeira que atinge a cota 104 m. Portanto não seria possível que o nível correspondente a vazão de 1017 m³/s (cota 98,1 m) ultrapassasse a seção correspondente ao Furo da Boa Esperança. Estabelecendo-se assim como limite de montante do reservatório a seção correspondente à extremidade de montante do Furo da Boa Esperança (antes da cachoeira).

Conforme pode ser visto na consulta ao **GRÁFICO 7.7.2-21**, pôde-se definir o final do reservatório (limite), para a vazão de 7.851 m³/s (MLT), um local a jusante da seção NOVA 3, distante 5 km desta seção, ponto onde há coincidência entre os níveis d'água entre as condições com e sem reservatório.

Na determinação do final do reservatório para a cheia média anual consultou-se o **GRÁFICO 7.7.2-22**. Conforme se verifica, pode se estabelecer o final do reservatório (limite) na seção Nova 2.

Considerando então que para vazões maiores que a cheia de 10 anos, a influência do efeito do reservatório deve se deslocar para jusante da seção NOVA 2, a favor da segurança, isto é, superestimando o seu efeito, resolveu-se adotar o final do remanso para a vazão centenária na Seção NOVA 2.

Adiante na **TABELA 7.7.2-31** e no **GRÁFICO 7.7.2-28**, uma comparação dos níveis d'água na cidade de Altamira para as condições naturais e com reservatório.

TABELA 7.7.2-31
Cidade de Altamira. Comparação dos Níveis d'água para as condições Naturais e com Reservatório.

Características das vazões	Vazão	Natural Cota do N.A.	Com Reserv. Cota do N.A.
	(m ³ /s)	(m)	(m)
Média das Mínimas Anuais	1017	93,29	97,01
Média de Longo Termo	7.851	95,27	97,29
Cheia Média Anual	23.414	97,90	98,90
Cheia de 5 anos	26.270	98,37	99,24
Cheia Decenal	29.518	98,88	99,62
Cheia de 25 anos	33.812	99,50	100,10
Cheia Cinquentenária	37.060	99,91	100,45
Cheia Centenária	40.309	100,30	100,78

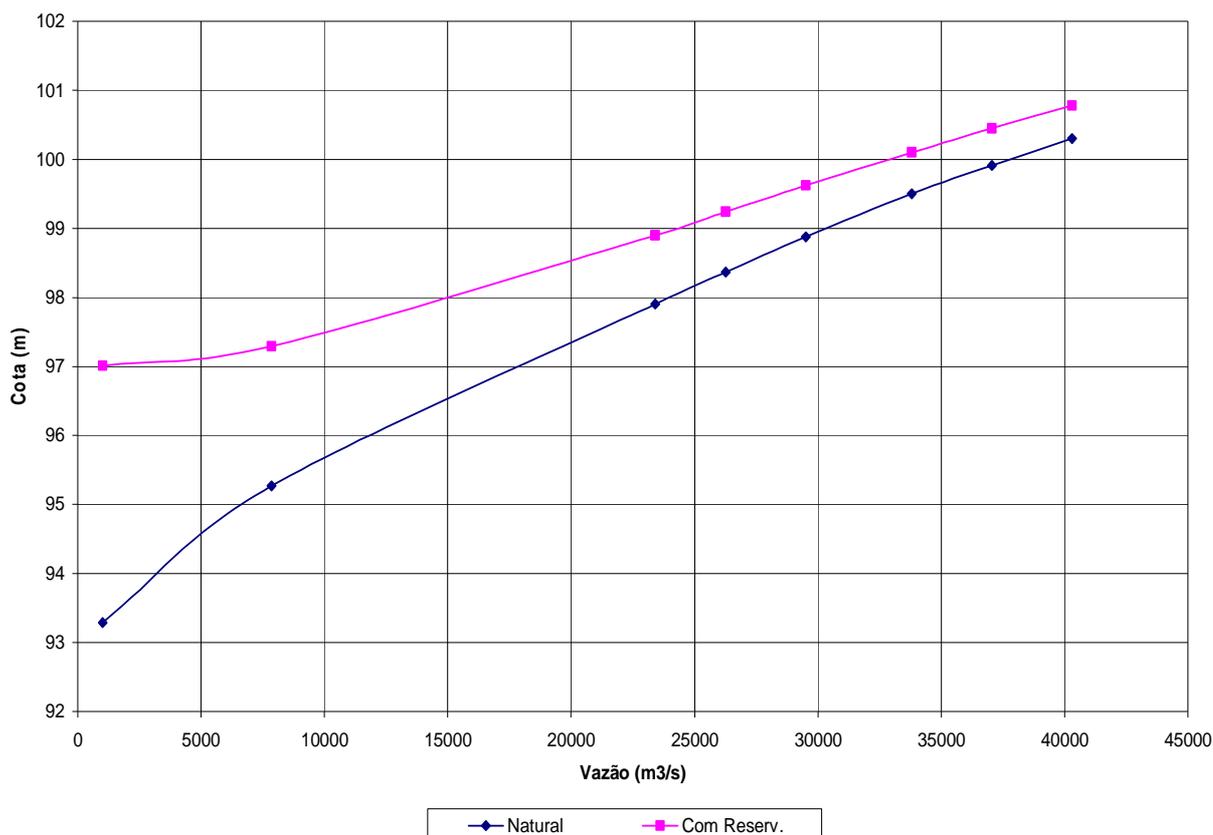


GRÁFICO 7.7.2-28 - Cidade de Altamira. Comparação dos Níveis d'água para as condições Naturais e com Reservatório.

7.7.2.3.2 Igarapés de Altamira

a) Introdução

Este item apresenta os estudos efetuados para a determinação dos níveis de inundação nos Igarapés Panelas, Altamira e Ambé, situados no município de Altamira e que serão influenciados pela presença do futuro reservatório da AHE Belo Monte.

Conforme consta dos Termos de Referência do IBAMA, foram feitos estudos específicos para o Município de Altamira para avaliar as condições de vazão nos Igarapés no caso de ocorrência de eventos críticos de pluviometria nas bacias dos Igarapés de Panelas, Altamira e Ambé, observando-se dados históricos e as áreas sujeitas a inundação recorrente no perímetro urbano de Altamira.

Foram consideradas as condições atuais para a realização do diagnóstico e as condições futuras para o prognóstico.

No diagnóstico, para identificar as condições para as quais podem ocorrer inundações usuais nos Igarapés, realizou-se um cálculo de remanso tomando-se por base as seções topográficas levantadas, associando-se os níveis d'água no rio Xingu a vazões nos Igarapés tais que resultassem nos níveis d'água máximos levantados no campo em entrevistas junto a moradores.

Complementando esta análise, também se considerou a recorrência de 100 anos preconizada nos Termos de Referência para Altamira, que equivale a um risco anual de 1% de ser ultrapassado o nível d'água obtido nos cálculos de remanso.

Para o prognóstico da situação após a construção da AHE Belo Monte, quando se forma o reservatório, efetuou-se um novo estudo de remanso nos Igarapés, considerando as condições previstas para os Igarapés após a reurbanização considerada nas medidas de mitigação para a cidade de Altamira.

No prognóstico foi considerada a presença do reservatório e algumas diretrizes determinadas pela Socioeconomia do EIA para a reurbanização da cidade de Altamira.

Os **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-011 e 6365-EIA-DE-G91-012** mostram as envoltórias das cheias para a condição atual (diagnóstico) e com reservatório e implementação das diretrizes de urbanização (prognóstico).

Do ponto de vista de importância e responsabilidade dos Estudos do EIA o efeito das cheias do Xingu e as dos Igarapés na área urbana da cidade de Altamira é dos mais relevantes.

Tendo em vista esta importância, procurou-se recorrer a uma documentação bastante ampla e dados abrangentes, que foram devidamente referenciados e quando pertinente anexados.

Houve ainda a preocupação de utilizarem-se técnicas de cálculos hidrológicos e hidráulicos atualizados e a um nível de grande detalhe.

Por exemplo, as técnicas, padrões e nível de avaliação dos parâmetros intervenientes dos estudos hidrológicos se assemelham aos empregados nos estudos do Plano Diretor de Macro Drenagem do Alto Tietê (PDMAT-1998), que abrangem córregos e rios da região metropolitana de São Paulo, no Estado de São Paulo.

Tendo em vista esta grande responsabilidade, optou-se por apresentar ao longo deste capítulo todas as etapas e detalhes dos estudos hidrológicos e hidráulicos realizados. Um sumário descritivo dos estudos realizados e principais conclusões são apresentados no item 7.7.2.3.2-e.

b) Estudos Hidrológicos

b.1) Considerações Iniciais

Para a estimativa das vazões de cheia nos Igarapés optou-se pela geração das cheias nos Igarapés através de um modelo de transformação de chuva x vazão que, a partir de uma chuva de projeto adotada, gera um hidrograma.

A metodologia compreende a preparação de uma chuva de projeto, associada a uma dada probabilidade de ocorrência e a aplicação de um modelo de simulação de transformação de chuva em vazão, com os parâmetros ajustados para retratar as condições morfológicas, as meteorológicas e as hidrogeológicas da bacia.

Os estudos hidrológicos foram realizados empregando-se a metodologia do Soil Conservation Service, que consta da documentação do “software” de cálculo empregado e é consagrada para a transformação de chuva em vazão. Esta metodologia tem sido amplamente empregada

no Brasil para a obtenção de vazões de cheia em cursos d'água sem medição de vazão, entre outros casos, na obtenção de vazões em afluentes do rio Tocantins, do porte dos Igarapés objeto destes estudos, sob o efeito do reservatório da UHE Lajeado .

As vazões de projeto foram calculadas utilizando-se o hidrograma unitário adimensional do Soil Conservation Service (S.C.S), através do “software” HEC-HMS, version 3.0.0.(2005), elaborado pelo US. Army Corps of Engineers.

No Modelo chuva x vazão adotado torna-se necessário definir os parâmetros que conduzirão à transformação de chuva em vazão. Os parâmetros empregados neste modelo procuram retratar as condições da bacia hidrográfica e as meteorológicas através das seguintes variáveis:

- Área da bacia hidrográfica;
- Chuva de projeto (total precipitado, duração e distribuição temporal), que caracteriza as condições meteorológicas;
- Infiltração da chuva no solo - Número de curva (CN), determinado a partir das condições hidrogeológicas e do uso do solo;
- Tempo de concentração(tempo que a gota d` água que cai no extremo da bacia leva para chegar à seção de cálculo) que retrata as condições morfológicas.

Adiante são mostrados os dados utilizados e os resultados dos cálculos efetuados.

b.2) Aspectos Físicos

As bacias hidrográficas dos Igarapés Panelas, Altamira e Ambé foram delimitadas a partir de mapa do IBGE 1:100.000 sendo apresentadas na **FIGURA 7.7.2-3**. Segundo esta delimitação, as áreas de cada um destes Igarapés são de respectivamente 508 km², 72 km² e 222 km².

FIGURA 7.7.2-3 – Igarapés de Altamira – Bacias Hidrográficas

Outros aspectos físicos dos Igarapés, que retratam as condições morfológicas da bacia, são suas declividades. Esta é retratada pelas cotas de seu divisor de águas (cabeceiras) e da foz, além do comprimento de seu talvegue.

O Igarapé Pannels tem as suas cabeceiras na cota 200, foz na cota 94m e comprimento de talvegue de 30 km. O Igarapé Altamira tem as suas cabeceiras na cota 150, foz na cota 94m e comprimento de talvegue de 18 km. Por sua vez o Ambé possui as suas cabeceiras na cota 150, foz na cota 94 m e comprimento de talvegue de 26 km.

Conforme se verifica a **FIGURA 7.7.2-4**, de pedologia, ocorrem pequenos trechos de solos com porcentagens pequenas de argila e a presença de solos mais argilosos em grande parte das bacias hidrográficas.

A **FIGURA 7.7.2-5** mostra a cobertura vegetal da bacia. Conforme se constata, a cobertura é de pastagens, culturas cíclicas, vegetação secundária e floresta ombrófila densa.

FIGURA 7.7.2-4 – Igarapés de Altamira - Pedologia

FIGURA 7.7.2-5 – Igarapés de Altamira – Mapa de Vegetação

b.3) Chuva

Para a definição da chuva de projeto foi analisada a disponibilidade de dados de chuva na região.

Na análise realizada constatou-se a existência de dois postos pluviométricos na região de Altamira que são: Brasil Novo, e Altamira. Verificando-se a disponibilidade de chuvas diárias constatou-se para o posto de Brasil Novo dados para o período de 1982-2001, que devido a muitas falhas de leituras no período resulta somente 13 valores máximos anuais.

No posto de Altamira, com período de medições de 1969 a 1989, também devido às muitas falhas, resultam apenas três valores máximos anuais.

Apesar da pouca relevância estatística de uma série de dados com apenas 13 valores, efetuou-se um cálculo utilizando-se a distribuição de extremos de Gumbel, comparando os resultados com os valores obtidos da equação de Intensidade, Distribuição e Freqüência (I.D.F.) do Posto de Taperinha. Conforme se observa na **TABELA 7.7.2-32**, a estatística feita a partir da precipitação do posto Brasil Novo se aproxima dos valores da equação IDF de Taperinha (PFAFSTETTER, 1957).

TABELA 7.7.2-32
Totais precipitados (mm) em 24 horas

TR (anos)	Taperinha	Brasil Novo
	P (mm)	P (mm)
2	107,1	99,0
10	144,9	142,3
100	215,7	196,3

Obs.: para passar de chuva de 1 dia para 24 horas utilizou-se indicação de Torrico (1974)

Optou-se por adotar as precipitações do posto de Taperinha, que conduz, a favor da segurança, à chuvas ligeiramente maiores.

Conforme padrão adotado no método de cálculo, optou-se por chuvas de 24 horas de duração. Os intervalos de cálculo foram fixados em 1 hora e as recorrências consideradas foram de 2, 10 e 100 anos. Adotou-se a distribuição temporal de Huff 2 quartil e coeficientes de distribuição espacial preconizados pelo Weather Bureau apud, Tucci (1983). Segundo esta referência, os coeficientes para considerar as chuvas na área e no ponto para chuvas de 24 horas são: Pannels (K=0,82); Altamira (K=0,95); e Ambé (0,94).

Na **TABELA 7.7.2-33** são apresentados os hietogramas das chuvas e os coeficientes de distribuição espacial adotados.

TABELA 7.7.2-33
Hietograma de Projeto – Chuvas no Posto Taperinha, PA

Precipitação (mm)			
Tempo (h)	TR = 2 anos	TR = 10 anos	TR = 100 anos
1	0,65	0,89	1,32
2	0,76	1,03	1,54
3	0,91	1,23	1,83
4	1,09	1,47	2,19
5	1,35	1,83	2,72
6	1,71	2,31	3,44
7	2,2	2,98	4,43
8	2,94	3,98	5,92
9	4,1	5,55	8,26
10	6,11	8,26	12,3
11	9,93	13,43	19,99
12	18,82	25,45	37,89
13	21,21	28,69	42,71
14	11,41	15,44	22,98
15	6,81	9,22	13,72
16	4,49	6,07	9,04
17	3,18	4,3	6,4
18	2,35	3,18	4,74
19	1,81	2,44	3,64
20	1,43	1,93	2,88
21	1,16	1,56	2,33
22	0,95	1,29	1,91
23	0,79	1,07	1,59
24	0,98	1,32	1,96

b.4) Infiltração da Chuva no Solo

O parâmetro que rege o cálculo da infiltração da chuva no solo no método do SCS é o CN (Curve Number). Através deste parâmetro e da chuva incidente é calculada a chuva excedente, que é a parcela que contribui para o escoamento superficial.

Para efeito da determinação dos CN são considerados os percentuais de argila no solo e tipo de uso do solo. O tipo do solo é mostrado na **FIGURA 7.7.2-3**. O tipo de ocupação foi determinado a partir da **FIGURA 7.7.2-5**.

Para a consideração do tipo do solo e uso foi utilizada a classificação feita por Setzer e Porto (1979). A **TABELA 7.7.2-34** mostra os CN resultantes.

TABELA 7.7.2-34
Números de Curva (CN)

Igarapé	Área (km ²)	CN
Ambé	222	70
Panelas	508	67
Altamira	72	68

Observação: CN eq. é a ponderação dos números de curva (CN) típicos pelas parcelas das áreas de cada solo na bacia hidrográfica.

b.5) Tempo de Concentração

Este tempo é estimado como o tempo de percurso da água desde o ponto mais afastado da bacia até a seção de interesse.

Nos estudos feitos para os Igarapés optou-se por calcular os tempos de concentração a partir do equacionamento determinado por Dooge em 1956, que dentre os vários disponíveis é dos mais adequados, pois foi determinado a partir de dados de 10 bacias rurais, com áreas na faixa de 140 a 930 km². Adiante o equacionamento.

$$T_c = 0,365 A^{0,41} S^{-0,17}$$

Onde:

T_c – tempo de concentração (h);

A – área da bacia hidrográfica (km²);

S – declividade do talvegue da bacia (m/m).

A **TABELA 7.7.2-35** mostra os parâmetros considerados e os resultados dos cálculos.

TABELA 7.7.2-35
Cálculo dos Tempos de Concentração (TC)

Igarapé	Área da bacia (km ²)	Cota		Comp. Talvegue (km)	TC (h)
		cabeceira (m)	foz (m)		
Panelas	508	200	94	30	12,3
Altamira	72	150	94	18	5,6
Ambé	222	150	94	26	9,5

b.6) Resultados dos Cálculos

Com os parâmetros definidos anteriormente, através do HEC HMS, foram calculados os hidrogramas, correspondentes as chuvas de recorrências de 2, 10 e 100 anos. Os picos dos hidrogramas são mostrados na **TABELA 7.7.2-36**. É possível afirmar que os resultados obtidos para os picos das vazões são conservadores.

TABELA 7.7.2-36
Picos dos Hidrogramas

TR (anos)	Vazão (m ³ /s)		
	Ambé	Altamira	Panelas
100	617	259	1.077
10	317	130	540
2	178	70	294

A seguir, nos **GRÁFICO 7.7.2-29** a **GRÁFICO 7.7.2-31**, são mostrados os picos das vazões plotadas associados às abscissas logarítmicas dos períodos do retorno. Notar o bom ajuste conseguido, podendo-se estimar com boa aproximação, a partir das equações de ajuste, as vazões para as recorrências intermediárias.

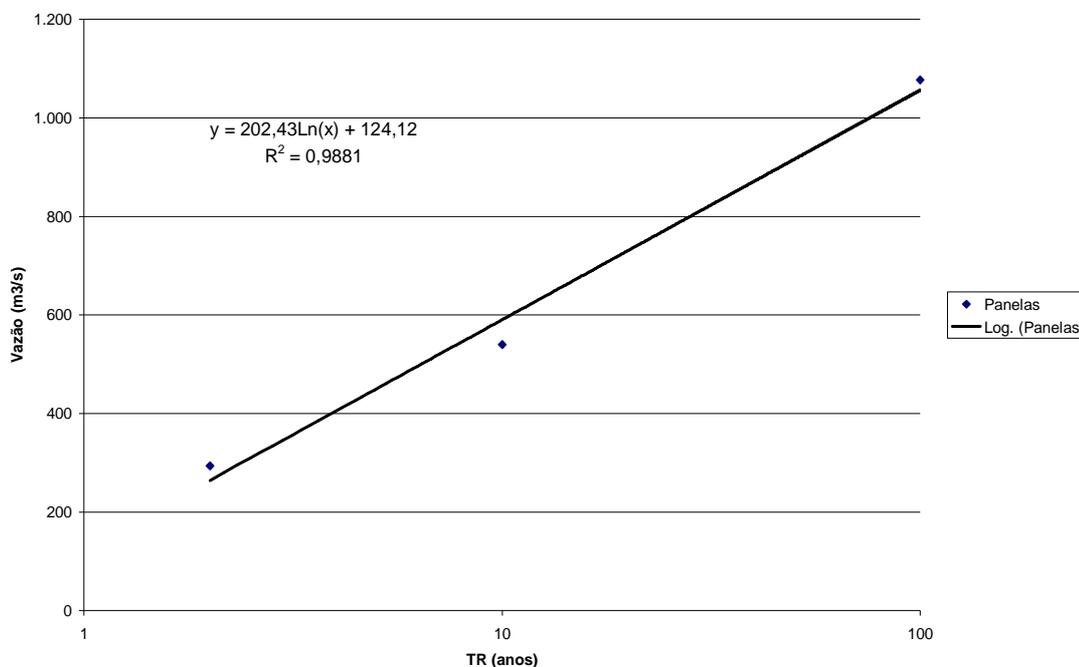


GRÁFICO 7.7.2-29 - Vazões e Recorrências no Panelas

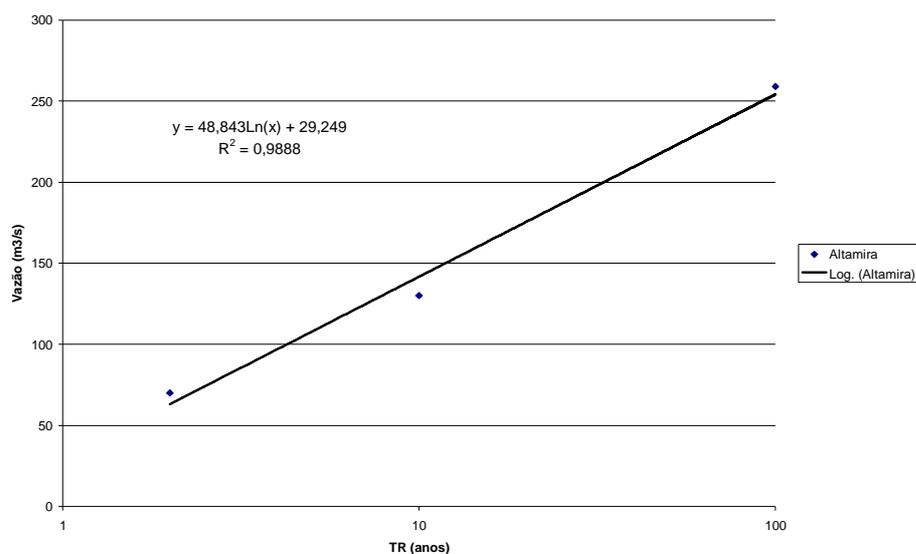


GRÁFICO 7.7.2-30 - Vazões e Recorrências no Altamira

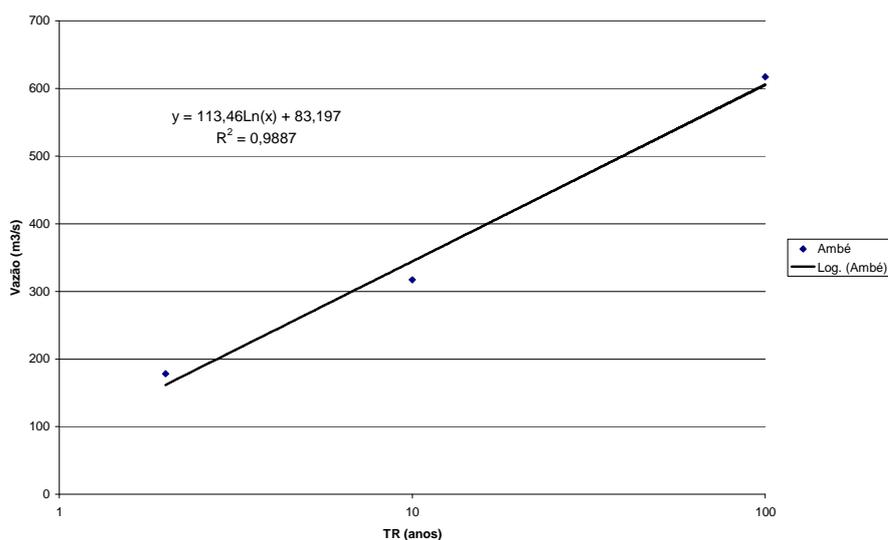


GRÁFICO 7.7.2-31 - Vazões e Recorrências no Ambé

c) Diagnóstico da Situação Atual

c.1) Dados Básicos

Para a caracterização da situação atual, foram utilizados os seguintes dados:

- As seções topobatimétricas e cadastramento das pontes, feitos pela TOPOCART de 10 de março a 10 de abril de 2008;
- Níveis d'água medidos quando do levantamento das seções;
- Níveis d'água máximos observados na região, conforme testemunho de moradores;

- Cartografia na escala 1:2.000;
- Vazões e níveis d'água no rio Xingu em Altamira para a condição sem reservatório, em várias recorrências.

As seções topobatimétricas levantadas e o cadastro das pontes são mostrados nos desenhos da TOPOCART, no **Apêndice 7.7.2-2**. A localização das seções e pontes cadastradas é mostrada nas **FIGURA 7.7.2-6** a **FIGURA 7.7.2-8**. Conforme se verifica nos desenhos foram levantadas: uma seção no Pannels e cadastrada uma ponte; seis seções topobatimétricas e cadastradas 3 pontes no Altamira; e duas seções topobatimétricas no Ambé e cadastradas duas pontes.

FIGURA 7.7.2-6 – Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados – Igarapé e Pannels

FIGURA 7.7.2-7 – Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados – Igarapé e Altamira

FIGURA 7.7.2-8 – Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Observados – Igarapé Ambé

Os níveis d'água máximos observados pelos moradores constam do **Apêndice 7.7.2-3** e são indicados nas **FIGURA 7.7.2-6** a **FIGURA 7.7.2-8**.

As vazões no rio Xingu e os níveis d'água em Altamira, para as condições naturais (antes do reservatório), conforme calculadas no estudo de remanso, apresentado no item 7.7.2.3.1, são mostrados na **TABELA 7.7.2-37**.

TABELA 7.7.2-37
Vazões e Níveis em Altamira. Condições Naturais

TR (anos)	Vazão Xingu (m³/s)	NA Altamira (m) Natural
CMA	23.414	97,9
5	26.270	98,37
10	29.518	98,88
25	33.812	99,50
50	37.060	99,91
100	40.309	100,3

c.2) Análise dos Dados Coletados

Feita uma análise inicial, comparando-se a cartografia 1:2.000 com os níveis da **TABELA 7.7.2-37**, concluiu-se que, para a condição de vazão centenária no Xingu, cota 100,3m, cinco das sete travessias (Pontes e Pontilhões) existentes no Igarapé Altamira, encontram-se abaixo desta cota.

Fez-se também uma análise das seções topobatimétricas, que foram comparadas com a cartografia. Nesta comparação verificou-se que grande parte das seções levantadas tem uma boa correspondência com a cartografia. Desta forma é possível utilizar seções levantadas da cartografia para representação no modelo de remanso.

Para fazer uma análise dos níveis d'água máximos coletados com os moradores e dos níveis d'água obtidos quando do levantamento das seções topobatimétricas, plotaram-se os níveis na cartografia 1:2.000.

As **FIGURA 7.7.2-6** a **FIGURA 7.7.2-8** mostram os níveis d'água, as seções topobatimétricas levantadas e as pontes cadastradas. Conforme se constata nestas Ilustrações, os níveis d'água máximos relatados estão bastante coerentes e bem próximos a curva de nível da cota 100 m de cartografia 1:2000.

c.3) Montagem do Modelo de Remanso

Para montar a base no modelo de remanso tomaram-se as seções topobatimétricas, as travessias cadastradas e seções levantadas da cartografia. Utilizou-se no cálculo o software HEC-RAS 4.0. (BETA, 2006).

As **TABELA 7.7.2-38** a **TABELA 7.7.2-40** mostram a localização das seções representadas no modelo de remanso nos Igarapés, para a condição atual. São indicadas as distâncias acumuladas pelo centro das seções e as distâncias entre seções pelo centro de massa das margens esquerda e direita.

TABELA 7.7.2-38
Topologia Painelas

Seções	Dist acm	Dist. MD	Dist CH	Dist. ME
	(m)	(m)	(m)	(m)
Ponte	1.678	43	43	46
S1 topobat.	1.635	1.567	1.490	1.781
1	146	220	146	234
Sxingu	0	0	0	0

TABELA 7.7.2-39
Topologia Altamira

Seção	Dist acm (m)	Dist. MD (m)	Dist CH (m)	Dist. ME (m)
S6	3.868	1.753	1.799	1.844
S5	2.024	463	478	457
S4	1.567	44	46	51
S4A	1.516	285	262	188
S3B	1.328	108	176	161
S3A	1.167	40	3	87
S3	1.080	318	320	300
S2A	780	69	48	55
S2	725	724	628	493
S1B	231	41	56	56
S1A	176	176	176	176
Xingu	0	0	0	0

TABELA 7.7.2-40
Topologia Ambé

Seções	Dist acm (m)	Dist. MD (m)	Dist CH (m)	Dist. ME (m)
S2	1.564	1.210	1.024	931
Ponte 5	680	279	540	652
S1	289	112	140	186
Ponte 6	149	149	149	149
Sxingu	0	0	0	0

Utilizou-se o recurso do modelo HEC-RAS 4.0 (BETA, 2006) que permite representar seções topobatimétricas com formato irregular em planta. Por exemplo, no caso do Igarapé Altamira, para viabilizar o levantamento de algumas seções, foi necessário fazer um alinhamento irregular das seções, desviando de algumas habitações. Também foi utilizado este recurso para representar travessias e seções não ortogonais ao eixo principal dos Igarapés.

As **FIGURA 7.7.2-9** a **FIGURA 7.7.2-11** mostram a localização das seções utilizadas no cálculo do remanso.

FIGURA 7.7.2-9 – Localização das Seções – Cálculo de Remanso – Diagnóstico – Igarapé Pannels

FIGURA 7.7.2-10- Localização das Seções – Cálculo de Remanso – Diagnóstico – Igarapé Altamira

FIGURA 7.7.2-11 - Localização das Seções – Cálculo de Remanso – Diagnóstico – Igarapé Ambé

Para a definição da rugosidade de Manning das seções considerou-se o leito dos igarapés e a presença de mata. Foram adotados os números de Manning para os dois trechos de respectivamente 0,035 e 0,1. Ver Ven Te Chow (1959).

O **Apêndice 7.7.2-4** mostra as coordenadas das seções adotadas nos três igarapés para a condição atual, bem como um esquema com as seções.

c.4) Cálculos efetuados

- Considerações Iniciais

Através de análise dos dados coletados e conforme estudos de remanso mostrados neste item, foi possível determinar em que condições podem vir a ocorrer as inundações que podem ser consideradas recorrentes nos Igarapés.

Conforme análise, podem ocorrer cheias nos Igarapés devido a influência direta do rio Xingu, sem que haja ocorrência de cheia nos Igarapés, na condição em que o rio Xingu encontra-se em nível de uma cheia normal, com ocorrência de precipitação crítica nas bacias hidrográficas dos Igarapés ou ainda, na ocorrência simultânea de chuvas moderadas a intensas nas bacias e cheias de maior magnitude no Xingu.

As condições de geometria das seções transversais nos Igarapés determinam o seu comportamento hidráulico. Enquanto os Igarapés Panelas e Ambé têm seções em seu leito maior bastante largas, da ordem de 700 m, as do Altamira apresentam largura bastante inferior, de cerca de 150 m. Em especial as condições do Igarapé Altamira são bastante peculiares pois este Igarapé apresenta inúmeras travessias ao longo da área urbanizada em cotas relativamente baixas em relação ao nível de cheias normais do Xingu.

Foram estudadas duas condições. Uma condição onde são enfocadas as inundações recorrentes e outra condição onde são estudadas as inundações que tem um risco anual de ocorrência de 1% (equivalente a recorrência de 100 anos). O Estudo desta última condição é expressamente exigido no TR do IBAMA.

Estas duas condições são mostradas nos itens a seguir.

- Inundações Recorrentes

Procurou-se identificar neste item em que condições, ocorrem às inundações nos Igarapés, que são as cheias (processos naturais aos rios) que afetam as comunidades.

Em virtude de suas peculiaridades geométricas o comportamento das inundações nos Igarapés tem características diferentes.

Portanto, tendo em vista as diferenças de comportamento hidráulico esperado em cada Igarapé, foi necessário estudar algumas combinações de cheia no Xingu e Igarapés, e verificar como se comportavam os níveis d'água, em comparação com os máximos coletados em entrevistas. Dentre as várias possibilidades de gradação de cheias no Xingu e nos Igarapés consideraram-se nesta análise os cenários listados a seguir:

Cenário 1: Cheia significativa no Xingu, ($Q = 32.330 \text{ m}^3/\text{s}$, 17/03/1980, NA = 99,3 m- max. histórica) sem ocorrência de cheias importantes nos Igarapés;

Cenário 2: Cheia de 2003 no Xingu ($Q = 20.913 \text{ m}^3/\text{s}$, 17/04/2003, $NA = 97,5 \text{ m}$) condição que segundo relatos corresponde a uma boa parte dos níveis d'água máximos obtidos em entrevistas, com ocorrência de cheias importantes nos Igarapés;

Cenário 3: Cheia de recorrência de 10 anos no Xingu, ($Q = 29.518 \text{ m}^3/\text{s}$, $NA = 98,9 \text{ m}$) que corresponde a 10% de risco de ser excedida anualmente, com ocorrência de cheias importantes nos Igarapés;

Nos casos dos três Igarapés procurou-se verificar em que condições seria possível reproduzir os níveis d'água máximos obtidos através de entrevistas no campo, partindo-se de um nível d'água no Xingu e variando-se a vazão no Igarapé até chegar-se a níveis d'água próximos aos observados. Isto foi feito procurando-se identificar qual seria a frequência das chamadas inundações recorrentes.

As **TABELA 7.7.2-41** a **TABELA 7.7.2-43** e **GRÁFICO 7.7.2-32** a **GRÁFICO 7.7.2-34** mostram os resultados dos cálculos. São apresentados nas tabelas somente os casos onde foi necessário contar-se com uma vazão relevante nos Igarapés. Nas figuras são apresentados todos os cenários considerados.

Note-se que foi mantida a denominação das seções topobatimétricas levantadas no campo, assegurando assim a sua denominação de origem. As seções com acréscimo de letras foram obtidas da cartografia.

TABELA 7.7.2-41
Igarapé Pannels

Seção	Dist. Acm (m)	Q = 610 m ³ /s – Cenário 2		
		NA (m)	Vel. (m/s)	Froude
3	1760	100,64	0,62	0,09
Ponte	1678	98,29	5,97	1,00
S1 topobat	1635	99,04	1,33	0,09
1	146	97,48	2,80	0,23
Sxingu	0	97,50	0,10	0,01

TABELA 7.7.2-42
Igarapé Altamira

SEÇÃO	Dist. Acm (m)	Q = 100 m³/s – Cenário 2			Q = 30 m³/s – Cenário 3		
		NA (m)	Vel (m/s)	Froude	NA (m)	Vel (m/s)	Froude
S6	3992	101,13	0,96	0,14	100,34	0,73	0,18
S5	2193	100,74	0,37	0,04	99,32	0,25	0,05
S4	1715	99,60	3,62	1,21	99,12	1,34	0,29
S4A	1669	99,80	1,81	0,17	99,12	1,02	0,14
S3B	1407	99,66	0,95	0,08	99,04	0,59	0,06
S3A	1231	99,59	1,06	0,09	99,01	0,60	0,07
S3	1228	99,59	0,53	0,03	99,02	0,24	0,02
S2A	908	98,37	3,28	0,73	98,92	0,77	0,16
S2	860	98,59	0,81	0,07	98,93	0,20	0,02
S1B	232	97,40	2,22	0,40	98,89	0,45	0,07
S1A	176	97,49	0,75	0,17	98,90	0,11	0,02
Sxingu	0	97,50	0,03	<0,01	98,90	0,01	<0,01

TABELA 7.7.2-43
Igarapé Ambé

SEÇÃO	Dist. Acm (m)	Q = 160 m³/s – Cenário 2		
		NA (m)	Vel (m/s)	Froude
S2	1853	99,03	0,08	0,01
Ponte 5	829	97,44	5,19	1,01
S1	289	97,53	0,20	0,03
Ponte 6	149	97,47	0,90	0,15
Sxingu	0	97,50	0,02	<0,01

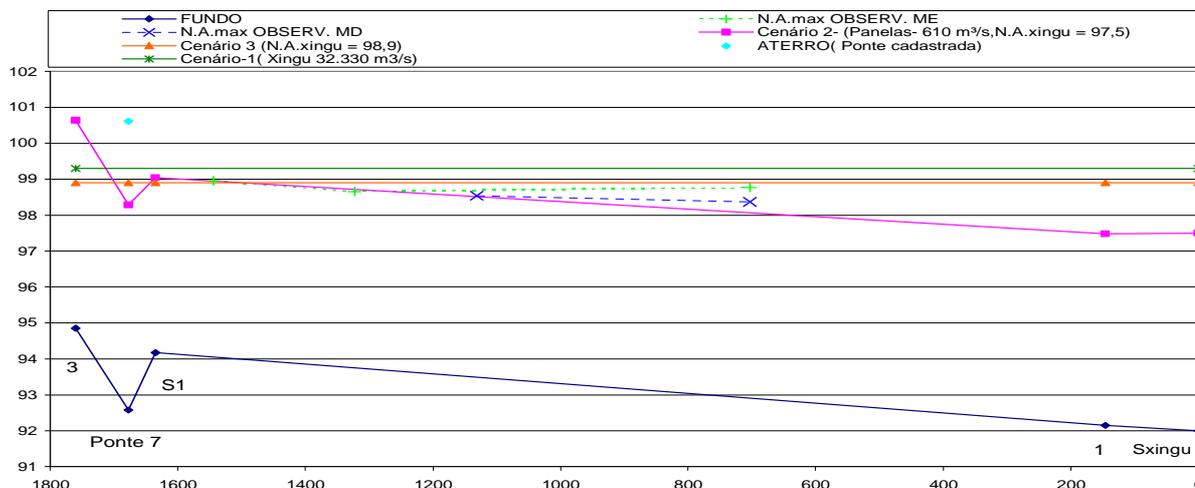


GRÁFICO 7.7.2-32 - Igarapé Pannels - Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.

São mostradas no **GRÁFICO 7.7.2-32**, nas linhas tracejadas, os máximos níveis obtidos em entrevistas de campo. São indicados ainda, o ponto mais profundo do leito do rio (Fundo) e os níveis d'água obtidos para os três cenários considerados (verde, vermelho e roxo). O ponto azul é a cota do aterro da ponte cadastrada. Ver localização das seções na **FIGURA 7.7.2-9**.

Conforme se verifica no **GRÁFICO 7.7.2-32**, no caso do Cenário 2, que associa a Vazão de recorrência de cerca de 10 anos no Igarapé, com nível d'água no Xingu correspondente a vazão de 20.913 m³/s e no Cenário 3, que associa a vazão de recorrência de cerca de 10 anos no Xingu, sem ocorrência de vazão significativa Igarapé, os níveis d'água dos cálculos ficam bem próximos aos níveis d'água máximos obtidos de entrevistas no campo.

Por sua vez, o nível d'água referente a vazão de 32.330 m³/s (NA = 99,3 m) que equivale a uma recorrência aproximada de 20 anos, está acima dos níveis d'água máximos relatados.

Conclui-se então que as cheias máximas identificadas no campo podem ser associadas a uma recorrência de 10 anos, que diante do seu risco de ocorrência (10% anualmente) podem ser consideradas cheias recorrentes. Enfatiza-se, o fato de que, como descrito no parágrafo anterior, uma cheia com recorrência de 20 anos no Xingu é suficiente para superar os níveis d'água máximos coletados no campo.

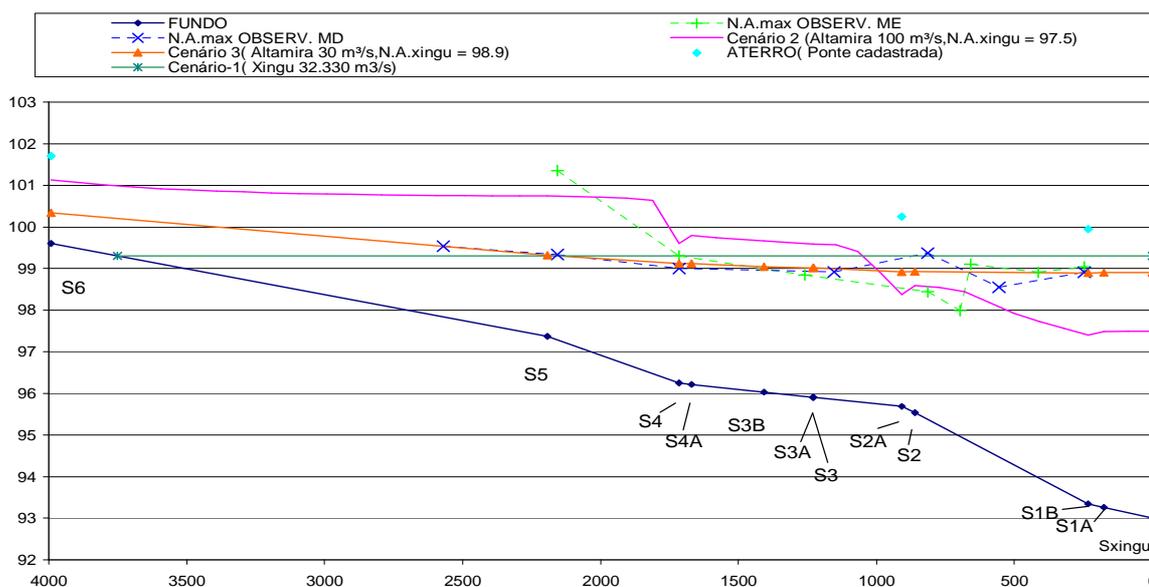


GRÁFICO 7.7.2-33 - Igarapé Altamira - Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.

São mostradas no **GRÁFICO 7.7.2-33**, nas linhas tracejadas, os máximos níveis obtidos em entrevistas de campo. São indicados ainda, o ponto mais profundo do leito do rio (Fundo) e nesta linha são mostradas a denominação das seções utilizadas nos cálculos. Por fim, são mostrados os níveis d'água obtidos para os três cenários considerados (verde, vermelho e roxo). Os pontos azuis são as cotas dos aterros das pontes cadastradas. Ver localização das seções na **FIGURA 7.7.2-11**.

Note-se que as seções S2A, S3A e S3B são travessias no Igarapé feitas pelo sistema viário e os seus pontos mais baixos encontram-se próximos a cota 98,5m, sendo galgados nos três cenários considerados. Por sua vez, na seção S4 o aterro encontra-se próximo a cota 101,5m

não sendo galgado, mas constituindo-se em um ponto de estrangulamento, o que justifica a sobre elevação a montante desta seção, da ordem do metro, no caso do Cenário 2.

Através de análise do **GRÁFICO 7.7.2-33** constata-se que:

- Cenário 1 - Os níveis d'água máximos obtidos no campo se aproximam bastante dos relativos a vazão no Xingu de 32.330 m³/s, o que está associado a recorrência de 20 anos;
- Cenário 2 - No trecho entre as seções S2 e S4, é possível obter níveis d'água bastante próximos aos máximos para a vazão no Altamira de 100 m³/s (recorrência da ordem de 5 anos).
- Cenário 3 - É possível obter níveis d'água semelhantes aos máximos constatados no campo através da combinação de uma cheia no Xingu de 10 anos e uma cheia de 30 m³/s no Igarapé Altamira, valor esse inferior a uma cheia média anual no Igarapé ;

Em conclusão têm-se no Igarapé restrições físicas, consubstanciadas pelas travessias, aterros, etc, bastante pronunciadas que fazem com que este Igarapé seja extremamente suscetível a inundações, independentemente das cheias do rio Xingu. Conforme constatado, cheias no Igarapé com recorrência de 5 anos, risco de ocorrência anual de 20%, são suficientes para causar inundações importantes. Por sua vez, cheias no Xingu com recorrência de 20 anos, sem que ocorrem cheias no Igarapé, são suficientes para causar as inundações relatadas como máximas pelos moradores.

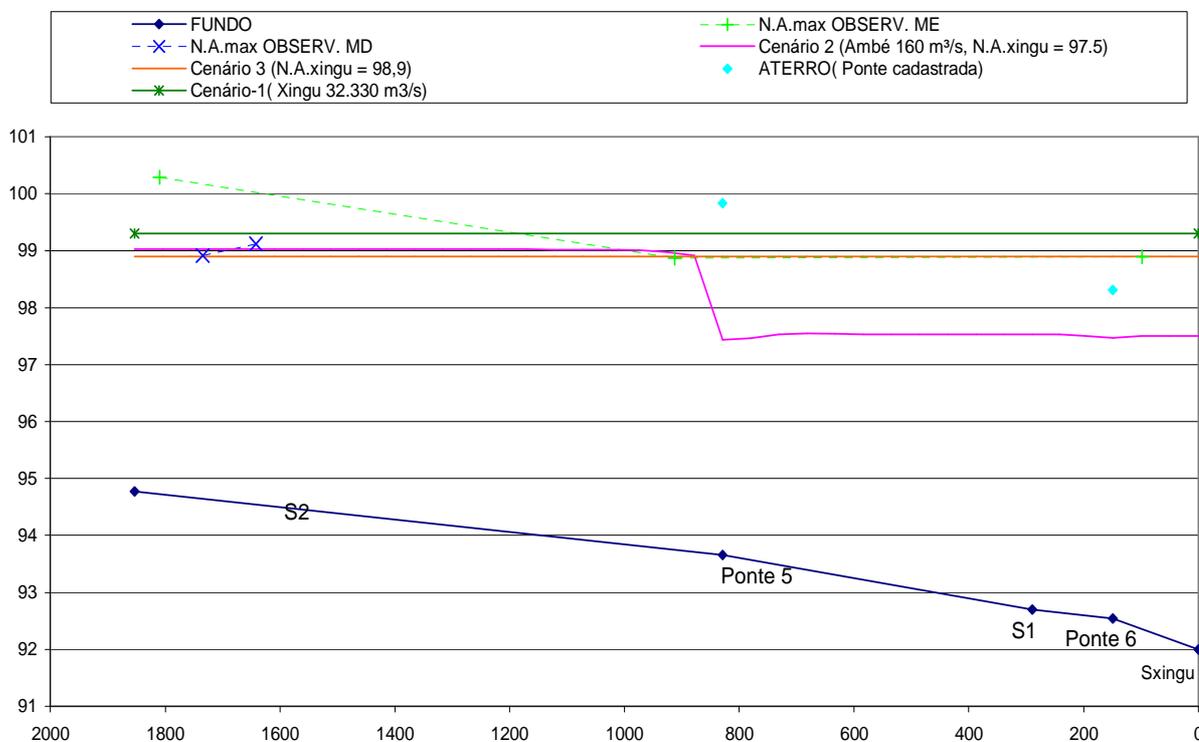


GRÁFICO 7.7.2-34 - Igarapé Ambé- Níveis d'água do cálculo de remanso, Máximos observados e cotas dos aterros das travessias.

São mostradas no **GRÁFICO 7.7.2-34**, nas linhas tracejadas, os máximos níveis obtidos em entrevistas de campo. São indicados ainda, o ponto mais profundo do leito do rio (Fundo) e os níveis d'água obtidos para os três cenários considerados (verde, vermelho e roxo). Os pontos azuis são as cotas dos aterros das pontes cadastradas. Ver **FIGURA 7.7.2-11**, com localização das seções.

Uma análise do **GRÁFICO 7.7.2-34** permite concluir que:

- Cenário 1 - Os níveis d'água máximos obtidos no campo estão abaixo dos correspondentes a vazão no Xingu de 32.330 m³/s, que está associada a recorrência de 20 anos;
- Cenário 2 - Na recorrência de 10 anos no Xingu, sem que seja necessária vazão significativa no Ambé, são atingidos os níveis máximos observados;
- Cenário 3 - É possível obter níveis d'água semelhantes aos máximos constatados no campo através da combinação de uma cheia no Xingu de 10 anos e uma cheia de 160 m³/s, vazão que pode ser associada a cheia média anual no Igarapé Ambé;

Conclui-se então que as cheias máximas identificadas no campo podem ser associadas a uma recorrência de 10 anos, que diante do seu risco de ocorrência (10% anualmente) podem ser consideradas cheias recorrentes.

- **Inundações para o risco de 1% de ocorrência.**

Em conformidade com os Termos de Referência do IBAMA foi considerada a ocorrência de eventos críticos de precipitação nos Igarapés e vazões no Xingu para a recorrência de 100 anos, o que corresponde ao risco de 1% de ocorrência anual.

Como o porte das bacias do Xingu em Altamira ($A_d = 446.203 \text{ km}^2$) e nos Igarapés (variam de 72 km^2 a 508 km^2) são significativamente diferentes, pode-se assumir que a duração e abrangência das chuvas que causam as suas cheias também o são. Em outras palavras, pode-se assumir que as cheias no Xingu e nos Igarapés são eventos independentes. Sendo eventos independentes, combinou-se a recorrência de eventos críticos de precipitação com cheias no Xingu de forma a resultar um risco anual de 1% de ser superada a condição, equivalente a recorrência de 100 anos. Por exemplo, o risco anual de ocorrência de cheias concomitantes no Xingu de 10 anos de recorrência e 10 anos no Igarapé é de: $\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = 0,01$, equivalente a 1% de risco.

A **TABELA 7.7.2-44** mostra os casos onde se combinaram as vazões dos Igarapés e Xingu de forma a obter-se um risco de ocorrência anual de 1%.

TABELA 7.7.2-44
Vazões e Níveis no rio Xingu

Xingu Recorrência (anos)	Vazão (m ³ /s)	NA (m)	Igarapés Recorrência (anos)	Vazão no Igarapé (m ³ /s)		
				Panelas	Altamira	Ambe
CMA	23.414	97,9	100	1.077	259	617
10	29.518	98,88	10	540	130	317
100	40.309	100,3	CMA	294	70	178

As TABELA 7.7.2-45 a TABELA 7.7.2-47 mostram os resultados dos cálculos efetuados. As análises para o diagnóstico foram feitas para a condição atual.

TABELA 7.7.2-45
Igarapé Panelas – Condição Atual

SEÇÕES	DIST. (m)	Q = 1077m ³ /s			Q = 540 m ³ /s			Q = 294 m ³ /s			
		ACUM.	N.A.	Vel.	Froude	N.A.	Vel.	Froude	N.A.	Vel.	Froude
		(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
3	1760	103,02	0,7	0,08	100,12	0,62	0,1	100,43	0,31	0,05	
Ponte	1678	100,1	6,81	1(*)	98,43	5,09	0,84	100,23	1,81	0,32	
S1 topobat	1635	100,55	1,6	0,09	99,19	1,12	0,07	100,33	0,46	0,03	
1	146	97,87	3,98	0,28	98,88	1,25	0,08	100,3	0,41	0,02	
Sxingu	0	97,9	0,17	0,02	98,88	0,07	0,01	100,3	0,03	<0,01	

Obs.: (*) ocorre regime crítico

TABELA 7.7.2-46
Igarapé Altamira – Condição Atual

SEÇÃO	Dist. Acm (m)	Q =259m ³ /s			Q =130m ³ /s			Q =70m ³ /s		
		NA	Vel	Froude	NA	Vel	Froude	NA	Vel	Froude
		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
S6	3.992	102,26	1,22	0,24	101,82	0,78	0,17	101,07	0,7	0,19
S5	2.193	101,88	0,62	0,1	101,57	0,34	0,06	100,72	0,26	0,05
S4	1.715	101,63	2,03	0,3	100,33	2,85	0,49	100,41	1,44	0,24
S4A	1.669	101,62	1,47	0,2	100,41	1,55	0,24	100,42	0,82	0,13
S3B	1.407	101,58	0,70	0,09	100,32	0,76	0,12	100,4	0,38	0,06
S3A	1.231	101,56	0,79	0,11	100,29	0,81	0,13	100,39	0,41	0,06
S3	1.228	101,56	0,59	0,08	100,29	0,48	0,08	100,39	0,25	0,04
S2A	908	99,62	5,20	0,94	99,13	3,09	0,6	100,3	1	0,17
S2	860	100,32	0,88	0,14	99,36	0,71	0,13	100,32	0,24	0,04
S1B	232	97,45	5,65	1(*)	98,77	2,01	0,3	100,3	0,43	0,06
S1A	176	97,86	1,64	0,35	98,88	0,49	0,09	100,3	0,14	0,02
Xingu	0	97,90	0,07	<0,01	98,88	0,03	<0,01	100,3	0,01	<0,01

Obs.: (*) ocorre regime crítico

TABELA 7.7.2-47
Igarapé Ambé – Condição Atual.

SEÇÃO	Dist. Acm (m)	Q =617m ³ /s			Q =317m ³ /s			Q =178m ³ /s		
		NA	Vel	Froude	NA	Vel	Froude	NA	Vel	Froude
		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
S2	1564	100,47	0,2	0,03	100,05	0,12	0,02	100,31	0,06	0,01
Ponte 5	680	100,07	3,8	0,67	99,74	2,96	0,55	100,29	0,87	0,15
S1	289	98,16	0,61	0,1	98,9	0,26	0,04	100,3	0,1	0,01
Ponte 6	149	97,47	3,47	0,58	98,84	1,07	0,23	100,3	0,24	0,04
Sxingu	0	97,9	0,09	0,01	98,88	0,04	<0,01	100,3	0,02	<0,01

As análises para a condição atual para a recorrência de 100 anos são mostradas em conjunto com a condição com reservatório, no item e.

d) Prognóstico, Condição com Reservatório

d.1) Condições de Cálculo e Montagem do Modelo

Para efetuar-se o prognóstico na montagem do arquivo do Modelo de Remanso, foram utilizadas as seções topobatimétricas e dados da cartografia, além das diretrizes dos estudos preliminares de reurbanização efetuados pela Socioeconomia do EIA.

Segundo estes estudos, em termos de travessia dos Igarapés deveria ser considerado: no Altamira, duas travessias na área urbana; sem travessias no Ambé. Os estudos não abordam o Igarapé Pannels. Neste caso, considerou-se a travessia correspondente a Av. Tancredo Neves. Em conformidade com os Termos de Referência do IBAMA foi considerada a ocorrência de eventos críticos de precipitação nos Igarapés e vazões no Xingu correspondentes a recorrência de 100 anos.

Como o porte das bacias do Xingu em Altamira ($A_d = 446.203 \text{ km}^2$) e nos Igarapés (variam de 72 km^2 a 508 km^2) são significativamente diferentes, pode-se assumir que a duração e abrangência das chuvas que causam as suas cheias também o são. Em outras palavras, pode-se assumir que as cheias no Xingu e nos Igarapés são eventos independentes. Sendo eventos independentes, combinou-se a recorrência de eventos críticos de precipitação com cheias no Xingu de forma a resultar um risco anual de 1% de ser superada a condição, equivalente a recorrência de 100 anos.

A **TABELA 7.7.2-48** mostra os casos onde se combinaram as vazões dos Igarapés e Xingu de forma a obter-se um risco de ocorrência anual de 1%.

TABELA 7.7.2-48
Vazões e Níveis no rio Xingu

Xingu Recorrência (anos)	Vazão (m ³ /s)	NA (m)	Igarapés Recorrência (anos)	Vazão no Igarapé (m ³ /s)		
				Pannels	Altamira	Ambe
CMA	23.414	98,90	100	1.077	259	617
10	29.518	99,50	10	540	130	317
100	40.309	100,78	CMA	294	70	178

As **FIGURA 7.7.2-12** a **FIGURA 7.7.2-14** mostram a localização das seções em Planta. As **TABELA 7.7.2-49** a **TABELA 7.7.2-51** mostram as topologias empregadas no modelo HEC-RAS 4.0., Beta (2006).

O **Apêndice 7.7.2-5** mostra as coordenadas das seções. Notar que na montagem das seções das Pontes, foi considerado que a velocidade máxima admissível no vão livre seria de 3,5 m/s para a vazão centenária dos Igarapés.

FIGURA 7.7.2-12 – Localização das Seções – Cálculo do Remanso – Prognóstico – Igarapé Pannels

FIGURA 7.7.2-13 – Localização das Seções – Cálculo do Remanso – Prognóstico – Igarapé Altamira

FIGURA 7.7.2-14 – Localização das Seções – Cálculo do Remanso – Prognóstico – Igarapé Ambé

TABELA 7.7.2-49
Topologia Igarapé Panelas

Seções	Dist. acm. (m)	Dist. entre seções (m)
6	2823,2	253,6
5	2569,6	344,5
4	2225,1	478,4
3	1746,7	82,5
PONTE (P07)	1664,2	67,9
S1 TRANSIÇÃO	1596,3	163,4
S1 TOPOBAT	1432,9	806
2	626,9	481,4
1	145,5	145,5
Sxingu	0	0

Obs.: à distância pelo eixo das seções.

TABELA 7.7.2-50
Topologia Igarapé Altamira

Seções	Dist acm (m)	Dist.	Dist.	Dist
		MD (m)	CH (m)	ME (m)
S6 B	3931,1	1501,5	1528,5	1595,3
P nova	2402,6	227,6	240	236,9
S5	2162,6	947,3	936,7	949,4
S3	1225,9	301,1	320,7	310,6
S2A	905,2	67,9	47,6	48,3
S2	857,6	629,4	568,1	511,1
S1	289,5	277,3	289,5	241,2
Sxingu	0	0	0	0

Obs.: Utilizou-se o recurso do HEC de definir as distâncias pelo centro das seções e pelo centro de massa das margens esquerda e direita.

TABELA 7.7.2-51
Topologia Igarapé Ambé

Seções	Dist acm (m)	Dist.	Dist.	Dist
		MD (m)	CH (m)	ME (m)
S3	1964,2	385,8	235,4	307,6
S2	1728,8	1533,9	1437	1378,8
S1	291,8	288,2	291,8	327,1
S Xingu	0	0	0	0

Obs.: Utilizou-se o recurso do HEC de definir as distâncias pelo centro das seções e pelo centro de massa das margens esquerda e direita.

d.2) Cálculos Efetuados

Com os níveis no Xingu e vazões nos Igarapés mostrados na TABELA 7.7.2-47, para a condição com reservatório, foram simulados os casos mostrados nas TABELA 7.7.2-52 e TABELA 7.7.2-54 e GRÁFICO 7.7.2-35 e GRÁFICO 7.7.2-37.

TABELA 7.7.2-52
Resultados do remanso. Igarapé Panelas

SEÇÕES	DIST.		Q = 294 m³/s				Q = 540 m³/s			Q = 1077 m³/s		
	ACUM.	N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr		
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)			
06	2823	100,81	0,18	0,03	99,85	0,46	0,09	100,06	0,85	0,16		
05	2570	100,81	0,2	0,03	99,82	0,51	0,1	99,98	0,96	0,19		
04	2225	100,8	0,21	0,04	99,78	0,56	0,12	99,82	1,1	0,23		
03	1747	100,79	0,29	0,04	99,71	0,7	0,12	99,51	1,48	0,27		
P07	1664	100,77	0,65	0,08	99,61	1,43	0,18	98,99	3,17	0,43		
S1 TRANSIÇÃO	1596	100,78	0,36	0,05	99,65	0,83	0,12	99,16	1,85	0,29		
S1 TOPOBAT	1433	100,78	0,18	0,03	99,65	0,42	0,07	99,17	0,96	0,16		
02	627	100,78	0,12	0,02	99,63	0,31	0,06	99	0,78	0,16		
01	146	100,78	0,11	0,02	99,62	0,28	0,05	98,9	0,73	0,15		
Sxingu	0	100,78	0,03	<0,01	99,62	0,06	0,01	98,9	0,14	0,02		

Obs.: Ver localização das seções na Figura 7.7.2-12

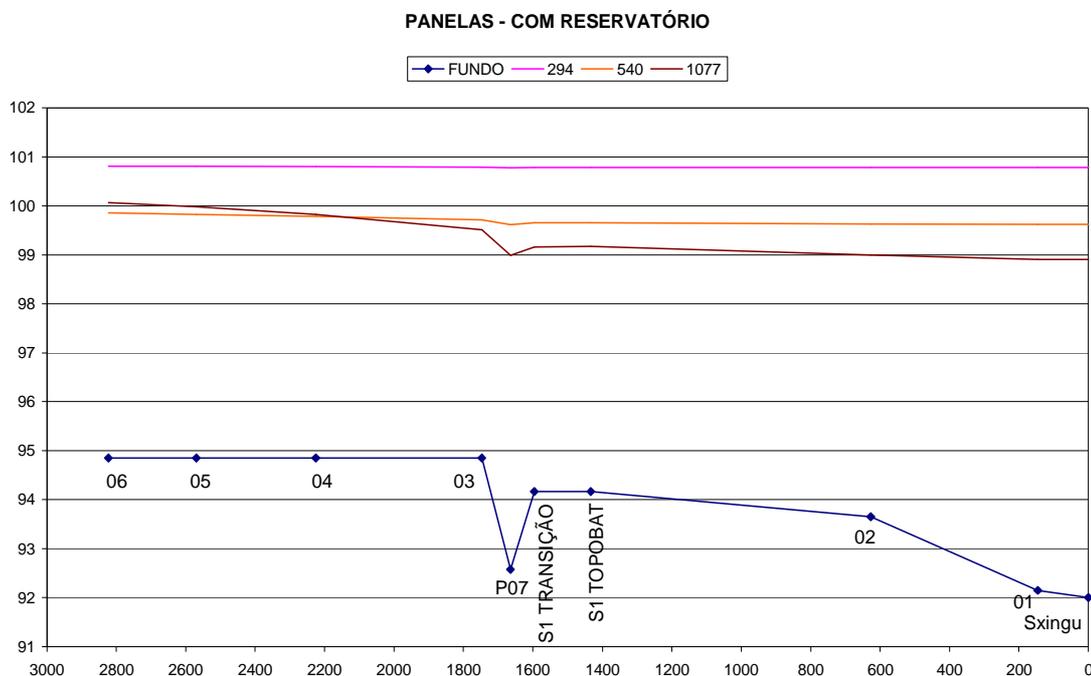


GRÁFICO 7.7.2-35 - Linhas d'água no Igarapé Panelas

Conforme se observa na Tabela e Gráficos anteriores, a condição crítica no Panelas é o Xingu com a vazão centenária. Verifica-se também que o nível d'água em cheia média anual do Igarapé é praticamente horizontal.

TABELA 7.7.2-53
Resultados do Remanso. Igarapé Altamira

SEÇÕES	DIST. ACUM. (m)	Q = 70 m ³ /s			Q = 130 m ³ /s			Q = 259 m ³ /s		
		N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr
		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
S6B	3931	100,98	0,45	0,13	101	0,82	0,23	101,8	0,98	0,22
Pnova	2403	100,79	0,54	0,09	99,75	1,46	0,31	99,89	2,74	0,57
S5	2163	100,79	0,24	0,04	99,69	0,78	0,18	99,51	1,77	0,41
S3	1226	100,79	0,07	0,01	99,67	0,2	0,04	99,29	0,48	0,12
S2A	905	100,78	0,38	0,06	99,61	0,94	0,16	98,89	2,34	0,44
S2	858	100,78	0,08	0,01	99,64	0,23	0,04	99,06	0,59	0,12
S1	290	100,78	0,14	0,02	99,61	0,42	0,08	98,85	1,19	0,25
Sxingu	0	100,78	0,02	<0,01	99,62	0,04	0,01	98,9	0,1	0,01

Obs.: Ver localização das seções na Figura 7.7.2-47

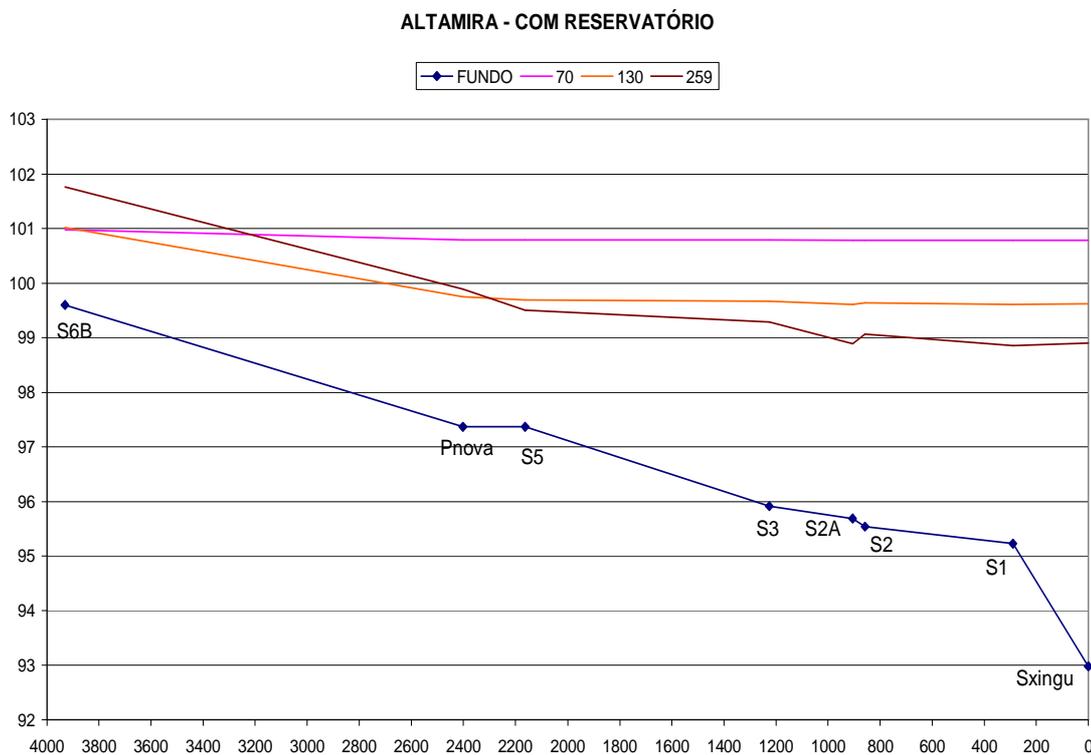


GRÁFICO 7.7.2-36 - Linhas d'água no Igarapé Altamira

Removidas as restrições nas travessias existentes, arruamentos, etc., e considerando as previstas no plano de urbanização, a envoltória dos níveis d'água é composta do nível centenário no Xingu na maior parte do Igarapé e vazão centenária no Igarapé na região próxima a seção S6B.

TABELA 7.7.2-54
Resultados do remanso. Igarapé Ambé

SEÇÕES	DIST. ACUM. (m)	Q = 178 m³/s			Q = 317 m³/s			Q = 617 m³/s		
		N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr	N.A.	Vel.	Fr
		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
S3	1964	100,78	0,08	0,01	99,62	0,2	0,04	98,93	0,56	0,14
S2	1729	100,78	0,05	0,01	99,62	0,11	0,02	98,93	0,28	0,05
S1	292	100,78	0,05	0,01	99,62	0,13	0,02	98,9	0,3	0,05
Sxingu	0	100,78	0,04	0	99,62	0,08	0,01	98,9	0,18	0,02

Obs.: Ver localização das seções na Figura 7.7.2-52

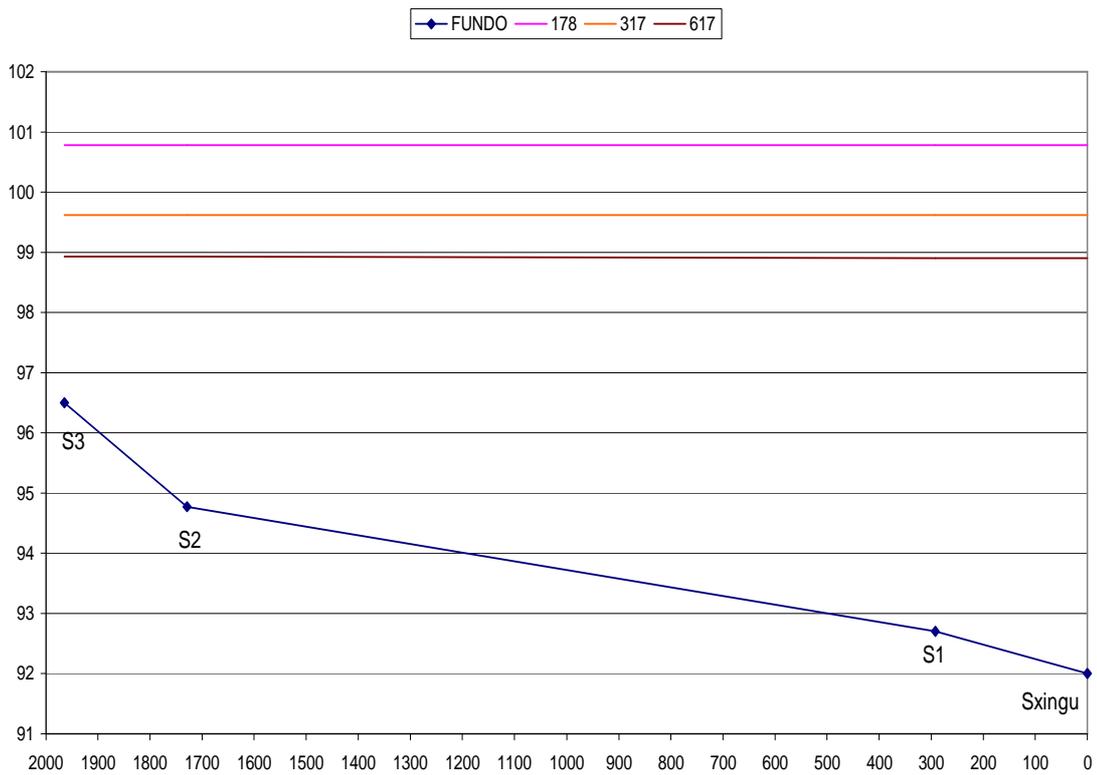


GRÁFICO 7.7.2-37 - Linhas d'água no Igarapé Ambé

Constata-se que no caso do Igarapé Ambé os níveis d'água são praticamente horizontais sendo o caso mais crítico a vazão centenária no Xingu.

e) **Consolidação do Diagnóstico e do Prognóstico**

e.1) **Consolidação do Diagnóstico**

Na consolidação do diagnóstico correspondente a condição atual, foram considerados os cálculos apresentados anteriormente e os estudos de remanso no reservatório contidos no item 7.7.2.3.1.

Esta consolidação foi feita por Igarapé uma vez que as características geométricas de cada um deles determinam comportamentos hidráulicos distintos. O **Desenho 6365-EIA-DE-G91-011** mostra a envoltória de níveis d'água para risco de 1% de ser superada a vazão, equivalente a vazão centenária, em conjunto com a condição identificada no campo como sendo de cheia máxima observada.

De princípio pode-se afirmar que os níveis máximos detectados no campo correspondem a uma recorrência inferior a 20 anos uma vez que no rio Xingu em 17/03/1980 foi observada a vazão de 32.330 m³/s, relacionada a cota 99,30 m correspondente a TR = 20 anos na estatística de cheias e os níveis máximos de campo são sempre inferiores a este valor, exceto no caso do tramo superior do Igarapé Altamira.

Para detectar a recorrência aproximada dos níveis d'água máximos observados, foi feita uma análise hidrológica-hidráulica na qual, combinando-se a recorrência dos níveis no rio Xingu em Altamira, com as vazões nos Igarapés, calculadas através de modelo chuva x vazão. Por meio de cálculo de remanso, variando-se as vazões nos Igarapés, procurou-se chegar nos vários pontos ao longo dos Igarapés aos níveis d'água máximos observados, determinando-se assim a recorrência aproximada das vazões responsáveis pelas cotas máximas observadas, através das correlações de período de retorno e vazão mostradas nos **GRÁFICO 7.7.2-9** e **GRÁFICO 7.7.2-11**.

Constatou-se que as recorrências das inundações relatadas como “máximas” pelos moradores na realidade correspondiam a recorrências da ordem de 5 a 10 anos.

Mesmo considerando certa imprecisão inerente aos resultados dos modelos de cálculo hidráulico-hidrológicos, esta constatação está coerente com as entrevistas de campo realizadas no âmbito do Plano de Macro Drenagem do Município de Santo André (1999), quando também foi detectada uma tendência de coincidir os relatos de cheias consideradas máximas pelos moradores, com os resultados dos cálculos hidráulicos-hidrológicos, associados a recorrências próximas a 10 anos.

Ou seja, cheias pouco freqüentes como as consideradas como critério nos termos de referência do IBAMA (TR = 100 anos) não são normalmente detectadas em entrevistas de campo. Isto é fato, pois, exceto no tramo superior do Igarapé Altamira, a cota da maior cheia ocorrida no rio Xingu (7/03/1980), que tem reflexo direto nos Igarapés, não foi detectada nas entrevistas. Diante o diagnóstico de cada Igarapé na condição atual.

- Igarapé Panelas

As características geométricas deste Igarapé, que possui em seu leito maior no trecho estudado cerca de 700 m de largura, fazem com que os níveis d'água para vazões de cheia no Xingu sejam sensivelmente horizontais até a ponte da Av. Tancredo Neves. Esta Ponte, com vão livre de 30 m de largura e seção com profundidade máxima de 7,0 m, se constitui em uma singularidade, haja vista a largura do Igarapé.

De acordo com as análises realizadas, as (item d.) vazões recorrentes, identificadas através de níveis d'água máximos coletados no campo, próximos a cota 99 m, podem ser associadas a uma recorrência de aproximadamente 10 anos.

Considerando a condição de risco de 1% de ser superada a vazão, a envoltória de níveis da foz do Panelas até a seção da ponte da Av. Tancredo Neves fica na cota 100,3 m, correspondente a cheia centenária. A ponte com 30 m de vão livre constitui-se de estrangulamento que leva o nível a montante desta para a cota 103,0 m.

- Igarapé Altamira

No Igarapé Altamira tem-se a questão da urbanização e a situação do sistema viário que cruza o Igarapé, condições que impõem restrições importantes ao escoamento.

De acordo com as análises realizadas, as restrições se traduzem em níveis de inundação próximos a cota 99,3 m, que podem ocorrer para vazões no Igarapé com recorrência de 5 anos, sem ocorrência de cheia simultânea no Xingu, caso constatado em 2003, quando a vazão máxima no Xingu ficou em 20.913 m³/s, correspondente a cota 97,5 m no Xingu.

Esta afirmação encontra respaldo no constatado nas entrevistas realizadas, pois, conforme documento no **Apêndice 7.7.2-3**, a cheia crítica ocorreu no Ano de 2003.

No caso do risco de 1% do nível ser superado, a envoltória de níveis, é constituída pela cota 100,3m da foz até a seção S2A, atingindo a cota 101,5m da seção S3 até a seção S4 e aproximadamente cota 102,0m a montante desta seção. Ver localização das seções na **FIGURA 7.7.2-10**.

- Igarapé Ambé

Da mesma forma que no caso do Igarapé Panelas, o leito maior do Igarapé Ambé possui uma largura da ordem de 700 m e pontes das Av. Ernesto Acioly e Batista Menezes, que se constituem em restrições ao escoamento. O Ambé é interceptado ainda pela rodovia Transamazônica.

De acordo com as análises realizadas, os níveis de Inundação recorrente deste Igarapé podem ser associados a uma recorrência de 10 anos.

Por sua vez, o risco de inundação de 1% associa-se diretamente ao nível do rio Xingu na cota 100,3 m, chegando a um máximo de 100,5m na seção S2.

e.2) Consolidação do Prognóstico e Comparação com o Diagnóstico

Nesta consolidação e análise conjunta foram considerados os cálculos apresentados nesse item e os estudos de remanso no reservatório contidos no item 7.7.2.3.1.

Esta consolidação foi feita por igarapé uma vez que as características geométricas de cada um deles determinam comportamentos hidráulicos distintos.

As **TABELA 7.7.2-55** a **TABELA 7.7.2-57** mostram os resultados dos estudos de remanso para o risco de ocorrência anual de 1%, o que equivale a recorrência de 100 anos preconizada nos termos de referência do IBAMA, obtidos através da combinação dos níveis d'água no Xingu e vazões nos igarapés de várias recorrências. Notar que as seções topobatimétricas utilizadas para a realização do diagnóstico não são as mesmas utilizadas no prognóstico, com exceções, sendo que a posição das seções também não é a mesma. Desta forma, para homogeneizar as informações tomou-se a sua distância em relação à foz, sendo os resultados apresentados na seção de cálculo de cada condição.

As Tabelas permitem uma comparação das condições naturais e com reservatório e apresentam todas as combinações de níveis no Xingu e vazões nos igarapés correspondentes ao risco de 1%. A partir de todos os casos estudados foram feitas envoltórias para as condições naturais e com reservatório, que foram lançadas nos quadros e **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-011** (condições atuais) e **6365-EIA-DE-G91-012** (com reservatório).

TABELA 7.7.2-55
Resumo das Condições do Igarapé Panelas.

Envoltória Risco anual de 1%		DIST. (m) (*)	TR=100 anos no Xingu e CMA no Igarapé		TR= 10 anos no Xingu e TR= 10 anos no Igarapé		CMA no Xingu e TR= 100 anos no Igarapé	
N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)		N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)
	100,81	2823		100,81		99,85		100,06
	100,81	2570		100,81		99,82		99,98
	100,80	2225		100,80		99,78		99,82
103,02		1760	100,43		100,12		103,02	
	100,79	1747		100,79		99,71		99,51
100,23		1678	100,23		98,43		100,10	
	100,77	1664		100,77		99,61		98,99
100,55		1635	100,33		99,19		100,55	
	100,78	1596		100,78		99,65		99,16
	100,78	1433		100,78		99,65		99,17
	100,78	627		100,78		99,63		99,00
100,30	100,78	146	100,30	100,78	98,88	99,62	97,87	98,9
100,30	100,78	0	100,30	100,78	98,88	99,62	97,90	98,9

Obs: (*) distância em relação a foz.

TABELA 7.7.2-56
Resumo das Condições do Igarapé Altamira.

Envolvória Risco anual de 1%		DIST. (m) (*)	TR=100 anos no Xingu e CMA no Igarapé		TR= 10 anos no Xingu e TR= 10 anos no Igarapé		CMA no Xingu e TR= 100 anos no Igarapé	
N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv (m)		N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)
102,26		3992	101,07		101,82		102,26	
	101,30	3931		100,84		100,61		101,30
	100,79	2403		100,79		99,75		99,89
101,88		2193	100,72		101,57		101,88	
	100,79	2163		100,79		99,69		99,51
101,63		1715	100,41		100,33		101,63	
101,62		1669	100,42		100,41		101,62	
101,58		1407	100,40		100,32		101,58	
101,56		1231	100,39		100,29		101,56	
100,56		1228	100,39		100,29		100,56	
	100,79	1226		100,79		99,67		99,29
100,30		908	100,30		99,13		99,62	
	100,78	905		100,78		99,61		98,89
100,32		860	100,32		99,36		100,32	
	100,78	858		100,78		99,64		99,06
	100,78	290		100,78		99,61		98,85
100,30		232	100,30		98,77		97,45	
100,30		176	100,30		98,88		97,86	
100,30	100,78	0	100,30	100,78	98,88	99,62	97,90	98,9

Obs: (*) distância em relação a foz.

TABELA 7.7.2-57
Resumo das Condições do Igarapé Ambé.

Envoltória		DIST. (m) (*)	TR=100 anos no Xingu e CMA no Igarapé		TR= 10 anos no Xingu e TR= 10 anos no Igarapé		CMA no Xingu e TR= 100 anos no Igarapé	
Risco anual de 1%	N.A. c/ Reserv.		N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)	N.A. Naturais (m)	N.A. c/ Reserv. (m)
	100,78	1964		100,78		99,62		98,93
	100,78	1729		100,78		99,62		98,93
100,47		1564	100,31		100,05		100,47	
100,29		680	100,29		99,74		100,07	
	100,78	292		100,78		99,62		98,90
100,30		289	100,30		98,90		98,16	
100,30		149	100,30		98,84		97,47	
100,30	100,78	0	100,30	100,78	98,88	99,62	97,9	98,90

Obs: (*) distância em relação a foz.

Os **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-011** e **6365-EIA-DE-G91-012** mostram as envoltórias de níveis d'água para a vazão centenária nas condições atuais e com reservatório.

No **Desenho 6365-EIA-DE-G91-012** também foram indicadas as manchas de inundação referentes às cheias do Xingu: média anual e média a longo termo. Estas manchas se referem a vazões baixas nos igarapés e trazem implícitas que foram realizadas as medidas de mitigação propostas no âmbito da socioeconomia, isto é: a remoção das restrições ao escoamento (pontes, pontilhões, travessias, etc.).

No prognóstico, foram utilizadas as diretrizes do estudo de urbanização.

- Painelas

Na condição atual, o nível do Igarapé até a seção da ponte é cota 100,3 m, nível do Xingu para a cheia centenária. A montante da ponte, a cota passa a 103,0 m.

Considerando a intervenção na seção da ponte da Av. Tancredo Neves que deve passar de 30m para cerca de 70m , para a condição com reservatório, os níveis d'água no Igarapé, independente da vazão no mesmo (até TR=100 anos), permanecem praticamente horizontais, sendo função direta dos níveis do Xingu, ou seja cota 100,78 m para a cheia centenária.

- Altamira

Comparando-se a condição anterior ao reservatório e a após o seu enchimento e implementação das duas novas travessias, verifica-se que na condição atual o nível correspondente a cheia centenária em grande parte do Igarapé, cota 100,3m, chegando a cota 101,5m no trecho médio e a um máximo de 102,3m. Para a condição com reservatório e implantação de novas travessias o nível chega a cota 100,78m em grande parte do Igarapé e 101,0m, próximo a Transamazônica.

Ou seja, com a execução de duas travessias no Altamira, com uma seção com vão livre de 40m, chegam-se a linhas d'água cuja envoltória é a ocorrência da vazão centenária no Xingu em praticamente todo o trecho e da vazão centenária no Igarapé no trecho próximo a rodovia Transamazônica. Ou ainda, a condição com reservatório e a realização das medidas de mitigação resultam em redução da suscetibilidade as inundações em relação as condições atuais das áreas lindeiras ao Igarapé.

- **Ambé**

Removendo as seções de restrições, os níveis d'água no Ambé são comandados pelo nível do Xingu, independente da vazão (até a vazão centenária).

Resulta para a envoltória do nível d'água a cota 100,78m, associada a vazão centenária. Este nível é superior ao nível máximo da condição atual, aproximadamente cota 100,5m, que considera o nível do Xingu e restrições impostas pelas Pontes cadastradas (Ponte 5 e Ponte 6).

7.7.2.4 Caracterização Hidráulica do rio Xingu no Trecho da Volta Grande

7.7.2.4.1 Rio Xingu

a) Introdução

O objetivo principal deste item é apresentar a caracterização hidráulica do trecho da Volta Grande do rio Xingu no estirão entre o Eixo Pimental e a foz do Bacajá, que apresenta uma declividade média da ordem de 0,20 m/km, e um comportamento hidráulico complexo. No trecho compreendido entre a foz do Bacajá e a Casa de Força da AHE Belo Monte, com uma declividade da ordem de 1,2 m/km, predominam pedrais que constituem canais extremamente complexos tornando impraticável uma caracterização hidráulica do trecho.

Para o trecho com informações, entre o Eixo Pimental e a foz do Bacajá e com caracterização hidráulica possível, coletou-se as seguintes informações disponíveis: hidráulicas e hidrológicas; imagens de satélite, em particular uma que caracteriza o escoamento para uma vazão baixa (680 m³/s) e outra, uma vazão de aproximadamente 7.300 m³/s; seções topobatimétricas; e medições de níveis d'água e vazões. Com estas informações, foi efetuada uma modelagem hidráulica do trecho, utilizando um modelo matemático de cálculo de remanso.

As informações utilizadas na modelagem hidráulica compreendem as seções topobatimétricas levantadas em 2000/2001 e as complementares levantadas em 2008; as informações hidrométricas também obtidas nestas duas oportunidades; as fluviométricas do Posto de Altamira; além de estudo hidráulico elaborado anteriormente pela ELETRONORTE (2006).

Com base nos elementos acima, foram definidos os parâmetros hidráulicos que caracterizam o comportamento do rio Xingu para vazões variando de 700 m³/s a 26.000 m³/s, englobando os níveis d'água nas seções, as velocidades e profundidades. Também foram traçados os níveis d'água nas várias seções de cálculo e efetuada uma avaliação da partição das vazões ao longo do canal.

Em termos de organização este item apresenta:

- No item b. os dados compilados para os estudos;
- No item c. uma breve descrição do modelo de cálculo hidráulico empregado, a sua montagem, aferição e os resultados dos cálculos efetuados;
- No item d. é apresentada uma síntese da caracterização hidráulica.

b) Dados Básicos

Os dados básicos utilizados foram:

- Estudos hidráulicos anteriores;
- Seções topobatimétricas ao longo do trecho de interesse;
- Dados Hidrométricos e Fluviométricos;
- Imagens de Satélite.

Estes dados foram utilizados para a montagem do modelo de cálculo de remanso, a aferição do modelo e auxiliar a caracterização hidráulica.

b.1) Estudos Hidráulicos Anteriores

No relatório da ELETRONORTE: CHE Belo Monte, Estudos de Viabilidade, Rio Principal, Avaliação do Escoamento a jusante do Eixo do Barramento para Vazões Baixas, número BEL-V-RPR-109-0001-R1-R0, de julho de 2006, são apresentados sucintamente a montagem do modelo de remanso (HEC-RAS), a aferição feita para a vazão de 970 m³/s, a partição da vazão na seção 5, entre o canal principal, da margem direita e a em frente a TI Paquiçamba (margem esquerda). São mostrados também os resultados do remanso para vazões variando de 200 m³/s a 800 m³/s e as conclusões alcançadas, já que o foco do estudo era o de definir qual seria a vazão mínima aceitável para o trecho da Volta Grande do rio Xingu no trecho entre o Sítio Pimental e a foz do Bacajá.

Para a realização destes estudos foi feita uma medição de nível d'água simultânea para a vazão de 970 m³/s e levantadas 8 seções topobatimétricas distribuídas no estirão de 44 km, levantadas em duas campanhas hidrométricas realizadas em 2001. A escolha da localização das seções foi feita de forma criteriosa, fruto de várias inspeções “in loco”, nas quais foi realizada a detecção das seções responsáveis pelos controles hidráulicos. Isto é, seções que determinam o comportamento das linhas d'água.

A **FIGURA 7.7.2-15** mostra a localização das seções e a **TABELA 7.7.2-58** mostra os níveis d'água medidos no campo em novembro de 2001, juntamente com os valores obtidos na aferição do modelo de remanso. Notar que na aferição realizada conseguiu-se reproduzir os níveis d'água medidos no campo com precisão da ordem do metro.

FIGURA 7.7.2-15 – Localização das Seções

TABELA 7.7.2-58
Níveis d'água observados e calculados

Seção	N.A. obs (m)	N.A. mod (m)	ΔH (m)
7	71,98	71,98	0,00
6-ME	71,98	72,04	0,06
5-ME	71,92	72,05	0,13
4-ME	74,53	73,52	-1,01
6-MD	73,71	73,65	-0,06
5-MD	74,31	73,69	-0,62
4-MD	75,87	75,36	-0,51
3	78,30	77,84	-0,46
2	80,36	79,38	-0,98
1	80,90	80,32	-0,52

Fonte: ELETRONORTE, BEL-V-RPR-109-RI-R0

Onde.: ME – Margem Esquerda;
MD – Margem Direita;
N.A. obs - Níveis d'água obtidos de medições realizadas;
N.A. mod - Níveis d'água calculados em Modelo Matemático;
 ΔH - N.A. mod - N.A. obs.

A **TABELA 7.7.2-59** mostra a partição da vazão na Seção 5 entre as margens esquerda e direita.

TABELA 7.7.2-59
Partição da Vazão na Seção 5

Data	Q total (m ³ /s)	Q ME (Paquiçamba) (m ³ /s)	Q MD (m ³ /s)
16/09/2001	1.032	55,7	976,3

b.2) Seções Topobatimétricas

O trecho de interesse compreende uma extensão de aproximadamente 44 km, entre o eixo Pimental à Foz do Bacajá. Neste trecho foram levantadas 18 seções topobatimétricas, sendo 8 constantes de estudos da ELETRONORTE mencionados no item a., mais 5 seções levantadas pela SAINT GERMAIN no período 2000 a 2001 e 5 seções levantadas pela TOPOCART em 2008.

Para manter a clareza da origem das seções topobatimétricas manteve-se a nomenclatura utilizada nos vários levantamentos. A localização das seções topobatimétricas é apresentada na **FIGURA 7.7.2-15: Localização das Seções Topobatimétricas**. As seções levantadas em 2008 são as seções: Nova 1 a Nova 5. Através do levantamento das novas seções procurou-se possibilitar, além dos trechos englobados pelas as demais seções, a caracterização do trecho do rio Xingu na margem esquerda, defronte ao núcleo ribeirinho São Pedro, a Aldeia Paquicamba e um trecho encachoeirado próximo a seção HEC II, próximo a margem direita.

Uma vez que o enfoque dos estudos anteriores era a determinação das vazões mínimas admissíveis no trecho da Volta Grande do Xingu as seções levantadas pela ELETRONORTE restringiram-se aos canais do Xingu, não contemplando o levantamento dos trechos correspondentes as Ilhas. Exceções são os casos da Seção 9, que foi levantada ao longo de toda a seção transversal e as Seções 2 e 3, que cobrem praticamente toda a seção.

As seções topobatimétricas levantadas nas duas oportunidades, assim como as datas de levantamento, os níveis d'água e vazões medidas no posto fluviométrico de Altamira, correspondentes as datas de medição dos níveis d'água, são apresentados nos **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-013 a 6365-EIA-DE-G91-017** (Volta Grande, Seções Topobatimétricas, folhas 1/5 a 2/5).

Para estudar como as Seções sem indicação precisa das Ilhas poderiam ser representadas no Modelo Matemático, nas seções topobatimétricas mostradas nas figuras, indicou-se também os níveis da cartografia elaborada para a escala 1:25.000; informações da geomorfologia e a presença da Floresta Aluvial. Na comparação da topobatimetria, cartografia e geomorfologia verificou-se que em algumas seções, notadamente aquelas com pedrais, a cartografia apresentava uma boa coerência com as seções topobatimétricas. Em outras se constataram diferenças notáveis. Estas diferenças, aparentemente, se devem a que na cartografia levantou-se o topo das árvores.

Segundo essa análise uma parte das Ilhas poderiam ser representadas com precisão razoável apresentando maiores incertezas nas seções Cana Verde I (trecho), HEC I (trecho), Seção 1 (vários trechos), Seção 8 (vários trechos).

Nesta análise, também foram identificados os trechos de ilhas com morrotes, que foram incorporados às seções topobatimétricas. As seções topobatimétricas, incluindo as ilhas, são apresentadas no **Apêndice 7.7.2-6**.

b.3) Dados Hidrométricos e Fluviométricos

Os dados hidrométricos e fluviométricos disponíveis compreendem os níveis d'água obtidos quando do levantamento das seções topobatimétricas, que são apresentados nos desenhos com as seções topobatimétricas, as medições de nível d'água realizadas pela ELETRONORTE e TOPOCART, as medições de vazão efetuadas no período de 2000 a 2001 pela ELETRONORTE e a realizada pela HIDROTEL em fevereiro de 2008.

A partir das medições de níveis d'água realizadas em 2000/2001, mostradas nos desenhos das seções topobatimétricas, foi construído o quadro constante do **Apêndice 7.7.2-7**. Notar que os níveis d'água medidos em uma mesma seção podem ser consideravelmente diferentes, fruto provavelmente da complexidade do escoamento na Volta Grande além da precisão das medições.

No **Apêndice 7.7.2-7** consta a Tabela que apresenta os níveis d'água medidos durante as duas campanhas realizadas pela TOPOCART em 2008.

A **FIGURA 7.7.2-16** mostra os níveis d'água medidos em datas próximas e que portanto podem ser considerados relativos a uma única vazão.

FIGURA 7.7.2-16 – Localização das Seções Topobatimétricas e Níveis D'água Medidos

Durante o período de novembro de 2000 a dezembro de 2001, foram efetuadas medições de vazão pela SAINT GERMAIN em alguns eixos da Volta Grande para as quais foi possível elaborar curvas chave. Estes pontos são os eixos: Cana Verde I, HEC I - HEC II e eixo Pimental. Para o mesmo período dispõe-se de níveis d'água na Seção 7, que fica imediatamente a montante da foz do Bacajá, correlacionando estes níveis com as vazões em Altamira foi possível obter também neste caso uma curva chave.

Os **GRÁFICO 7.7.2-38** ao **GRÁFICO 7.7.2-41** mostram as curvas chave elaboradas para os eixos mencionados.

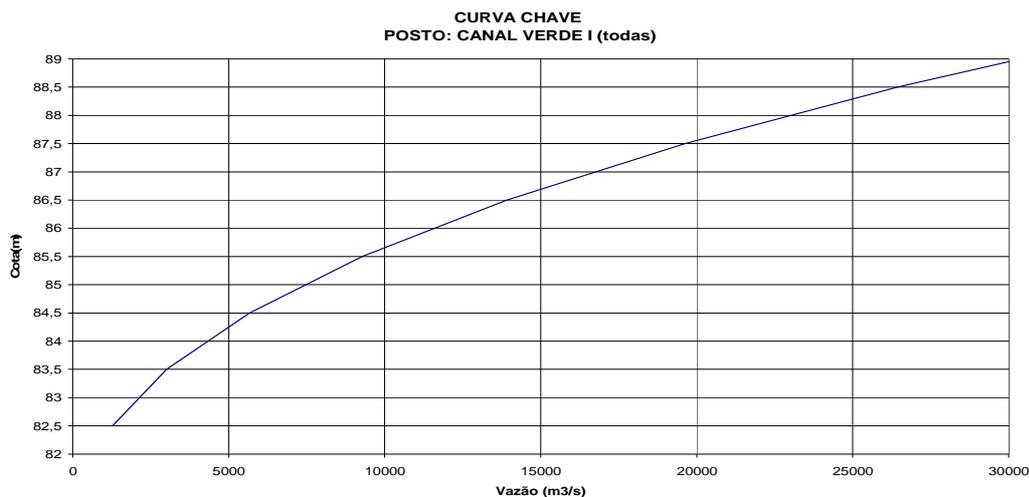


GRÁFICO 7.7.2-38 - Eixo Cana Verde I.

Observações: Curva chave obtida a partir da totalização das vazões dos canais 1 a 4; vazão máxima medida da ordem de 20.000 m³/s.

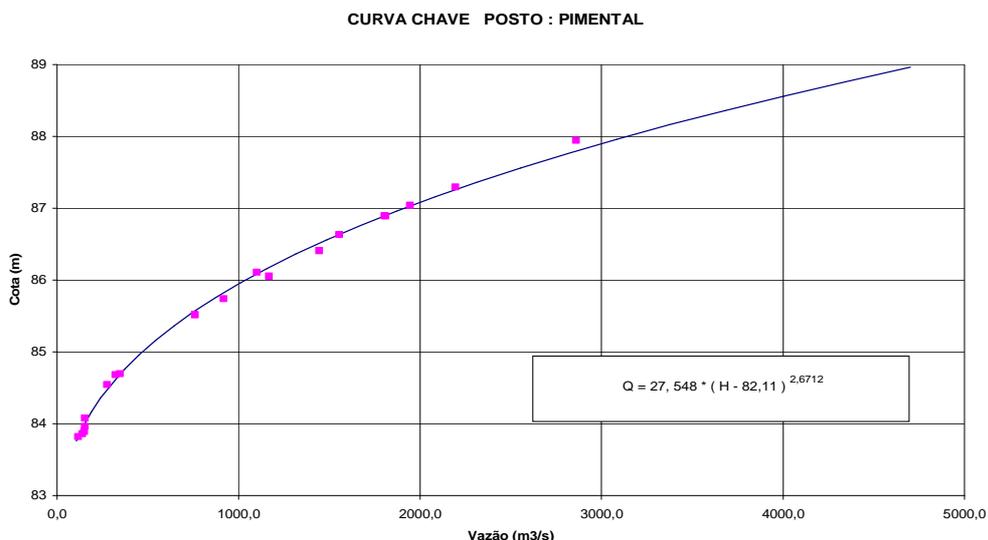


GRÁFICO 7.7.2-39 - Eixo Pimental.

Observações: medições efetuadas são os pontos indicados; vazão mínima medida da ordem de 100 m³/s.

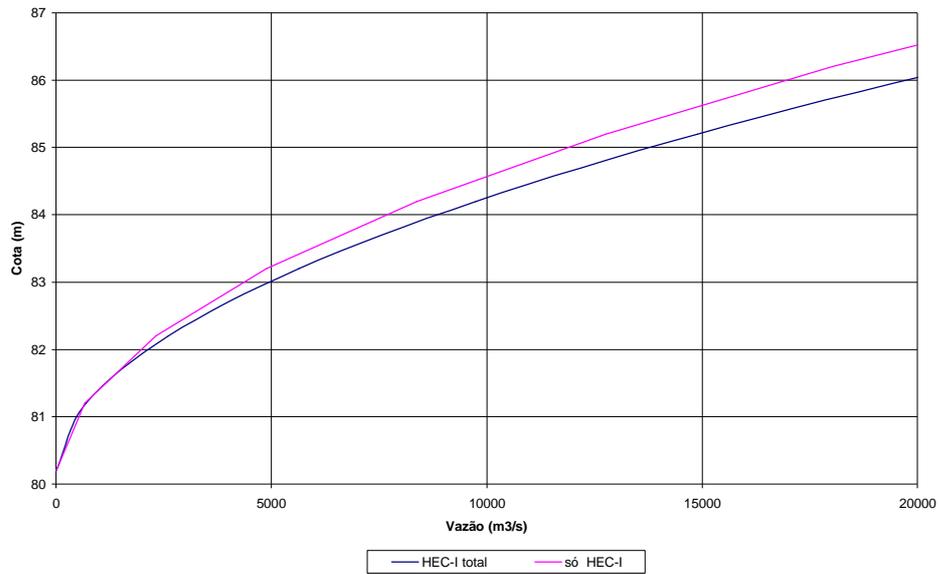


GRÁFICO 7.7.2-40 - Eixo HEC I.

Observações: curva chave em magenta, obtida a partir da totalização das vazões dos canais 1 a 4; vazão máxima medida da ordem de 19.000 m³/s; curva em azul – acrescentadas a vazões da seção HEC I, a vazão medida no eixo HEC II.

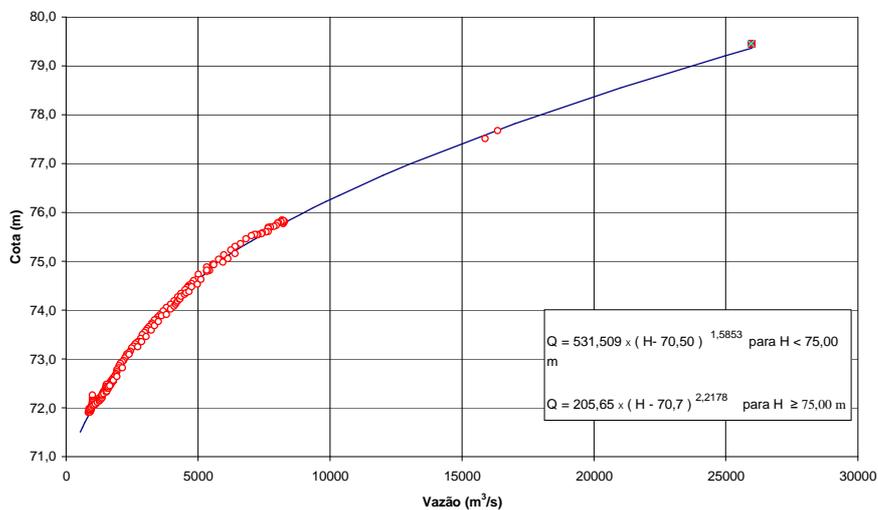


GRÁFICO 7.7.2-41 - Seção 7- Próxima a foz do Bacajá.

Observações: os pontos em vermelho são vazões obtidas do posto de Altamira e níveis d' água medidos na Seção 7; os três pontos na parte superior da curva foram obtidos quando do levantamento topobatimétrico da Seção 7 e durante as campanhas de medições de nível d' água realizadas em 2008. Ver **Apêndice 7.7.2-6**.

Em fevereiro de 2008 foi medido pela HIDROTEL a partição de vazão nos vários trechos das seções 4 e 5. A **TABELA 7.7.2-60** mostra as vazões medidas.

TABELA 7.7.2-60
Medições de Vazão – Fevereiro de 2008

Seção	Data	Sub trecho	Coordenadas		Vazão medida (m ³ /s)	Vazão Altamira (m ³ /s)
			Ponto de Início	Ponto de Fim		
4	5/02/08	P1	413.607 E 9.609.138 N	415.267 E 9.609.396 N	7.018,8	8.030
	7/02/08	P2	411.499 9.609.526	412.454 9.609.230	1.751,7	8.770
	7/02/08	P2A	412.446 9.609.188	412.655 9.609.068	174,9	8.770
	3/02/08	P3	410.410	410.819	1536,5	7.136
		(ME)	9.611.498	9.611.294		
Total					10.481,9	
5	6/02/08	P1 (ME)	416.043 9.611.466	416.961 9.611.116	2.206,2	8.394
	5/02/08	P2 (MD)	413.454 9.614.344	413.516 9.613.930	9.239,9	8.030
	Total					11.446,1

Ao totalizarmos as vazões medidas na Seção 4 chega-se a 10.481,9 m³/s. Comparando-se com a vazão média de Altamira tem-se 22 % de diferença. No caso da Seção 5 chega-se a 11.446 m³/s medidos e uma média em Altamira de 8.212 m³/s, resultando uma diferença de 28%.

A partição de vazão, definida a partir da Seção 5, nas datas de 5/02 e 6/02/08, é 20% pela margem esquerda e 80% pela direita.

A partir das medições de vazão realizadas entre os anos de 2000 a 2002, nos eixos sítio Pimental e Cana Verde I, realizadas praticamente simultaneamente, foram analisadas a partição de vazão e níveis d'água nas duas margens. Para tanto, foram plotadas as vazões contra os níveis d'água medidos nos dois eixos, mostrada no **GRÁFICO 7.7.2-42**, e a partição porcentual de vazões mostrada no **GRÁFICO 7.7.2-43**.

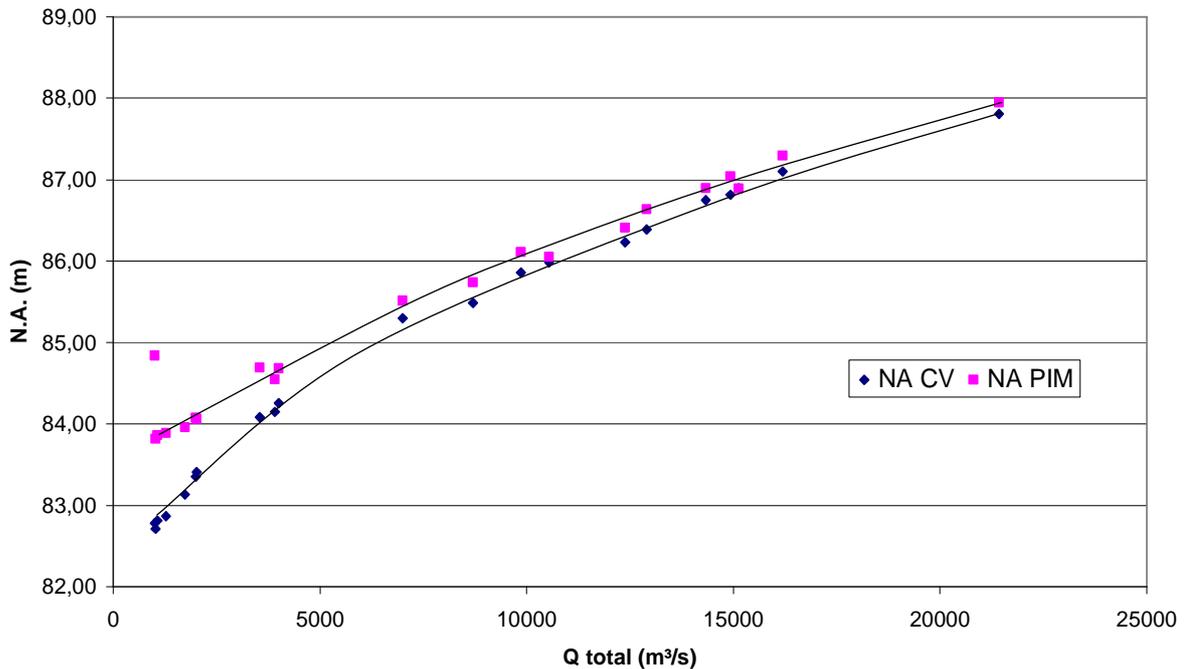


GRÁFICO 7.7.2-42 - Níveis d' água e Vazão concomitantes nos eixos Pimental e Cana Verde I Observação: CV- Eixo Cana Verde I; PIM- Eixo Pimental

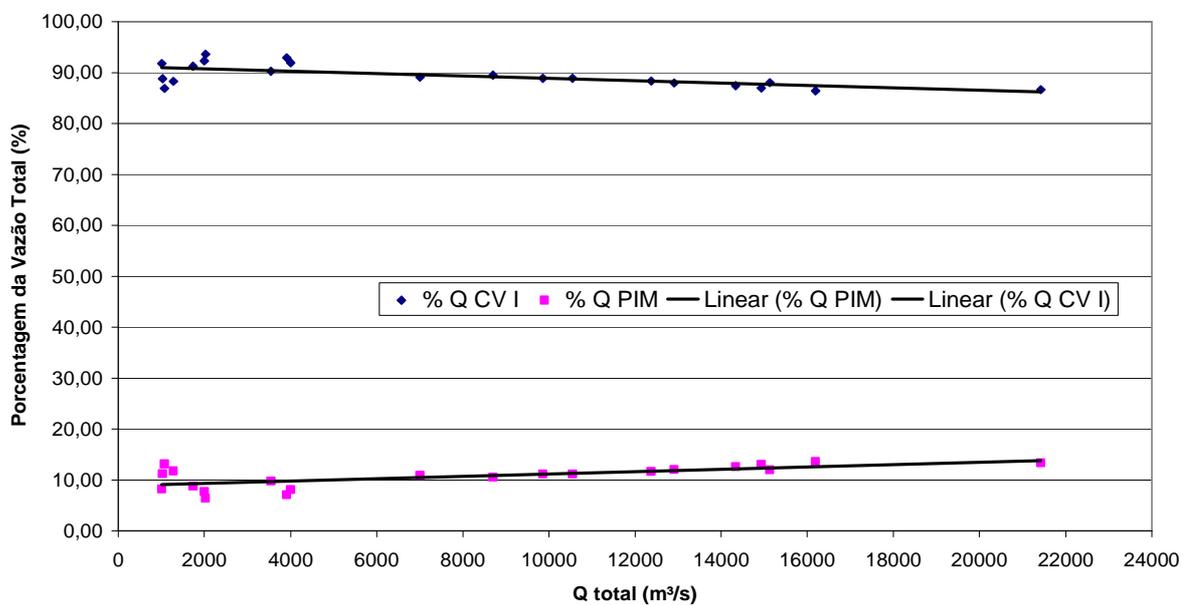


GRÁFICO 7.7.2-43 - Percentual da Vazão total nos eixos Pimental e Cana Verde I Observação: CVI- Eixo Cana Verde I; PIM- Eixo Pimental

Conforme se verifica, para vazões baixas têm-se variação de nível da ordem de 1,0 m entre a margem direita (Seção Cana Verde I) e esquerda (Pimental). Quanto à partição de vazão, verifica-se que cerca de 10% da vazão passa pelo eixo Pimental.

b.4) Imagens de Satélite

Para avaliar o comportamento do escoamento ao longo do Volta Grande, o que influenciou a escolha da topologia empregada no modelo de remanso, foram consultadas as Imagens de Satélite disponíveis, tendo-se selecionado para análise a de 20/10/1998, para a qual têm-se a vazão de Altamira de $680 \text{ m}^3/\text{s}$ e a de 25/06/2006, que está associada a vazão de $7.312 \text{ m}^3/\text{s}$.

As **FIGURA 7.7.2-16** e a **FIGURA 7.7.2-17** apresentam as imagens e as seções topobatimétricas.

FIGURA 7.7.2-17 – Imagem de Satélite – Período de Transição – Localização das Seções

Conforme se verifica na imagem de 20/10/1998 existe um escoamento pela Seção 4 em direção a TI Paquiçamba. Verifica-se também a presença de água defronte a TI Paquiçamba. Na imagem de 25/06/2006 os inúmeros pedrais mostrados na Imagem anterior são cobertos.

c) **Cálculo de Remanso**

Para a caracterização hidráulica da volta Grande , foi utilizado um modelo matemático de cálculo de remanso consagrado que é o HEC-RAS, versão 4, (2006), elaborado pelo US Army Corps of Engineers.

O modelo calcula, através da solução da equação da energia, as linhas d` água, velocidades e várias outras grandezas hidráulicas a partir das características geométricas das seções topobatimétricas e depende, para reproduzir com precisão os níveis d` água observados, de uma aferição de seus parâmetros. A aferição do modelo é feita nas rugosidades em cada seção, avaliadas através da equação de Manning e as perdas singulares, estimadas por coeficientes de perda por expansão e contração do escoamento.

Este "software" facilita a representação do escoamento na Volta Grande entre o Sítio Pimentel e a Foz do Bacajá em dois trechos do rio onde ele corre em dois canais claramente separados, dividindo-se o canal em canal principal e canal secundário.

Estes dois trechos são: o trecho que divide a seção Cana Verde I (canal principal) e o eixo Pimental (canal secundário) que deriva as vazões para as seções Nova 1, Nova 2, Nova 3; e um segundo trecho entre o canal próximo a TI Paquiçamba (secundário) e o canal principal (seções 4, 5 e 6 na margem direita), o que pode ser claramente constatado na análise da **FIGURA 7.7.2-16**.

c.1) **Topologias Adotadas**

Na definição das topologias adotadas para a representação no modelo matemático, no trecho do Volta Grande compreendido entre o sitio Pimental e a Foz do Bacajá, tomaram-se as informações disponíveis, descritas no item anterior, compreendendo as imagens de satélite, as seções topobatimétricas e as hidrométricas/fluviométricas.

Baseando-se nestas informações, através de um grande número de simulações preliminares foi possível representar o trecho do rio Xingu para a ampla gama de interesse (vazões de 700 m³/s a 26.000 m³/s), com duas topologias.

A primeira topologia adotada é válida para vazões baixas e separa os canais com início nas seções Cana Verde I e Pimental e as Seções 4, 5 e 6 entre das margens esquerda (ME) e direita (MD). Esta topologia é apresentada na **FIGURA 7.7.2-18**. A **TABELA 7.7.2-61** mostra as distâncias entre as seções pela linha de centro e as distâncias acumuladas.

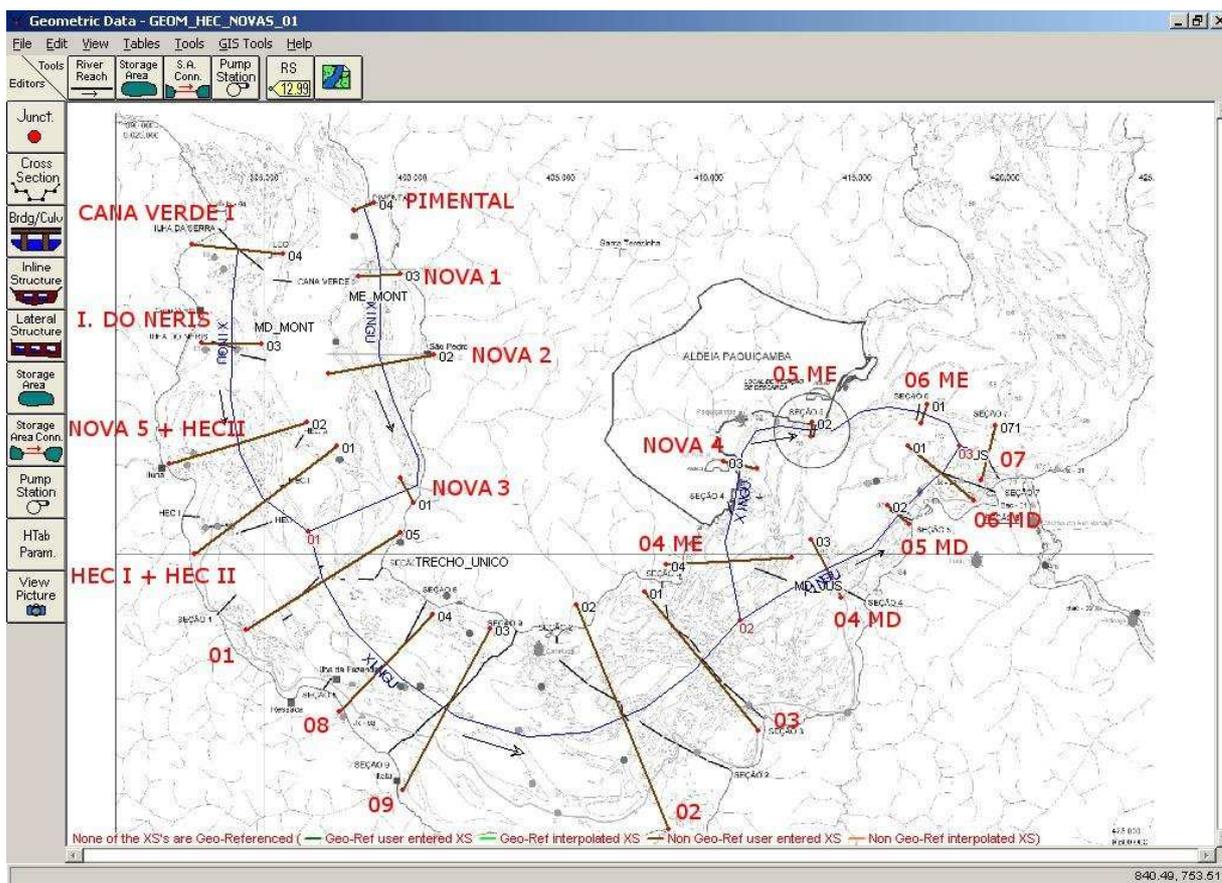


FIGURA 7.7.2-18 – Topologia das Seções no Modelo HEC RAS– Vazões Baixas

TABELA 7.7.2-61
Distâncias pelo centro das seções – Topologia - Vazões Baixas

MARGEM DIREITA			MARGEM ESQUERDA		
SEÇÃO	DIST.	DIST. ACUM.	SEÇÃO	DIST.	DIST. ACUM.
	(m)	(m)		(m)	(m)
CANA VERDE I	3288	0	PIMENTAL	2278	0
ILHA DO NERIS	3481	3288	NOVA 1	2884	2278
NOVA 5 + HECII	2214	6768	NOVA 2	4510	5162
HECS	3619	8982	NOVA 3	5224	9672
SEÇÃO 1	3618	12602	SEÇÃO 1	3618	14896
SEÇÃO 8	2629	16219	SEÇÃO 8	2629	18514
SEÇÃO 9	6356	18848	SEÇÃO 9	6356	21143
SEÇÃO 2	3369	25205	SEÇÃO 2	3369	27499
SEÇÃO 3	5514	28573	SEÇÃO 3	3896	30868
SEÇÃO 4 - MD	3272	34087	SEÇÃO 4 - ME	3134	34764
SEÇÃO 5 - MD	2133	37359	NOVA 4	3013	37898
SEÇÃO 6 - MD	2364	39492	SEÇÃO 5 - ME	3793	40911
SEÇÃO 7	0	41855	SEÇÃO 6 - ME	2810	44704
			SEÇÃO 7	0	47515

Obs: as distâncias são ligeiramente diferentes devido ao desenvolvimento dos eixos pelas margens esquerda e direita.

Simulações preliminares realizadas com a topologia do modelo mostrada na **FIGURA 7.7.2-18** mostraram a sensibilidade dos níveis d' água nas margens esquerda e direita do trecho mais a jusante com a partição de vazão. Pela sensibilidade dos resultados com a partição das vazões e pela impossibilidade de representá-la para toda a gama de vazões de interesse, concluiu-se pela necessidade de utilizar uma topologia alternativa para simular este trecho do Xingu para vazões mais altas.

A Topologia alternativa definida agrupa em seções únicas as parcelas das margens esquerda e direita das seções 4, 5 e 6, e mantém a separação do trecho a montante, que tem por limites de montante as seções Pimental e Cana Verde I. A **FIGURA 7.7.2-19** e a **TABELA 7.7.2-62** mostram a topologia e as distâncias das seções.

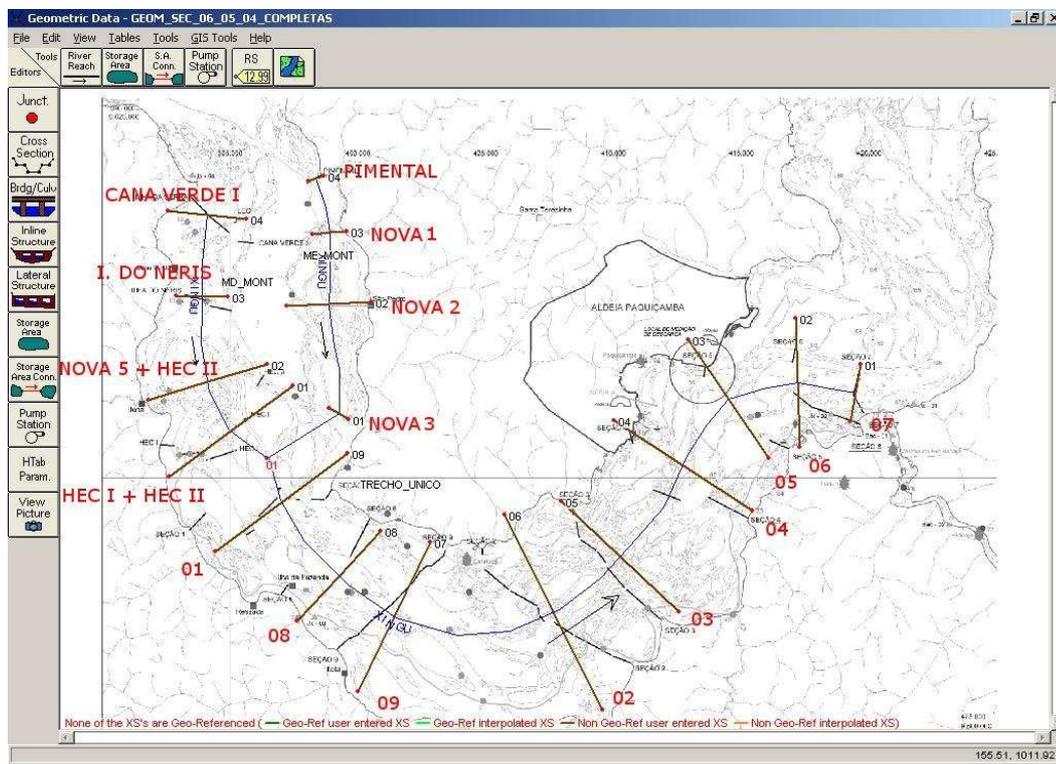


FIGURA 7.7.2-19 – Topologia das Seções no Modelo HEC RAS – Vazões Altas

TABELA 7.7.2-62
Distâncias pelo centro das seções – Topologia - Vazões Altas

MARGEM DIREITA			MARGEM ESQUERDA		
SEÇÃO	DIST.	DIST. ACUM.	SEÇÃO	DIST.	DIST. ACUM.
	(m)	(m)		(m)	(m)
CANA VERDE I	3288	0	PIMENTAL	2278	0
ILHA DO NERIS	3481	3288	NOVA 1	2884	2278
NOVA 5 + HECII	2214	6768	NOVA 2	4510	5162
HECS	3619	8982	NOVA 3	5224	9672
SEÇÃO 1	3618	12602	SEÇÃO 1	3618	14896
SEÇÃO 8	2629	16219	SEÇÃO 8	2629	18514
SEÇÃO 9	6356	18848	SEÇÃO 9	6356	21143
SEÇÃO 2	3369	25205	SEÇÃO 2	3369	27499
SEÇÃO 3	4286	28573	SEÇÃO 3	4286	30868
SEÇÃO 4	3105	32859	SEÇÃO 4	3105	35154
SEÇÃO 5	2730	35965	SEÇÃO 5	2730	38259
SEÇÃO 6	2245	38695	SEÇÃO 6	2245	40989
SEÇÃO 7	0	40940	SEÇÃO 7	0	43235

Obs: as distâncias são ligeiramente diferentes devido ao desenvolvimento dos eixos pelas margens esquerda e direita.

c.2) Aferição do Modelo

O processo de aferição do modelo de cálculo de remanso consistiu em ajustar os seus parâmetros de forma a reproduzir, com razoável precisão, os níveis d'água observados nas seções com medições e nos locais onde foi possível gerar uma curva chave. Ou seja, ajustaram-se as rugosidades de Manning e os coeficientes de perda carga localizada.

Em resumo, os passos seguidos na aferição são: para uma determinada vazão, define-se o nível d'água da última seção de jusante; (Seção 7) definem-se as rugosidades de Manning iniciais em cada seção; efetua-se o cálculo do remanso; comparam-se os valores dos níveis d'água observados com os calculados; ajustam-se as rugosidades até que os valores observados e calculados estejam suficientemente próximos.

Procurou-se utilizar na aferição preferencialmente os níveis d'água medidos de forma mais abrangente e mais ou menos simultânea mostrados na **FIGURA 7.7.2-19**. Para complementar as informações em trechos com poucos dados, secundariamente também foram utilizados os níveis d'água obtidos para outras vazões em trechos restritos do rio, além das curvas chave geradas a partir de dados hidrométricos. Ver **Apêndice 7.7.2-7**.

• **Aferição para Vazões Baixas**

Na aferição válida para vazões baixas, foram utilizados os níveis d'água medidos no campo para a vazão de 970 m³/s, os níveis d'água medidos no campo quando da realização de topobatimetria, além das curvas chave elaboradas a partir das medições realizadas nas seções Cana Verde I, Pimental e HEC I e HEC II.

Os **GRÁFICO 7.7.2-44** e **GRÁFICO 7.7.2-45** ilustram os resultados da aferição para os canais das margens direita e esquerda respectivamente. O **Apêndice 7.7.2-8** mostra os níveis d'água observados e calculados.

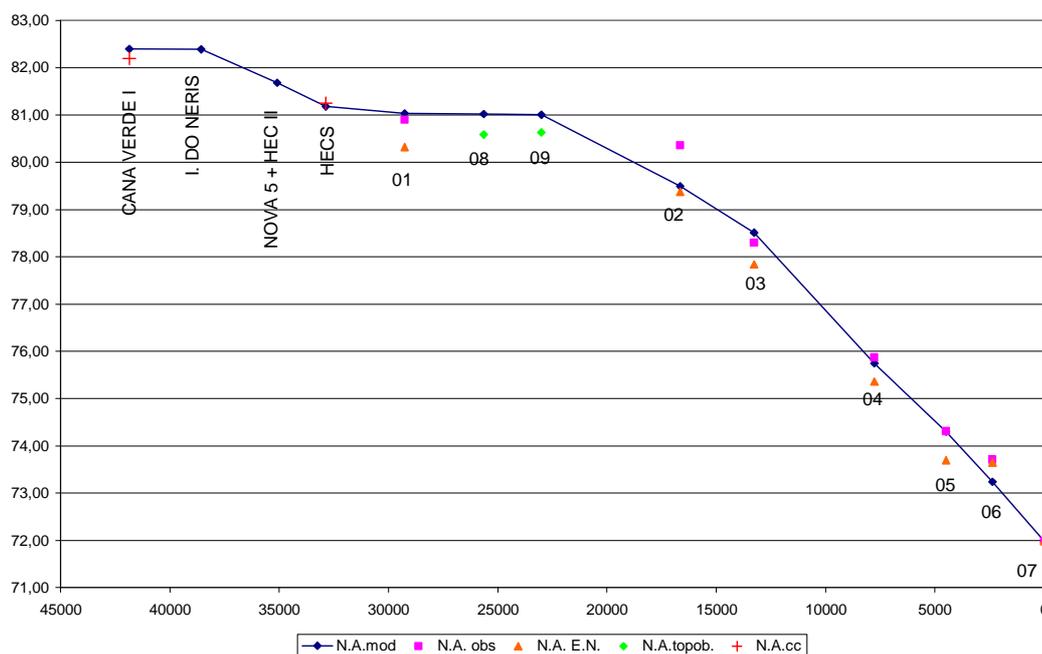


GRÁFICO 7.7.2-44 – Aferição para vazão de 970 m³/s – Margem Direita

Obs: as seções 1 a 3 não foram divididas entre margem esquerda e direita.

Onde:

N.A. mod = Níveis d'água calculados no modelo HEC-RAS;

N.A. obs = Níveis d'água observados, “simultâneos” (diferença de poucos dias entre as medições);

N.A. cc = Níveis d'água obtidos das curvas chave;

N.A. E.N. = Níveis d'água calculados no modelo HEC HAS, constantes da Tabela 2.4.1 (ELETRONORTE) (2006);

N.A. topob. = Níveis d'água obtidos dos serviços de topobatimetria.

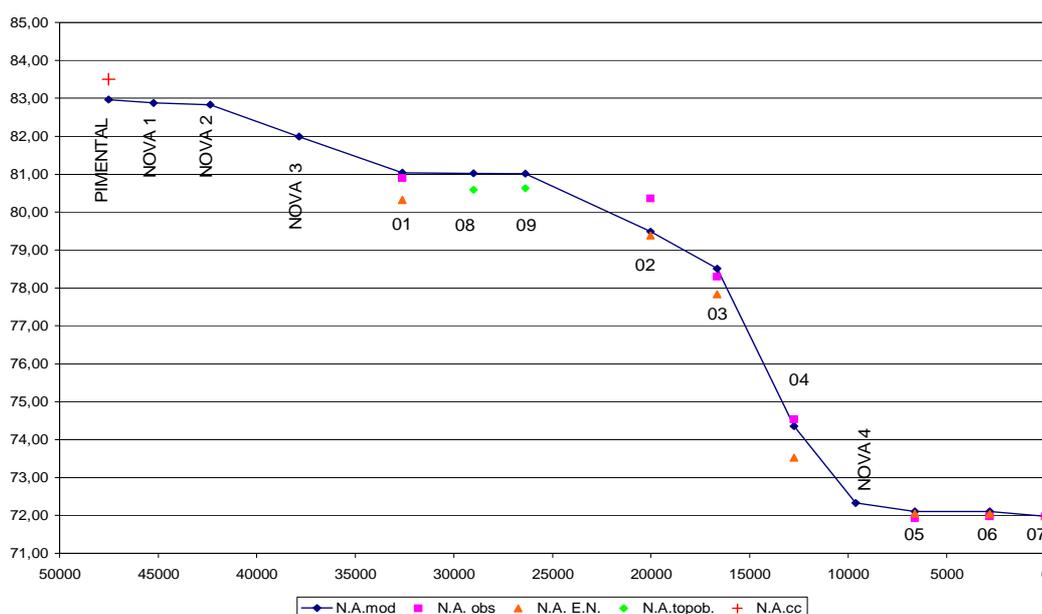


GRÁFICO 7.7.2-45 – Aferição para vazão de 970 m³/s – Margem Esquerda
Obs: as seções 1 a 3 não foram divididas entre margem esquerda e direita.

Note-se que obteve-se uma boa representação dos níveis d'água observados, nas margens esquerda e direita, ficando de modo geral a diferença entre os valores medidos e simulados abaixo de 0,5 m, exceto para a seção 2, que atingiu aproximadamente 0,9 m. Nas simulações realizadas pela ELETRONORTE (2006) também se chegou a diferenças deste nível desta seção. Observar que as diferenças entre os NA topobat e NA obs podem ser consideradas precisão de medição.

c.3) Aferição para Vazões Médias e Altas

Na aferição para a condição de vazões médias e altas, tomaram-se os valores de níveis d'água e vazão observados em campanhas específicas realizadas em 2001/2002 e 2008, efetuando-se ainda uma verificação com base em medições de níveis d'água em trechos restritos do Xingu.

Nas medições realizadas de 25/02/08 a 8/03/08, no trecho entre as seções 1 a 7, as vazões variaram em torno de 16.000 m³/s, valor este adotado nas simulações. Também foram feitas medições em 9/04/08 e 10/04/08, para uma vazão próxima a 26.200 m³/s. Ver **Apêndice 7.7.2-6**. No caso das seções Nova 1 a Nova 3, cujas medições foram realizadas em 18/03/08 a vazão em Altamira foi de 20.438 m³/s, valor adotado.

Outra premissa adotada na aferição foi, considerar que a partição da vazão entre a seção Pimental e Cana Verde I ocorria conforme indicado no **GRÁFICO 7.7.2-43**.

Os **GRÁFICO 7.7.2-46** ao **GRÁFICO 7.7.2-49** ilustram os resultados da aferição para os casos com dados mais abrangentes. As verificações/aferições para os casos com dados restritos para os canais da margem direita e esquerda que é apresentada nos **GRÁFICO 7.7.2-50** ao **GRÁFICO 7.7.2-57**. O **Apêndice 7.7.2-9** mostra os níveis d'água observados/calculados.

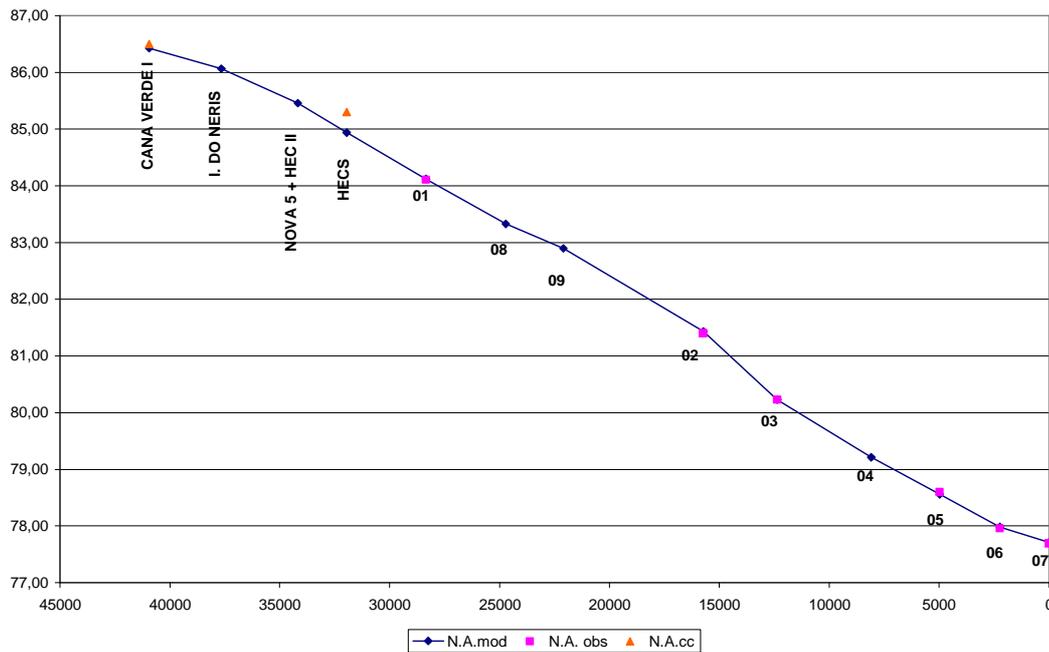


GRÁFICO 7.7.2-46 – Aferição para a vazão de 16.000 m³/s – Margem Direita

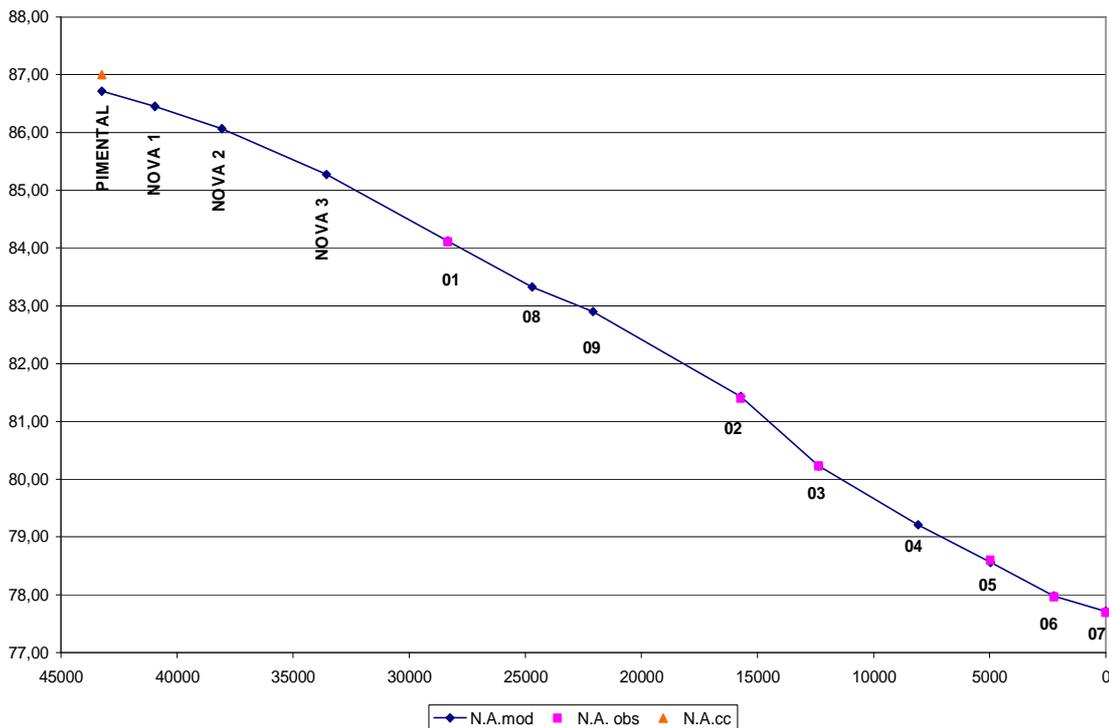


GRÁFICO 7.7.2-47 – Aferição para a vazão de 16.000 m³/s – Margem Esquerda

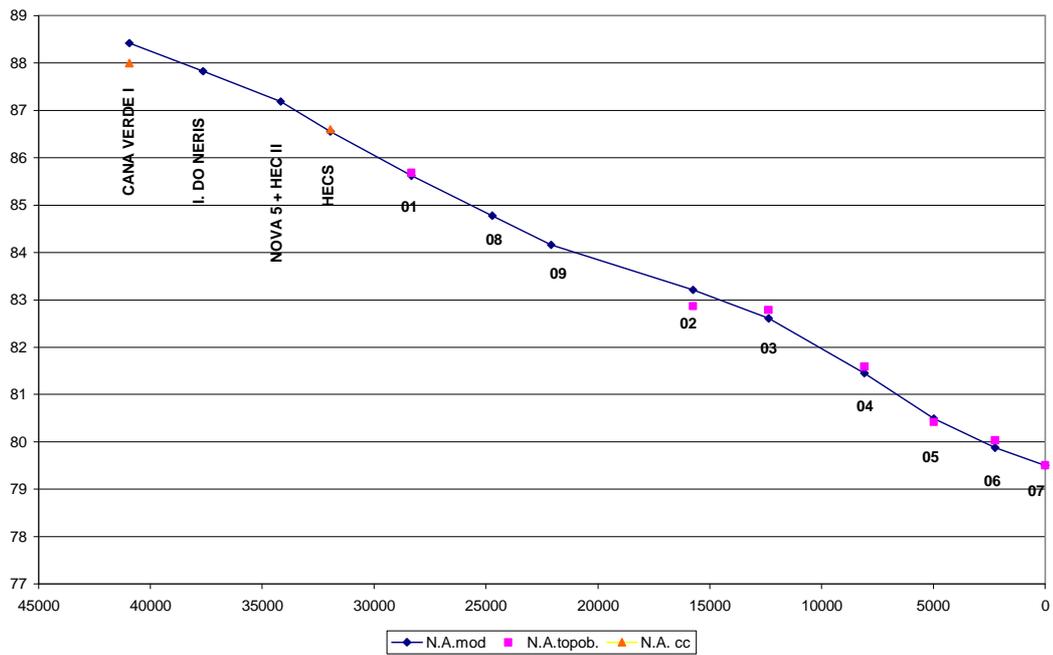


GRÁFICO 7.7.2-48 – Aferição para a vazão de 26.050 m³/s – Margem Direita

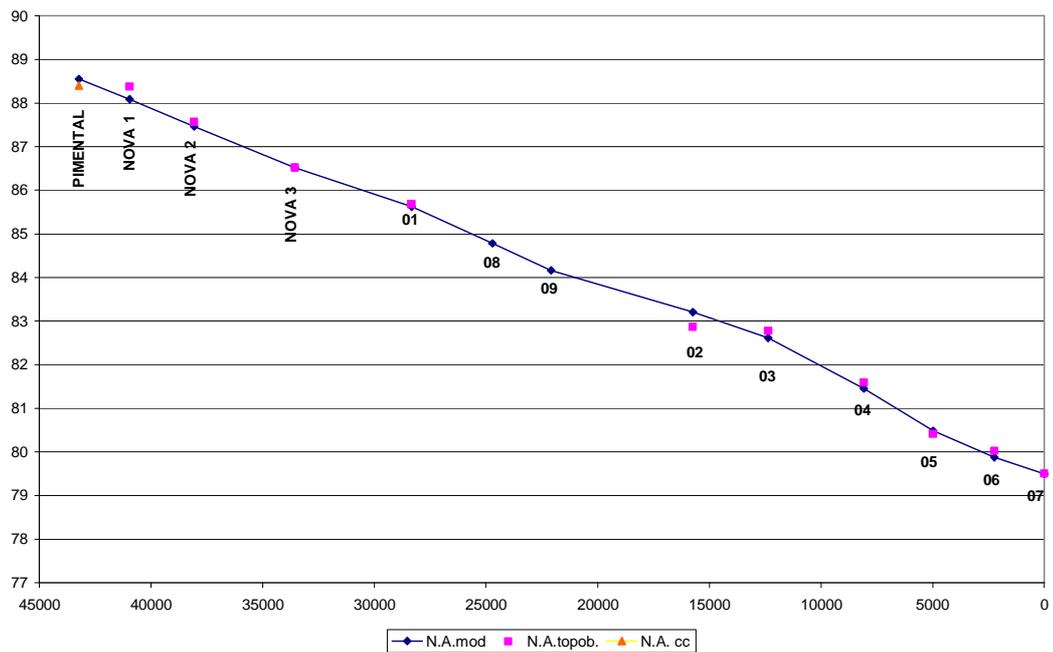


GRÁFICO 7.7.2-49 – Aferição para a vazão de 26.050 m³/s – Margem Esquerda

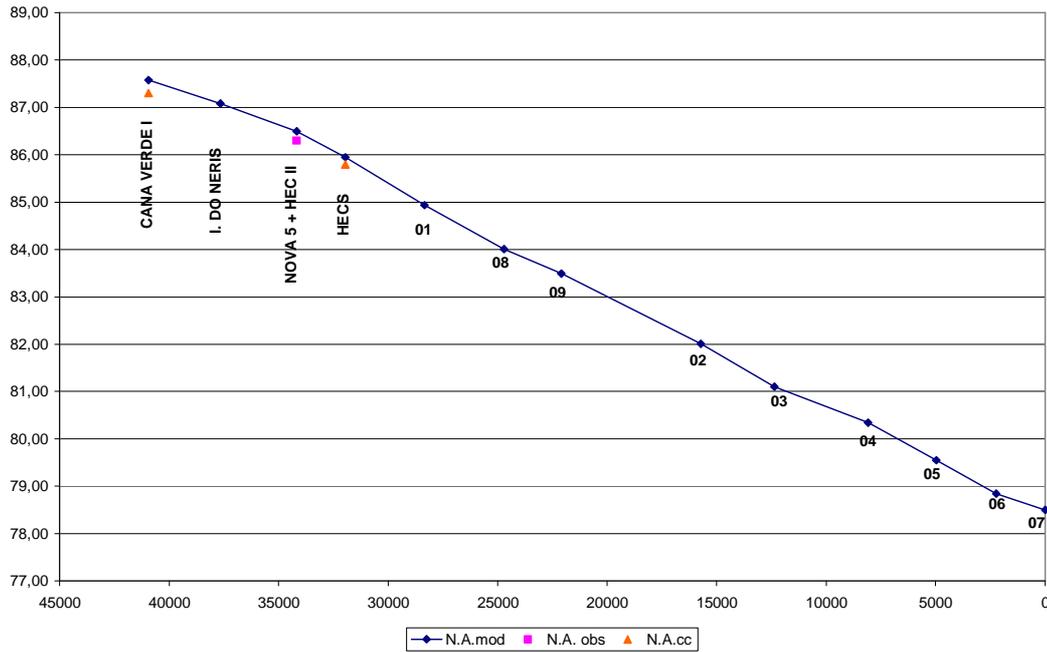


GRÁFICO 7.7.2-50 - Aferição\verificação para a vazão de 20.438 m³/s - Margem Direita

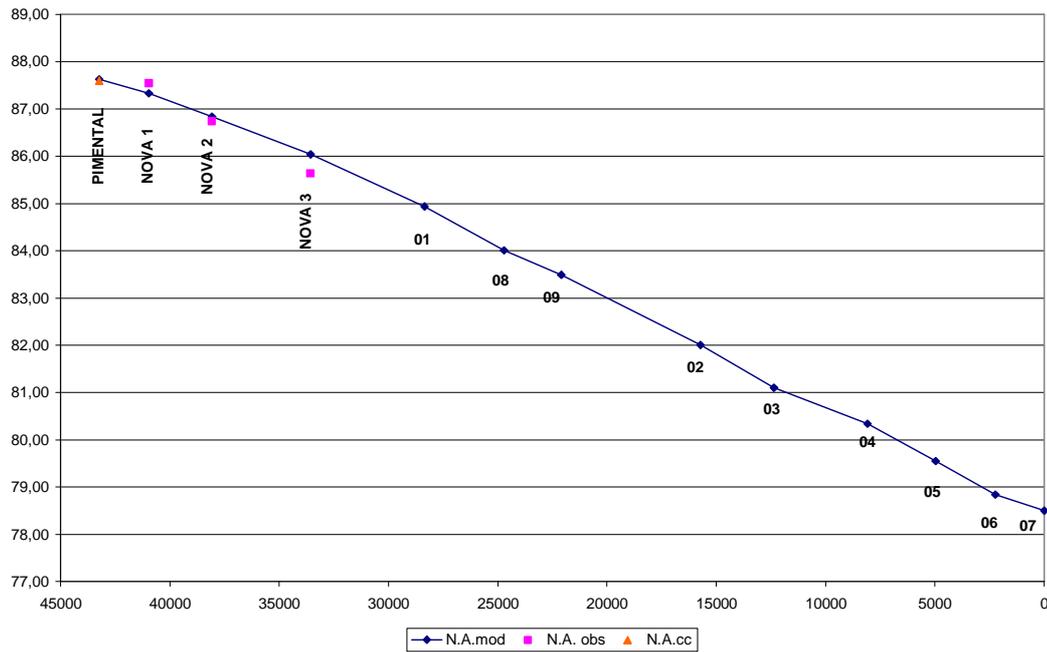


GRÁFICO 7.7.2-51 - Aferição\verificação para a vazão de 20.438 m³/s - Margem Esquerda

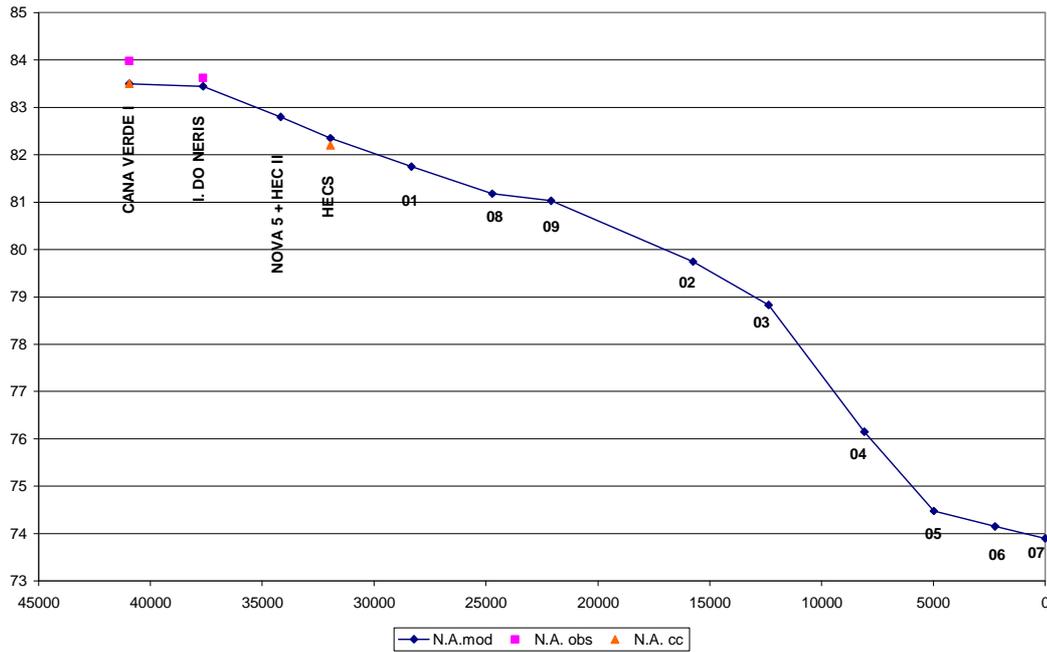


GRÁFICO 7.7.2-52 – Aferição\verificação para a vazão de 3.639 m³/s – Margem Direita

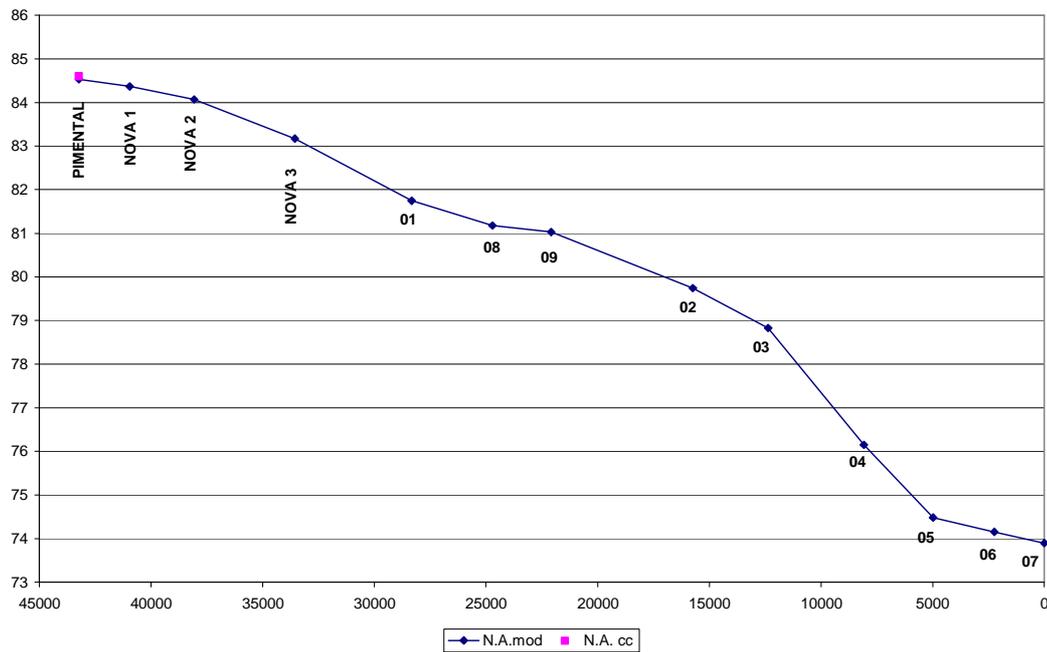


GRÁFICO 7.7.2-53 – Aferição\verificação para a vazão de 3.639 m³/s – Margem Esquerda

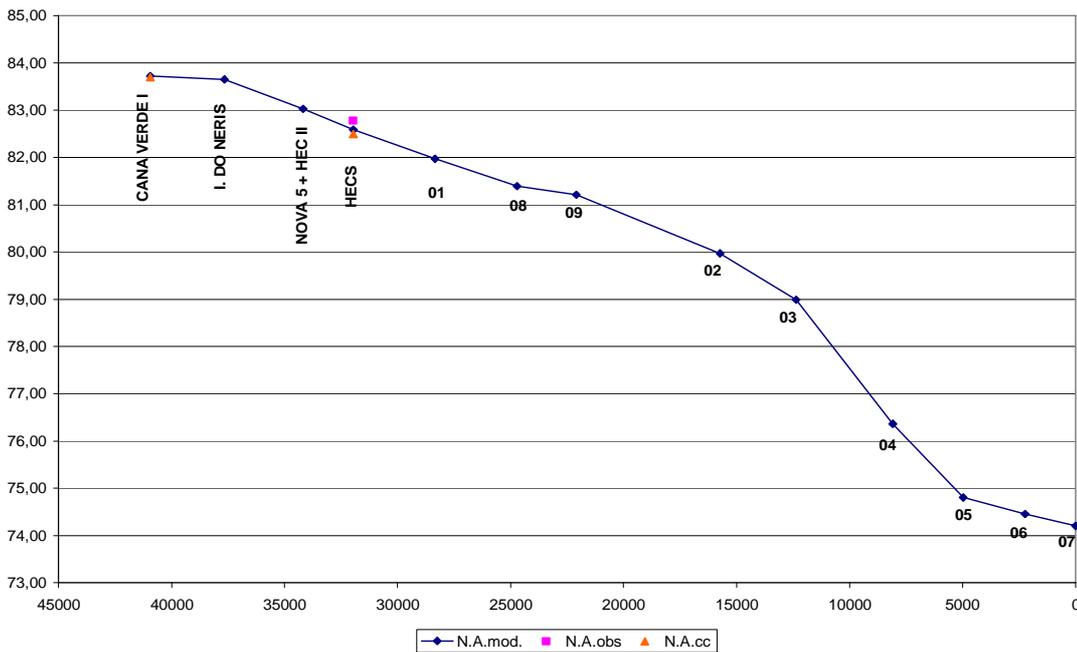


GRÁFICO 7.7.2-54 – Aferição\verificação para a vazão de 4.292 m³/s – Margem Direita

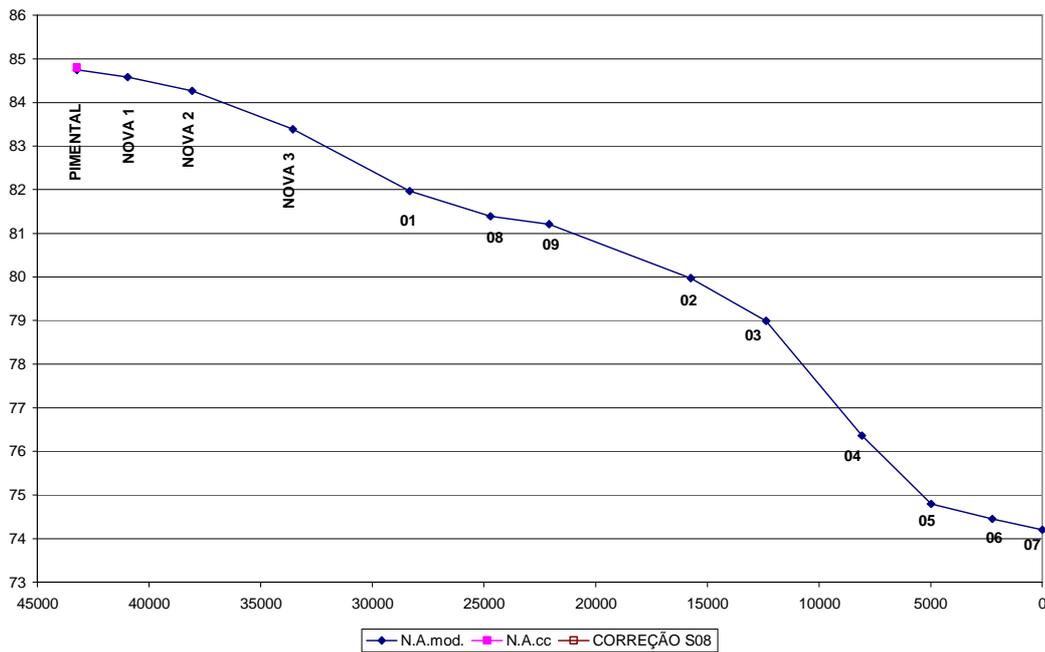


GRÁFICO 7.7.2-55 – Aferição\verificação para a vazão de 4.292 m³/s – Margem Esquerda

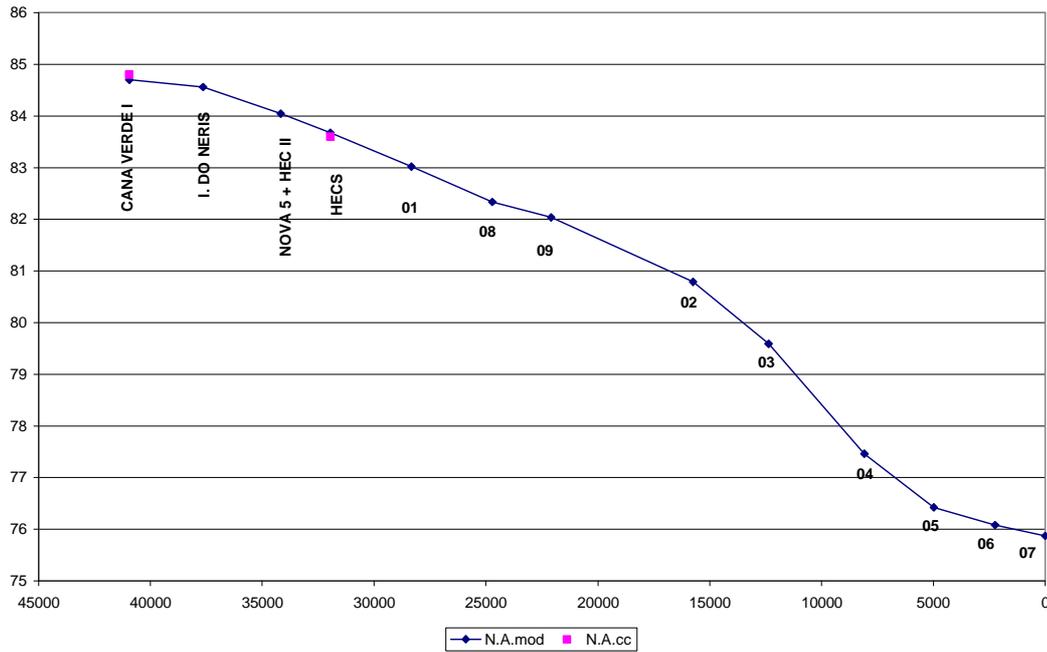


GRÁFICO 7.7.2-56 – Aferição\verificação para a vazão de 7.851 m³/s – Margem Direita

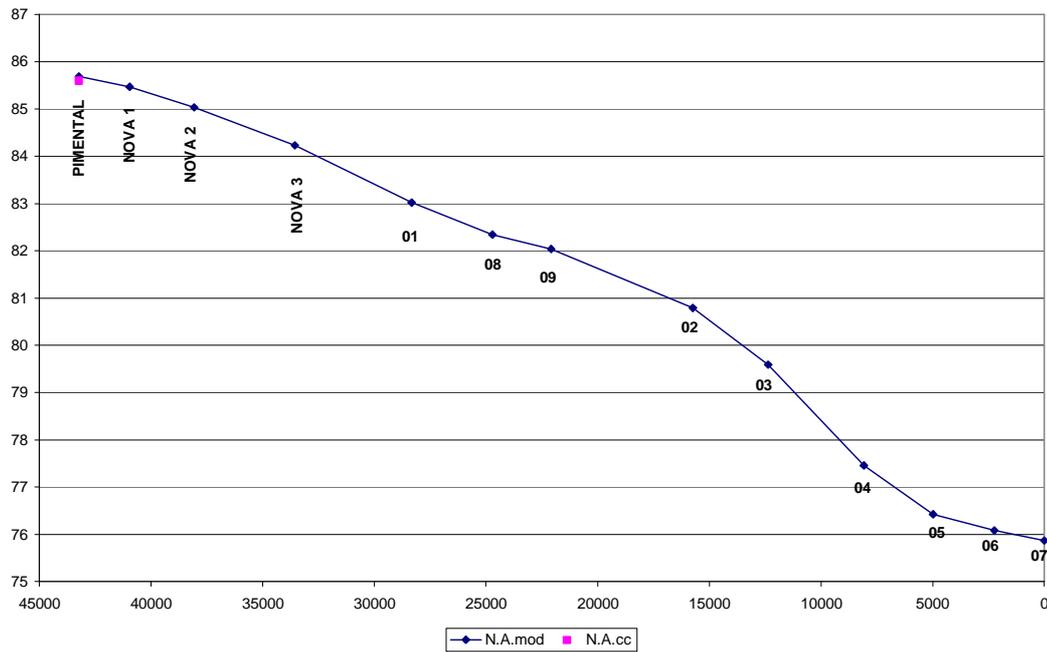


GRÁFICO 7.7.2-57 – Aferição\verificação para a vazão de 7.851 m³/s – Margem Esquerda

c.4) **Resumo dos Resultados dos Cálculos de Remanso**

Os **GRÁFICO 7.7.2-58** ao **GRÁFICO 7.7.2-71** a seguir apresentam os resultados do modelo matemático, mostrando os níveis d'água calculados e as velocidades e profundidades em algumas seções escolhidas. Com base nas velocidades e níveis d'água foram calculadas as partições de vazão em algumas seções notáveis do canal que também são apresentadas em figuras. A **FIGURA 7.7.2-20** mostra a divisão das seções consideradas na partição das vazões.

No **Apêndice 7.7.2-6** são mostradas as seções com a representação dos níveis d'água em cada vazão de cálculo. No **Apêndice 7.7.2-9** são apresentados os níveis d'água e velocidades utilizadas para a construção dos gráficos além, das profundidades e números de Froude (classificam o regime do escoamento). No item 7.7.2.4.1-d, faz-se uma análise da aferição e uma caracterização hidráulica mais descritiva.



GRÁFICO 7.7.2-58 – Níveis d'água no Xingu - Vazões Baixas

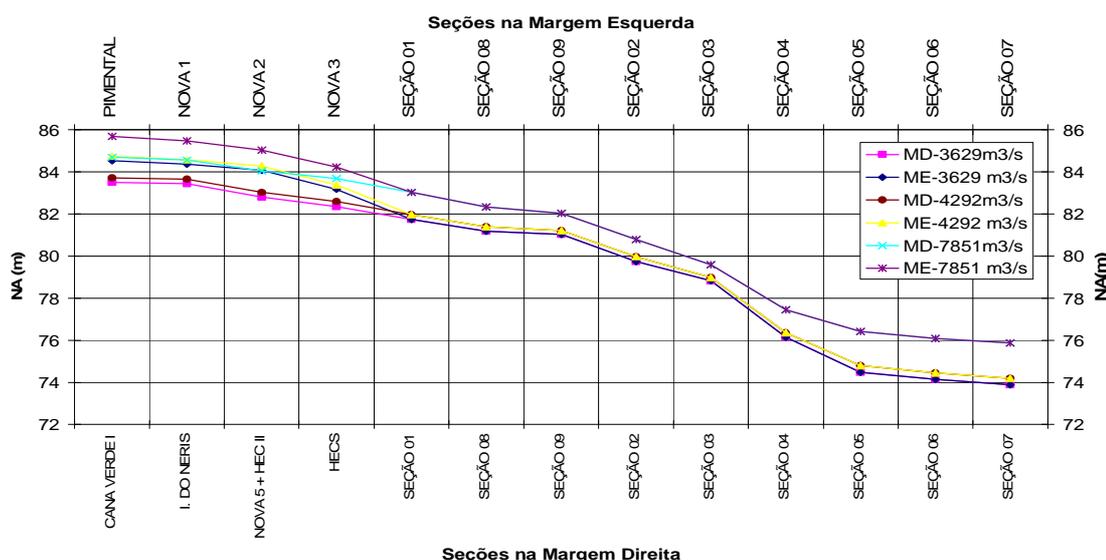


GRÁFICO 7.7.2-59 – Níveis d'água no Xingu - Vazões Médias

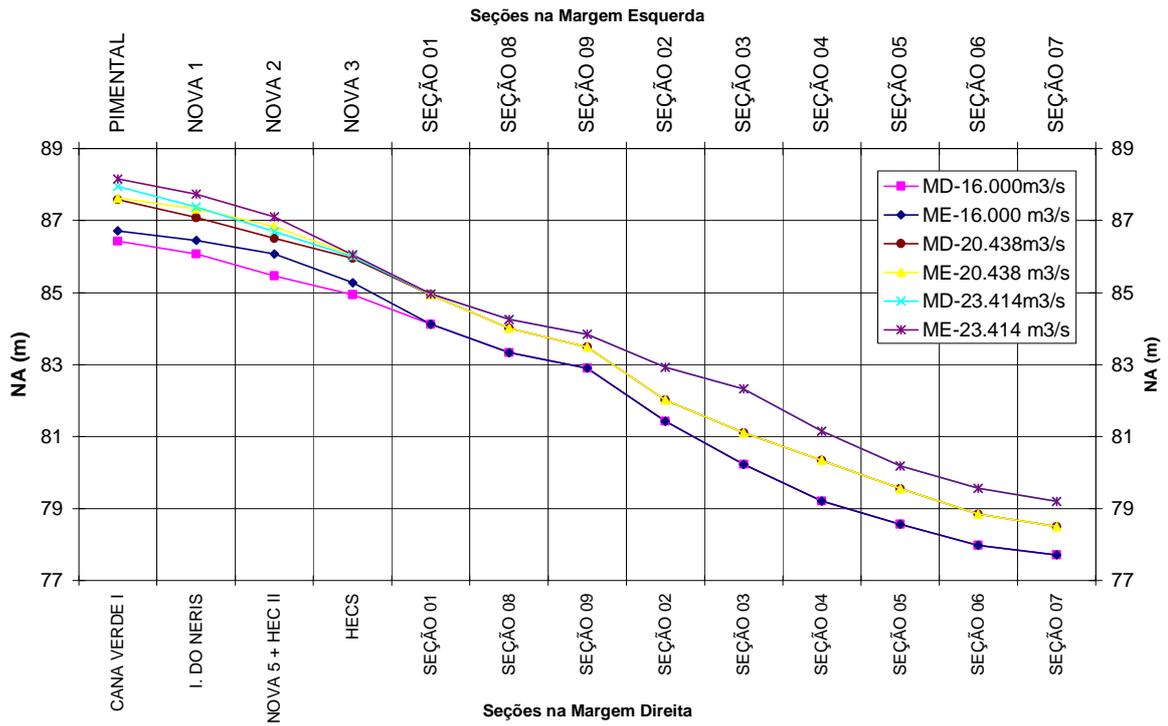


GRÁFICO 7.7.2-60 – Níveis d'água no Xingu - Vazões Altas

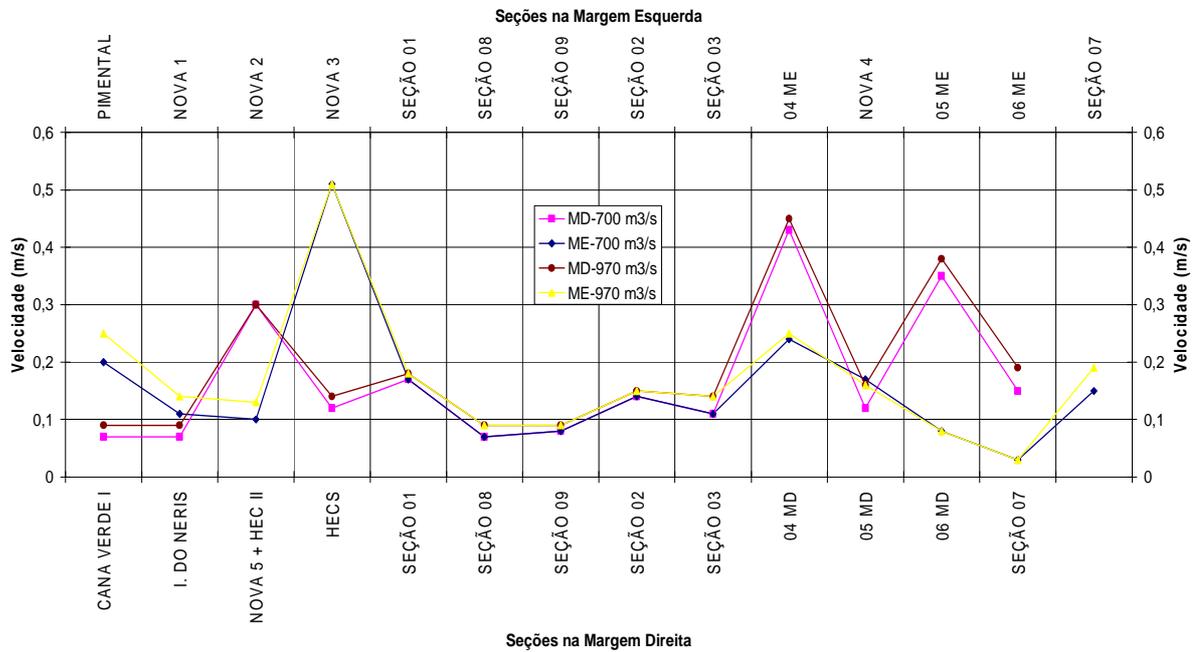


GRÁFICO 7.7.2-61 – Velocidades no Xingu - Vazões Baixas

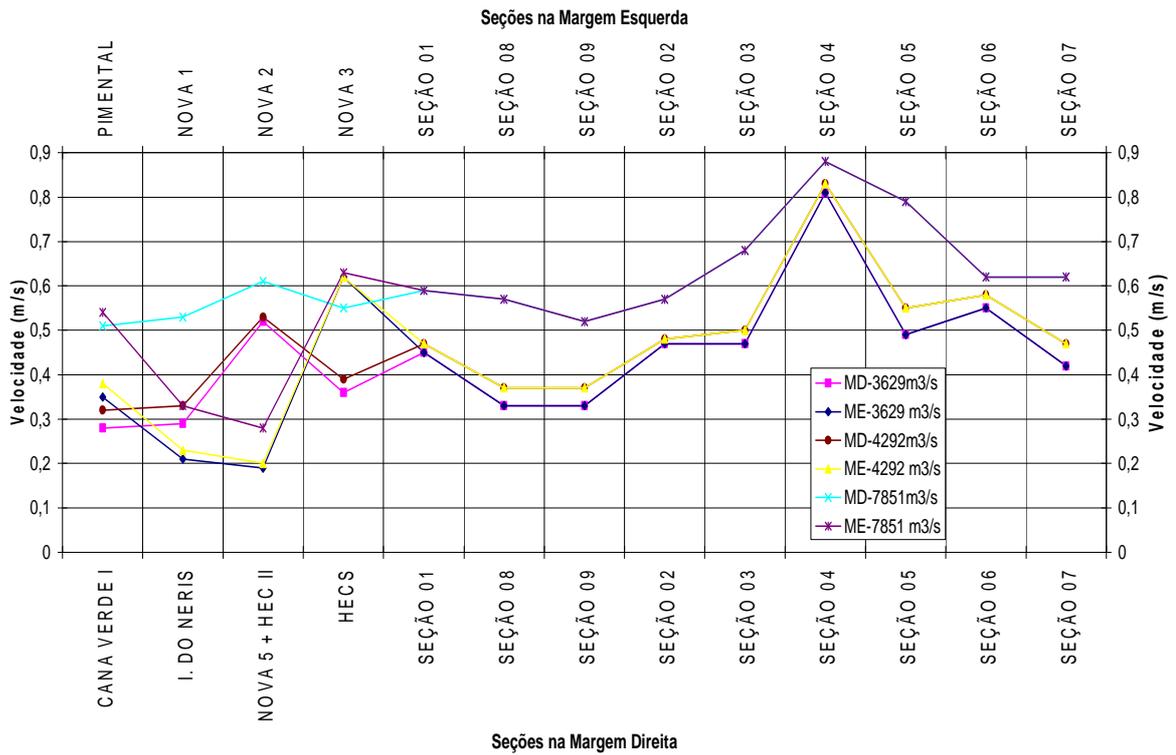


GRÁFICO 7.7.2-62– Velocidades no Xingu - Vazões Médias

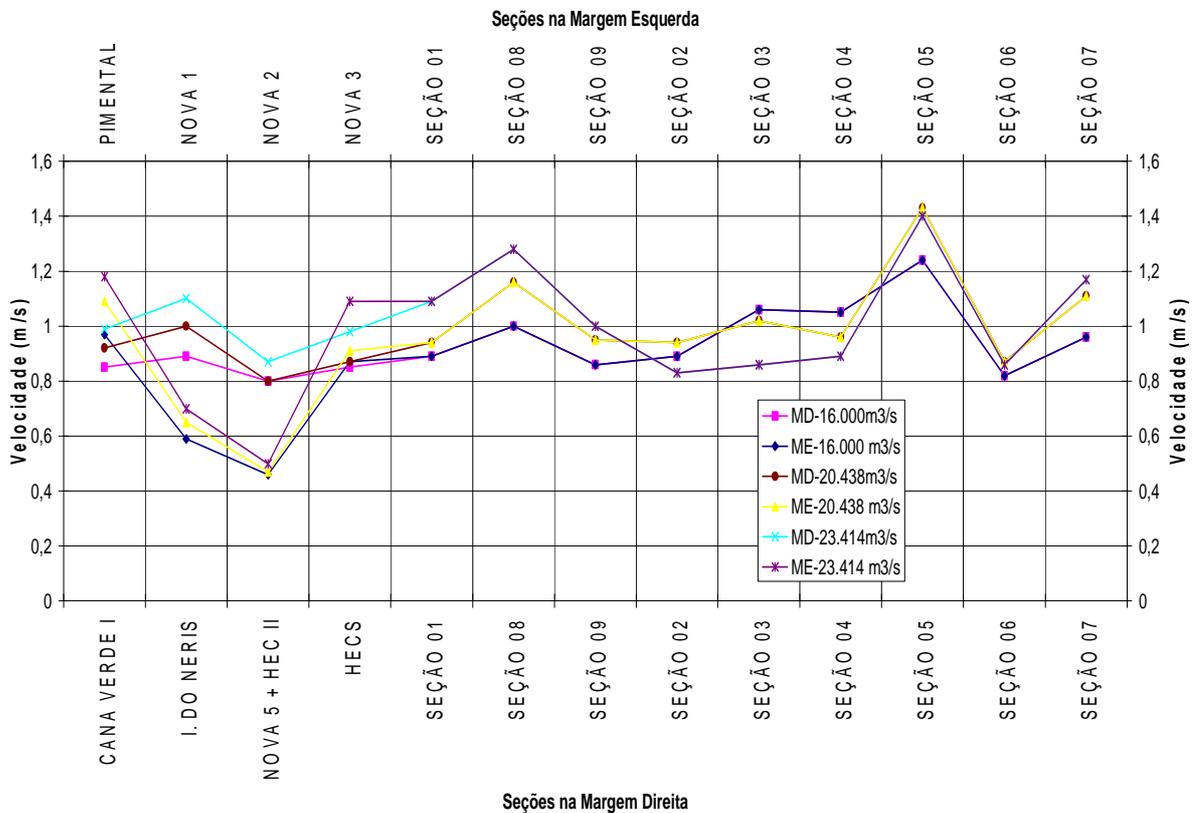


GRÁFICO 7.7.2-63 – Velocidades no Xingu - Vazões Altas

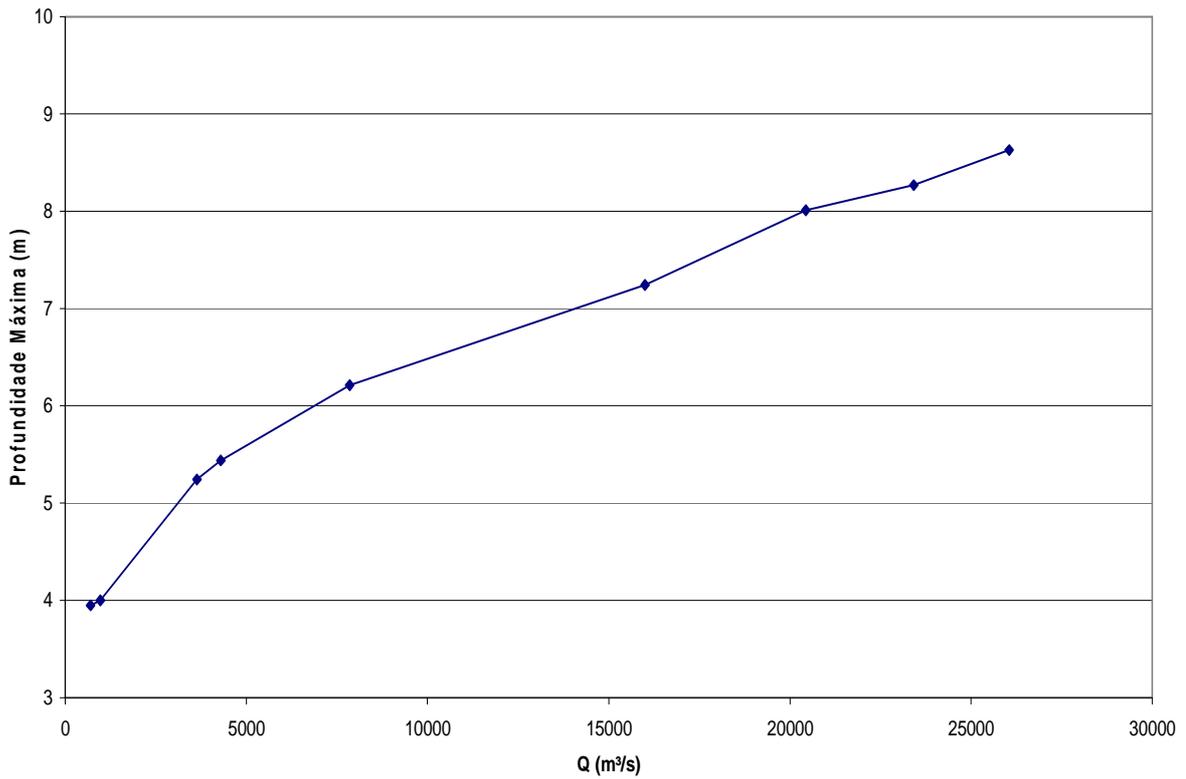


GRÁFICO 7.7.2-64 – Profundidades Máximas no Xingu - Seção Nova 2 = São Pedro – ME

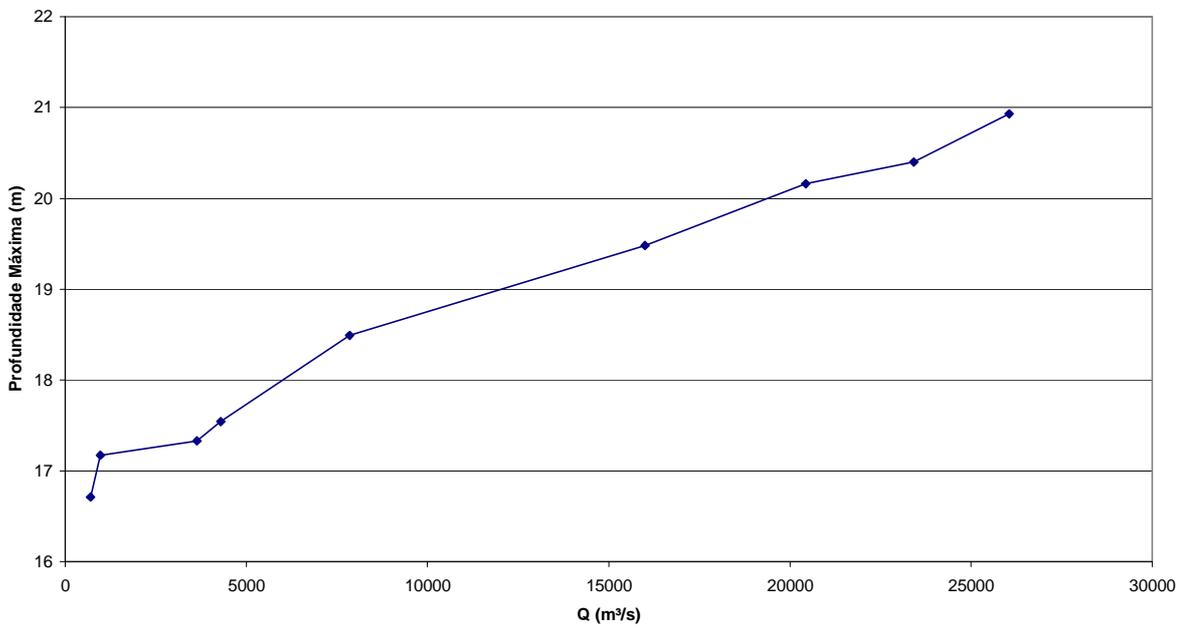


GRÁFICO 7.7.2-65 – Profundidades Máximas no Xingu - Seção 8 - Ressaca Ilha da Fazenda

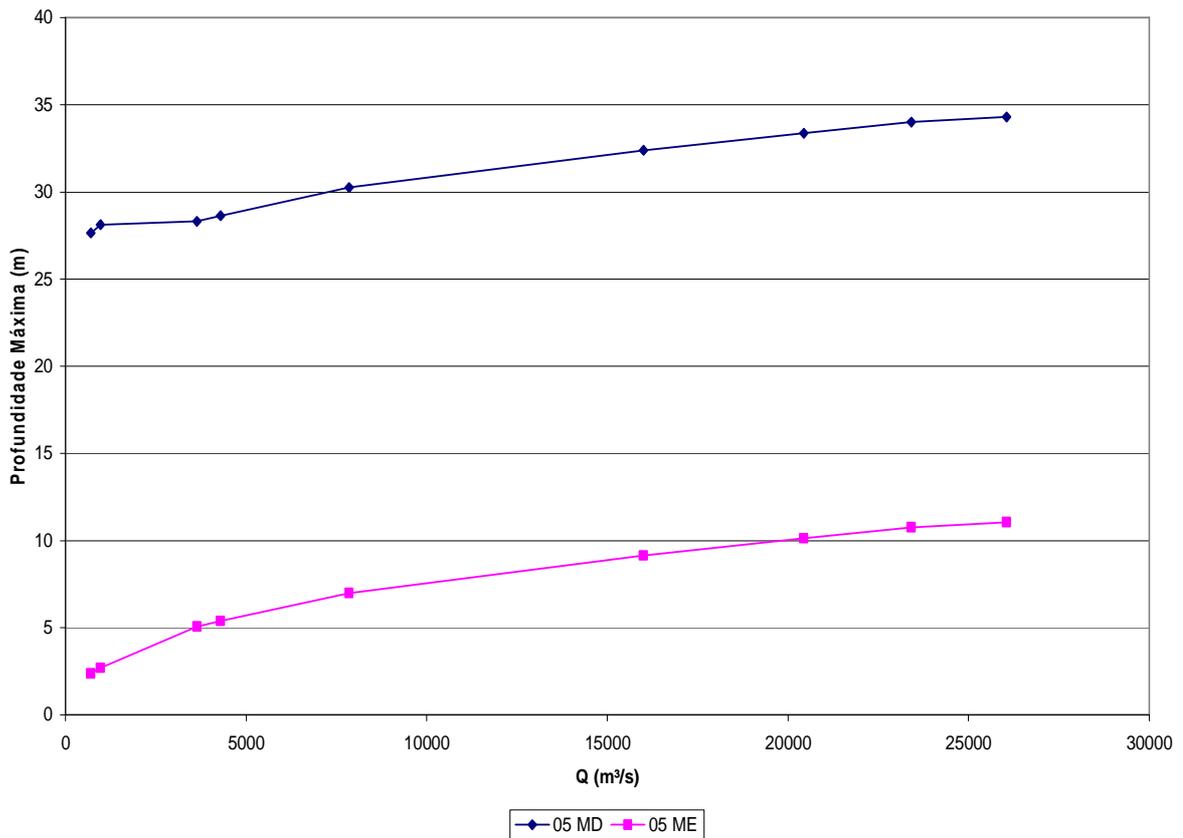


GRÁFICO 7.7.2-66 – Profundidades Máximas no Xingu - Seção 5 - TI Paquiçamba

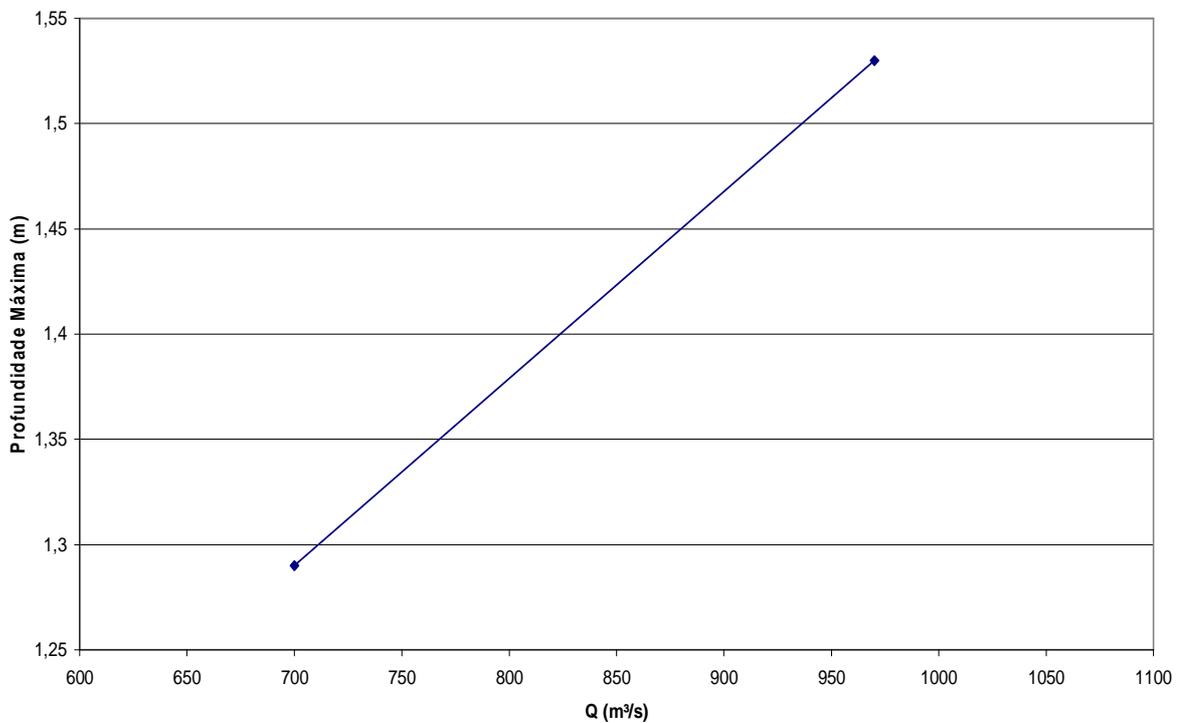
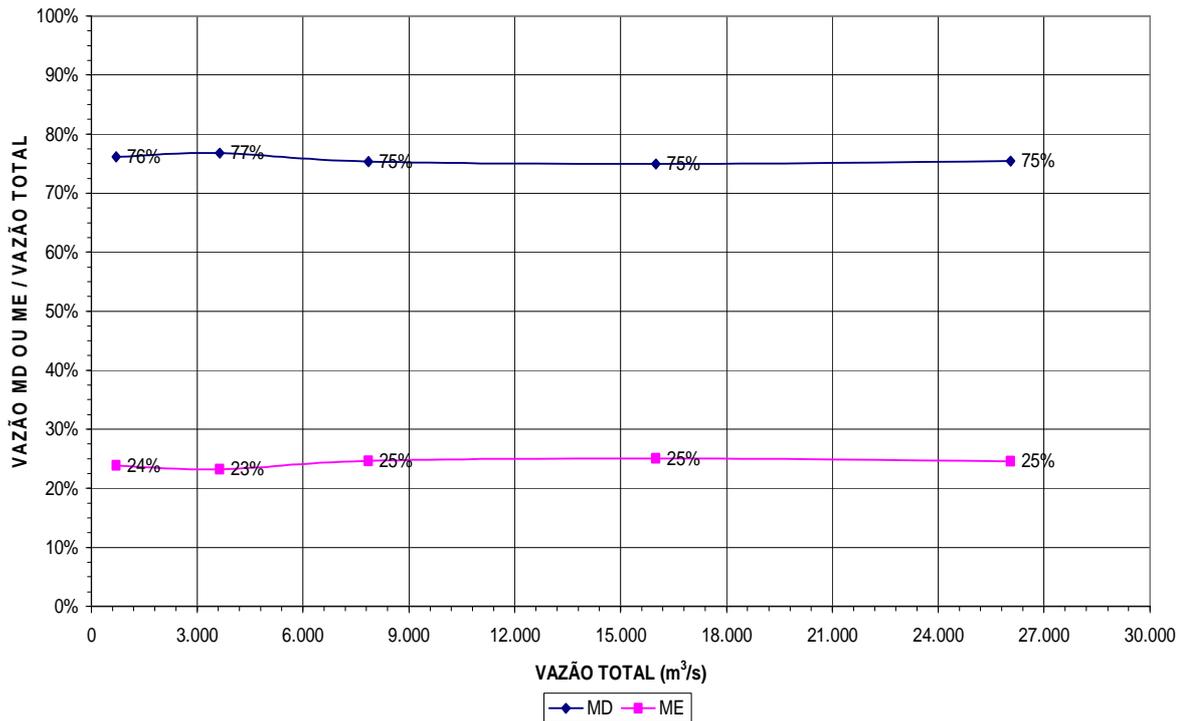


GRÁFICO 7.7.2-67 – Profundidades Máximas no Xingu - Seção Nova 4 - TI Paquiçamba



Obs.: Ver indicações dos canais arbitrados como margens esquerda e direita na Ilustração 2.4.9.

GRÁFICO 7.7.2-68– Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 1

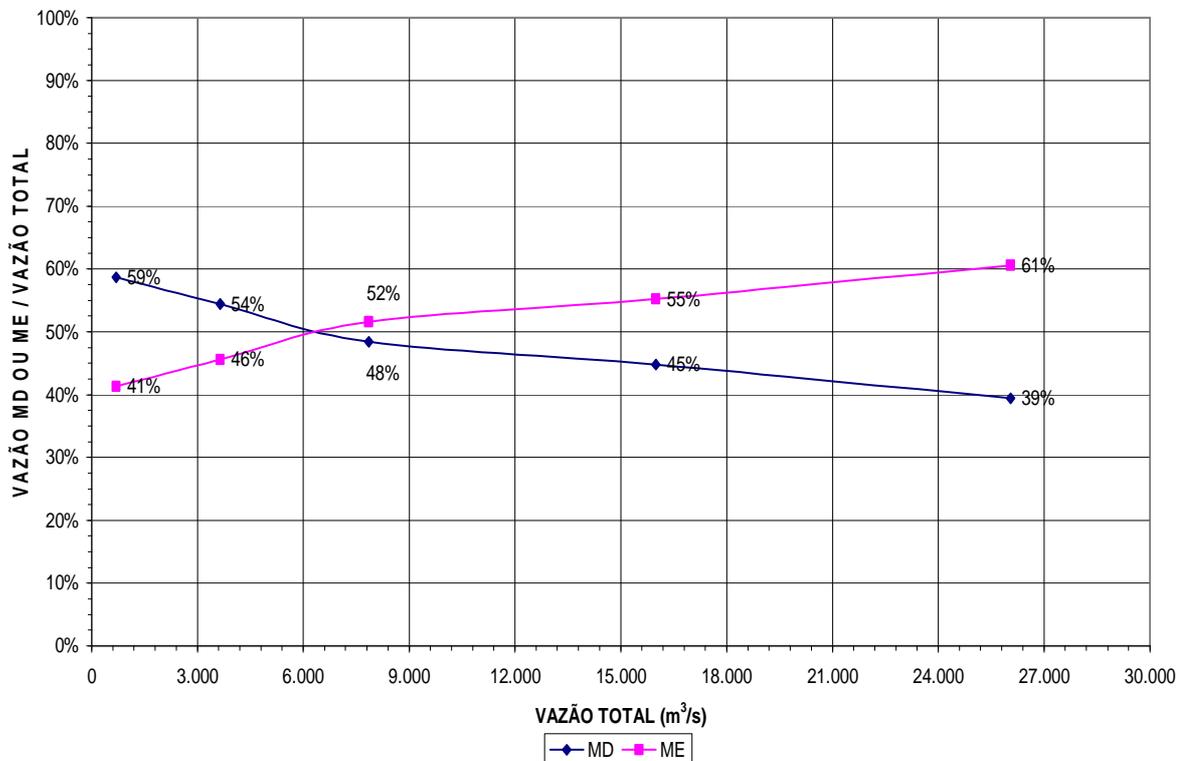


GRÁFICO 7.7.2-69 – Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 8

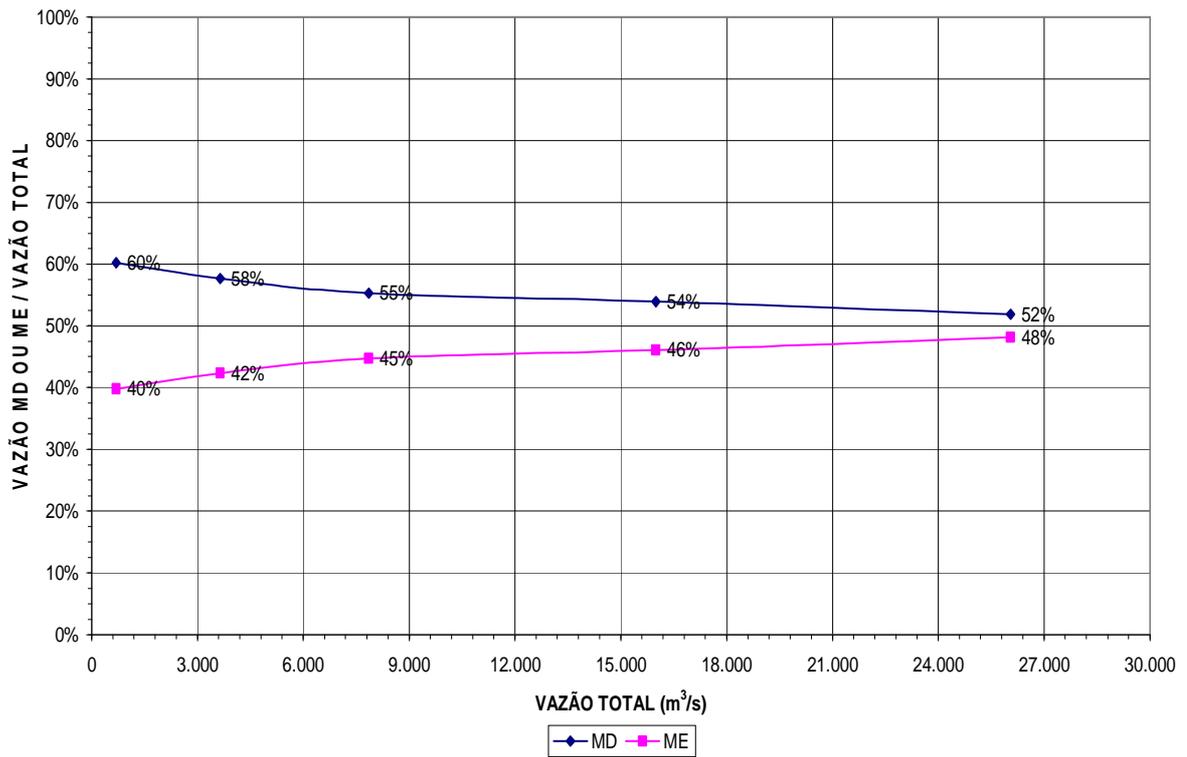


GRÁFICO 7.7.2-70 – Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 2

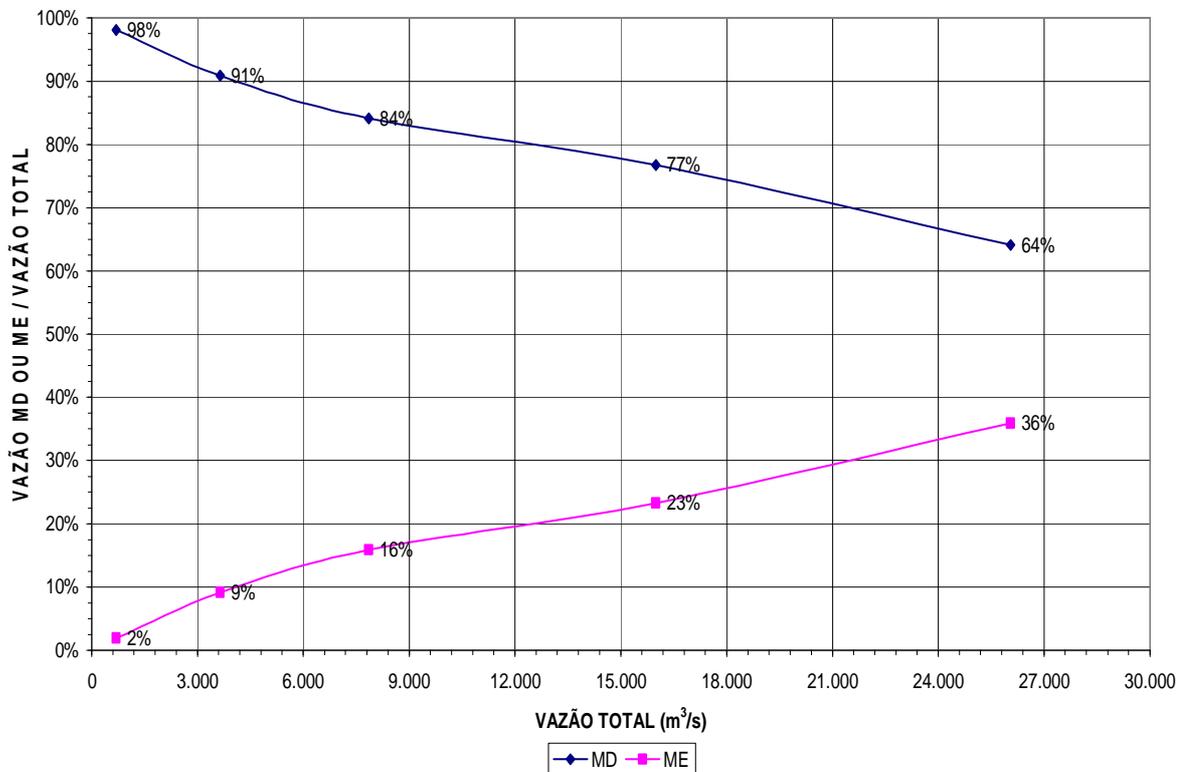


GRÁFICO 7.7.2-71 – Partição da Vazão em seção do Xingu - Seção 3

FIGURA 7.7.2-20 – Partição de Vazão pelo Canal

d) **Resumo da Caracterização Hidráulica**

d.1) **Vazões de Estiagem**

- **Comentários sobre a aferição**

Conforme exposto anteriormente, conseguiu-se uma razoável representação hidráulica do escoamento para a vazão de 970 m³/s, que foi extrapolado para a vazão de 700 m³/s, através de modelo de cálculo de remanso aferido para a vazão de 970 m³/s. Dispõe-se também de Imagem de Satélite para vazão bem próxima (680 m³/s).

Para reiterar a validação da aferição realizada os valores obtidos nos cálculos de remanso foram comparados as seções e níveis d'água calculados pelo remanso para a vazão de 700 m³/s, mostradas no **Apêndice 7.7.2-6**, com a Imagem de Satélite. Nesta comparação concluiu-se que as áreas com escoamento são razoavelmente concordantes.

Pode-se concluir então que os resultados do cálculo de remanso para a vazão de 700 m³/s representam razoavelmente bem as condições de escoamento.

Na análise dos **GRÁFICO 7.7.2-58** e **GRÁFICO 7.7.2-61**, verifica-se a existência de trechos com declividades marcadamente diferentes, condicionadas pelos controles hidráulicos que podem ser identificados na **FIGURA 7.7.2-15**. O **Apêndice 7.7.2-6** mostra as seções com os níveis d'água lançados (saídas do HEC-RAS 4.0).

As principais questões enfocadas no caso das vazões de estiagem dizem respeito ao comportamento do escoamento a jusante do eixo Pimental e no canal da margem esquerda, defronte à TI Paquiçamba.

- **Trecho Seções 4 a 6 (TI Paquiçamba).**

Na Seção 5, próxima ao limite de jusante da TI Paquiçamba, o escoamento principal ocorre em sua porção mais próxima a margem direita, que recebe 95% do escoamento na estiagem. Ver **TABELA 7.7.2-59**. Por conseqüência, temos na margem esquerda seções com menor capacidade de vazão (profundidade- velocidade).

Nos braços das seções próximas a T.I Paquiçamba, nas Seções 4, Nova 4 e Seção 5, identificam-se profundidades da ordem do metro e velocidades próximas a 0,1 m/s na Seção Nova 4 e caindo a 0,03 m/s na Seção 6.

De acordo com o que pode ser visto na Imagem da **FIGURA 7.7.2-15** e conforme estudos de remanso, que mostram a existência de velocidades e profundidades nas seções: Nova 4, 5, confirma-se a existência de escoamento defronte a TI Paquiçamba para a vazão de 700 m³/s.

- **Trecho Cana Verde I - Pimental**

Analisando-se o trecho logo a jusante da barragem, verifica-se que nas Seções Pimental e Nova 1 a 3, ao veicular-se uma vazão de 63 m³/s pelo canal esquerdo, tem-se uma lâmina d'água da ordem do metro e velocidades próximas a 0,1 m/s nas três primeiras seções e 0,4 m/s na Seção Nova 3.

Foi complementada a análise deste trecho, através de uma simulação especial na qual foi veiculada pela margem direita toda a vazão, ficando a margem esquerda, onde fica a comunidade de São Pedro, com vazão zero

Conforme se vê nas seções do modelo matemático representadas no **Apêndice 7.7.2-10**, nas simulações o nível de jusante atinge trechos pequenos das seções Nova 3 e Nova 2, ficando secas as seções Nova 1 e Pimental.

Pelos resultados do modelo de remanso é possível inferir que alguns trechos do canal podem ficar secos, ou com lagoas com água parada.

Em função da complexidade do escoamento na região, representada no modelo matemático através de três seções, assim como incertezas na partição de vazão entre as Seções Cana Verde I e Pimental para vazões da ordem de 1.000 m³/s (limite inferior das medições realizadas), levam a conclusão de que é necessário que se preveja um programa de monitoramento da região, específico para o período da estiagem.

d.2) Vazões das Transições e Cheia

- **Comentários Gerais**

Para as vazões intermediárias e cheias, também se obteve uma boa concordância entre os níveis d'água observados e os calculados através do Modelo Matemático. Isto é conseguiu-se uma boa aferição do modelo.

Nota-se na análise das linhas d'água mostradas nos **GRÁFICO 7.7.2-59** e **GRÁFICO 7.7.2-60**, uma progressiva suavização das linhas d'água e também uma distinção dos níveis d'água entre margem esquerda (Seções Nova I a Nova 3) e direita, coerente com os níveis das curvas chave em Pimental e Cana Verde I.

Nos **GRÁFICO 7.7.2-62** e **GRÁFICO 7.7.2-63** constata-se também um padrão de velocidade para as vazões, com médias da ordem de 0,5 m/s e picos de 0,8 m/s na Seção 4, que passa para da ordem de 1,0 m/s para vazões altas.

O **Apêndice 7.7.2-6** mostra as linhas d'água lançadas nas seções topobatiméricas.

d.3) Subsídios para a avaliação das áreas inundadas

Nas seções mostradas no **Apêndice 7.7.2-6**, pode se verificar como se comportam os níveis d'água nas várias seções. O ciclo de inundação e estiagem dos habitats determinam as atuais características da biota. Uma vez que as margens do Xingu são em grande parte íngremes, este ciclo afeta basicamente as Ilhas Fluviais.

Como as Ilhas Fluviais com floresta, que são a grande parte das Ilhas existentes, foram cartografadas pela copa das árvores, ficou impossível representar em planta, com uma certa precisão, os níveis d'água correspondentes as várias vazões calculadas e se determinar, para cada vazão, as áreas inundadas das Ilhas.

Procurou-se então estimar a variação das áreas de inundação através da variação dos perímetros molhados das seções, com as vazões. A **TABELA 7.7.2-63** mostra esta variação.

TABELA 7.7.2-63
Variação dos Perímetros Molhados (m) das seções com as Vazões

SEÇÕES	Q (m ³ /s)				
	700	970	3.639	4.292	7.851
CANA VERDE I	1394	1447	1617	1633	1674
I. DO NERIS	1673	1687	1729	1736	1743
NOVA 5 + HEC II	1737	2284	3930	4130	4282
HECS	2318	2458	2646	2661	2716
PIMENTAL	391	398	433	437	451
NOVA 1	550	571	764	775	799
NOVA 2	717	748	1044	1065	1152
NOVA 3	195	231	482	570	853
SEÇÃO 01	3017	3524	3945	3993	4151
SEÇÃO 08	2171	2221	2236	2282	2322
SEÇÃO 09	3772	3971	3975	4009	4089
SEÇÃO 02	4036	4740	5257	5622	6240
SEÇÃO 03	2941	3084	3839	4476	5456
SEÇÃO 04	1627	1844	3153	3307	3535
SEÇÃO 05	1061	1142	1194	1231	1387
SEÇÃO 06	1653	1880	2711	2818	3494
SEÇÃO 07	1671	1727	1993	2011	2149

SEÇÕES	Q (m ³ /s)				
	15.557	16.000	20.438	23.414	26.050
CANA VERDE I	1861	1924	2778	2861	2900
I. DO NERIS	1847	1860	2046	2084	2085
NOVA 5 + HEC II	4315	4318	4784	4894	4896
HECS	3237	3329	4979	5193	6128
PIMENTAL	463	464	472	592	659
NOVA 1	817	818	990	1284	1382
NOVA 2	1440	1509	2513	2918	3265
NOVA 3	887	888	899	899	902
SEÇÃO 01	4246	4255	5093	5105	5116
SEÇÃO 08	2360	2373	2438	2457	4689
SEÇÃO 09	4436	4498	5301	5839	6256
SEÇÃO 02	6470	6489	6715	7317	7451
SEÇÃO 03	5602	5614	5734	6190	6192
SEÇÃO 04	3616	3625	6289	6292	6292
SEÇÃO 05	1442	1449	1478	4367	4381
SEÇÃO 06	3646	3656	4965	4970	4970
SEÇÃO 07	2219	2248	2265	2268	2270

7.7.2.4.2 Caracterização Hidráulica do Bacajá

Este item mostra os elementos utilizados para o cálculo de remanso no rio Bacajá, destinados à caracterização do comportamento hidráulico do conjunto dos rios Xingu e Bacajá.

São apresentados neste item os dados básicos utilizados; os cálculos de remanso; e comentários sobre os resultados alcançados. A **FIGURA 7.7.2-21** apresenta o com o posicionamento das Seções.

FIGURA 7.7.2-21 – Rio Bacajá – Estudo de Remanso – Localização das Seções

Da mesma forma que nos casos anteriores, para documentar as análises realizadas foram mostrados ao longo do texto todos os elementos utilizados nas análises. Para facilitar a compreensão das análises, apresenta-se de forma sucinta no item 7.7.2.4.2-a, as conclusões acerca do que ocorre no rio Bacajá quando se reduzem as vazões de cheias normais do Xingu.

a) Dados Básicos

Os dados básicos utilizados são os seguintes:

- Restituição 1:25.000- ELETRONORTE- (1977/1978), na forma de 5 imagens, que foram montadas e que constam da **FIGURA 7.7.2-21**;
- Vazões típicas médias mensais no Posto de Altamira no Xingu e na Foz do Bacajá (esta última obtida a partir de vazões do Posto Cipaúba no Bacajá);
- Vazões típicas do Xingu (estatística dos estudos de viabilidade);
- Concomitância das vazões do Xingu e Bacajá;
- Curva Chave no Xingu, próxima a foz do Bacajá.

Os **GRÁFICO 7.7.2-72** a **GRÁFICO 7.7.2-74** mostram as vazões no Posto de Altamira (Série dos estudos de viabilidade 1931 a 2000) no Xingu e na Foz do Bacajá. As vazões mensais na Foz do Bacajá foram obtidas a partir dos dados do posto Cipaúba (nov-77 a dez-2006), considerando a relação de áreas na Foz do Bacajá (24.000 km²) e no posto (21.152 km²).

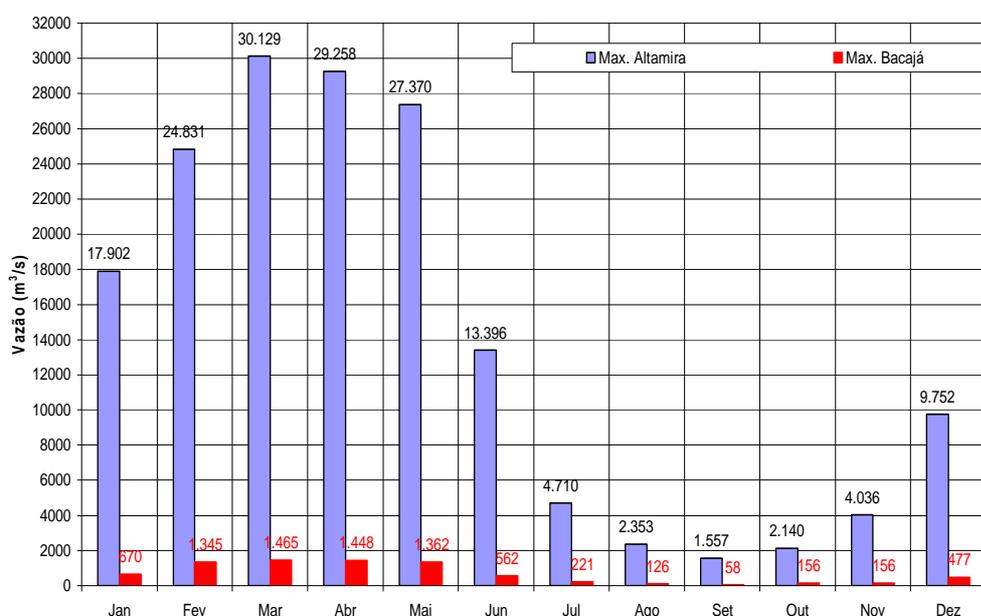


GRÁFICO 7.7.2-72 - Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais
Postos: Altamira - rio Xingu e Foz do Bacajá

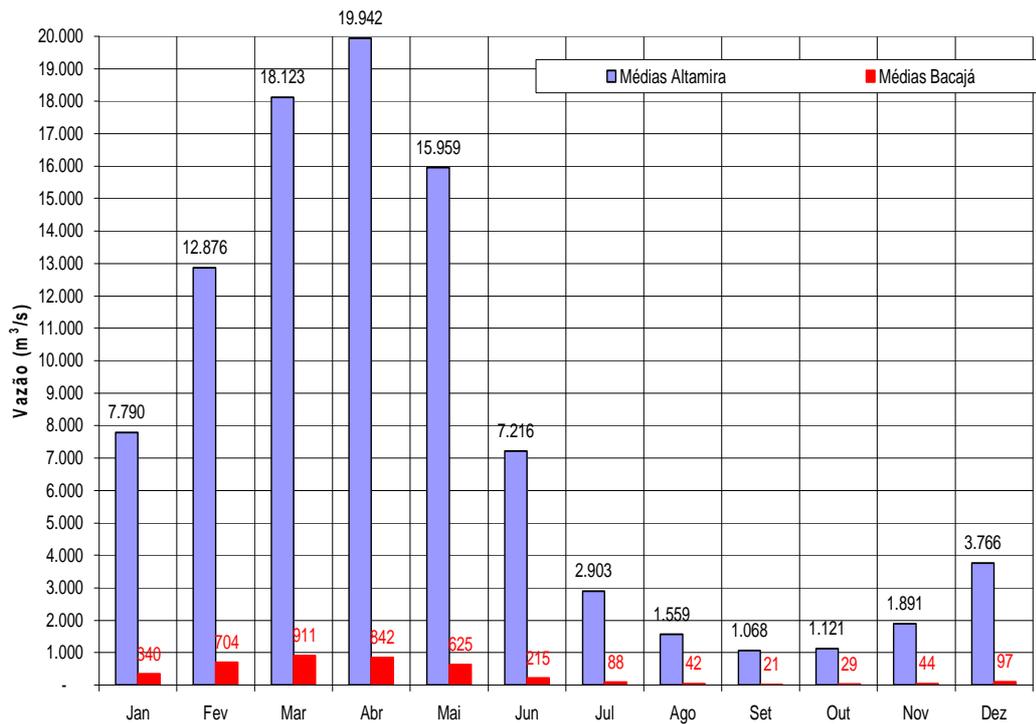


GRÁFICO 7.7.2-73 - Sazonalidade das Vazões Médias Mensais
Posto Altamira – rio Xingu e Foz do Bacajá

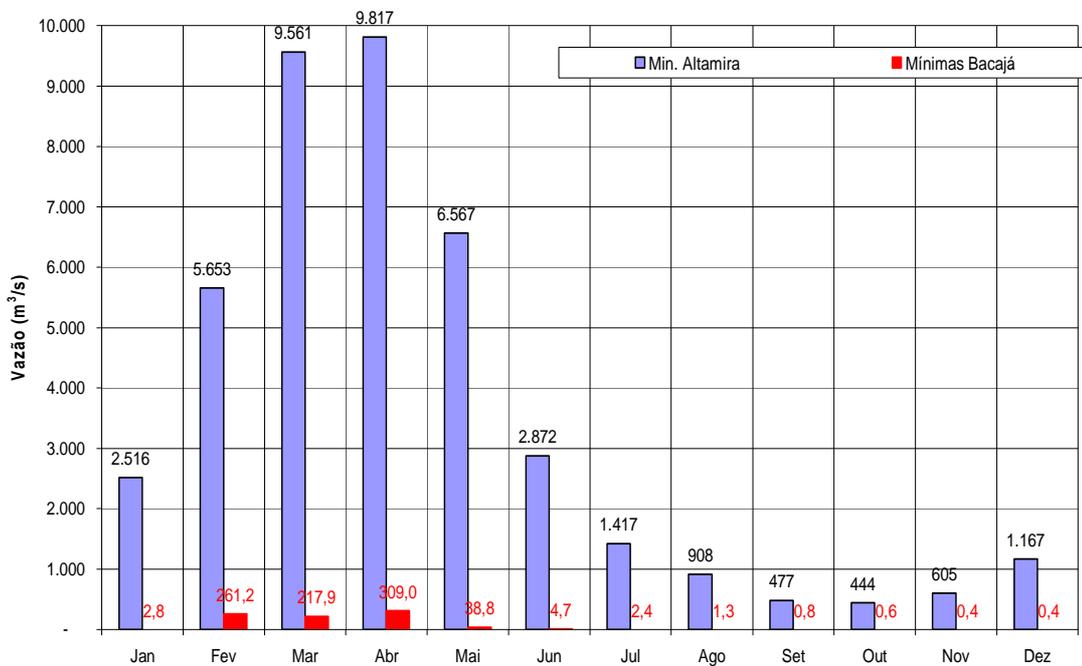


GRÁFICO 7.7.2-74 - Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais
Postos: Altamira - rio Xingu e Foz do Bacajá

A TABELA 7.7.2-64 mostra as vazões típicas do Xingu em Belo Monte, obtidas dos estudos de viabilidade.

TABELA 7.7.2-64
Vazões Típicas de Belo Monte.

Denominação	TR (anos)	Vazão (m ³ /s)
Média das Mínimas Anuais		1.017
Média de Longo Termo		7.851
Cheia Média Anual		23.414
Cheia de 5 anos	5	26.270
Cheia Decenal	10	29.518
Cheia de 25 anos	25	33.812
Cheia Cinqüentenária	50	37.060
Cheia Centenária	100	40.309

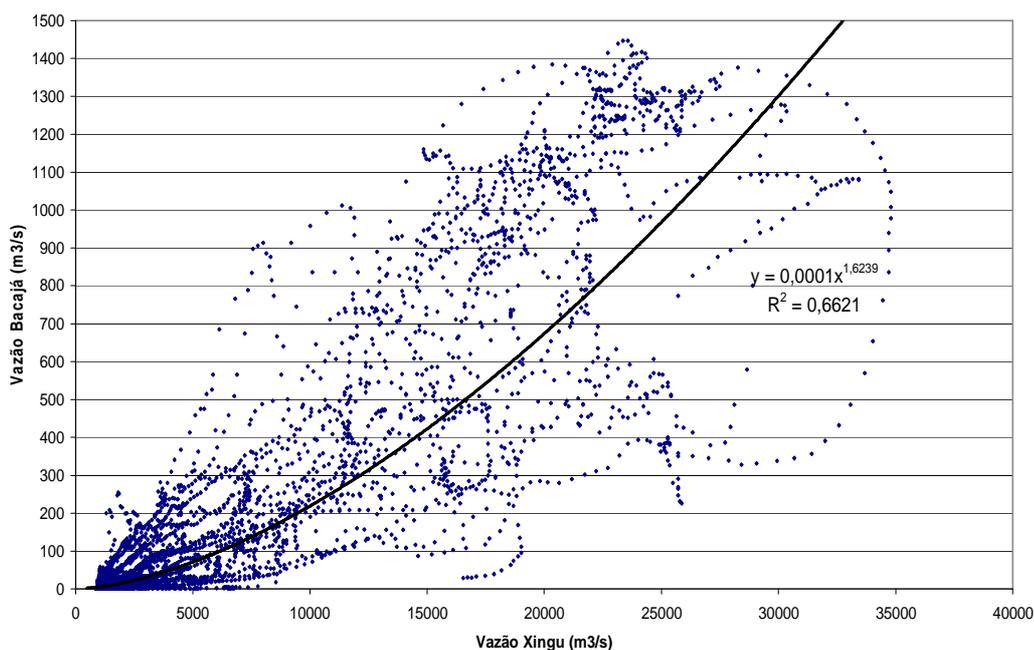


GRÁFICO 7.7.2-75 - Vazões no Xingu x Bacajá

O **GRÁFICO 7.7.2-75** mostra as vazões no rio Bacajá em Fazenda Cipauba (AD=21.592 km²) plotadas contra as vazões no rio Xingu em Altamira (AD= 446.203 km²) para a mesma data (período de 01/11/1977 a 17/12/1988). O **Apêndice 7.7.2-12** mostra os hidrogramas do Xingu e Bacajá para o período.

O **GRÁFICO 7.7.2-75** e Hidrogramas do **Apêndice 7.7.2-12** foram utilizados para identificar na série histórica como as vazões do Bacajá se comportavam em relação as do Xingu. Observe-se que para uma mesma vazão no Xingu as vazões no Bacajá variam grandemente.

Por exemplo, para a cheia média anual do Xingu, 23.414 m³/s, ocorreram no Bacajá vazões de 400 m³/s a 1.400 m³/s.

Note-se que na elaboração do Cenário 3, utilizou-se a informação contida na **Figura 7.7.2-96**, segundo a qual vazões no Bacajá inferiores a 80 m³/s praticamente não ocorrem para vazões no Xingu superiores a 8.000 m³/s.

O **GRÁFICO 7.7.2-76** mostra a curva chave obtida para a Seção 7 (próximo a foz do Bacajá), definida a partir de dados fluviométricos medidos nas campanhas de 2000 a 2002 e 2008, e vazões no Posto de Altamira.

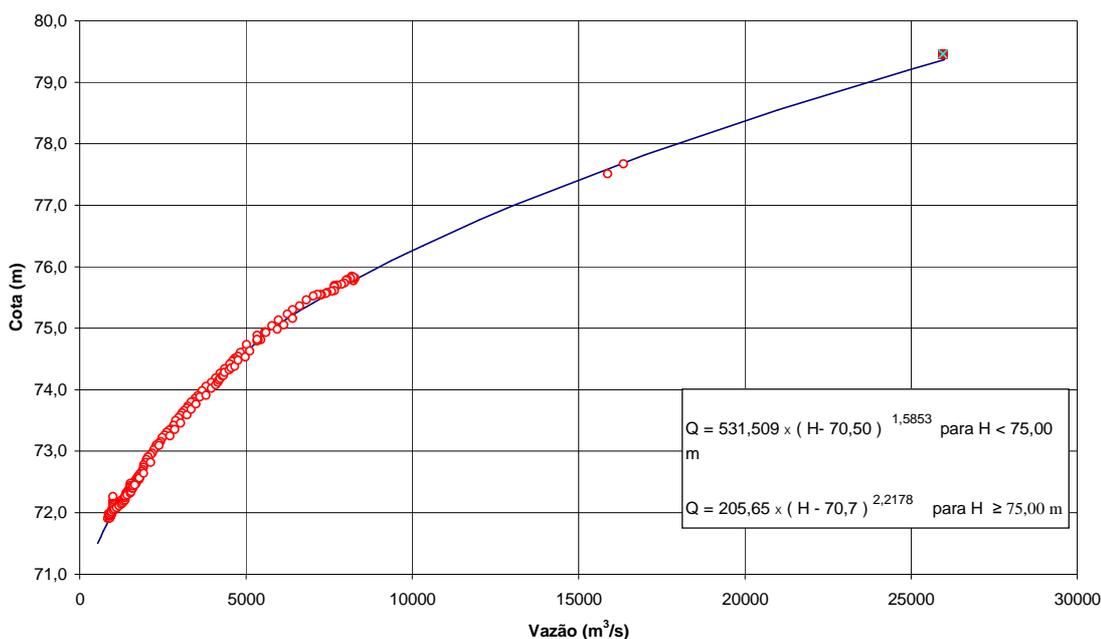


GRÁFICO 7.7.2-76 - Curva Chave na Seção 7 do Xingu, próximo a Foz do Bacajá

b) Cálculo do Remanso

b.1) Critérios para a Definição das Seções

As seções topográficas utilizadas nos cálculos de remanso foram obtidas da restituição 1:25.000 e a batimetria inferida a partir de raciocínio explicitado a seguir.

Para a definição das seções batimétricas do Bacajá, utilizadas para o cálculo de remanso, foram seguidos os seguintes critérios:

- Na foz do Bacajá considerou-se o fundo na cota 70, correspondente ao fundo médio do Xingu na Seção 7;
- Na seção da Cachoeira a 1,5 km da Foz, que aparece na Imagem de Satélite de 20/10/1998, considerou-se o fundo na cota 72m (cota do NA para uma vazão de estiagem no Xingu Q~1.000 m³/s), ou seja a cachoeira aflora nas estiagens;

- Além das duas seções mencionadas, foram selecionadas preferencialmente seções ao longo do rio Bacajá, onde na restituição havia indicação de NA (Nível d'água). O trecho representado ao longo do curso d'água foi de cerca de 82 km;
- Para determinar as seções batimétricas no Bacajá foi considerado que com o nível d'água na cota 77 m na foz do rio Xingu, com base na curva-chave da seção 7, obtém-se uma vazão de 13.000 m³/s, correspondente, grosso modo, ao período de maio a julho. Transferindo isso para o rio Bacajá, ter-se-ia uma vazão da ordem de 600 m³/s, esta vazão precisa, para se manter na calha do rio delimitada na restituição 1:25.000, uma profundidade média do rio da ordem de 3,5m, valor este adotado nas seções.

A **FIGURA 7.7.2-21** mostra a localização das seções utilizadas. O **Apêndice 7.7.2-11** apresenta as seções topobatimétricas na forma gráfica segundo padrão do HEC. RAS 4.0.(modelo de remanso utilizado nos cálculos)

b.2) Cálculo de Remanso

Foram considerados 3 cenários para se verificar os efeitos do Xingu no rio Bacajá, escolhendo-se vazões prováveis no Bacajá em três dos seis meses mais chuvosos. Para fixar as vazões no Xingu analisaram-se os hidrogramas constantes do **Apêndice 7.7.2-12**. Com base nesta análise definiram-se combinações prováveis de vazão nos dois rios. As combinações de vazões no Xingu e Bacajá escolhidas são:

- Cenário 1 - Bacajá - vazão de 1.465 m³/s (max. média mensal de março). Em termos de vazão no Xingu, este caso é semelhante ao Cenário 2. As vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.500 m³/s (Alternativa I da ELB), 2.500 m³/s (Alternativa II da ELB), 4.000 m³/s, 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 m³/s (Cheia média anual).
- Cenário 2 - Bacajá - vazão de 840 m³/s (média mensal de abril). Verifica-se para este porte de vazões no Bacajá que as vazões no rio Xingu podem variar dentro de amplo espectro. Então, as vazões no rio Xingu foram fixadas em 2.000 m³/s (Alternativa I da ELB), 4.000 m³/s (Alternativa II da ELB), 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 m³/s (Cheia média anual).
- Cenário 3 - Bacajá - vazão de 40 m³/s (mínima média mensal de maio). Conforme se constata na Figura 7.7.2-96, praticamente não ocorrem vazões concomitantes no Xingu acima de 8.000 m³/s. Desta forma, as vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.300 m³/s (Alternativa I da ELB), 1.800 m³/s (Alternativa II da ELB), 4.000 m³/s e 7.851 m³/s (MLT).

Na falta de elementos para a calibragem do modelo de remanso utilizaram-se orientações constantes de Chow (1959). Com base nas características do rio e cobertura vegetal fixou-se Manning de 0,035 para o leito do rio e 0,1 para as margens (floresta). Nas seções do **Apêndice 7.7.2-11** são mostrados os trechos das seções transversais atribuídos para cada Manning.

Os **GRÁFICO 7.7.2-77** ao **GRÁFICO 7.7.2-79** mostram o comportamento do Xingu e Bacajá para os três cenários escolhidos em trecho de até 60 km da foz. As **TABELA 7.7.2-65** a **TABELA 7.7.2-67** mostram todo o trecho de cálculo.

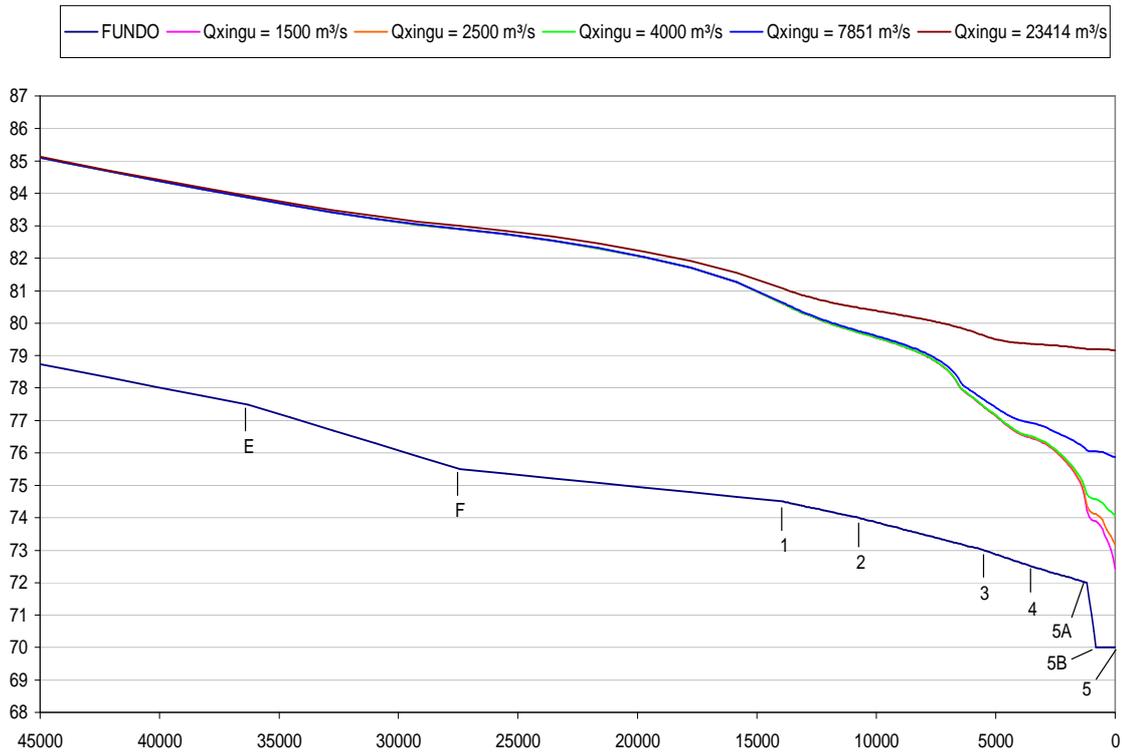


GRÁFICO 7.7.2-77 - Cenário 1 (março). - rio Bacajá - Vazão de 1.465 m³/s

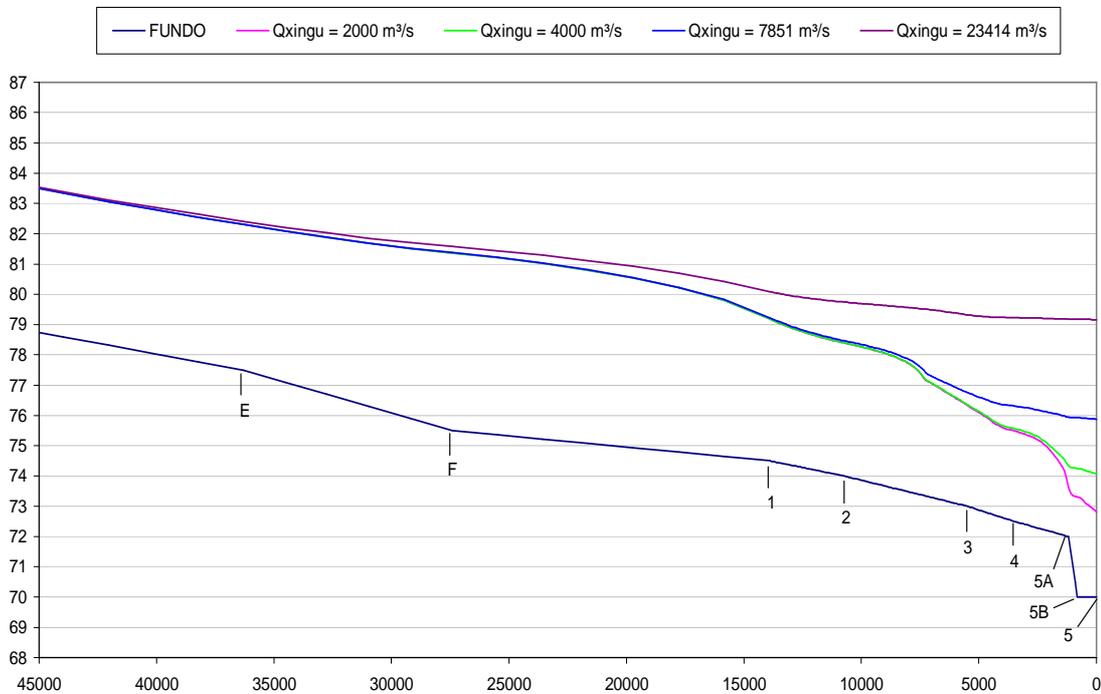


GRÁFICO 7.7.2-78 - Cenário 2 (abril). - rio Bacajá - Vazão de 840 m³/s

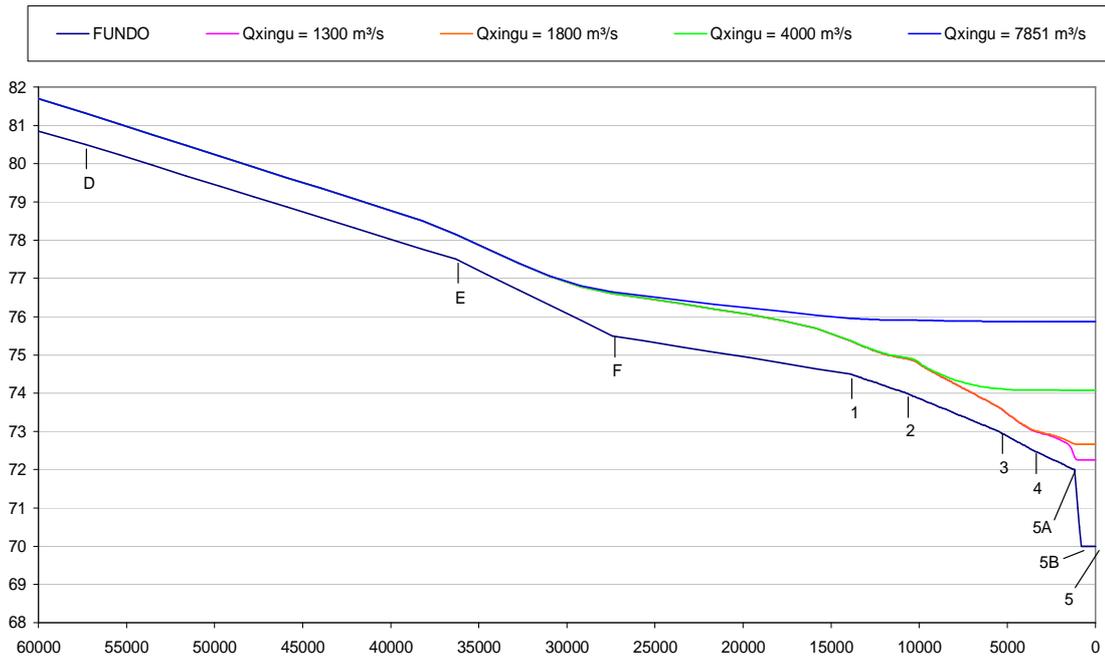


GRÁFICO 7.7.2-79 - Cenário 3 (maio). - rio Bacajá. Vazão de 40 m³/s

TABELA 7.7.2-65
Cenário 1 - Vazão de 1.465 m³/s no Bacajá

continua

Seções	Dist. ACUM. (m)	Qxingu = 1.500 m ³ /s		Qxingu = 2.500 m ³ /s		Qxingu = 4.000 m ³ /s	
		N.A.	Vel	N.A.	Vel	N.A.	Vel
		(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
A	81960	93,44	2,38	93,44	2,38	93,44	2,38
B	68034	88,76	0,78	88,76	0,78	88,76	0,78
C	64971	88,29	1,31	88,29	1,31	88,29	1,31
D	57336	87,03	1,22	87,03	1,22	87,03	1,22
E	36303	83,87	1,11	83,87	1,11	83,87	1,11
F	27420	82,90	0,88	82,90	0,88	82,90	0,88
1	13908	80,60	1,79	80,60	1,79	80,60	1,79
2	10738	79,71	1,30	79,71	1,30	79,71	1,30
3	5476	77,40	1,79	77,41	1,79	77,42	1,78
4	3511	76,46	1,02	76,48	1,02	76,51	1,01
5A	1183	74,23	2,86	74,39	2,67	74,73	2,34
5B	810	73,89	1,20	74,12	1,14	74,58	1,02
5	0	72,42	2,96	73,16	2,27	74,07	1,76

TABELA 7.7.2-65
Cenário 1 - Vazão de 1.465 m³/s no Bacajá

Seções	conclusão				
	Dist.		Qxingu = 7.851 m ³ /s		Qxingu = 23.414 m ³ /s
	ACUM.	N.A.	Vel	N.A.	Vel
	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
A	81960	93,44	2,38	93,44	2,38
B	68034	88,76	0,78	88,76	0,78
C	64971	88,29	1,31	88,30	1,31
D	57336	87,03	1,22	87,04	1,22
E	36303	83,87	1,11	83,93	1,09
F	27420	82,90	0,88	83,00	0,86
1	13908	80,62	1,78	81,06	1,61
2	10738	79,76	1,29	80,47	1,10
3	5476	77,63	1,70	79,61	1,08
4	3511	76,92	0,92	79,36	0,54
5A	1183	76,09	1,56	79,20	0,85
5B	810	76,06	0,77	79,20	0,51
5	0	75,87	1,22	79,16	0,72

TABELA 7.7.2-66
Cenário 2 - Vazão de 840 m³/s no Bacajá

Seções	continua				
	Dist.		Qxingu = 2.000 m ³ /s		Qxingu = 4.000 m ³ /s
	ACUM.	N.A.	Vel	N.A.	Vel
	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
A	81960	91,99	1,98	91,99	1,98
B	68034	87,21	0,73	87,21	0,73
C	64971	86,69	1,09	86,69	1,09
D	57336	85,42	1,02	85,42	1,02
E	36303	82,31	0,88	82,31	0,88
F	27420	81,37	0,76	81,37	0,76
1	13908	79,19	1,47	79,19	1,47
2	10738	78,40	0,99	78,40	0,98
3	5476	76,32	1,36	76,35	1,35
4	3511	75,49	0,78	75,57	0,76
5A	1183	73,62	2,26	74,33	1,57
5B	810	73,31	0,81	74,25	0,63
5	0	72,81	1,46	74,07	1,01

TABELA 7.7.2-66
Cenário 2 - Vazão de 840 m³/s no Bacajá

Seções	conclusão				
	Dist.	Qxingu = 7.851 m ³ /s		Qxingu = 23.414 m ³ /s	
	ACUM.	N.A.	Vel	N.A.	Vel
	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
A	81960	91,99	1,98	91,99	1,98
B	68034	87,21	0,73	87,21	0,73
C	64971	86,69	1,09	86,70	1,08
D	57336	85,42	1,02	85,43	1,02
E	36303	82,31	0,88	82,41	0,86
F	27420	81,38	0,76	81,58	0,72
1	13908	79,22	1,46	80,09	1,17
2	10738	78,47	0,97	79,74	0,74
3	5476	76,75	1,21	79,32	0,68
4	3511	76,31	0,61	79,23	0,32
5A	1183	75,94	0,93	79,17	0,49
5B	810	75,93	0,45	79,17	0,29
5	0	75,87	0,70	79,16	0,42

TABELA 7.7.2-67
Cenário 3 - Vazão de 40 m³/s no Bacajá

Seções	continua						
	Dist.	Qxingu = 1.300 m ³ /s		Qxingu = 1.800 m ³ /s		Qxingu = 4.000 m ³ /s	
	ACUM.	N.A.	Vel	N.A.	Vel	N.A.	Vel
	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)
A	81960	87,55	0,53	87,55	0,53	87,55	0,53
B	68034	83,08	0,34	83,08	0,34	83,08	0,34
C	64971	82,41	0,31	82,41	0,31	82,41	0,31
D	57336	81,32	0,30	81,32	0,30	81,32	0,30
E	36303	78,15	0,31	78,15	0,31	78,15	0,31
F	27420	76,61	0,25	76,61	0,25	76,61	0,25
1	13908	75,37	0,38	75,37	0,38	75,38	0,38
2	10738	74,90	0,23	74,90	0,23	74,93	0,22
3	5476	73,63	0,34	73,63	0,34	74,12	0,19
4	3511	73,02	0,21	73,03	0,21	74,08	0,07
5 ^a	1183	72,33	0,52	72,67	0,26	74,07	0,08
5B	810	72,26	0,06	72,66	0,05	74,07	0,03
5	0	72,26	0,09	72,66	0,07	74,07	0,05

TABELA 7.7.2-67
Cenário 3 - Vazão de 40 m³/s no Bacajá

Seções	conclusão		
	Dist.	Qxingu = 7.851 m ³ /s	
	ACUM.	N.A.	Vel
	(m)	(m)	(m/s)
A	81960	87,55	0,53
B	68034	83,08	0,34
C	64971	82,41	0,31
D	57336	81,32	0,30
E	36303	78,15	0,31
F	27420	76,65	0,24
1	13908	75,96	0,23
2	10738	75,91	0,11
3	5476	75,87	0,07
4	3511	75,87	0,03
5A	1183	75,87	0,05
5B	810	75,87	0,02
5	0	75,87	0,03

c) Conclusões

c.1) Cenário 1 – Vazão no Bacajá 1.465 m³/s – máx. mensal de marco

Para a vazão de 1.465 m³/s no Bacajá a influencia do Xingu se manifesta em um trecho da ordem de 15 a 20 km da foz.

Para vazões menores, de 7.851 m³/s, 4.000 m³/s e 1.500 m³/s, as linhas d'água se confundem a partir do km 7. As diferenças para estas vazões mais baixas ficam limitadas a estes 7 km iniciais.

A perda que se manifesta ao reduzir-se da vazão de 23.414 m³/s para 7.851 m³/s e o não afogamento de planícies junto a foz (3,0m a menos no NA) de que se reduzem para 1,0m a cerca de 10 km da foz. De 7.851 m³/s para 4.000 m³/s a influência se dá até a 5,0 km da foz. Ver **GRÁFICO 7.7.2-77**.

c.2) Cenário 2 – Vazão no Bacajá 840 m³/s – média mensal de abril

No caso de cheias médias no Bacajá (840 m³/s) observa-se que, a partir de 25 km da foz, não se tem influência no rio Bacajá decorrente da Cheia Média Anual no rio Xingu.

Para vazões menores, de 7.851 m³/s, 4.000 m³/s e 2.000 m³/s, as linhas d'água se confundem a partir do km 10. As diferenças entre as linhas d'água para estas vazões fica restrita a estes 10 km.

Verifica-se uma perda de planície na foz entre a vazão de 23.414 m³/s e 7.815 m³/s devido a uma diferença de nível d'água de 3,0 m na foz, que passa a da ordem do metro de 15 km da foz. A redução adicional para a vazão de 4.000 m³/s resulta em uma diferença de 2,0 m no nível d'água na foz e par 2.000 m³/s em mais 1,0 km. Ver **GRÁFICO 7.7.2-78**.

c.3) Cenário 3 - Vazão no Bacajá 40 m³/s – mínima média mensal de maio

Para as vazões, de 7.851 m³/s, 4.000 m³/s e 1.800 m³/s, as influências do Xingu no Bacajá se manifestam respectivamente até cerca de 25 km, 10 km, e 2,5 km da foz. Note-se que para a vazão de 1.300 m³/s a influencia do Xingu fica limitada a um trecho próximo a foz (antes do trecho encachoeirado, seções 5 a 5A). Ver **GRÁFICO 7.7.2-79**.

7.7.2.4.3 Caracterização Hidráulica dos rios Ituna, Itatá e Bacajaí

a) Introdução

Este item mostra os elementos utilizados para a avaliação dos impactos dos níveis d'água do trecho da Volta Grande do Xingu nos níveis d'água dos seus afluentes da margem direita, rios Ituna, Itatá e Bacajaí.

A partir de análise inicial constatou-se que a foz do Ituna encontra-se acima dos níveis d'água máximos anuais do rio Xingu, razão pela qual foi necessário estudar em detalhes somente os rios Itatá e Bacajaí, coletando-se elementos suficientes do Ituna para comprovar que níveis freqüentes do rio Xingu não afetam os níveis d'água deste afluente.

Em termos de organização apresentam-se inicialmente os dados gerais coletados que foram utilizados para a análise feita para investigar a influência do Xingu nos afluentes citados. É mostrada a seguir a metodologia seguida para a determinação da influência do rio Xingu nos rios.

Da mesma forma que nos casos anteriores, para documentar as análises realizadas foram mostrados ao longo do texto todos os elementos utilizados nas análises. Para facilitar a compreensão das análises, apresenta-se de forma sucinta no item d as conclusões acerca do que ocorre no rio Ituna.

No item e.3 sub item e, sub item c, apresenta-se de forma sucinta as conclusões acerca do que ocorre no rio Itatá quando se reduzem as vazões de cheias normais do Xingu. Da mesma forma no item f.3 o que se refere ao rio Bacajaí.

Nos itens seguintes, são apresentados os estudos feitos por afluente, englobando, quando for o caso, os estudos hidrológicos, de remanso e as conclusões. As **FIGURA 7.7.2-22** e **FIGURA 7.7.2-23** apresentam a localização das seções utilizadas e os **Apêndices 7.7.2-13** e **7.7.2-14** as seções definidas para os rios Itatá e Bacajaí respectivamente.

FIGURA 7.7.2-22 – Volta Grande – Rio Itatá – Localização das Seções

FIGURA 7.7.2-23 - Volta Grande – Rio Bacajai – Localização das Seções

b) Dados Gerais

Os dados gerais que foram utilizados nos estudos de cada afluente são:

- Restituição 1:25.000, fornecida pela ELETRONORTE;
- Vazões típicas no Xingu (estatística dos estudos de viabilidade);
- Concomitância das vazões do Xingu e Bacajá; e
- Níveis d'água nas seções do Xingu.

A **TABELA 7.7.2-68** mostra as vazões típicas do Xingu em Belo Monte, obtidas dos estudos de viabilidade.

O **GRÁFICO 7.7.2-80** mostra as vazões no rio Bacajá em Fazenda Cipaúba, plotadas contra as vazões no rio Xingu em Altamira para a mesma data (período de 01/11/1977 a 17/12/1988). O **Apêndice 7.7.2-12** mostra os hidrogramas do Xingu e Bacajá para o período.

TABELA 7.7.2-68
Vazões Típicas de Belo Monte.

Denominação	TR (anos)	Vazão (m ³ /s)
Média das Mínimas Anuais (*)		1.017
Média de Longo Termo		7.851
Cheia Média Anual		23.414
Cheia de 5 anos	5	26.270
Cheia Decenal	10	29.518
Cheia de 25 anos	25	33.812
Cheia Cinqüentenária	50	37.060
Cheia Centenária	100	40.309

Obs: (*)- (1978-2000)

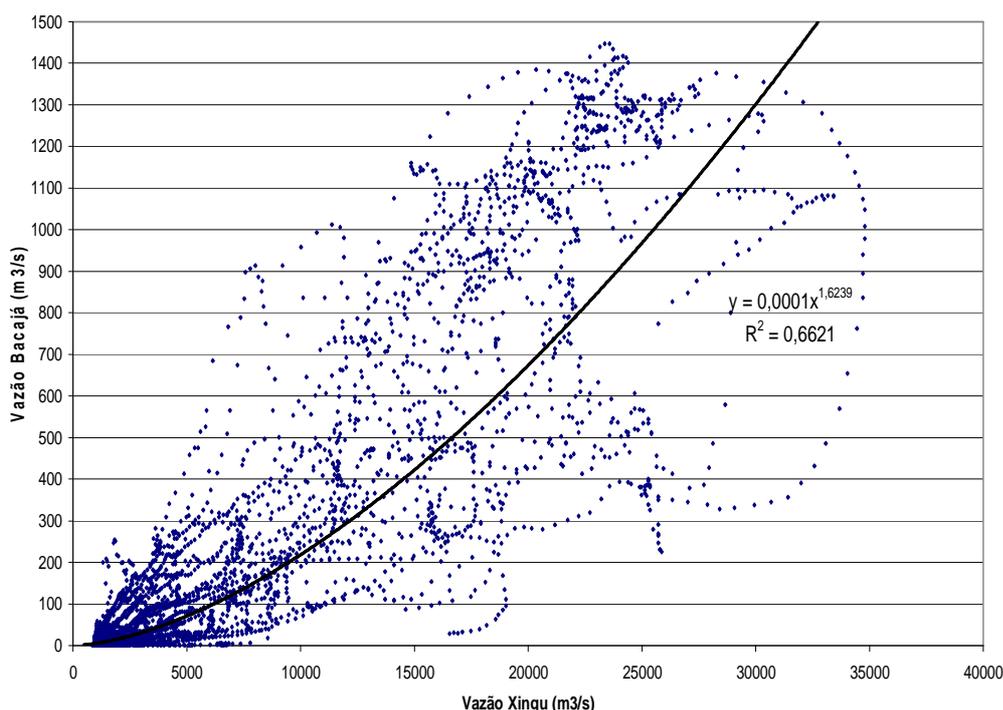


GRÁFICO 7.7.2-80- Vazões no Xingu x Bacajá.

A **TABELA 7.7.2-69** mostra os níveis d'água nas seções do Xingu nas proximidades dos rios aqui estudados. Estes níveis d'água obtidos dos estudos de remanso, feitos para o trecho da Volta Grande do Xingu, foram utilizados para determinar o nível d'água na Foz dos rios Ituna, Itatá e Bacajá. Ver item 7.7.2.4.1, com a integra dos estudos de remanso na Volta Grande.

TABELA 7.7.2-69
Vazões e N.A. nas seções do Xingu

Vazão no rio Xingu (m³/s)	700	970	3.639	4.292	7.851	15.557	16.000	20.438	23.414
	N.A. (m)								
Seção 3	78,35	78,51	78,83	78,99	79,59	80,13	80,23	81,1	82,32
Seção 4	75,42	75,75	76,15	76,36	77,46	79,04	79,21	80,34	81,15
Seção 2	79,19	79,49	79,74	79,97	80,79	81,37	81,43	82,01	82,92
Seção 9	80,56	81,01	81,03	81,21	82,04	82,84	82,9	83,49	83,84
S Nova 5	81,27	81,68	82,8	83,03	84,05	85,36	85,46	86,5	86,69

c) Metodologia

Para avaliar a influência dos níveis d'água do rio Xingu nos rios Ituna, Itatá e Bacajaí, foram utilizados os níveis d'água obtidos nos cálculos de remanso do trecho da Volta Grande; efetuando-se um cálculo de remanso nestes afluentes.

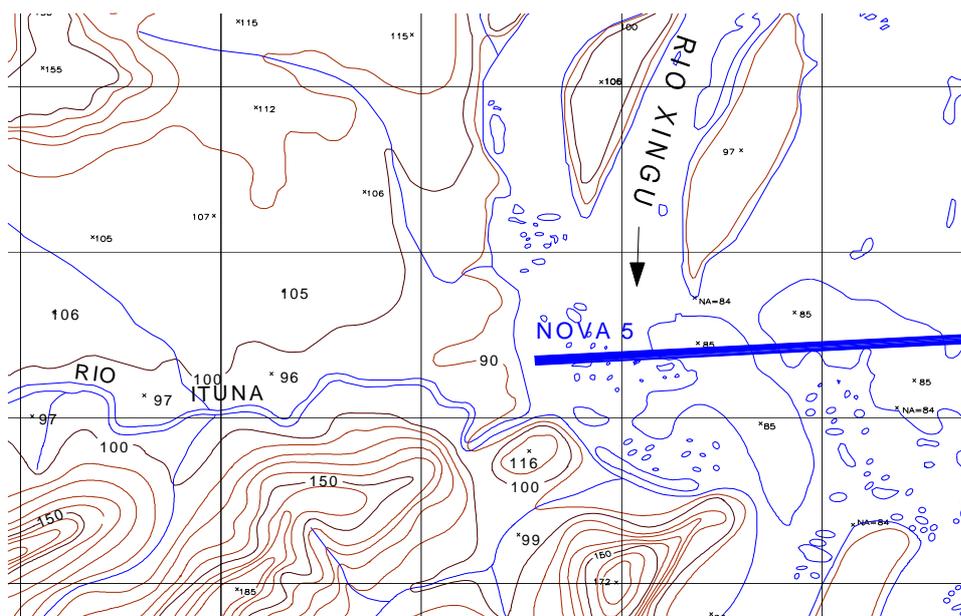
Para este cálculo determinaram-se as seções a partir da cartografia 1:25.000, inferindo-se o fundo do rio na seção próxima a foz a partir de seções topobatimétricas do rio Xingu e nas seções ao longo dos rios, a partir dos níveis d'água, curvas de nível e pontos cotados da cartografia, considerando que o leito menor do rio seria capaz de escoar as cheias normais destes rios. Os itens a seguir abordam cada rio e explicitam o raciocínio seguido na determinação das seções.

A partir das vazões mensais no Xingu e afluentes, além das vazões típicas do Xingu, levando-se em conta a concomitância das vazões nestes rios, elaboraram-se os cenários para os quais foram estudadas a influência do Xingu nos afluentes. Foram considerados nos cenários as vazões remanescentes de interesse para os estudos da vazão ecológica do trecho de vazão reduzida na Volta Grande.

Eleitos os cenários de cálculo, a partir dos níveis d'água calculados nos estudos de remanso na Volta Grande (2008), para as várias vazões de interesse, foram efetuados os cálculos de remanso e estabelecida a influência do Xingu em cada um dos afluentes considerados. Adiante os estudos efetuados para cada um dos afluentes considerados.

d) Rio Ituna

De acordo com o que se observa na **FIGURA 7.7.2-24**, verifica-se que a foz do rio Ituna é cortada pela curva de nível da cota 90 m.



Fonte: Restituição Aerofotogramétrica 1:25.000
FIGURA 7.7.2-24 - Cartografia da foz do rio Ituna

Para a cheia média anual do Xingu, conforme mostrado na **TABELA 7.7.2-69**, o nível d'água na Seção Nova 5 é cota 86,69 m. Conclui-se portanto que, para vazões frequentes do rio Xingu, exceto pequeno trecho junto a foz, os níveis d'água o rio Ituna não são influenciados pelos níveis do rio Xingu.

e) **Rio Itatá**

e.1) **Dados Básicos**

Foram utilizados os seguintes dados básicos:

- Restituição 1:25.000, fornecida pela ELETRONORTE (1978/1977) na forma de imagens, que foram montadas e que constam da **FIGURA 7.7.2-22**;
- Vazões típicas médias mensais no Posto de Altamira no Xingu e na foz do Itatá (esta última obtida a partir de vazões do Posto Aldeia Bacajá, no rio Bacajá);
- Curva Chave na foz do Itatá.

As vazões mostradas nos **GRÁFICO 7.7.2-81** a **GRÁFICO 7.7.2-83** foram obtidas a partir das vazões do posto de Altamira no rio Xingu e do Posto Aldeia Bacajá ($A_d = 12.323 \text{ km}^2$). Para a obtenção das vazões no Itatá foi considerada a relação da área de drenagem no posto Aldeia Bacajá com a área de drenagem do Itatá ($A_d = 1.440 \text{ km}^2$).

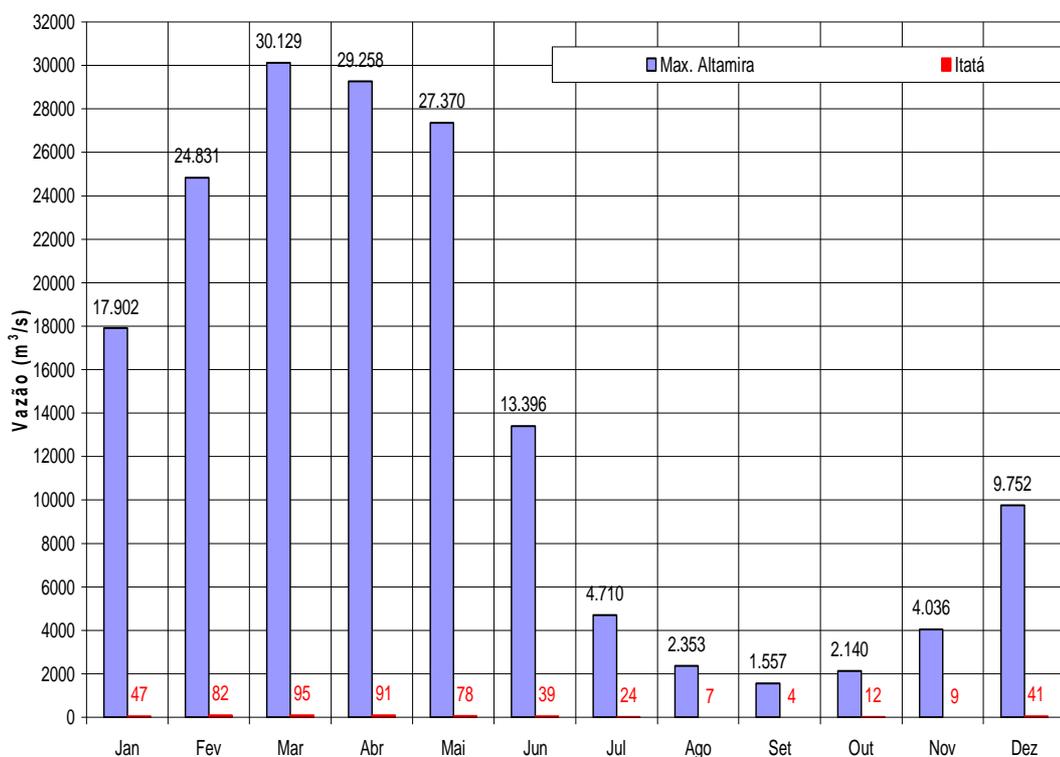


GRÁFICO 7.7.2-81 – Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais
Altamira – rio Xingu e Foz do Itatá

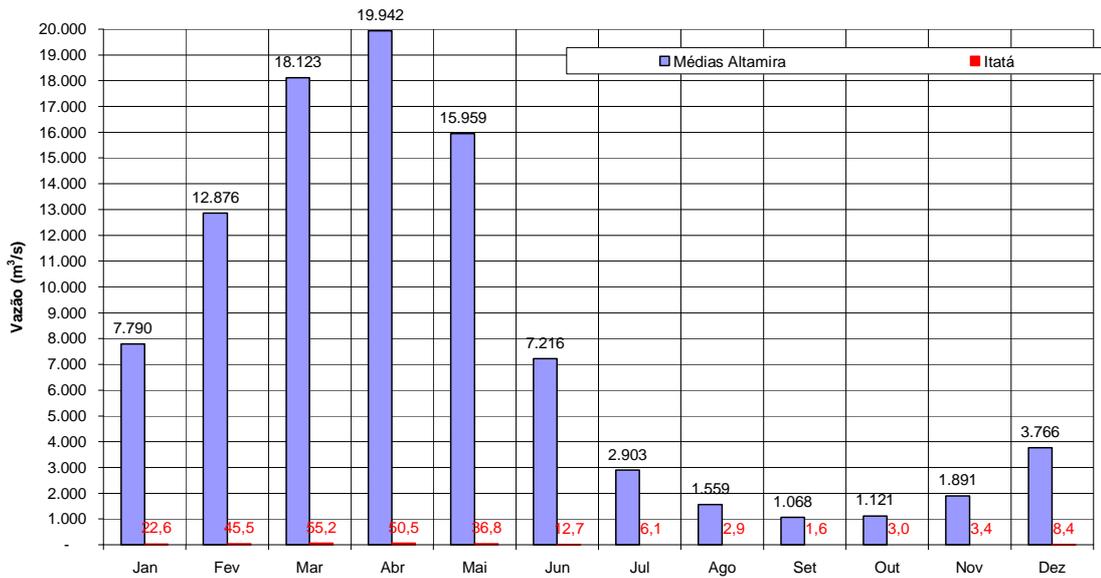


GRÁFICO 7.7.2-82 – Sazonalidade das Vazões Médias Mensais Altamira – rio Xingu e Foz do Itatá

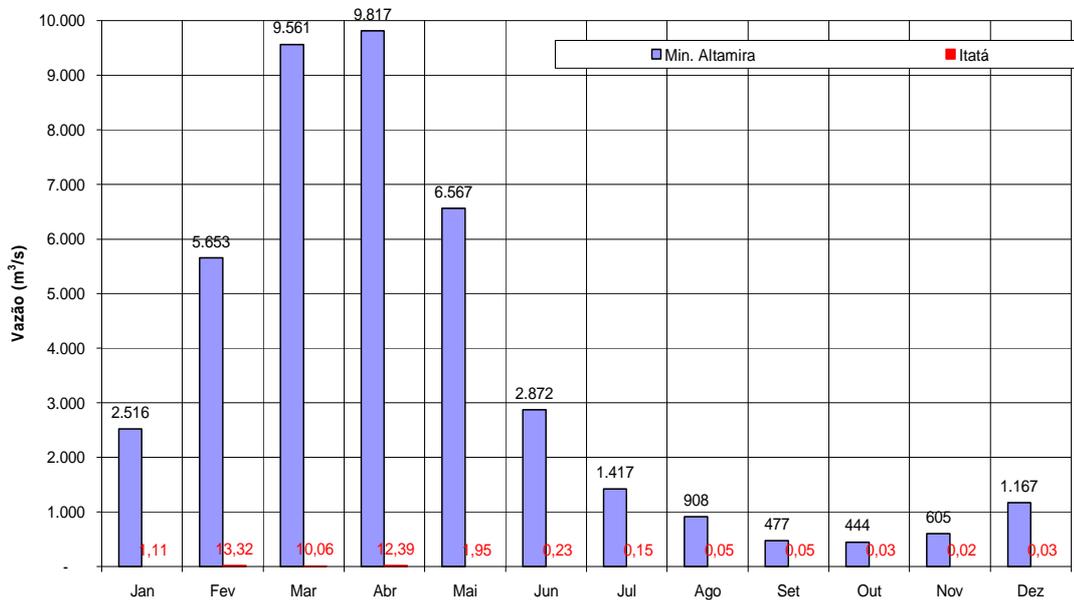


GRÁFICO 7.7.2-83 – Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais Altamira – rio Xingu e Foz do Itatá

A curva chave que é mostrada no **GRÁFICO 7.7.2-84** foi obtida a partir dos níveis d'água mostrados na **TABELA 7.7.2-69**, considerando-se a posição do Itatá em relação as seções topobatimétricas 9 e 2, da Volta Grande, interpolando-se linearmente.

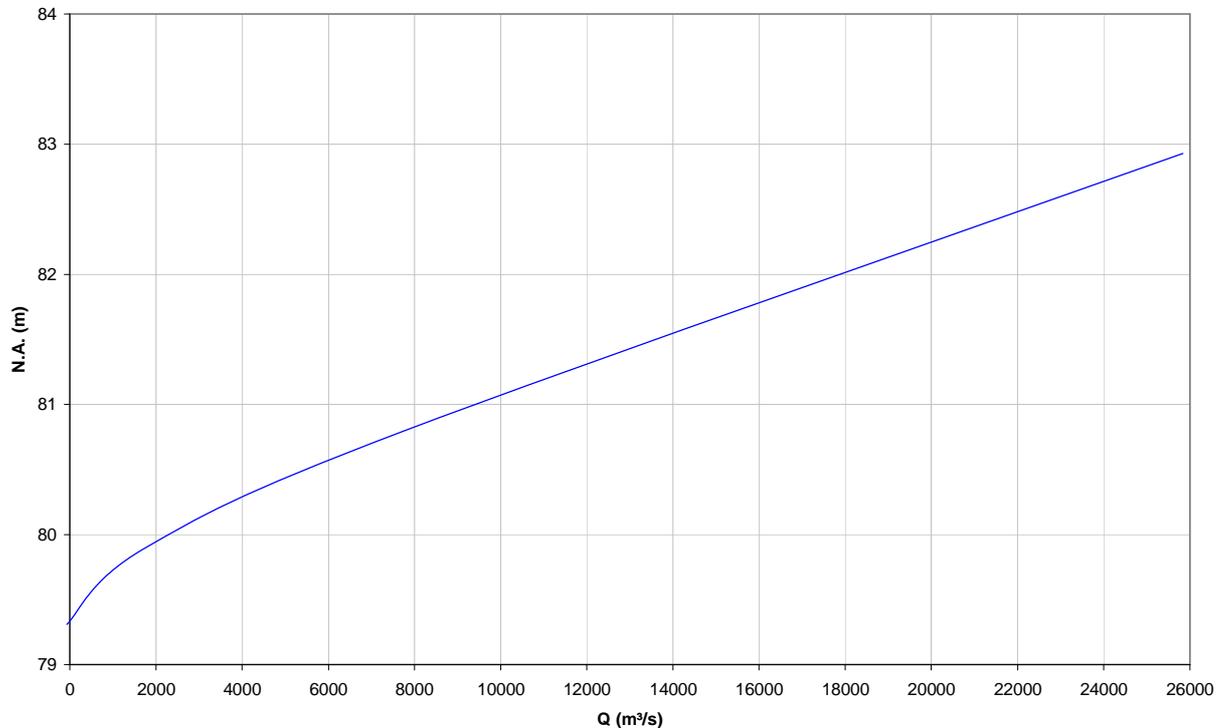


GRÁFICO 7.7.2-84 – Curva Chave Foz do Itatá

e.2) Cálculos

- Critérios para a Definição das Seções

As seções topográficas foram obtidas da restituição 1:25.000 e a batimetria inferida a partir dos seguintes procedimentos:

- Para a seção da foz do Itatá, foi considerado o fundo na cota 78m, valor coerente com as seções 9 e 2 do Xingu;
- Tomando-se por base a cartografia, foi definida a declividade da linha d'água entre o fechamento da curva de nível da cota 90 e o nível d'água próximo à foz do Itatá (cota 81m);
- Com a declividade, o fundo foi determinado de forma a veicular a vazão de 50 m³/s, sem extravasar para o leito maior.

Com estes procedimentos as profundidades resultantes variam de 0,9m a 1,5m, conforme a largura da calha do Itatá. O **Apêndice 7.7.2-13** mostra as seções topobatimétricas determinadas em cada ponto escolhido. A **FIGURA 7.7.2-22** mostra a localização das seções escolhidas.

- **Cálculo do Remanso**

Foram considerados 3 cenários para se verificar os efeitos do Xingu no rio Itatá, que são:

- Cenário 1 – Itatá – vazão de 95 m³/s (máx. média mensal de março). As vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.500 m³/s (Alternativa I da ELB), 2.500 m³/s (Alternativa II da ELB), 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 (Cheia Média Anual).
- Cenário 2 – Itatá – vazão de 51 m³/s (média mensal de abril). Neste cenário, as vazões no rio Xingu foram fixadas em 2.000 m³/s (Alternativa I da ELB), 4.000 m³/s (Alternativa II da ELB), 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 m³/s (Cheia Média Anual).
- Cenário 3 – Itatá – Vazão de 2 m³/s (mínima média mensal de maio). As vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.300 m³/s (Alternativa I da ELB), 1.800 m³/s (Alternativa II da ELB), 4.000 m³/s e 7.851 m³/s (MTL).

Os **GRÁFICO 7.7.2-85** a **GRÁFICO 7.7.2-87** mostram graficamente os resultados dos cálculos de remanso em uma distância de até 8 km da foz. Notar que as linhas d'água mostradas nas Figuras baseiam-se em seções interpoladas a cada 200 m.

As **TABELA 7.7.2-70** a **TABELA 7.7.2-75** mostram os resultados detalhados de todo o trecho estudado, somente nas seções indicadas nos desenhos e as interpoladas próximo a foz.

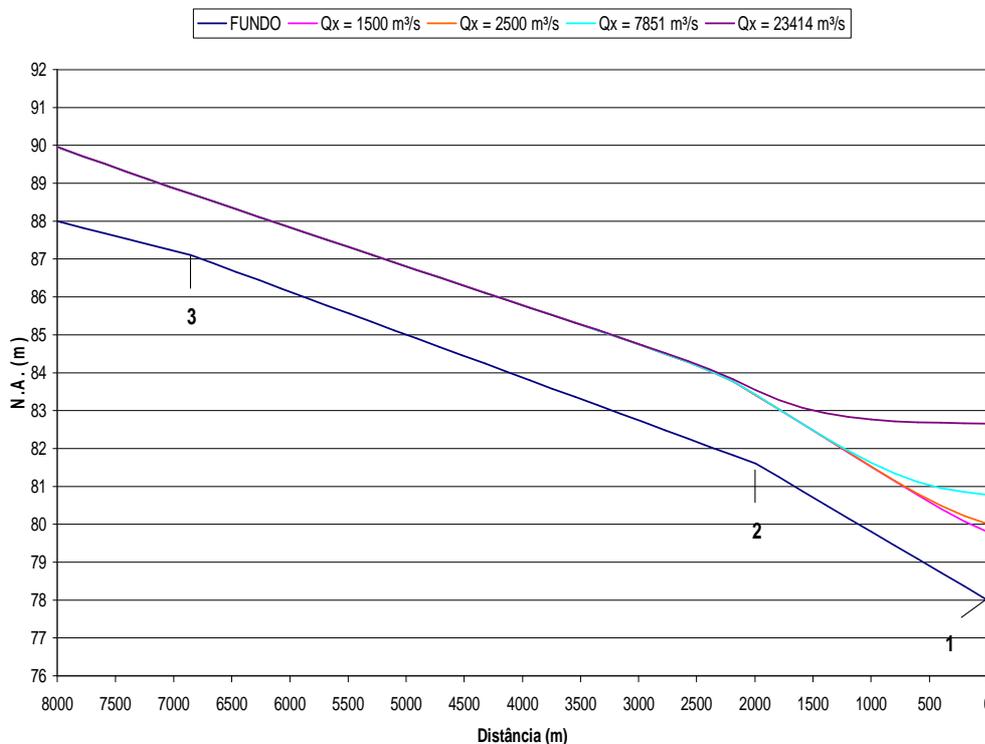
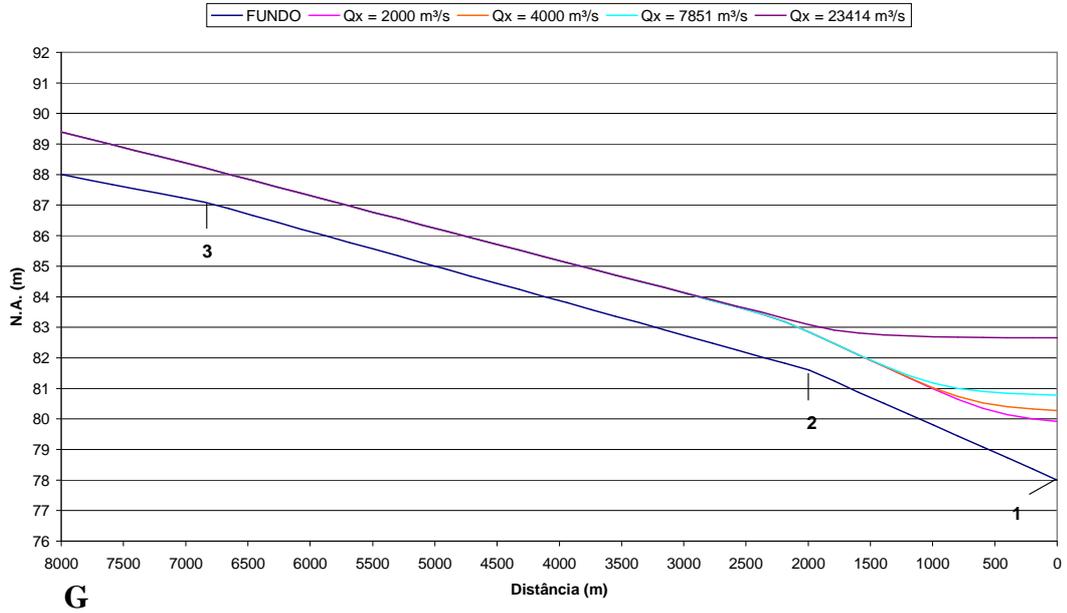


GRÁFICO 7.7.2-85 – Rio Itatá – Cenário 1 – Vazão de 95 m³/s.



RÁ
FICO 7.7.2-86 – Rio Itatá – Cenário 2 – Vazão de 51 m³/s.

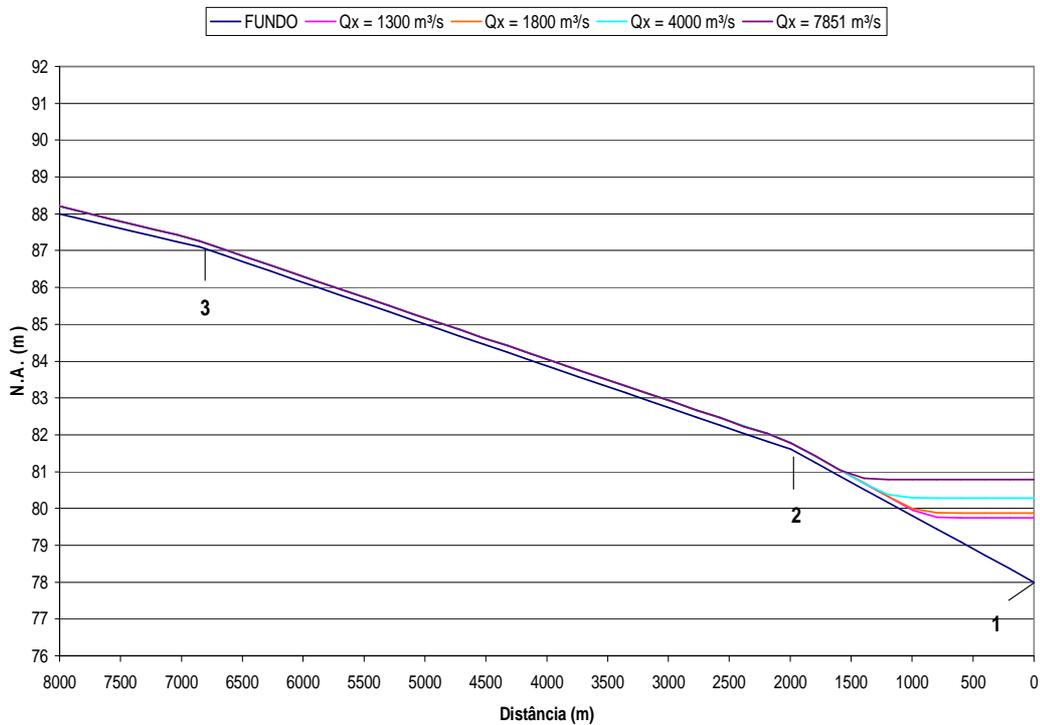


GRÁFICO 7.7.2-87 – Rio Itatá – Cenário 3 – Vazão de 2 m³/s.

TABELA 7.7.2-70
Cenário 1 – Vazão de 95 m³/s no Itatá

SEÇÃO	Dist		Qx = 1500 m ³ /s		Qx = 2500 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	100,39	1,71	0,57	100,39	1,71	0,57
4	8520	90,58	1,60	0,37	90,58	1,60	0,37
3	6851	88,72	1,23	0,36	88,72	1,23	0,36
2	1992	83,41	1,74	0,46	83,41	1,74	0,46
1.9	1793	83,04	1,73	0,45	83,04	1,73	0,45
1.8	1594	82,65	1,71	0,41	82,66	1,71	0,41
1.7	1394	82,27	1,70	0,41	82,27	1,70	0,41
1.6	1195	81,89	1,69	0,41	81,90	1,68	0,41
1.5	996	81,51	1,67	0,41	81,52	1,67	0,41
1.4	797	81,14	1,66	0,41	81,15	1,64	0,40
1.3	598	80,77	1,64	0,40	80,80	1,60	0,39
1.2	398	80,41	1,60	0,39	80,49	1,53	0,37
1.1	199	80,08	1,54	0,38	80,22	1,43	0,33
1	0	79,8	1,45	0,35	80,0	1,29	0,29

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-71
Cenário 1 – Vazão de 95 m³/s no Itatá (continuação).

SEÇÃO	Dist		Qx = 7851 m ³ /s		Qx = 23414 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	100,39	1,71	0,57	100,39	1,71	0,57
4	8520	90,58	1,60	0,37	90,58	1,60	0,37
3	6851	88,72	1,23	0,36	88,72	1,23	0,36
2	1992	83,42	1,74	0,46	83,54	1,62	0,42
1.9	1793	83,04	1,72	0,45	83,28	1,52	0,39
1.8	1594	82,66	1,70	0,41	83,07	1,38	0,36
1.7	1394	82,29	1,68	0,40	82,93	1,23	0,32
1.6	1195	81,94	1,64	0,39	82,83	1,08	0,27
1.5	996	81,62	1,58	0,37	82,76	0,94	0,23
1.4	797	81,34	1,48	0,34	82,72	0,82	0,18
1.3	598	81,12	1,35	0,30	82,69	0,71	0,14
1.2	398	80,96	1,21	0,26	82,68	0,60	0,10
1.1	199	80,85	1,07	0,22	82,67	0,51	0,07
1	0	80,8	0,94	0,18	82,7	0,42	0,05

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-72
Cenário 2 – Vazão de 51 m³/s no Itatá

SEÇÃO	Dist		Qx = 2.000 m ³ /s		Qx = 4.000 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	99,99	1,35	0,46	99,99	1,35	0,46
4	8520	89,96	1,21	0,31	89,96	1,21	0,31
3	6851	88,22	0,98	0,31	88,22	0,98	0,31
2	1992	82,85	1,37	0,39	82,85	1,37	0,39
1.9	1793	82,47	1,35	0,39	82,47	1,35	0,39
1.8	1594	82,09	1,34	0,39	82,09	1,34	0,39
1.7	1394	81,72	1,33	0,39	81,72	1,33	0,39
1.6	1195	81,35	1,32	0,39	81,36	1,31	0,38
1.5	996	80,98	1,30	0,38	81,02	1,26	0,36
1.4	797	80,64	1,26	0,37	80,73	1,17	0,33
1.3	598	80,35	1,17	0,33	80,53	1,02	0,27
1.2	398	80,13	1,03	0,28	80,40	0,87	0,21
1.1	199	80,00	0,87	0,22	80,32	0,73	0,17
1	0	79,8	0,73	0,17	80,3	0,62	0,13

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-73
Cenário 2 – Vazão de 51 m³/s no Itatá (continuação)

SEÇÃO	Dist		Qx = 7.851 m ³ /s		Qx = 23.414 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	99,99	1,35	0,46	99,99	1,35	0,46
4	8520	89,96	1,21	0,31	89,96	1,21	0,31
3	6851	88,22	0,98	0,31	88,22	0,98	0,31
2	1992	82,85	1,36	0,39	83,08	1,15	0,30
1.9	1793	82,47	1,35	0,39	82,91	1,00	0,25
1.8	1594	82,10	1,34	0,39	82,81	0,85	0,21
1.7	1394	81,75	1,30	0,38	82,75	0,72	0,19
1.6	1195	81,43	1,24	0,35	82,71	0,61	0,16
1.5	996	81,17	1,12	0,31	82,69	0,52	0,13
1.4	797	81,00	0,97	0,25	82,68	0,45	0,10
1.3	598	80,90	0,82	0,19	82,67	0,38	0,07
1.2	398	80,84	0,69	0,15	82,66	0,33	0,05
1.1	199	80,80	0,59	0,12	82,66	0,27	0,04
1	0	80,8	0,50	0,10	82,6	0,23	0,03

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-74
 Cenário 3 – Vazão de 2 m³/s no Itatá

SEÇÃO	Dist		Qx = 1.300 m ³ /s		Qx = 1.800 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	99,23	0,38	0,34	99,23	0,38	0,34
4	8520	88,64	0,31	0,21	88,64	0,31	0,21
3	6851	87,26	0,28	0,22	87,26	0,28	0,22
2	1992	81,78	0,38	0,29	81,77	0,38	0,29
1.9	1793	81,41	0,38	0,29	81,42	0,37	0,28
1.8	1594	81,05	0,37	0,29	81,05	0,38	0,30
1.7	1394	80,69	0,37	0,29	80,70	0,36	0,27
1.6	1195	80,33	0,37	0,29	80,32	0,39	0,31
1.5	996	79,96	0,37	0,29	79,99	0,31	0,23
1.4	797	79,76	0,18	0,10	79,88	0,13	0,06
1.3	598	79,70	0,09	0,03	79,87	0,07	0,03
1.2	398	79,70	0,06	0,02	79,87	0,05	0,01
1.1	199	79,70	0,04	0,01	79,87	0,04	0,01
1	0	79,7	0,03	0,01	79,8	0,03	0,01

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-75
 Cenário 3 – Vazão de 2 m³/s no Itatá (continuação)

SEÇÃO	Dist		Qx = 4.000 m ³ /s		Qx = 7.851 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
5	12335	99,23	0,38	0,34	99,23	0,38	0,34
4	8520	88,64	0,31	0,21	88,64	0,31	0,21
3	6851	87,26	0,28	0,22	87,26	0,28	0,22
2	1992	81,78	0,37	0,28	81,77	0,39	0,30
1.9	1793	81,41	0,39	0,30	81,42	0,37	0,28
1.8	1594	81,06	0,36	0,27	81,04	0,39	0,30
1.7	1394	80,68	0,40	0,32	80,81	0,21	0,13
1.6	1195	80,37	0,29	0,20	80,78	0,10	0,04
1.5	996	80,30	0,12	0,06	80,78	0,06	0,02
1.4	797	80,30	0,07	0,02	80,78	0,04	0,01
1.3	598	80,30	0,05	0,01	80,78	0,03	0,01
1.2	398	80,30	0,04	0,01	80,78	0,03	0,01
1.1	199	80,30	0,03	0,01	80,78	0,02	0,00
1	0	80,3	0,02	0,01	80,8	0,02	0,00

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

e.3) Conclusões

- Cenário 1 – Vazão de 95 m³/s (máx. Mensal - Março)

Nesta vazão a influência da CMA (23.414 m³/s) do Xingu no Itatá se manifesta em um trecho de 2,0 km da Foz. Para a média de longo termo MLT - (7.851 m³/s) esta influência é de 1,0 km. Para vazões no Xingu entre 1.500 m³/s e 2.500 m³/s a influência quase não se faz sentir.

- Cenário 2 – Vazão de 51 m³/s. (média Mensal - Abril)

Em relação ao Cenário 1, identifica-se um aumento da influência do Xingu no Itatá. Na cheia média anual (CMA) a influência passa a 2,5 km da Foz, caindo para 1,2 km no caso da média de longo termo (MLT). No caso das vazões menores, de 2.000 m³/s e 4.000 m³/s, a influencia do Xingu no Itatá é muito pequena.

- Cenário 3 – Vazão de 2 m³/s. (min. Média Mensal - Maio)

Em relação aos demais cenários, mesmo com vazões muito baixas no Itatá (2 m³/s), dentro da faixa de vazões prováveis do Xingu, não há aumento da influência do Xingu, devido principalmente a declividade relativamente elevada do rio (1,8 m/km).

Conforme se constata no **GRÁFICO 7.7.2-87**, a influência do Xingu na MLT chega a 1,5 km da foz, passando a 1,2 km para a vazão de 4.000 m³/s e 1,0 km e na faixa 1.300 m³/s – 1.800 m³/s.

f) Rio Bacajaí

f.1) Dados Básicos

Foram utilizados os seguintes dados básicos:

- Restituição 1:25.000, fornecida pela ELETRONORTE (1978/1977) na forma de imagens, que foram montadas e que constam da **FIGURA 7.7.2-23**;
- Vazões típicas médias mensais no Posto de Altamira no Xingu e na foz do Bacajaí (esta última obtida a partir de vazões do Posto Aldeia Bacajá, no rio Bacajaí);
- Curva Chave na foz do Bacajaí.

As vazões mostradas nos **GRÁFICO 7.7.2-88** ao **GRÁFICO 7.7.2-90** foram obtidas a partir das vazões do posto de Altamira no rio Xingu e do Posto Aldeia Bacajá (Ad = 12.323 km²). Para a obtenção das vazões no Bacajaí foi considerada a relação da área de drenagem do Aldeia Bacajá com a área de drenagem do Bacajaí (Ad = 2.050 km²).

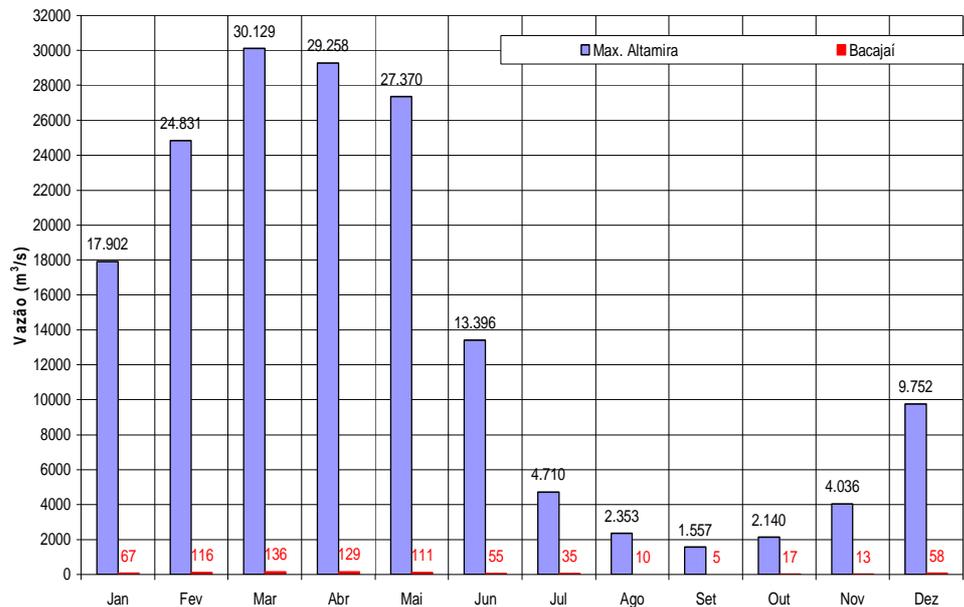


GRÁFICO 7.7.2-88 – Sazonalidade das Vazões Max. Médias Mensais Altamira – rio Xingu e foz do Bacajai

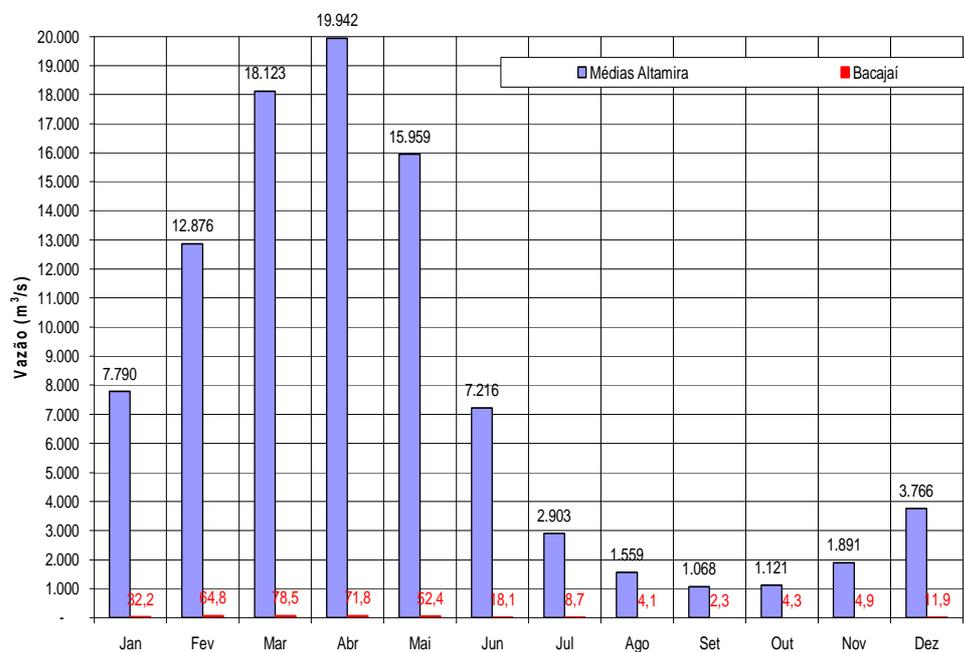


GRÁFICO 7.7.2-89 – Sazonalidade das Vazões Médias Mensais Altamira – rio Xingu e foz do Bacajai

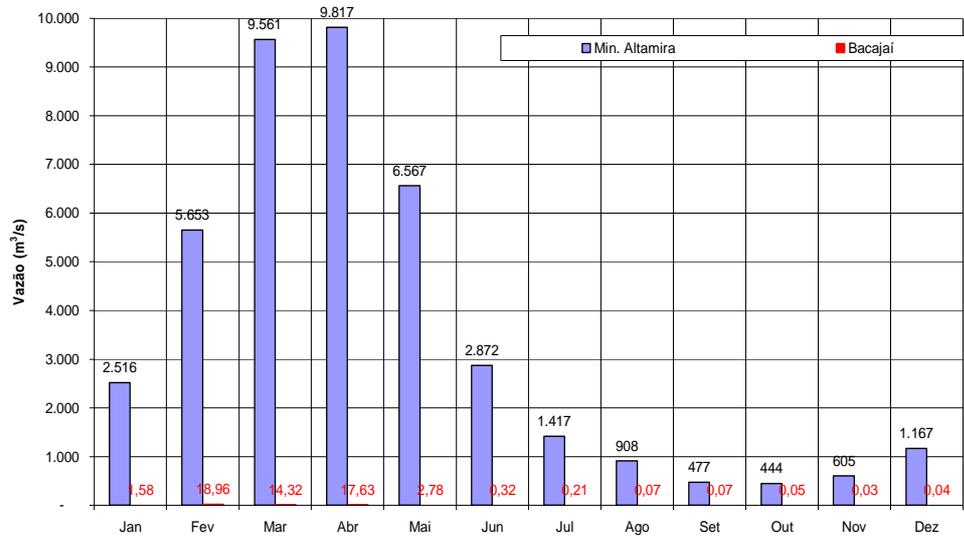


GRÁFICO 7.7.2-90 – Sazonalidade das Vazões Min. Médias Mensais
Altamira – rio Xingu e foz do Bacajá

A curva chave que é mostrada no **GRÁFICO 7.7.2-91** foi obtida a partir dos níveis d'água mostrados na **TABELA 7.7.2-69**, considerando-se a posição do Bacajá em relação as seções topobatimétricas 3 e 4, da Volta Grande, interpolando-se linearmente.

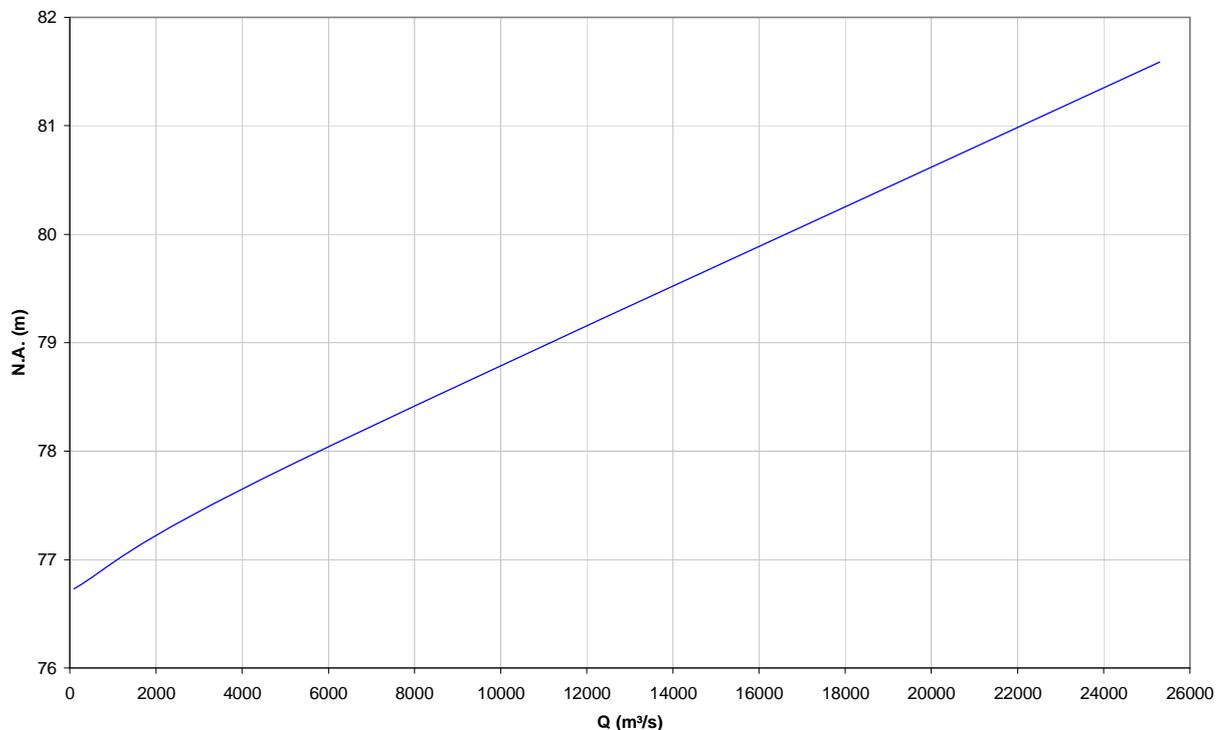


GRÁFICO 7.7.2-91 – Curva Chave Foz do Bacajá

f.2) Cálculos

- Critérios para a Definição das Seções

As seções topográficas utilizadas no cálculo de remanso foram obtidas da restituição 1:25.000 e a batimetria inferida a partir dos seguintes procedimentos:

- A restituição de 1:25.000 utilizada neste estudo, não apresenta valores de N.A. ao longo do trecho de estudo no rio Bacajaí. Sendo assim, os níveis d'água das seções definidas foram determinados utilizando a declividade do trecho onde fecham as curvas das cotas 90 m e 80 m;
- Na determinação do fundo das seções, foi considerada a vazão de 70 m³/s para a qual não haveria extravasamento assim determinou-se a calha com profundidade média da ordem de 2,5 m.

O **Apêndice 7.7.2-14** mostra as seções topobatimétricas no Bacajaí.

- Cálculo do Remanso

Foram considerados três cenários para se verificar os efeitos do Xingu no rio Bacajaí, que são os seguintes:

- Cenário 1 – Bacajaí – vazão de 136 m³/s (Máx. Média Mensal de Março). As vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.500 m³/s (Alternativa I da ELB), 2.500 m³/s (Alternativa II da ELB), 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 m³/s (Cheia Média Anual).
- Cenário 2 – Bacajaí – vazão de 72 m³/s (Média Mensal de Abril). Neste cenário, as vazões no rio Xingu foram fixadas em 2.000 m³/s (Alternativa I da ELB), 4.000 m³/s (Alternativa II da ELB), 7.851 m³/s (MLT) e 23.414 m³/s (Cheia Média Anual).
- Cenário 3 – Bacajaí – Vazão de 3 m³/s (Mín. Média Mensal de Maio). As vazões no rio Xingu foram fixadas em 1.300 m³/s (Alternativa I da ELB), 1.800 m³/s (Alternativa II da ELB), 4.000 m³/s e 7.851 m³/s (MTL).

Os **GRÁFICO 7.7.2-92** ao **GRÁFICO 7.7.2-94** mostram o comportamento do Xingu e Bacajaí para os três cenários. As **TABELA 7.7.2-76** a **TABELA 7.7.2-78** mostram os resultados dos cálculos.

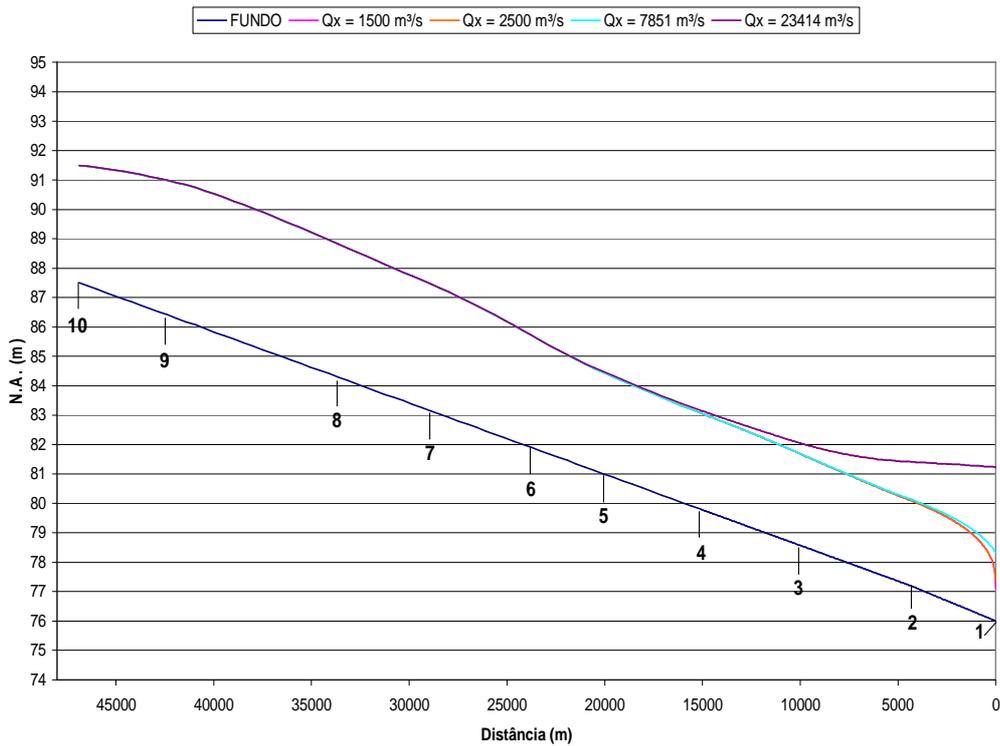


GRÁFICO 7.7.2-92 – Rio Bacajá – Cenário 1 – Vazão de 136 m³/s.

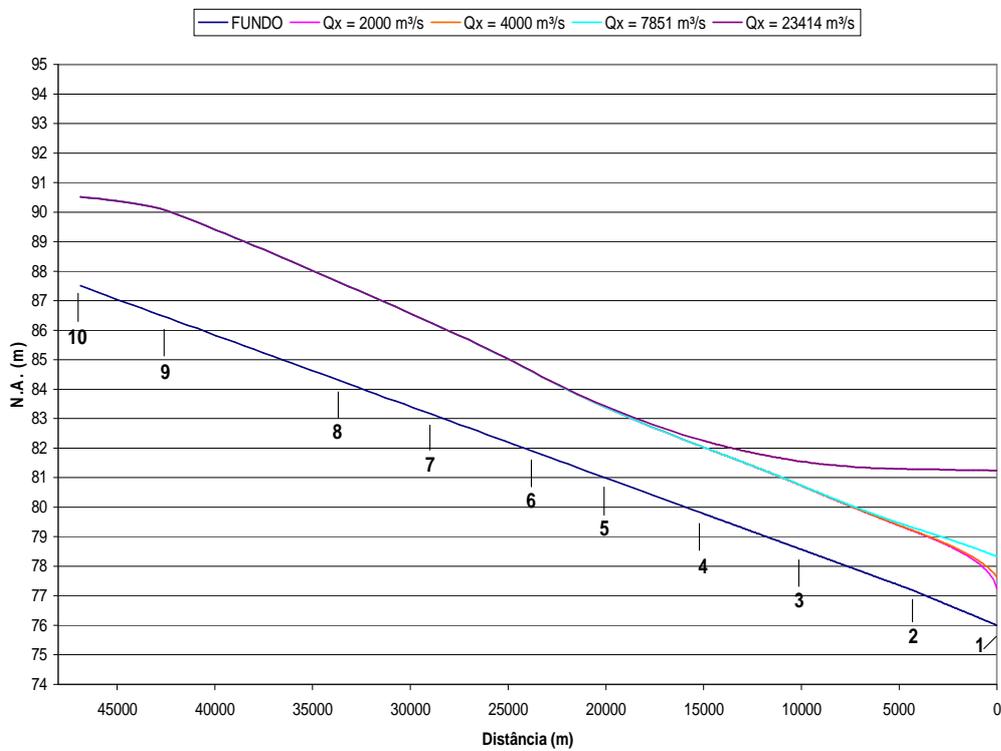


GRÁFICO 7.7.2-93 - Rio Bacajá – Cenário 2 – Vazão de 72 m³/s.

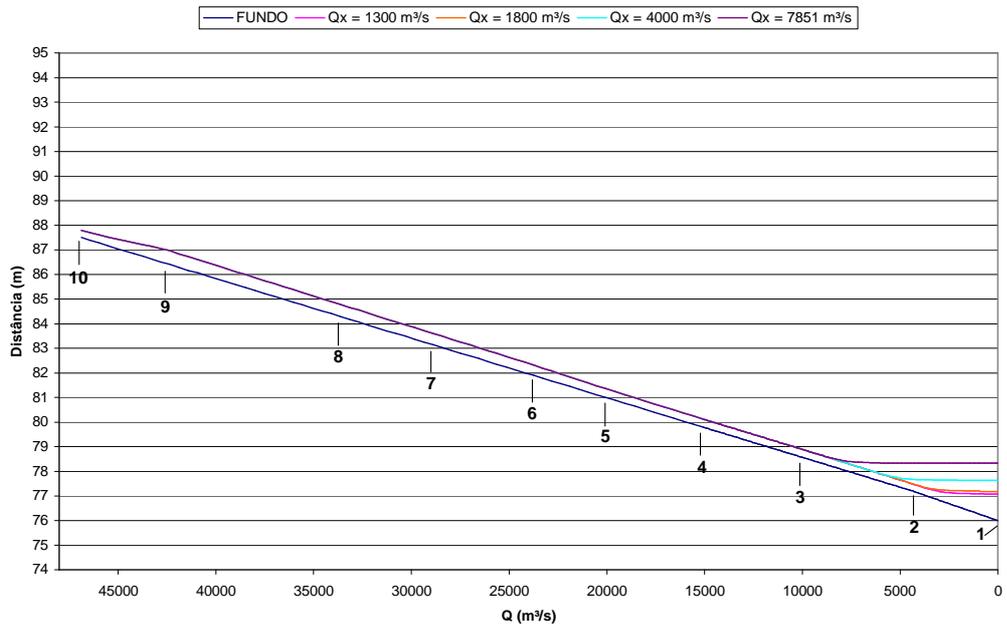


GRÁFICO 7.7.2-94 – Rio Bacajaí – Cenário 3 – Vazão de 3 m³/s.

TABELA 7.7.2-76
Cenário 1 – Vazão de 136 m³/s no Bacajaí.

continua

SEÇÃO	Dist		Qx = 1.500 m³/s			Qx = 2.500 m³/s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude	
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		
10	46883	91,49	0,57	0,1	91,49	0,57	0,1	
9	42365	90,99	0,82	0,07	90,99	0,82	0,07	
8	33622	88,82	1,17	0,17	88,82	1,17	0,17	
7	28883	87,46	1,13	0,17	87,46	1,13	0,17	
6	23742	85,71	1,24	0,23	85,71	1,24	0,23	
5	20076	84,46	1,03	0,21	84,46	1,03	0,21	
4	15086	83,07	0,94	0,19	83,07	0,94	0,19	
3	10038	81,7	0,98	0,23	81,7	0,98	0,23	
2	4349	80,1	0,86	0,23	80,1	0,86	0,23	
1	0	77,1	2,98	0,9	77,3	2,49	0,69	

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-76
 Cenário 1 – Vazão de 136 m³/s no Bacajaí

conclusão

SEÇÃO	Dist		Qx = 7.851 m ³ /s		Qx = 23.414 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
10	46883	91,49	0,57	0,1	91,49	0,57	0,1
9	42365	90,99	0,82	0,07	90,99	0,82	0,07
8	33622	88,82	1,17	0,17	88,82	1,17	0,17
7	28883	87,46	1,13	0,17	87,46	1,13	0,17
6	23742	85,71	1,24	0,23	85,72	1,24	0,22
5	20076	84,46	1,03	0,21	84,48	1,02	0,2
4	15086	83,07	0,94	0,19	83,16	0,91	0,18
3	10038	81,7	0,98	0,22	82,06	0,86	0,18
2	4349	80,15	0,84	0,21	81,41	0,41	0,04
1	0	78,3	1,43	0,3	81,2	0,51	0,06

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-77
 Cenário 2 – Vazão de 72 m³/s no Bacajaí.

continua

SEÇÃO	Dist		Qx = 2.000 m ³ /s		Qx = 4.000 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
10	46883	90,51	0,42	0,1	90,51	0,42	0,1
9	42365	90,02	0,85	0,12	90,02	0,85	0,12
8	33622	87,62	0,95	0,21	87,62	0,95	0,21
7	28883	86,24	0,93	0,22	86,24	0,93	0,22
6	23742	84,59	0,94	0,19	84,59	0,94	0,19
5	20076	83,4	0,8	0,16	83,4	0,8	0,16
4	15086	82,05	0,72	0,15	82,05	0,72	0,15
3	10038	80,74	0,75	0,16	80,74	0,75	0,16
2	4349	79,21	0,68	0,15	79,23	0,68	0,15
1	0	77,2	1,43	0,41	77,6	1,08	0,27

Obs.: Qx – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-77
Cenário 2 – Vazão de 72 m³/s no Bacajaí

SEÇÃO	conclusão						
	Dist		Q _x = 7.851 m ³ /s			Q _x = 23.414 m ³ /s	
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
10	46883	90,51	0,42	0,1	90,51	0,42	0,1
9	42365	90,02	0,85	0,12	90,02	0,85	0,12
8	33622	87,62	0,95	0,21	87,62	0,95	0,21
7	28883	86,24	0,93	0,22	86,24	0,93	0,22
6	23742	84,59	0,94	0,19	84,6	0,94	0,19
5	20076	83,4	0,8	0,16	83,44	0,78	0,16
4	15086	82,05	0,72	0,15	82,27	0,66	0,13
3	10038	80,75	0,75	0,16	81,55	0,54	0,13
2	4349	79,32	0,65	0,14	81,29	0,23	0,02
1	0	78,3	0,76	0,16	81,2	0,27	0,03

Obs.: Q_x – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-78
Cenário 3 – Vazão de 72 m³/s no Bacajaí.

SEÇÃO	continua						
	Dist		Q _x = 1.300 m ³ /s			Q _x = 1.800 m ³ /s	
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)	
10	46883	87,79	0,18	0,11	87,79	0,18	0,11
9	42365	86,97	0,29	0,13	86,97	0,29	0,13
8	33622	84,78	0,27	0,12	84,78	0,27	0,12
7	28883	83,6	0,26	0,12	83,6	0,26	0,12
6	23742	82,32	0,25	0,13	82,32	0,25	0,13
5	20076	81,37	0,22	0,12	81,37	0,22	0,12
4	15086	80,13	0,21	0,12	80,13	0,21	0,12
3	10038	78,9	0,21	0,12	78,9	0,21	0,12
2	4349	77,49	0,2	0,12	77,49	0,2	0,12
1	0	77,1	0,07	0,02	77,2	0,06	0,02

Obs.: Q_x – Vazão no rio Xingu

TABELA 7.7.2-78
Cenário 3 – Vazão de 72 m³/s no Bacajaí (continuação).

SEÇÃO	Dist		Q _x = 4.000 m ³ /s			Q _x = 7.851 m ³ /s		
	Acum.	N.A.	Vel	Froude	N.A.	Vel	Froude	
	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(m/s)		
10	46883	87,79	0,18	0,11	87,79	0,18	0,11	
9	42365	86,97	0,29	0,13	86,97	0,29	0,13	
8	33622	84,78	0,27	0,12	84,78	0,27	0,12	
7	28883	83,6	0,26	0,12	83,6	0,26	0,12	
6	23742	82,32	0,25	0,13	82,32	0,25	0,13	
5	20076	81,37	0,22	0,12	81,37	0,22	0,12	
4	15086	80,13	0,21	0,12	80,13	0,21	0,12	
3	10038	78,9	0,21	0,12	78,9	0,21	0,12	
2	4349	77,68	0,12	0,06	78,33	0,05	0,02	
1	0	77,6	0,04	0,01	78,3	0,03	0,01	

Obs.: Q_x – Vazão no rio Xingu

f.3) Conclusões

- **Cenário 1 – Bacajaí – Vazão de 136 m³/s (Máx. Média Mensal – Março)**

Para esta vazão a influência da CMA (23.414 m³/s) do Xingu no Bacajaí se manifesta em um trecho de 10 km da Foz. Para a MLT (7.851 m³/s) a influência é de aproximadamente 2 km. No caso de vazões entre 2.500 m³/s e 1.500 m³/s, o rio Xingu não influencia os níveis do rio Bacajaí.

- **Cenário 2 – Bacajaí – Vazão de 72 m³/s (Média Mensal – Abril)**

Na CMA do Xingu verifica-se um pequeno aumento da influência no Bacajaí, em relação ao Cenário 1, passando para 15 km. Para a MLT a influência é 5 km. Para as vazões de 2.000 m³/s e 4.000 m³/s a influência pode ser notada em um trecho de aproximadamente 3 km.

- **Cenário 3 – Bacajaí – Vazão de 3 m³/s (Min. Média Mensal – Maio)**

Conforme se observa no **GRÁFICO 7.7.2-92** os níveis d'água no rio Bacajaí refletem os níveis do rio Xingu. A influência do rio Xingu no rio Bacajaí atingem a: 9 km (7.851 m³/s); 7 km (4.000 m³/s); e 5 km (vazões de 1.300 m³/s e 1.800 m³/s).

7.7.2.5 Transporte de Sedimentos pelo rio Xingu na AID

7.7.2.5.1 Introdução

A implantação de uma barragem constitui na rede de drenagem em que foi introduzido, um nível de base local e uma barreira que interrompe o fluxo normal das águas, diminuindo a sua velocidade e conseqüentemente sua capacidade de transporte de sedimentos. Assim, todo o aporte de sedimentos transportado por arraste no fundo dos canais, chega ao reservatório e nele se deposita, juntamente com uma parcela de material em suspensão.

Este volume de material depende entre outros fatores, da extensão da bacia de captação, formas de relevo, tipos litológicos, formas e uso do solo e a conseqüente taxa de erosão, regime climático e pluviométrico, regime de operação do reservatório, suas dimensões e geometria, natureza do material transportado, etc. Deste modo torna-se claro que a questão do assoreamento de um reservatório deve ser abordado a um nível de bacia hidrográfica que o contém.

7.7.2.5.2 Taxa de Aumento na Produção de Sedimentos

A descarga sólida de um rio é muito variável, dependente de vários fatores. As medidas instantâneas mostram que os valores podem variar de 1 a 100 ou mais vezes em relação a uma mesma descarga líquida. A longo prazo tem-se constatado que a produção de sedimento (ou descarga sólida específica) vai aumentando com o tempo pela ação do homem, na maioria das vezes.

O estudo do aumento do transporte de sedimentos foi realizado com base nas medições de descargas sólidas e líquidas realizadas em Altamira e na série de vazões médias mensais observadas no mesmo posto. As medições foram separadas em dois grupos, o primeiro com as medições de 1979 num total de 30 medições e o segundo a partir de 1987 até 1989, com 86 medições efetuadas.

Como as medições da primeira campanha divergiram dos valores encontrados na segunda campanha, e levando em conta que os procedimentos de coleta foram distintos, optou-se por utilizar somente as 86 medições da segunda campanha iniciada em 1987.

7.7.2.5.3 Curva-Chave de Sedimentos em Altamira

A primeira avaliação efetuada referiu-se a validação da curva chave de sedimentos definida naquela época, conforme apresentado no **GRÁFICO 7.7.2-95**.

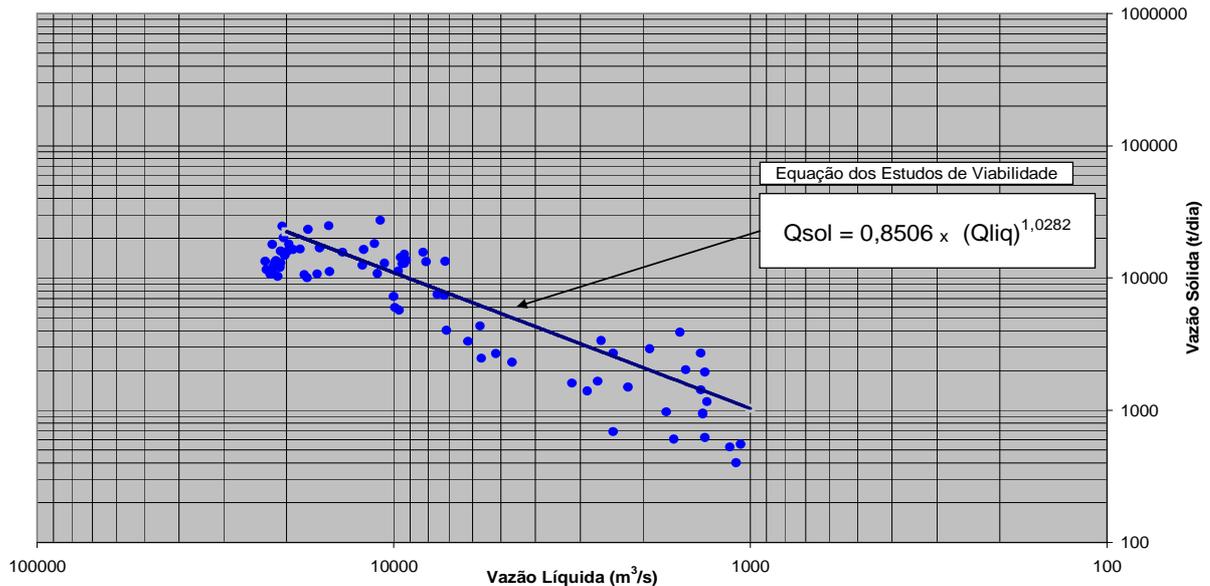


GRÁFICO 7.7.2-95 – Curva Chave de Sedimentos – Posto: Altamira

Conforme pode-se observar, a equação definida naquela época continua válida, já que não foram desenvolvidas novas campanhas de medições de descargas líquidas e sólidas no período mais recente.

Apesar de terem sido coletadas amostra do material de fundo, optou-se por adotar um percentual sobre o valor da descarga sólida em suspensão, assumindo-se o valor 30% correspondente ao transporte sólido não medido.

7.7.2.5.4 Avaliação do Assoreamento do Reservatório

Com base na equação da curva chave e na série de vazões do posto de Altamira, obteve-se a descarga sólida média diária afluyente igual a 8.702 t/dia.

O deflúvio sólido médio anual afluyente é igual a:

$$D_{st} = 8.702 \times 365 = 3.176.230 \text{ t/ano.}$$

A partir das análises granulométricas do material sólido em suspensão, baseadas nas medições do período 1987 a 1989, definiram-se como porcentagens de argila, silte e areia os valores 41%, 54% e 5%, respectivamente.

O peso específico aparente do sedimento, ao longo do tempo foi calculado segundo as equações abaixo (Lara e Pemberton segundo apresentado por Strand,1974):

$$\begin{aligned} \gamma_i &= W_c * P_c + W_m * P_m + W_s * P_s \\ K &= K_c * P_c + K_m * P_m + K_s * P_s \\ \gamma_T &= \gamma_i + 0,4343 * K [T/T-1 * \ln(T) - 1] \end{aligned}$$

Onde:

γ_i – peso específico aparente inicial (t/m^3);

W_c , W_m e W_s – coeficientes de compactação de argila, silte e areia, obtidos segundo o tipo de operação do reservatório, **TABELA 7.7.2-79** e **TABELA 7.7.2-80**;

K – constante que depende da granulometria do sedimento e obtida com base no tipo de operação do reservatório, **TABELA 7.7.2-79** e **TABELA 7.7.2-80**;

P_c , P_m e P_s – percentagens de argila, silte e areia do sedimento total afluente;

γ_T – peso específico aparente em T anos (t/m^3);

T – tempo de compactação do sedimento depositado (anos).

TABELA 7.7.2-79
Tipos de Operação de Reservatório (Strand,1974)

Tipo	Operação do Reservatório
1	Sedimentos sempre ou quase sempre submersos
2	Depleção do reservatório de pequena a média
3	Reservatório normalmente vazio
4	Sedimentos do leito do rio

TABELA 7.7.2-80
Constantes W e K para Cálculo de Peso Específico Aparente (Strand,1974)

Tipo de Operação	Argila		Silte		Areia	+
	W_c	K_c	W_m	K_m	W_s	K_s
1	0,416	0,2563	1,121	0,0913	1,554	0,0
2	0,561	0,1346	1,137	0,0288	1,554	0,0
3	0,641	0,0	1,153	0,0	1,554	0,0
4	0,961	0,0	1,169	0,0	1,554	0,0

O cálculo do valor do peso específico aparente depende do tipo de operação do reservatório, segundo os critérios de Lara e Pemberton, apresentados na **TABELA 7.7.2-79**.

Para o CHE Belo Monte, estabeleceu-se que a operação do seu reservatório será do tipo 1, uma vez que seus sedimentos estarão sempre submersos.

Para o CHE Belo Monte foi encontrado para o peso específico aparente inicial o valor de $0,854 t/m^3$, e para a constante K o valor de 0,154.

7.7.2.5.5 Taxa de Produção de Sedimentos

A descarga sólida de um rio é muito variável, dependente de vários fatores. As medidas instantâneas mostram que os valores podem variar de 1 a 100 ou mais vezes em relação a uma mesma descarga líquida. A longo prazo tem-se constatado que a produção de sedimentos (ou descarga líquida específica) vai aumentando com o tempo pela ação do homem, na maioria das vezes.

Por conta da ação antrópica, a ELETROBRÁS recomenda considerar para estudos de aproveitamentos hidrelétricos, um deflúvio sólido médio igual ao dobro do valor calculado. No presente trabalho foi adotado conservadoramente o valor 2,5 que corresponde à previsão de que a taxa de crescimento da vazão sólida persista ao longo de 16 anos.

7.7.2.5.6 Metodologia

De acordo com o arranjo da CHE Belo Monte, identifica-se a presença de um volume de reservação a montante dos canais cujo remanso resulta em seu prolongamento em direção à cidade de Altamira. A jusante é limitado pelos canais que conduzem a vazão para a tomada d'água e pelo vertedor principal. A cota do fundo dos canais é de 85,00 m, a soleira do vertedor principal fica na cota 80,00 m e da tomada d'água na cota 65,00 m. A cota de fundo é de 65,00 m no reservatório de montante e de 37,00 m no reservatório de jusante.

Durante a operação da usina, a vazão chega a sua totalidade ao reservatório de montante. A maior parte dessa vazão é derivada pelos canais de acesso ao trecho de jusante onde se encontram as tomadas d'água.

7.7.2.5.7 Partição de Vazões

Utilizando-se do resultado de simulações que estudaram a vazão a ser derivada para jusante para atendimento de exigências ambientais, estima-se que o engolimento corresponde a aproximadamente 70% da vazão do rio Xingu em Altamira, enquanto que 30% será vertido para a calha natural do rio Xingu. A partição das vazões avaliada, dessa forma, foi utilizada em conjunto com a abordagem metodológica para estimativa da vida útil do reservatório.

7.7.2.5.8 Abordagem Metodológica

Para a Tomada d'Água Principal, foram adotadas duas abordagens para avaliação da vida útil: uma considerando um reservatório único e, a outra, a existência de dois volumes de reservação interligados pelos canais de derivação. Esta segunda abordagem contemplou ainda duas variantes, a seguir descritas:

- a) Os quantitativos dos sedimentos transportados para o volume de reservação de jusante são função da eficiência de retenção do reservatório de montante e da razão da partição das efluências deste último, que ocorre entre os canais de derivação e o Vertedouro Principal traduzido pela seguinte equação:

$$V_{S_{jus}} = (0,7) \cdot (1-ER_m) \cdot (V_{S_{total}}),$$

Onde:

$V_{S_{jus}}$ - é o volume de sedimentos que chega ao reservatório de jusante;

ER_m - é a eficiência de retenção do reservatório de montante;

$V_{S_{total}}$ - é o volume total de sedimentos no rio Xingu;

- b) Os quantitativos dos sedimentos depositados acima da cota 85,00 m (cota mais elevada do fundo dos Canais de Derivação) no volume de reservação de montante são integralmente transferidos para o volume de reservação de jusante.

Para avaliação do assoreamento nos reservatórios utilizou-se o “método empírico de redução de áreas” desenvolvido por Borland e Miller a partir de levantamentos realizados em diversos reservatórios dos EUA. Este método permite obter a distribuição de sedimentos ao longo do mesmo (distribuição de cotas) e alturas de depósito no pé da barragem.

Os dados básicos para avaliação do assoreamento são os níveis e volumes característicos do reservatório, as curvas cota x área e cota x volume, os valores de descarga sólida média, o peso específico aparente médio dos depósitos e a eficiência de retenção de sedimentos, além da taxa de aumento anual na produção de sedimentos.

Para obtenção dos valores de eficiência de retenção ER, utiliza-se a curva de Brune, apresentada no **GRÁFICO 7.7.2-96** a seguir.

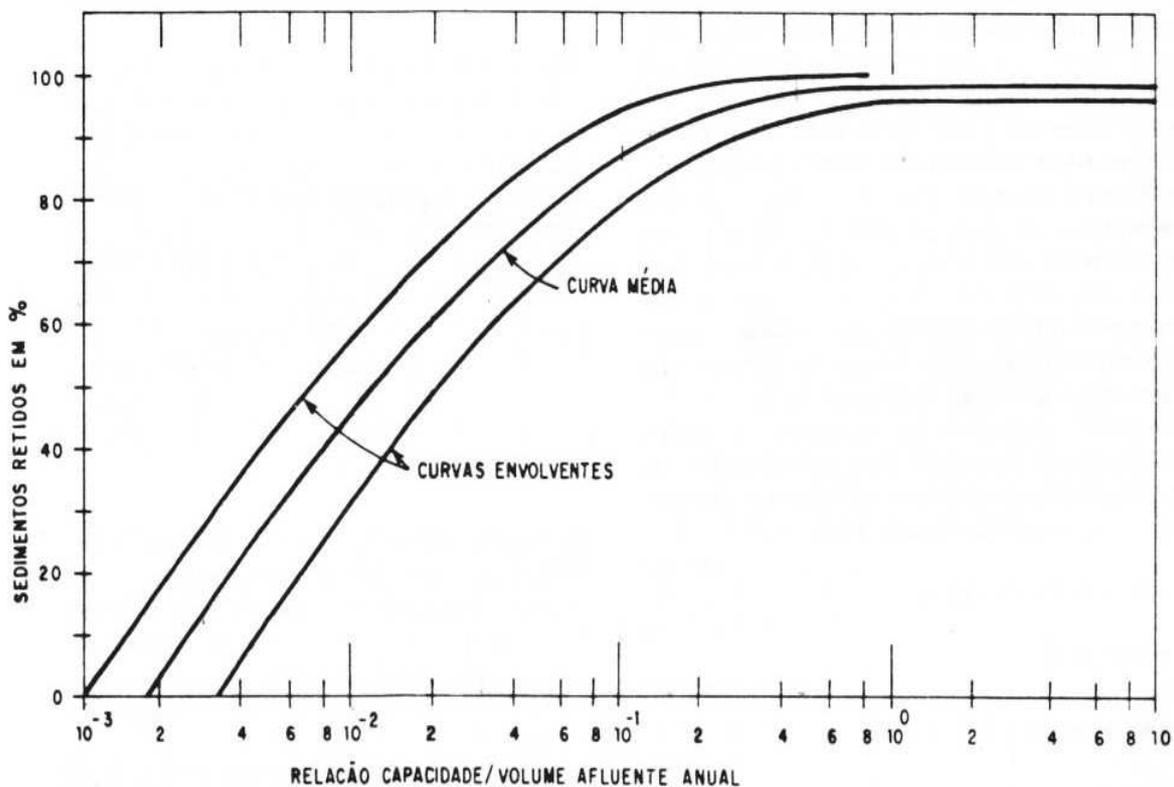


GRÁFICO 7.7.2-96 - Curva de Brune

Os volumes de sedimentação entre áreas foram calculados com base na relação:

$$\Delta V = \frac{A_i + A_{i+1} + \sqrt{A_i \cdot A_{i+1}}}{3} \times \Delta h$$

Onde A_i e A_{i+1} representam áreas de espelho d'água subjacente e ΔV e Δh o incremento de cota e volume respectivamente.

Para o cálculo do volume de sedimentos assoreados ao pé do barramento com aplicação do “método empírico de redução de áreas”, tem-se a necessidade de definir o tipo de reservatórios que serão formados pelo AHE Belo Monte através da curva volume x profundidade do reservatório.

A classificação dos reservatórios do AHE Belo Monte com base na curva cota x volume determina os reservatórios como do tipo I – sedimento sempre ou quase sempre submerso (reservatório de zonas planas), conforme apresentado no **GRÁFICO 7.7.2-97**, seguir:

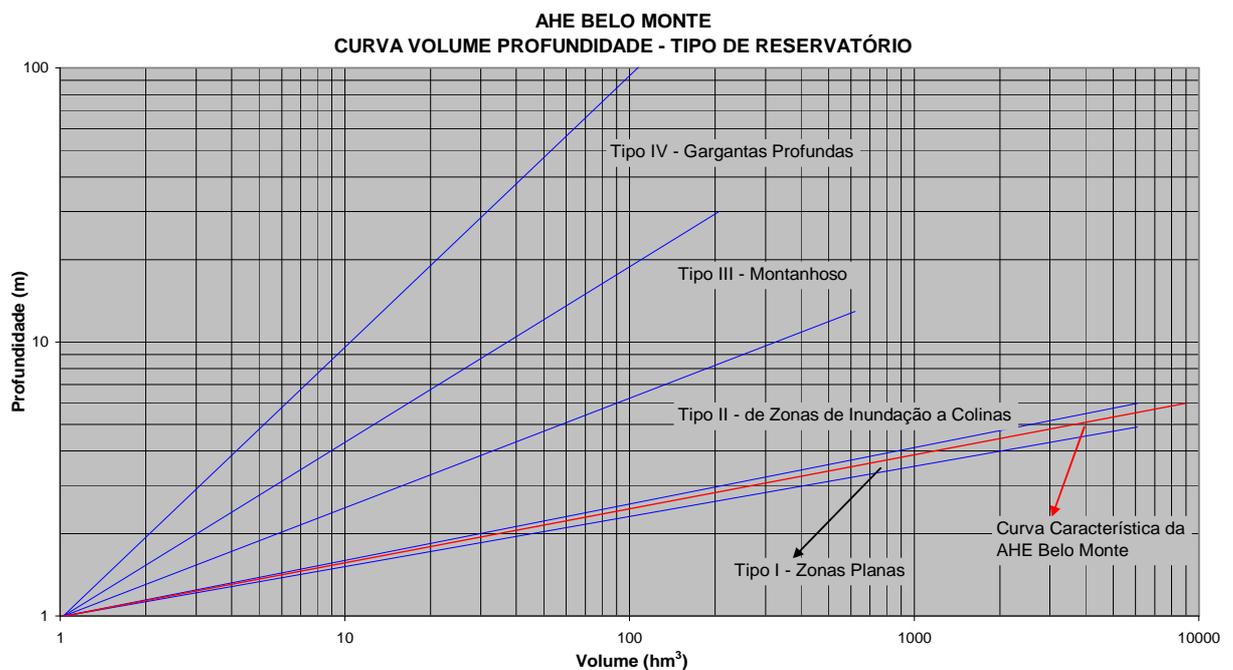


GRÁFICO 7.7.2-97 - Curva Volume versus Profundidade – Tipo de Reservatório

Foram calculadas as parcelas de sedimentos que se depositam no pé dos barramentos e suas respectivas cotas alcançadas após n anos de operação, para as diferentes hipóteses admitidas, segundo a metodologia desenvolvida por Borland e Miller.

Para tal foram plotadas as curvas de profundidade relativa versus profundidade h_p para cada cenário estudado, além da curva representativa do reservatório Tipo I.

A cota que o assoreamento atinge no pé do barramento em cada horizonte de operação é obtida pelo produto da profundidade relativa dada pela interseção entre a curva profundidade

relativa versus profundidade h_p e a curva relativa ao reservatório pela altura da soleira da tomada d'água.

Na **TABELA 7.7.2-81**, a seguir resumem-se os resultados dos vários casos estudados.

TABELA 7.7.2-81
Tempo de Assoreamento

Ca so	Descrição	Sigla	Tempo Assorea- mento (anos)	ER %	Yaparente (t/m ³)	Volume de Sedimentos Depositado no Reserv. (10 ⁶ . m ³)	Acima da Cota 85,00m (m ³)	Cota de Soleira (m)
1	Reservatório Total.	Rt	180	53	1,136	664,075	-	65,0
2a	Rm: Sedimentos Transportados para o Rj proporç. à Efic. de Retenção do Rm e à partição de vazões nos canais e Vert. Principal.	Rm	513	40	1,205	1.346,30	-	85,0
		Rj		45	1,205	636,12	-	65,0
2b	Sedimentos acima da cota 80,00 m no Rm transferido para o Rj .	Rm	248	53	1,157	898,27	636,36	82,5
		Rj		-	-	636,36	-	65,0

Todos os casos analisados levaram os tempos de vida útil bem acima dos 100 anos que é o recomendado pela ELETROBRÁS.

No presente estudo adotou-se o valor 248 anos que é representado pelo *caso 2b* da tabela acima.

7.7.2.5.9 Avaliação da Distribuição dos Sedimentos

Para avaliação da distribuição de sedimentos no reservatório principal, a partir da metodologia de Borland e Miller, utilizou-se o software denominado "DPOSIT" disponível na publicação Hidrosedimentologia Prática, 2ª edição, por Newton de Oliveira Carvalho, 2008.

Para o processamento dos dados, o programa requer a inserção da curva Cota x Área x Volume original do reservatório (vide

GRÁFICO 7.7.2-98), bem como o volume de sedimentos depositado a cada passo de tempo a ser modelado, além do NA máximo normal.

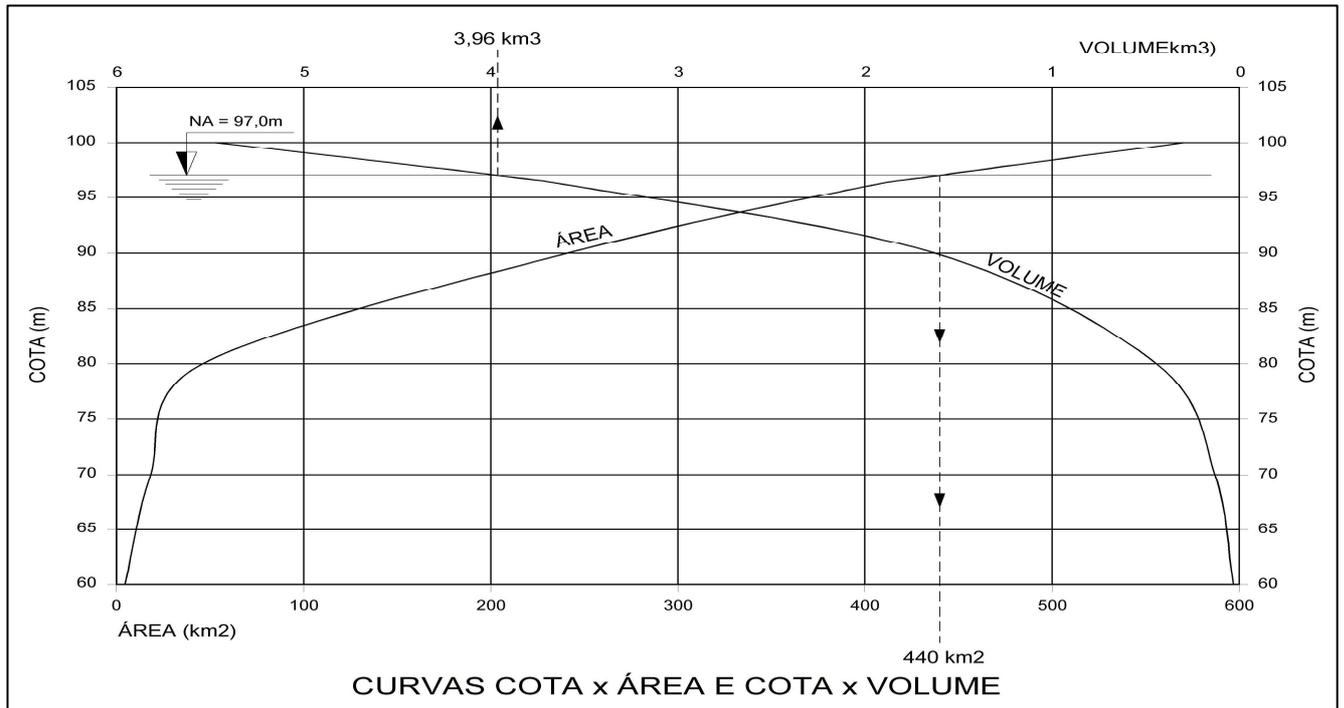


GRÁFICO 7.7.2-98 - Curvas Cota x Área x Volume

7.7.2.5.10 Resultados

A partir da simulação efetuada, pode-se avaliar a alteração das curvas Cota x Área x Volume nos horizontes de 50 e 100 anos, conforme apresentado no GRÁFICO 7.7.2-99.

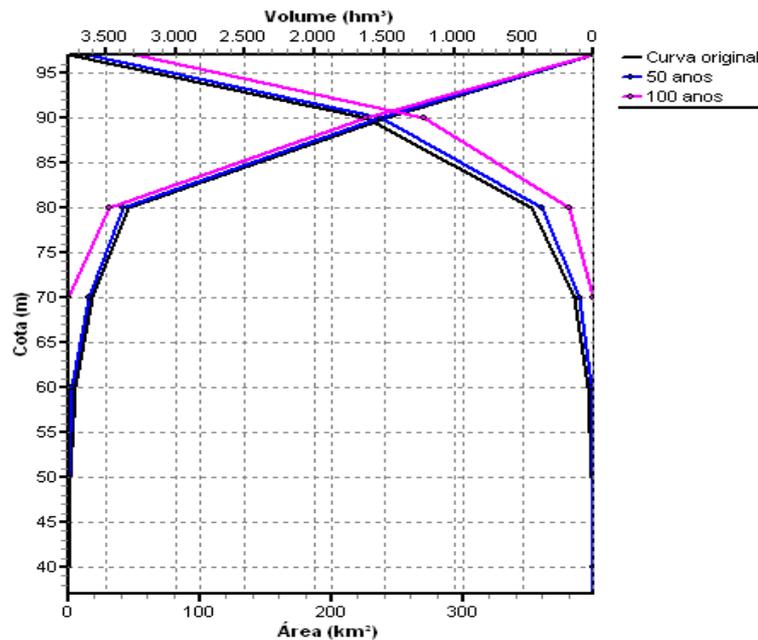


GRÁFICO 7.7.2-99 - Novas Curvas Cota x Área x Volume

O traçado de novas curvas cota x área x volume representa a condição do cálculo efetuado do sedimento depositado em 50 e 100 anos e a provável distribuição dos sedimentos no reservatório principal.

Vê-se que a área do espelho d'água nas diversas cotas e volumes pouco mudará no horizonte de 50 anos, já para 100 anos nota-se que os volumes tendem a apresentar modificação na capacidade do reservatório, mesmo acima do nível mínimo de operação.

7.7.2.5.11 Bacia do Xingu na Região Amazônica

O valor calculado como Vida Útil do Aproveitamento, 248 anos, mostra que a bacia do rio Xingu apresenta baixas taxas de transporte de sedimentos. No posto Altamira onde a ANA realizou 59 medições de descargas sólidas (sólidos em suspensão), as taxas variam de 0,07 mg/l a 139,2 mg/l, ficando o valor médio entorno de 20,6 mg/l.

Efetuando uma comparação com outras bacias da região amazônica, cuja situação assemelha-se a bacia do rio Xingu (sem aproveitamentos implantados), conforme apresentado no **GRÁFICO 7.7.2-100**, verifica-se que a bacia do Xingu é a de menor taxa de sedimentos transportado, o que mostra que esta característica física da bacia não é um complicador para a operação de UHE Belo Monte.

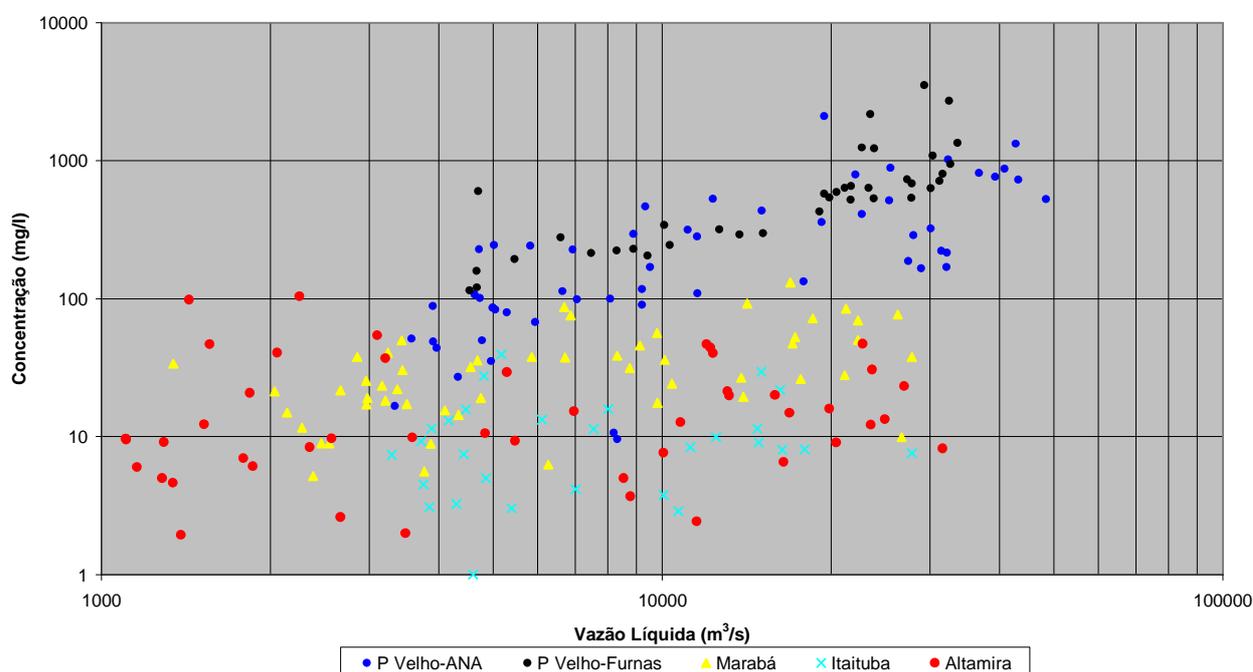


GRÁFICO 7.7.2-100 - Transporte de Sedimentos - Bacias da Região Amazônica

7.7.2.6 Lagoas Marginais e Insulares

7.7.2.6.1 Introdução

As lagoas e áreas de inundação que se formam tanto nas ilhas quanto nas margens do rio Xingu, nos trechos a montante e a jusante da barragem do Sítio Pimental, são importantes para a dinâmica regional, principalmente para as espécies vinculadas ao rio.

TUNDISI (2008) afirma que o sistema lacustre como unidade interage efetivamente com a bacia hidrográfica e recebe, diretamente, as influências que se desenvolvem no seu entorno. Portanto, parte-se do pressuposto que as lagoas em estudo possuem as suas dinâmicas de enchimento e esvaziamento anuais diretamente ligadas à do rio Xingu.

Com o objetivo de caracterizar a dinâmica das lagoas insulares e/ou marginais, a jusante e a montante do barramento do rio Xingu, que possam ter sua função biológica alterada pela formação do reservatório do AHE Belo Monte, foi desenvolvida uma campanha de reconhecimento das lagoas da AID, destinada a descrever o local onde estão inseridas, bem como suas características gerais, seu substrato e a provável dinâmica de enchimento e esvaziamento.

7.7.2.6.2. Elaboração do Mapa de Lagoas na AID

As lagoas existentes na AID foram inicialmente identificadas com base em mapas e imagens de satélite. Na vazão baixa, para a identificação de lagoas remanescentes e planícies alagadas, foram utilizadas bases aerofotogramétricas, nas escalas 1:25.000 e 1:10.000, associadas às vazões mais baixas.

Já para a identificação das lagoas em processo de enchimento no período de vazão média, foram utilizadas imagens do satélite Cbers associadas à vazão média, de 7.500 m³/s.

O cruzamento dos dados anteriores gerou um mapa temático com a seguinte classificação das lagoas:

a) Na baixa vazão:

- lagoas nos pedrais;
- lagoa na planície de inundação nas ilhas;
- lagoas na planície de inundação nas margens;
- lagoas na terra firme; e
- represas e açudes na terra firme.

b) Na média vazão:

- lagoas e planícies de inundação nas ilhas;
- lagoas na planície de inundação nas margens; e

- represas e açudes na terra firme.

Este mapa temático foi utilizado como base para os levantamentos de campo. As informações obtidas em campo permitiram a consolidação do Mapa das Lagoas Marginais e Insulares da AID (**Desenho 6365-EIA-DE-G91-034**).

7.7.2.6.3 Levantamentos de Campo

O reconhecimento de campo foi realizado na época de estiagem, entre os dias 26 de novembro e 04 de dezembro de 2008, com o objetivo de melhor visualizar as conexões das lagoas com o rio. Primeiramente foram identificados os postos onde estão localizadas as réguas de identificação limnimétrica do nível d'água dos rios Xingu e na foz do rio Bacajá, para depois, a cada dia, serem visitadas as lagoas para o reconhecimento.

a) Condições hidrológicas - leitura de nível d'água

O ciclo hidrológico do rio Xingu participa do regime de chuva da região central do Brasil e da região amazônica, onde mínimo de vazão ocorre nos meses de setembro e outubro, e a máxima entre março e abril. Nos meses de estiagem, com o baixo volume de água, surgem os pedrais e as praias de areia por toda extensão do rio e à medida que aumentam as chuvas, começa a aumentar o volume de água na calha do rio, que inunda, primeiro, as partes mais baixas das margens e ilhas, e depois as planícies de inundação, em boa parte florestadas. Nos meses de verão, portanto, é quando se formam as lagoas, que com as chuvas dos meses seguintes, se conectam com o rio e escoam as águas dantes paradas.

Assim, conforme já apresentado no item 7.7.2.2., com base na série diária de cotas e vazões da ANA (Agência Nacional de Águas) para o posto de Altamira, pode ser destacado:

- no dia 17/03/1980 a maior vazão – 32.330m³/s;
- no dia 20/09/2003 a menor vazão – 365m³/s;
- a cheia média anual – 23.414m³/s;
- a média da vazão mínima anual – 1.017m³/seg.
- a variação na régua foi de 2,00m a 8,86m.

Para registro das condições hidrológicas durante os trabalhos de campo, foram utilizados os postos Altamira (localizado próximo à sede municipal), Cana Verde I (localizado em seção próxima da futura barragem) e a seção do rio Xingu próximo ao rio Bacajá, que é o principal afluente do Xingu no trecho estudado.

A leitura da régua limnimétrica de Altamira foi feita nos dias 27 e 28/11 e 01 a 03/12, sendo que nos últimos dias as leituras foram feitas no período da manhã e da tarde. Nos dias 29 e 30/11 foram feitas somente leituras das réguas localizadas no rio Bacajá e em Cana Verde. (**TABELA 7.7.2- 82**)

TABELA 7.7.2- 82
Leitura da régua por dia, localidade e horário

Localidade	Data	Horário	Leitura da Régua	Cota
			metros	
Altamira	27/11	08h44	2,82	93,23
Altamira	28/11	08h22	2,90	93,31
Foz do Bacajá		12h42	1,32	71,32
Cana Verde	29/12	8h16	1,80	84,30
Altamira	30/12	-	2,90	93,31
Altamira	1/12	08h09	3,10	93,51
		18h00	3,16	93,57
Altamira	2/12	07h38	3,22	93,63
		17h50	3,26	93,67
Altamira	3/12	08h05	3,34	93,75
		15h54	3,38	93,79

A variação do nível da água, na régua limnimétrica de Altamira, nos dias de observação, foi de aproximadamente 0,55cm.

A partir da curva chave em Altamira, pode-se estimar que a vazão na cota 93,2m (primeira medida) era de 2.000m³/s, aproximadamente. Assim, na última medição, a cota era de 93,79m com vazão aproximada de 4.000m³/s. Houve, portanto, um aumento de aproximadamente 2.000m³/s em nove dias, principalmente a partir do dia 1/12. Este aumento de vazão é característico deste período de início de cheia. Nos nove dias de campo houve ocorrência de chuva apenas na manhã do penúltimo dia.

7.7.2.6.4 Caracterização das Lagoas

Foram inspecionadas 22 lagoas, sendo 13 insulares e 9 localizadas nas margens do rio Xingu. Deste conjunto de lagoas, 5 estão localizadas a jusante do barramento do Sítio Pimental e 17 a montante. Todas as lagoas inspecionadas apresentavam canais de comunicação com o rio Xingu. No **QUADRO 7.7.2- 3** são apresentadas as características principais das lagoas inspecionadas e no **Apêndice 7.7.2-15 (Volume 12)** são detalhadas as informações sobre essas lagoas e suas áreas de entorno, sendo também apresentado o registro fotográfico.

Nas margens das lagoas ocorrem tanto solos aluvionares (argila siltosa, siltosa pouco arenosa, argila arenosa, cinza clara a preto), como solos de alteração de rocha (argila siltosa pouco arenosa, areia fina siltosa pouco argilosa e argilosa, marrom amarelado, avermelhado, esbranquiçado).

O fundo das lagoas é formado por solos argilosos, e pela característica impermeável deste material, dita a dinâmica de esvaziamento e cheia das lagoas, que se dá, exclusivamente, pela influência do rio Xingu e seus afluentes através dos canais e áreas de interconexão.

A barragem tornará constante o nível d'água na cota 97,0m, inundando permanentemente grande parte das ilhas, e, conseqüentemente, das lagoas, no trecho do reservatório (a montante da barragem do Sítio Pimental).

As lagoas situadas a jusante da futura barragem do Sítio Pimental ficarão, pelo contrário, sujeitas a vazões reduzidas e somente serão cheias quando da ocorrência de enchentes excepcionais, de acordo com as regras para a restituição de vazões a jusante da barragem do Sítio Pimental.

QUADRO 7.7.2- 3

Lagoas marginais e insulares inspecionadas

continua

Lagoas a Jusante do Barramento do Sítio Pimental			
Localização	Coordenadas	Identificação no Mapa	Características da Lagoa
Lagoa da Ilha do Bananal	N 9.605.820, E 400.102	Ponto 20	Lâmina d'água com aproximadamente 1,5m de profundidade, podendo atingir entre 6,0 a 7,0m de profundidade na época de cheia. Água turva. Substrato composto por Aluvião (argila siltosa pouco arenosa, com detritos vegetais e matéria orgânica, marrom escura). Possui dois canais de comunicação com o rio.
Lagoa da Ilha Felipe Costa	N 9.602.430, E 407.024	Ponto 21	Lâmina d'água com espessura aproximada de 2,5m, chegando a atingir 6,0m na época da cheia. Lagoa de água límpida. Substrato composto por Aluvião (argila siltosa pouco arenosa com detritos vegetais e matéria orgânica, preta). Canal de comunicação com o rio pouco profundo e pouco extenso.
Lagoa da Ilha Pimental (1)	N 9.620.905, E 397.610	Ponto 22	Lâmina d'água com espessura aproximada de 1,5m, chegando a atingir 6,0m na cheia. Forma alongada, extensa e estreita; água turva e eutrofizada. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa com detritos vegetais e matéria orgânica, cinza escuro. Canal de comunicação com o rio de média profundidade e pouco extenso.
Lagoa da Ilha da Taboca	N 9.624.640, E 395.380.	Ponto 23	Profundidade de 1,5m, chegando a atingir 3,0m na cheia; água turva; utilizada para a dessedentação dos animais. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa com detritos vegetais e pouca matéria orgânica, cinza escura. Dois canais de comunicação pouco profundos.
Lagoa da Ilha Pimental (2)	N 9.616.210, E 395.860	Ponto 24	Profundidade da aproximadamente 3,0m, chegando a atingir 7,0m na cheia; água límpida; foi notada presença de peixes. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cor preta. Canal de comunicação principal se ramifica em aproximadamente seis, todos de profundidade de media a alta.

QUADRO 7.7.2-3

Lagoas marginais e insulares inspecionadas

continuação

Lagoas a Montante do Barramento do Sítio Pimental			
Localização	Coordenadas	Identificação no Mapa	Características da Lagoa
Lagoa da Ilha Arapujá	9644840 N e 368403E	Ponto 30	Profundidade de aproximadamente 2,40m, chegando a atingir 6,0m na cheia; apresenta grande extensão e está próxima à borda da ilha, pouco profunda, notada a presença de peixes; características de eutrofização. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cor preta. Canais de comunicação de média profundidade, pouco extenso.
Lagoa do Machadinho	9632087N e 361417E	Ponto 33	Profundidade de aproximadamente 1,0m, chegando a atingir 2,5m nas cheias; água turva; eutrofizada; notada pouca presença de peixes e répteis. Substrato constituído por aluvião (argila siltosa pouco arenosa a arenosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cinza escuro a claro. Canal de comunicação pouco profundo.
Lagoa Redonda	9628598N e 361470E	Ponto 34	Profundidade de aproximadamente 1,5m, chegando a atingir 4,0m na cheia; água turva; notada presença de peixes e répteis. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cinza escura a preta. Canal de comunicação de largura e profundidade média.
Lagoa do Velhaco	9628884N e 364207E	Ponto 35	Profundidade de aproximadamente 1,5m, chegando a atingir 2,5m nas cheias; presença de eutrofização, fauna escassa. Substrato aluvionar: 0-0,20m – argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cinza escuro; abaixo de 0,20m – argila siltosa pouco arenosa, cinza escuro. Canal de comunicação raso e pouco extenso.

QUADRO 7.7.2-3

Lagoas marginais e insulares inspecionadas

continuação

Lagoas a Montante do Barramento do Sítio Pimental			
Localização	Coordenadas	Identificação no Mapa	Características da Lagoa
Lagoa do Deo	9627448N e 361490E	Ponto 36	Profundidade de aproximadamente 0,50m, chegando a atingir 3,0m e conecta-se com outras lagoas do entorno formando uma grande área alagada; notada presença de peixes e répteis. Substrato constituído por argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cor preta. Canal de comunicação não visível, mas aparentemente trata-se de uma grande planície de alagamento.
Lagoa da Ilha Urubuquara	9604123N e 344794E	Ponto 40	Profundidade de aproximadamente 2,0m, chegando a atingir 6,0m; água límpida; fauna abundante; presença de blocos de rocha no interior da lagoa. Substrato aluvionar: 0-0,30m – argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, cor cinza escura; (baixo de 0,30m – argila siltosa, cor cinza clara. Possui três canais de comunicação profundos e extensos.
Lagoa da Ilha Grande	9604650N e 350215E	Ponto 41	Profundidade de aproximadamente 1,5m, chegando a atingir 3,0m; apresenta sinais de eutrofização; notada presença de répteis e peixes. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa com matéria orgânica e detritos vegetais, preta. Canal de comunicação único e pouco profundo.
Lagoa da Ilha do Valmir	9612948N e 355610E	Ponto 42	Profundidade de aproximadamente 2,0m, chegando a atingir 3,0m; água limpa, profunda, notada pouca presença de fauna; presença de blocos de rocha. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa com pouca matéria orgânica, cor cinza. Canal de comunicação extenso e profundo.
Lagoa da Ilha da Estrela da Manhã	9614963N e 360446E	Ponto 44	Seca durante a visita; profundidade pode atingir 1,5m. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa, cor cinza claro. Canal de comunicação com profundidade média.

QUADRO 7.7.2-3
Lagoas marginais e insulares inspecionadas

continuação

Lagoas a Montante do Barramento do Sítio Pimental			
Localização	Coordenadas	Identificação no Mapa	Características da Lagoa
Lagoa Gorgulho da Rita	9633650N e 368940E	Ponto 45	Seca no momento da visita; profundidade pode atingir 3,5m; lagoa natural, longe aproximadamente 300 metros do rio, foi dividida em duas por um aterro feito para a construção de uma estrada vicinal. Canal de comunicação pouco profundo, mas bastante extenso.
Lagoa na margem direita do rio Xingu a jusante da ilha Tapiranga (1)	9622040N e 365868E	Ponto 46	Profundidade de aproximadamente 1,0m, chegando a atingir 3,0m; presença em toda sua extensão de gramíneas e aningas; usada para a dessedentação do gado. Substrato aluvionar constituído por argila arenosa (areia fina), com detritos vegetais e matéria orgânica, cor cinza escura a preta. Além da comunicação direta com o rio, a lagoa possui comunicação com outras lagoas próximas (pequena planície de inundação próxima à margem do rio).
Lagoa na margem direita do rio Xingu a jusante da ilha Tapiranga (2)	9621150N e 364810E	Ponto 47	Profundidade de aproximadamente 1,0m, chegando a atingir 3,0m; presença em toda sua extensão de gramíneas e aningas (<i>Montrichardia linifera</i>); usada para a dessedentação do gado. Além da comunicação direta com o rio, a lagoa possui comunicação com outras lagoas próximas (pequena planície de inundação próxima à margem do rio).
Lagoa do Valdir	9621140N e 364410E	Ponto 48	Profundidade de aproximadamente 1,0m, chegando a atingir 2,0m; água bastante turva; não sendo possível notar a presença de fauna. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa, com detritos vegetais, cor cinza. Canal de comunicação extenso, caracterizado por uma planície de inundação.

QUADRO 7.7.2-3

Lagoas marginais e insulares inspecionadas

conclusão

Lagoas a Montante do Barramento do Sítio Pimental			
Localização	Coordenadas	Identificação no Mapa	Características da Lagoa
Lagoa do Maradona	9620010N e 363963E	Ponto 49	Profundidade de aproximadamente 0,50m, chegando a atingir 2,0m; no momento da visita caracterizava-se como uma planície encharcada, com pouco mais de 50cm de lâmina d'água; pouco profundo; não foi notada a presença de fauna; presença em toda sua extensão de gramíneas e aningas (<i>Montrichardia linifera</i>). Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa, cor cinza. Canal de comunicação raso, inserido em uma planície de inundação extensa.
Lagoa na margem direita do rio Xingu a montante do igarapé Bom Jardim	9612660N e 360150E	Ponto 50	Profundidade de aproximadamente 1,5m, chegando a atingir 2,5m; pouco profunda; água turva; notada pouca presença de fauna; está em uma planície de inundação. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa com detritos vegetais, cor cinza claro e marrom. Canal de comunicação extenso e pouco profundo.
Lagoa na Ilha Tapiranga (1)	9619301N e 362484E	Ponto 51	Seca no momento da visita, chegando a atingir 2,5m. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa com detritos vegetais e matéria orgânica, cor cinza escuro. Canal de comunicação com profundidade média.
Lagoa na Ilha Tapiranga (2)	9619298N e 362496E	Ponto 52	Seca no momento da visita, chegando a atingir 2,5m. Substrato aluvionar constituído por argila siltosa pouco arenosa com detritos vegetais e matéria orgânica, cor cinza clara. Canal de comunicação de profundidade média.

7.7.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

7.7.3.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

Nos estudos anteriores da CNEC, a abordagem quanto ao tema hidrogeologia restringiu-se à proposição de programa ambiental para o levantamento de algumas seções típicas em trechos de características similares.

Os estudos da UFPA (ELETRONORTE, 2001 – Convênio FADESP/ELETRONORTE) e da ELETRONORTE (2002) apresentam uma caracterização dos sistemas aquíferos identificados. Tal caracterização foi utilizada nos estudos atuais, efetuando-se as complementações necessárias.

Nos trabalhos do EIA da UFPA, foram cadastrados 26 poços na área urbana de Altamira e 86 poços no trecho Altamira-Belo Monte, entre novembro de 2000 e março de 2001, com medidas de profundidade dos níveis d'água. Entretanto, as fichas com os resultados dessas leituras não foram localizadas e como os poços cadastrados não têm identificação no campo, não foi possível a utilização desses dados diretamente nos estudos atuais. Nesse estudo também foram apresentados mapas de localização de poços e mapas de fluxos para a cidade de Altamira, obtidos a partir de medidas de níveis d'água nas campanhas efetuadas. Os dados referem-se a um curto período do ano, necessitando-se de dados referentes a outros períodos do ciclo hidrológico. Além disso, os níveis potenciométricos nos mapas de fluxos não se mostravam consistentes.

Foi apresentado pela UFPA um programa de controle da dinâmica da água subterrânea decorrente da identificação de vários impactos relacionados com a elevação e/ou rebaixamento do lençol freático. Nesse programa ficou caracterizado, porém, que a cota do futuro reservatório não ultrapassará os níveis de cheia do rio Xingu. Avaliou-se que os níveis de água subterrânea em Altamira, após o enchimento do reservatório, deverão ser muito próximos àqueles obtidos na época de cheia máxima do rio, deixando de ser observadas as variações sazonais nesses níveis.

Algumas informações a respeito da qualidade da água subterrânea constam dos estudos realizados pela UFPA (ELETRONORTE, 2001 – Convênio FADESP/ELETRONORTE). São dados relativos a quatro campanhas (novembro de 2001, janeiro, março, maio/junho de 2002) quando foram coletadas amostras em nove poços (tubulares e cacimbas). Dos nove poços, sete estão localizados ao longo da rodovia Transamazônica, que corta a área de leste a oeste, e dois na vicinal 27, que corta a Transamazônica no sentido norte-sul. Nos levantamentos para a caracterização da água subterrânea, foram contempladas apenas algumas variáveis, cujos resultados, máximos e mínimos, extraídos de uma tabela apresentada no EIA RIMA do AHE Belo Monte (ELETRONORTE, 2002), são apresentados no **QUADRO 7.7.3-1**

QUADRO 7.7.3-1

Valores máximos e mínimos de alguns parâmetros obtidos em quatro campanhas sobre águas subterrâneas na região entre Altamira e Belo Monte (ELETRONORTE, 2002).

Parâmetros	Variação
Cor (UN-APHA)	0 - 18
Turbidez (UNT)	0,5 - 74,0
STD (mg/L)	10,0 - 67,2
Resíduo Total (mg/L)	8 - 1028
pH	4,0 - 6,6
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	2,0 - 40,0
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	0,3 - 29,0
Condutividade (µS/cm)	20,9- 118,6
Acidez (mg/L)	2,5 - 40,0
Cloreto (mg/L)	2,3 - 13,0
Ferro Total (mg/L)	0,03 - 0,37
Sílica (mg/L)	0,6 -26,9

O desenvolvimento do tema Hidrogeologia para a AID tem por objetivo avaliar, caracterizar e apresentar a potencialidade dos diversos aquíferos presentes na área de estudo, identificados a partir do mapa geológico apresentado na escala 1:125.000, de forma a complementar a caracterização efetuada no EIA da UFPA. É abordada também a alteração do nível freático com a implantação do reservatório, especialmente na cidade de Altamira, e avaliados os possíveis efeitos dessa elevação sobre fontes de contaminação e instalações de infra-estrutura. É considerada também a qualidade da água subterrânea, em especial do aquífero superficial constituído pelo aluvião.

a) Potencialidade dos Aquíferos

A potencialidade dos aquíferos é avaliada a partir de dados obtidos junto à CPRM, seja quanto aos domínios e subdomínios hidrogeológicos (CPRM, 2007), seja quanto a dados obtidos em pesquisas feitas a partir do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/índice.asp>). Esses levantamentos foram estendidos além da AID e incluíram também a AII do AHE Belo Monte, de forma a se obter uma caracterização mais completa.

Além dos dados obtidos junto à CPRM, a partir do mapa geológico apresentado na escala 1:125.000, foi efetuada a identificação e caracterização dos principais aquíferos presentes na área de estudo, cuja distribuição é apresentada no Mapa Hidrogeológico, na escala 1:200.000, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-018**. Foram também consultadas publicações da ANA, bem como outras referências bibliográficas específicas sobre o tema.

b) Níveis d'Água

Em Altamira foram cadastrados 63 poços e efetuadas três campanhas para medidas de nível d'água em 58 desses poços (5 poços foram cancelados por falta de acesso, não autorização, chumbamento de tampas) e coleta de amostras para análise de qualidade em 9 poços. As campanhas ocorreram no período de 17 a 19/04, 11 e 12/06, 21 e 22/09 de 2007. Medidas de

níveis d'água foram efetuadas também em poços de núcleos de garimpo e ribeirinhos, quando da segunda e terceira campanha, em 23/06 e 24/09/2007.

Todos os poços onde foram efetuadas medidas de nível d'água e feita coleta de amostras para análise de qualidade são poços rasos, a maioria do tipo cacimba ou cisterna, revestidos ou não com tijolos ou manilhas e apenas quatro são do tipo tubular (também rasos), com profundidade de até 15 a 16 m, quando localizados na área dos aluviões e com profundidade de até 28 m, na região dos solos residuais de Diabásio Penatecaua.

A localização dos poços foi feita com o uso de cartas planialtimétricas disponíveis na escala 1:2.000 e suas coordenadas foram determinadas por GPS. Os níveis d'água desses poços foram medidos com pio de apito.

Foram utilizadas fichas que permitem apresentar os resultados de forma sistematizada. Durante as campanhas efetuadas, além das medidas diretas de nível d'água, sempre que possível, foram obtidas as profundidades reais ou as profundidades estimadas dos poços, os materiais e as unidades geológicas atravessadas e ainda, a partir de entrevistas, foram obtidas informações sobre os níveis d'água para os períodos de seca e cheia anuais, bem como para as cheias maiores e notáveis ocorridas na região. Os procedimentos adotados permitiram uma avaliação mais completa do que apenas a simples medida de níveis d'água, como efetuado nos estudos anteriores.

c) **Qualidade da Água Subterrânea**

A qualidade da água subterrânea do aquífero superficial, constituído pelas unidades arenosas do aluvião (captadas por poços rasos), da região de Altamira, foi caracterizada a partir de amostras coletadas nas três campanhas realizadas em abril, junho e setembro de 2007, quando do desenvolvimento da campanha de hidrogeologia. A realização de campanhas em diferentes épocas teve como objetivo detectar as possíveis diferenças na qualidade da água em função das alterações do nível d'água ao longo do ciclo hidrológico.

Foram coletadas amostras em nove poços rasos (um tubular e oito do tipo cacimba ou cisterna), todos situados na região urbana. Desses, dois deles encontram-se localizados em região com características rurais, conforme será mencionado a seguir. Salienta-se que nem todos os poços são totalmente utilizados pela população. Um deles encontra-se completamente em desuso. Três são utilizados exclusivamente para os serviços de limpeza enquanto que os demais são utilizados integralmente, inclusive para o suprimento de água potável.

É importante mencionar que em Altamira há rede de abastecimento de água e que a opção por não utilizar a água dessa rede é atribuída ao custo. Alguns moradores utilizam as águas dos poços somente para a limpeza, visto que há consciência de que a mesma não é apropriada para o consumo. Como não dispõem de abastecimento público, preferem consumir água potável de vizinhos.

c.1) **Pontos de Coleta**

A localização dos pontos de coleta das águas subterrâneas encontra-se esquematizada nos **Desenhos 6365-EIA-DE-G91-019 a 022**, ilustrações estas que também se referem aos níveis piezométricos e às profundidades dos níveis d'água na cidade de Altamira. Dos poços

estudados, nove foram amostrados para a verificação da qualidade da água, a saber: 04, 29, 30, 34, 40, 47, 52, 57, 60.

Os poços localizados mais afastados do centro urbano são os de números 04 e 29. Já o poço 60 encontra-se localizado no cemitério municipal e é do tipo tubular. O **QUADRO 7.7.3-2** mostra a localização, bem como as características desses poços. Os poços, com exceção do número 60, que é tubular, são do tipo cacimba e rasos.

QUADRO 7.7.3-2
Localização dos pontos de coleta

PONTO DE COLETA	COORDENADAS UTM		LOCALIZAÇÃO DO PONTO	PROFUNDIDADE APROX. DO POÇO	CARACTERÍSTICAS
	E	N			
PONTO 34	366870	9646516	RUA ERNESTO ACIOLI 234	4,50	Cisterna Manual Raso
PONTO 40	366361	9646230	RUA ABEL FIGUEIREDO 1095	7,00	Cisterna Manual Raso
PONTO 29	367060	9647934	TRANSAMAZÔNICA COM LIGAÇÃO COM A AV. ANÁPOLIS	7,00	Cisterna Manual Raso
PONTO 30	366018	9647524	TRANSAMAZÔNICA 1127	1,50	Cisterna Manual Raso
PONTO 47	365585	9646626	RUA ANTÔNIO VIEIRA 238 EM FRENTE AO GINÁSIO	8,00	Cisterna Manual Raso
PONTO 57	364823	9644454	ACESSO 2, 319	10,00	Cisterna Manual Raso
PONTO 52	363928	9644294	ACESSO 3, 1038 PRÓXIMO AO CAMPO DE FUTEBOL	8,50	Cisterna Manual Raso
PONTO 60	365335	9645236	CEMITÉRIO SÃO JOÃO BATISTA	10,00	Tubular - Raso
PONTO 04	362358	9642948	AVENIDA TANCREDO NEVES (PRÓX. AEROPORTO)	13,00	Cisterna Manual Raso

c.2) Coleta e Parâmetros Analisados

As coletas foram feitas pela empresa Bioanalítica. Para a obtenção das amostras foram utilizados coletores apropriados, garrafas, tipo Van Dorh, no caso de poços tipos cacimbas e coletor na forma de tubo para os poços tubulares.

Em cada amostragem foram anotados o horário da coleta e a temperatura (do ar e da água), sendo que alguns outros parâmetros foram também determinados *in loco* através de equipamentos portáteis tipo: Horiba U-10 e Combo pH&EC Hanna. Os parâmetros determinados em campo foram: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez e oxigênio dissolvido.

As amostras foram acondicionadas em frascos apropriados e preservadas com reagente específico e/ou refrigeradas, dependendo do parâmetro. Ao término das campanhas essas amostras foram transportadas via aérea para o laboratório da Bioanalítica, em Brasília, onde foram processadas. A metodologia analítica de cada um dos parâmetros seguiu o preconizado no *Standard Methods*.

Além dos ensaios feitos pelo laboratório da Bioanalítica foram, também, efetuadas coletas específicas para a verificação dos coliformes fecais e totais. Essas análises, no entanto, foram processadas no laboratório da Companhia de Saneamento do Pará - Cosanpa, em Belém (PA), dado o tempo curto de preservação das mesmas. Assim, as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos esterilizados fornecidos previamente pelo laboratório. Essas amostras foram preservadas sob refrigeração e transportadas via aérea para Belém imediatamente após terem sido coletadas. O método analítico foi o de tubos múltiplos.

A relação dos parâmetros analisados nas três campanhas é apresentada a seguir:

- Temperatura do Ar e da água (°C)
- Cor (mgPt/L)
- Turbidez (UNT)
- Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)
- Sólidos Suspensos (mg/L)
- Condutividade (uS/cm)
- Cloretos (mg/L)
- Potássio (mg/L)
- Magnésio (mg/L)
- Sódio (mg/L)
- Sulfato (mg/L)
- Cálcio(mg/L)
- pH
- Alcalinidade Total (mg/L)
- Oxigênio Dissolvido (mg/L)
- DBO e DQO(mg/L)
- Nitrato (mg N/L)
- Nitrito (mg N/L)
- Amônia (mg N/L)
- Fósforo Total (mg/L)
- Fosfato solúvel (mg/l)
- Ferro Total (mg/L)
- Ferro Solúvel (mg/L)
- Alumínio (mg/L)
- Cádmio (mg/L)
- Cromo (mg/L)
- Cobre (mg/L)
- Mercúrio (mg/l)
- Chumbo (mg/L)
- Níquel (mg/L)
- Manganês (mg/L)
- Coliformes totais e fecais (NMP/100mL)

Conforme pode ser observado na relação acima, foram determinados variáveis de natureza física, química e bacteriológica, tendo sido também analisados os principais metais pesados.

7.7.3.2 Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos

Os recursos hídricos subterrâneos da região amazônica encontram-se ainda pouco estudados, principalmente devido à grande disponibilidade de águas superficiais. Este fato é responsável pela menor demanda de conhecimento e de caracterização dos aquíferos.

A **FIGURA 7.7.3-1** apresenta os domínios e subdomínios hidrogeológicos da região da AII e da AID do AHE Belo Monte, conforme estudos do MME/SGMTM/CPRM (2007). Entende-se como domínio hidrogeológico um grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas.

a) Domínio 1: Formações Cenozóicas (Aquífero Poroso)

As formações cenozóicas são definidas como pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas que recobrem as rochas mais antigas. Em termos hidrogeológicos, tem um comportamento de aquífero poroso, caracterizado por possuir uma porosidade primária, e, nos terrenos arenosos, uma elevada permeabilidade. A depender da espessura e da razão areia/argila, essas unidades podem produzir vazões significativas nos poços tubulares, sendo, contudo, bastante comum que os poços localizados neste domínio capturem água dos aquíferos subjacentes. Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário, representados na AID e na AII do AHE Belo Monte por aluviões.

a.1) Subdomínio 1A1

Corresponde aos aluviões recentes e antigos, quaternários, com favorabilidade hidrogeológica variável, no geral estreitos e/ou de pequena espessura. Litologicamente são representados por areias, cascalhos e argila com matéria orgânica. No geral, é prevista uma favorabilidade hidrogeológica baixa.

No entanto, nas ilhas fluviais e em alguns locais junto às margens do rio Xingu, como em Altamira e na margem esquerda a jusante dessa cidade e, ainda, nas planícies dos principais afluentes, a exemplo dos rios Bacajá, Bacajaí, Itatá e Ituna e igarapés Panelas e Ambé, o aluvião apresenta largura da ordem de 1,0 km ou até mais, espessuras freqüentes da ordem de 3 a 5 m e às vezes atingindo até 15 m, onde se espera uma favorabilidade hidrogeológica média. Junto à foz do rio Xingu, na planície do rio Amazonas, onde a largura do aluvião é da ordem de quilômetros, é possível que as espessuras sejam muito maiores e avalia-se que podem ser aquíferos de alta favorabilidade hidrogeológica nessa região. Podem também ser aquíferos de pouca importância em termos de abastecimento da população local, nos casos de pequenas espessuras e quando de freqüentes intercalações de material argiloso. As águas, em geral, são predominantemente de boa qualidade química.

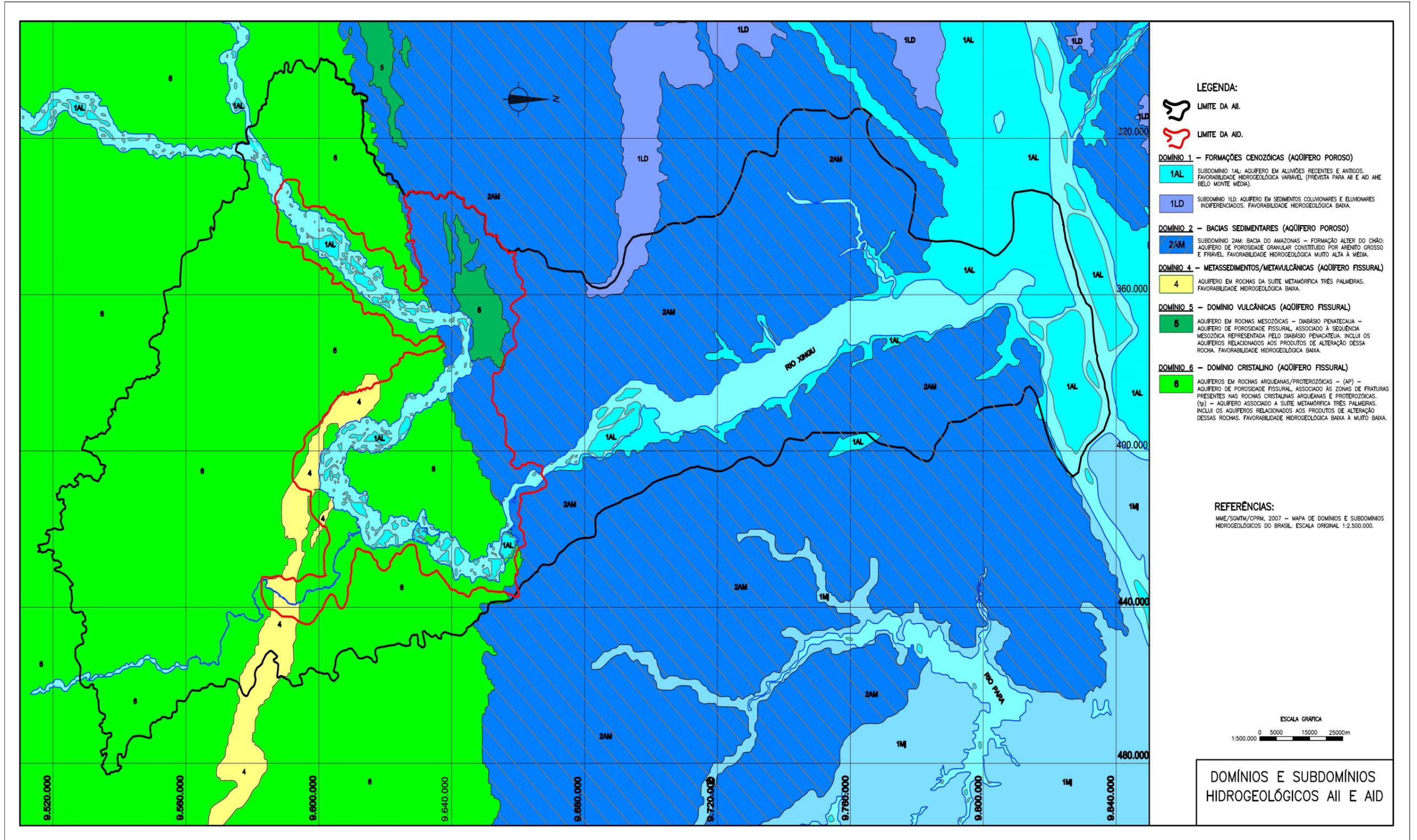


FIGURA 7.7.3-1 - Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos AII e AID AHE Belo Monte (MME/SGMTM/CPRM, 2007).

a.2) Subdomínio 1LD

Corresponde às formações cenozóicas indiferenciadas, quaternária-terciárias, de baixa favorabilidade hidrogeológica e que incluem depósitos de areia, silte, argila, cascalho (laterizados ou não), lateritas ferruginosas, sedimentos coluvionares e eluvionares indiferenciados. Essas formações caracterizam-se pela pequena espessura e continuidade. Têm alguma importância hidrogeológica como área de recarga ou estoque temporário para os aquíferos subjacentes e exploração possível através de poços escavados.

Na área da AII do AHE Belo Monte, a unidade mapeada que corresponde a este domínio é a Cobertura Detrito-laterítica (Endl – laterita e por vezes bauxita), de ocorrência muito restrita em área e sem representação na AID..

b) Domínio 2: Bacias Sedimentares (Aqüífero Poroso)

O domínio das bacias sedimentares engloba as seqüências sedimentares (muitas vezes associadas a vulcanismo importante ou não) que compõem as entidades geotectônicas homônimas. Na definição de domínio como aqui utilizado, enquadram-se nesta unidade preferencialmente as bacias fanerozóicas onde os processos metamórficos não foram instalados. Em termos hidrogeológicos, estas bacias têm alta favorabilidade para o armazenamento de água subterrânea e constituem os mais importantes reservatórios em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta porosidade/permeabilidade de grande parte de suas litologias, o que permite a exploração de vazões significativas.

Nas áreas da AII e da AID do AHE Belo Monte o subdomínio (2Am) é representado pelas rochas da Bacia do Amazonas, com muito alta a média favorabilidade hidrogeológica. Inclui as principais unidades aquíferas e dentre elas se destaca a Formação Alter do Chão, que alcança na região central da bacia uma espessura aquífera superior a 400 m. Litologicamente predominam arenitos finos/médios/grossos, localmente conglomeráticos. Siltitos, folhelhos, argilitos e conglomerados ocorrem de uma forma mais ou menos subordinada. As águas normalmente apresentam uma boa qualidade química.

Além da Formação Alter do Chão, também constituem unidades aquíferas de importância os arenitos das formações Maecuru e Ererê, com espessuras respectivamente da ordem de 60 e 80 m, enquanto os pelitos das formações Curuá (espessura >40 m) e Trombetas (espessura de até 90 m no Sítio Belo Monte) comportam-se como camadas impermeáveis ou de baixa permeabilidade.

c) Domínio 4: Metassedimentos/Metavulcânicas (Aqüífero Fissural)

Os metassedimentos/metavulcânicas reúnem tipos litológicos diversos relacionados ao denominado aquífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rocha, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios descontínuos e comumente de pequena extensão. Dentro desse contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água, por vezes, pode ser salinizada.

Apesar desse domínio ter comportamento similar ao do cristalino tradicional, uma separação entre eles é necessária, uma vez que suas rochas apresentam comportamento distinto. Como apresentam estruturação e competência diferentes reagem também diferentemente aos

esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água. Portanto, deve ser esperada uma maior favorabilidade neste domínio em relação ao cristalino tradicional. Neste domínio, podem ser enquadrados grande parte das supracrustais, aí incluídos os *greenstones belts*.

Nas áreas da AII e da AID do AHE Belo Monte, o domínio 4 é representado pelas rochas da Unidade AxII (Suíte Metamórfica Três Palmeiras), cuja favorabilidade hidrogeológica é baixa.

d) Domínio 5: Domínio Vulcânicas (Aqüífero Fissural)

Este domínio reúne rochas vulcânicas e metavulcânicas de baixo grau metamórfico, de natureza ácida a básica, com comportamento tipicamente fissural (porosidade fissural de fendas e fraturas). Estas seqüências rochosas tendem a apresentar anisotropia, com uma estruturação acentuada, o que facilita o desenvolvimento da porosidade secundária, além da porosidade primária relacionada a estruturas vesiculares, associadas principalmente a derrames básicos. Espera-se, portanto, neste tipo de domínio, uma maior favorabilidade ao acúmulo de água subterrânea do que no domínio dos metassedimentos/metavulcânicas.

Nas áreas da AII e da AID do AHE Belo Monte, o domínio 5 é representado pela unidade Diabásio Penatecaua, do Mesozóico. Apresenta favorabilidade hidrogeológica baixa.

e) Domínio 6: Domínio Cristalino (Aqüífero Fissural)

No Cristalino estão reunidos, basicamente, granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, rochas básicas e ultrabásicas que constituem o aqüífero fissural. Como quase não existe uma porosidade primária nestes tipos de rocha, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro desse contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água, em função da falta de circulação e do tipo de rocha, pode ser salinizada. Como a maioria desses litotipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o que apresente menor possibilidade ao acúmulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aqüíferos fissurais.

Nas áreas da AII e da AID do AHE Belo Monte, o domínio 6 é representado pelas rochas arqueanas e proterozóicas componentes do Complexo Xingu. Apresenta favorabilidade hidrogeológica baixa a muito baixa.

7.7.3.2.1 Cadastro de Poços Tubulares do SIAGAS

No Sistema de Informação de Águas Subterrâneas da CPRM - SIAGAS (<http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp>), estão cadastrados 11 poços tubulares localizados na cidade de Altamira e proximidades, sendo que quatro desses poços estão paralisados (ALT-04, ALT-07, ALT-09, ALT-11), um abandonado (ALT-03) e 6 estão em operação (ALT-01, ALT-02, ALT-05, ALT-06, ALT-08, ALT-10). A localização desses poços está indicada na **FIGURA 7.7.3-2**. Os poços são de caráter público ou privado, e o uso da água é para abastecimento doméstico. Estendendo-se a pesquisa para a AII de Belo Monte observa-se que estão cadastrados 11 poços tubulares em Vitória do Xingu e 3 em Senador José Porfírio (sendo que um está paralisado, SJP-01) para abastecimento doméstico,

urbano, animal e múltiplo. As fichas contendo os dados referentes a esses poços tal como constante do SIAGAS estão apresentadas no **Apêndice 7.7.3-1**, enquanto as principais características desses poços estão no **QUADRO 7.7.3-3**.

Na região de Altamira, a profundidade dos poços situa-se entre 115 e 217 m e apenas um apresenta profundidade de 15 m. As litologias atravessadas pelos poços são os aluviões, no caso do poço de 15 m, e o Diabásio Penatecaua e os arenitos da Formação Maecuru no caso dos poços mais profundos.

Na região de Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, a profundidade dos poços situa-se entre 18 e 35 m mais freqüentemente e apenas dois atingiram profundidades maiores iguais a 61 e a 120 m. As litologias atravessadas são aquelas da Formação Alter do Chão.

Na região de Altamira, as vazões obtidas em ensaios de bombeamento após a estabilização do nível dinâmico foram de 15,0 m³/h no caso do aquífero perfurado em aluvião, entre 1,5 a 9 m³/h no caso de poços instalados no Diabásio Penatecaua e entre 2 e 5 m³/h para poços que foram perfurados no Diabásio Penatecaua e que atingiram a Formação Maecuru. As vazões específicas foram de 7,5 m³/h/m no caso do aquífero perfurado em aluvião, entre 0,153 a 0,75 m³/h/m no caso de poços instalados no Diabásio Penatecaua e naqueles instalados no Diabásio Penatecaua e que atingiram a Formação Maecuru.

Na região de Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, as vazões obtidas após a estabilização situam-se entre 3 e 10 m³/h, enquanto as vazões específicas apresentam valores entre 1 e 5 m³/h/m, demonstrando a favorabilidade hidrogeológica alta da Formação Alter do Chão.

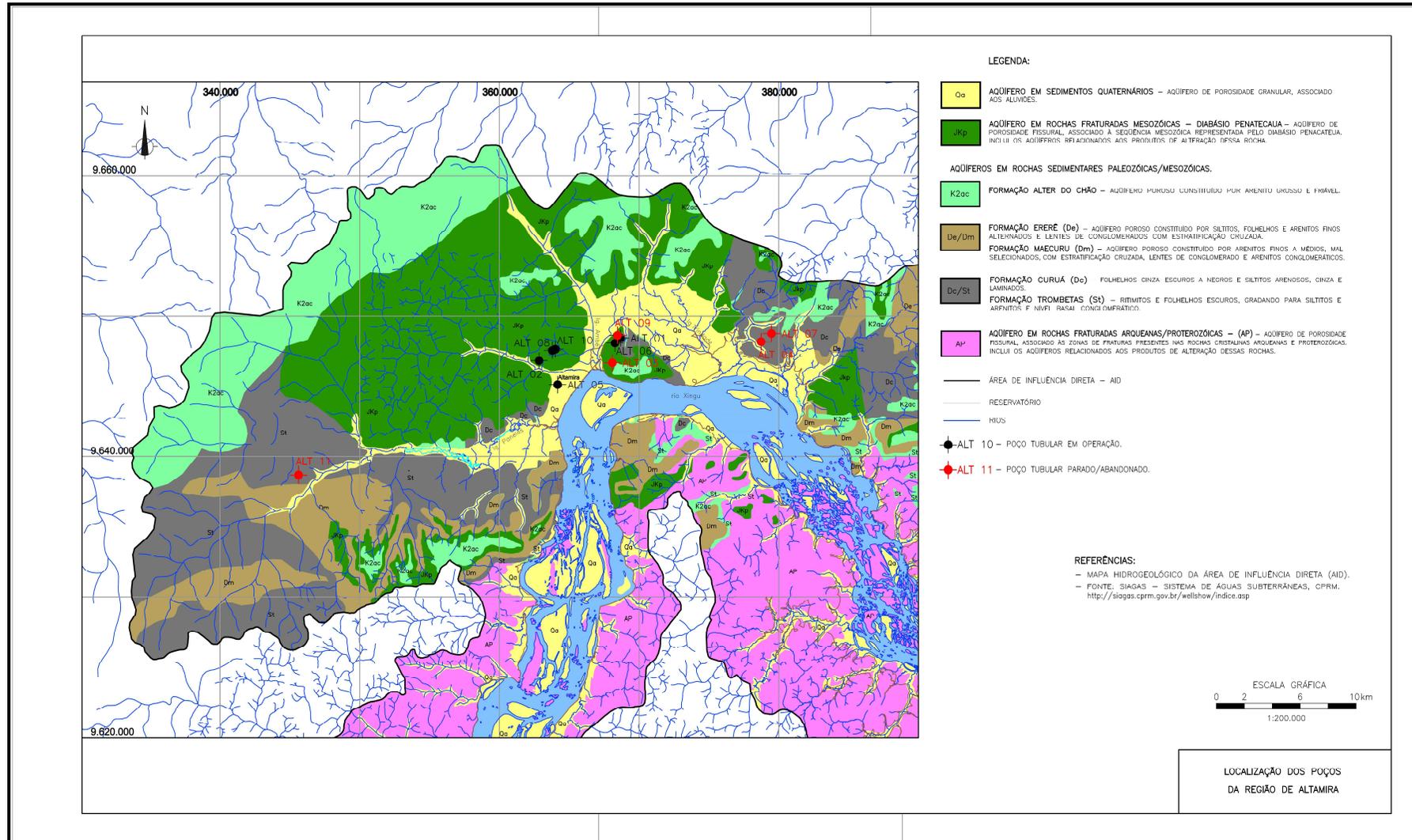


FIGURA 7.7.3-2 – Localização de poços constantes no cadastro do SIAGAS, na região de Altamira

QUADRO 7.7.3-3

Principais características dos poços tubulares da AII e da AID (CPRM, SIAGAS, <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp>, abril, 2008)

(continua)

Local	Poço	Coordenadas		Profundidade (m)	Vazão Específica (m ³ /h/m)	Vazão após estabilização (m ³ /h)	Nível dinâmico (m)	Nível estático (m)	Duração do Teste (h)	Materiais perfurados	Aquífero	Condição do aquífero	Situação
		N	E										
Altamira	ALT-01	9648465	368670	140	0,2	4	80	60	24	Diabásio Penatecaua e Fm Maecuru	Maecuru	Confinado	Bombeando
Altamira	ALT-02	9646831	362839	140	-	1,5	-	32	24	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Bombeando
Altamira	ALT-03	9646683	368086	142	-	5,5	-	23	24	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Abandonado
Altamira	ALT-04	9648200	378734	217	-	5	-	50	24	Diabásio Penatecaua e Fm Maecuru	Penatecaua - até 192m	Livre	Parado
											Maecuru - 192 à 217 m	Confinado	
Altamira	ALT-05	9645112	364168	15	7,5	15	8	6	12	Aluviões	Aluvionar	Livre	Bombeando
Altamira	ALT-06	9648096	368270	115	0,153	2,3	80	65	12	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Bombeando
Altamira	ALT-07	9648784	379474	204	-	-	-	-	-	Diabásio Penatecaua e Fm Maecuru	Penatecaua - até 182 m	Livre	Parado
											Maecuru - 182 à 204 m	Confinado	
Altamira	ALT-08	9647569	363795	138	0,692	9	40	27	12	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Bombeando
Altamira	ALT-09	9648649	368454	197	-	2	-	65	12	Diabásio Penatecaua e Fm Maecuru	Penatecaua - até 180 m	Livre	Parado
											Maecuru - 180 à 197 m	Confinado	
Altamira	ALT-10	9647661	364010	146	0,75	9	77	65	12	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Bombeando
Altamira	ALT-11	9638700	345623	156	-	3	-	60	12	Diabásio Penatecaua	Penatecaua	Livre	Parado

QUADRO 7.7.3-3

Principais características dos poços tubulares da AII e da AID (CPRM, SIAGAS, <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp>, abril, 2008)
(continuação)

Local	Poço	Coordenadas		Profundidade (m)	Vazão Específica (m ³ /h/m)	Vazão após estabilização (m ³ /h)	Nível dinâmico (m)	Nível estático (m)	Duração do Teste (h)	Materiais perfurados	Aquífero	Condição do aquífero	Situação
		N	E										
Vitória do Xingu	VX - 01	9677227	386393	30	-	-	-	-	-	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 02	9680668	387439	61	-	-	-	-	-	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Confinado	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 03	9680760	387562	18	-	-	-	-	-	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Bombeando
Vitória do Xingu	VX - 04	9681098	387593	18	-	-	-	-	-	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Bombeando
Vitória do Xingu	VX - 05	9681221	387532	22	-	-	10	6	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Bombeando
Vitória do Xingu	VX - 06	9680422	387439	24	2,5	5	10	8	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 07	9680914	387685	24	1,5	3	10	8	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 08	9669079	375594	24	1	3	9	6	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 09	9680944	387809	24	1,25	5	12	8	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 10	9681067	387501	24	2,5	5	12	10	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Vitória do Xingu	VX - 11	9680852	387378	18	5	10	8	6	6	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado
Sen. José Porfiro	SJP - 01	9713746	394205	120	-	-	-	12,5	24	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Confinado	Parado
Sen. José Porfiro	SJP - 02	9713746	394236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sen. José Porfiro	SJP - 05	9714176	394668	35	-	-	-	-	-	Fm. Alter do Chão	Alter do Chão	Livre	Equipado

7.7.3.3 Aquíferos e suas Potencialidades

Tal como apresentado no Mapa Hidrogeológico da AID (**Desenho 6365-EIA-DE-G91-018**), foram identificados as unidades aquíferas da área de estudo, denominadas aquífero granular em sedimentos do Quaternário, aquíferos em rochas sedimentares do Paleozóico/Mesozóico, aquífero em rochas fraturadas cristalinas do Arqueano/Proterozóico e aquífero em rochas fraturadas do Mesozóico, correspondentes ao Diabásio Penacateua.

As rochas sedimentares do Paleozóico/Mesozóico incluem as unidades aquíferas constituídas predominantemente por arenitos das formações Alter do Chão, Ererê e Maecuru e do Membro Manacapuru da Formação Trombetas e as unidades predominantemente impermeáveis ou de baixa permeabilidade, constituídas por pelitos das formações Curuá e Trombetas.

a) Aquífero Granular em Sedimentos do Quaternário

Esse aquífero é de porosidade granular e está associado aos aluviões. Litologicamente é constituído por camadas pouco espessas (freqüentemente da ordem de 3 a 5 m e às vezes atingindo até 15 m) de areias e cascalhos, associados aos elementos de drenagem da área. Nos casos de pequenas espessuras e quando de freqüentes intercalações de material argiloso são aquíferos de pouca importância para o abastecimento da população local. Em algumas situações, seria possível a utilização desses aquíferos, por exemplo, para o abastecimento de várias comunidades que habitam o sistema Xingu – Bacajá.

No cadastro do SIAGAS foi identificado apenas um poço tubular nesse aquífero, localizado na cidade de Altamira, cuja profundidade atingiu 15 m. A realização de teste de bombeamento mostrou valores de vazão específica da ordem de 7,5 m³/h/m e vazão após a estabilização de 15 m³/h. O nível d'água estático medido foi igual a 6 m, enquanto o dinâmico igualou-se a 8m.

b) Aquífero em Rochas Sedimentares do Paleozóico/Mesozóico

O sistema aquífero em rochas sedimentares do Paleozóico/Mesozóico apresenta-se na porção norte da AID/ADA e é representado por aquíferos porosos, associados aos arenitos das formações Alter do Chão, Ererê, Maecuru e do Membro Manacapuru da Formação Trombetas. No topo e na base dos aquíferos em rochas paleozóicas ocorrem os pelitos das formações Curuá e Trombetas, impermeáveis ou de baixa permeabilidades, que permitem condições de confinamento para as unidades aquíferas arenosas nos locais onde essas unidades não se encontram aflorantes.

A área de estudo está situada na borda sul da Bacia do Amazonas, onde o mergulho geral das camadas é para Norte, as unidades aquíferas das rochas paleozóicas encontram-se em condições aflorantes em muitos locais, em condições de aquífero livre e de receber recarga, da mesma forma que o aquífero Alter do Chão, com comportamento de aquífero livre em toda a área. A recarga dos aquíferos ocorre, preferencialmente, pela precipitação pluviométrica nas áreas de afloramento, com fluxo em direção ao Norte e descarga também para o Norte, quando ocorrem zonas de entalhe das drenagens, obedecendo o mergulho geral das camadas aquíferas da borda sul da Bacia do Amazonas. Algumas relações de influência do rio Xingu podem também ser observadas, mas sem grande expressão.

Verifica-se que o sistema aquífero das rochas sedimentares do Paleozóico/Mesozóico é o mais importante para as populações, constituindo importante fonte de abastecimento e sendo bastante utilizado em toda a área estudada. As vazões dos poços melhor construídos nessas unidades aquíferas poderiam variar de 200 e 400 m³/h e esses poços poderiam ser utilizados para abastecimento de grandes centros urbanos (REBOUÇAS et al. 1999).

A partir das litologias que constituem as unidades aquíferas, permeabilidades associadas e das suas espessuras e distribuição em área, os arenitos Alter do Chão, seguidos dos arenitos Maecuru, são aqueles de maior potencialidade para o armazenamento e produtividade de água subterrânea.

b.1) Aquífero Alter do Chão

Este aquífero ocorre nas regiões NW e NE e em porções localizadas na AID, sendo que as áreas de maior expressão estão ao norte da AID. Não ocorre nas áreas a serem inundadas pela implantação dos reservatórios.

Conforme estudos apresentados no IX Simpósio de Geologia da Amazônia (2006), por pesquisadores da UFPA, a Formação Alter do Chão poderia corresponder ao maior aquífero do mundo, cujas reservas poderiam superar aquelas do aquífero Guarani.

A partir dos dados do Cadastro do SIAGAS de poços de Vitória do Xingu, observa-se que o aquífero Alter do Chão apresenta vazões estabilizadas em testes de bombeamento entre 3 e 10m³/h e vazão específica entre 1 e 2,5 m³/h/m. Além dos dados do Cadastro do SIAGAS para poços de Vitória do Xingu, outros dados de vazões e produtividade de poços instalados no aquífero Alter do Chão são as seguintes:

- Vazões entre 10 e 400 m³/h, segundo Rebouças (1997);
- Até 300m³/h, servindo para abastecimento público da cidade de Manaus, conforme Souza e Verma (2005);
- Vazão média igual a 78 m³/h para as oito dezenas de poços tubulares utilizados no abastecimento de Manaus, segundo a ANA (2002);
- Vazão média de 53,8 m³/h e capacidade específica média 1,893 m³/h/m, portanto de elevada produtividade, a partir da consulta de 145 poços analisados com profundidade média de 133 m, conforme a ANA (2005a).

É possível obter também outras características do aquífero Alter do Chão, além das vazões dos poços, a partir do conhecimento em locais onde é explotado, principalmente nas cidades de Manaus, Belém, Santarém e na Ilha de Marajó, conforme apresentado pela ANA (2005a).

O aquífero Alter do Chão é do tipo poroso, livre e ocorre na região centro-norte do Pará e leste do Amazonas, ocupando uma área de 312.574 km², com espessura máxima de 1250 m. A bacia hidrográfica dominante é a do Amazonas, onde a precipitação média é de 2098 mm/ano, as reservas renováveis e explotáveis (considerando reservas explotáveis 20% daquelas renováveis) são respectivamente iguais a 1247,5 m³/s e 249,5 m³/s.

Os parâmetros hidrodinâmicos médios apresentam valores de $1,5$ a $9,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ para a transmissividade, $1,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para a condutividade hidráulica e $3,5 \times 10^{-2}$ para o coeficiente de armazenamento.

Os parâmetros disponíveis indicam que a Formação Alter do Chão apresenta um grande potencial quanto ao armazenamento de água subterrânea, o que o caracteriza como aquífero típico. A constituição predominantemente arenosa, grande espessura (espessura de 545 m na seção tipo), área de abrangência e profundidades acessíveis à captação, caracterizam essa formação como um dos mais importantes sistemas hidrogeológicos da região amazônica.

Segundo a ANA (2005a), a demanda potencial (considerada igual ao consumo total de água dos municípios situados sobre a área de recarga) do sistema aquífero Alter do Chão, igual a $15,5 \text{ m}^3/\text{s}$, representa uma parte muito pequena das grandes reservas exploráveis (20% das reservas renováveis), igual a 6%.

Conforme a ANA (2005b) e MMA-SRH (2005), os dados disponíveis caracterizam a água do aquífero como de boa qualidade, classificada como hipotermal, apresentando pH de 4,8 e sólidos totais dissolvidos inferiores a 100 mg/l. Porém, as concentrações de ferro alcançam algumas vezes 15 mg/l, podendo mostrar-se excessivamente corrosivas. Os problemas mais frequentes associados à presença de ferro são a formação de manchas em instalações sanitárias e roupas, incrustação em tubulações e filtros de poços e mudança de gosto da água.

Na região de Manaus, as águas apresentam pH médio variando de 4,1 a 5,4, são fracamente mineralizadas, com condutividade elétrica variando entre 15,1 a 82,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e sólidos totais dissolvidos inferiores a 100 mg/l. São predominantemente cloretadas sódicas ou potássicas. Em relação à dureza, são classificadas como moles, com valores entre 0,36 e 28,03 mg/l de CaCO_3 .

A existência de níveis de água rasos somados à carência de saneamento básico nas áreas urbanas, onde proliferam habitações com grande quantidade de fossas e poços construídos sem requisitos mínimos de proteção sanitária, favorece a contaminação do aquífero. Ao serem analisadas amostras de água de poços tubulares da cidade de Manaus, foi comprovada a expressiva contaminação por coliformes (60,5% dos poços cadastrados). Esse fato alerta para a vulnerabilidade desse aquífero à contaminação, principalmente por se tratar de aquífero livre.

b.2) Aquíferos Manacapuru, Maecuru e Ererê

Os arenitos do Membro Manacapuru apresentam espessura superior a 50 m, compreende ciclos de vários metros de arenito limpo e folhelho e foi reconhecido no *graben* do Macacão e nas suas proximidades. A Formação Maecuru compreende um conjunto arenoso de cerca de 60 m de espessura, com a presença de arenitos finos a médios, arenitos conglomeráticos e níveis argilosos. Outra contribuição para as unidades aquíferas de rochas paleozóicas é fornecida pelos arenitos da Formação Ererê, com espessura da ordem de 80 m, apesar de seus litotipos, caracteristicamente mais finos do que os anteriores, não permitirem relevantes armazenamentos de água subterrânea.

O aquífero Maecuru encontra-se aflorante no leito do rio Xingu e nas suas margens, na região a montante de Altamira e na margem esquerda do rio Xingu, a jusante de Altamira, nas proximidades de Paratizinho, em faixas da ordem de 1 a 3 Km. Esse aquífero sofrerá a

influência do enchimento do reservatório do Xingu nessa região. Na região do reservatório dos Canais, os afloramentos do aquífero Maecuru ocorrem em setores muito restritos, destacando-se os afloramentos na margem esquerda do Reservatório dos Canais, na região entre a ombreira esquerda da Barragem de Santo Antonio e a região de montante da Caverna Kararaô. Nesse trecho o aquífero Maecuru, associado às cavidades subterrâneas, sofrerá a influência do reservatório, estando sujeito à elevação do lençol freático.

No cadastro do SIAGAS foi identificado um poço tubular localizado nas proximidades de Altamira, com profundidade de 140 metros, onde a captação de água é na Formação Maecuru. O nível estático da água medido foi igual 60 m, enquanto o dinâmico igualou-se a 80 m. Os valores obtidos para vazão específica e vazão após estabilização foram iguais a 0,2 m³/h/m e 4 m³/h, respectivamente.

No cadastro do SIAGAS foram também identificados três poços tubulares que atravessaram o Diabásio Penatecaua e a Formação Maecuru, que se encontram paralisados. Até as profundidades de 180, 182 e 192 m foram perfurados no Diabásio Penatecaua e, a partir dessas profundidades, foram perfurados na Formação Maecuru até profundidades de 197, 204 e 217 m. O nível estático apresentou-se entre 50 e 65 m, e os valores de vazão após a estabilização situaram-se entre 2 e 5 m³/h.

No topo e na base dessas unidades aquíferas ocorrem os pelitos das formações Curuá e Trombetas, impermeáveis ou de baixa permeabilidades, que permitem condições de confinamento para as unidades aquíferas arenosas nos locais onde essas unidades não se encontram aflorantes.

b.3) Unidades dos pelitos das formações Trombetas e Curuá

As formações Trombetas com espessura de até 90 m no Sítio Belo Monte e Curuá com espessura maior que 40 m, por serem impermeáveis ou de baixas permeabilidades, são importantes como protetoras naturais das camadas aquíferas, servindo de elementos confinantes para as unidades aquíferas das rochas paleozóicas, nos locais onde essas unidades não se encontram aflorantes.

Devido suas baixas permeabilidades, produzem nos sistemas aquíferos locais um ambiente redutor, com altos teores de sulfetos, emprestando às águas um gosto e aroma característicos.

c) Aquífero em Rochas Fraturadas do Arqueano/Proterozóico e do Diabásio Penatecaua

Esses aquíferos são caracterizados por porosidade fissural, associados às zonas de fraturas presentes nas rochas cristalinas arqueanas e proterozóicas do Complexo Xingu, sendo também observadas ao longo da seqüência mesozóica formada pelo Diabásio Penatecaua. Os aquíferos são altamente dependentes da ocorrência de fraturas abertas, que induzem as porosidades e condutividades hidráulicas necessárias para a acumulação e transmissão da água subterrânea.

Para a utilização mais efetiva desse sistema aquífero, é necessário um levantamento lito-estrutural de detalhe nas áreas mais promissoras, no sentido de se detectar os sistemas de fraturas, bem como de se obter a interpretação dos eixos de encurtamento e estiramento associado à geração dessas descontinuidades. Isso permitiria a identificação das direções de fraturas de abertas e, portanto, mais propícias à acumulação de água subterrânea.

No cadastro do SIAGAS existem no Diabásio Penatecaua seis poços tubulares, dos quais quatro estão em funcionamento e dois abandonados ou paralisados. Esses poços estão localizados nas proximidades da cidade de Altamira e atingiram profundidades que variam de 115 a 156 m. O nível d'água estático apresentou variação 23 a 65 m. Quanto aos resultados de testes de bombeamento realizados, a vazão específica medida apresentou valores entre 0,153 e 0,75 m³/h/m, enquanto a vazão após a estabilização atingiu valores entre 1,5 e 9 m³/h.

O maciço rochoso do Complexo Xingu afetado por diversos sistemas de fraturas, em geral bem desenvolvidas, constitui um aquífero do tipo confinado ou semiconfinado. Muito embora não se disponha de dados mais precisos sobre a extensão vertical da zona fraturada, análise dos perfis de sondagem e a comparação com outras regiões cristalinas levam a admitir que a mesma esteja compreendida entre 60 e 80 m, que corresponde à espessura do aquífero. Nas sondagens rotativas executadas nos locais das obras, foram realizados ensaios de perda d'água, em diferentes trechos da zona fraturada. Dos resultados desses ensaios, pode-se deduzir, para a condutividade hidráulica média da zona fraturada, um valor da ordem de 4×10^{-7} m/s. Em rochas cristalinas, de uma maneira geral, a zona portadora de água concentra-se nas proximidades do topo rochoso, onde estão os materiais mais alterados e as fraturas abertas. Nessa região, as condutividades hidráulicas podem apresentar valores mais elevados que a média anteriormente apresentada da ordem de 4×10^{-7} m/s.

O exame dos aspectos geológicos da área evidencia a existência de aquífero representado pelo manto de intemperismo. Constitui um sistema de aquífero livre ou freático e apresenta variações significativas nas espessuras. Porém, à luz do atual nível de conhecimento, pode-se inferir que as espessuras se situam entre extremos da ordem de 2 a 50 m. As menores espessuras são encontradas nas proximidades dos talwegues das drenagens e na zona de afloramento das rochas cristalinas.

As investigações geológicas e os ensaios de infiltração realizados nos locais das obras revelaram para o manto de intemperismo uma predominância dos valores de permeabilidade da ordem de 10^{-7} a 10^{-8} m/s e, em alguns casos, foram detectados valores da ordem de 10^{-6} m/s. Permeabilidades reais mais altas ou mais baixas do que as mencionadas antes podem ocorrer, porém são raras. Os resultados dos ensaios de infiltração realizados permitem admitir um valor médio de permeabilidade para o manto de intemperismo da ordem de 10^{-7} m/s, enquanto as descrições geológicas proporcionam a base para uma estimativa de porosidade eficaz. Fazendo-se a comparação com perfis semelhantes descritos na literatura técnica, pode-se admitir para o coeficiente de armazenamento (S) dessa unidade hidrogeológica um valor da ordem de $2,5 \times 10^{-2}$ (2,5%).

7.7.3.4 Avaliação do Comportamento do Lençol Freático

O reservatório do Xingu e aquele dos canais estarão em contato, principalmente, com rochas cristalinas e seus produtos de alteração, impermeáveis ou com condutividades hidráulicas e permeabilidades baixas, com possibilidades de circulação de água apenas ao longo de descontinuidades como fraturas ou falhas, o que restringe as possibilidades de elevação do lençol freático.

As unidades aquíferas das rochas sedimentares paleozóicas, representada principalmente pela Formação Maecuru, estarão em contato com o reservatório principal nas proximidades de Altamira e em trechos restritos do reservatório dos Canais, onde poderão receber alguma influência da elevação do nível d'água com a implantação desses reservatórios. A unidade

aquífera de maior importância, representada pela Formação Alter do Chão, não apresenta ocorrência nas áreas ocupadas pelos reservatórios e na área da AID está restrita a porções isoladas recobrando as demais formações e unidades.

Quanto à elevação do lençol freático, assume importância o aquífero quaternário, representado por aluviões, especialmente no caso de Altamira, devido à existência de poços rasos (principalmente do tipo cacimba e alguns poucos tubulares rasos) e ao uso feito pela população, apesar da existência de rede de abastecimento.

Para o caso dos núcleos de garimpos e ribeirinhos, o comportamento do lençol freático frente às variações do rio Xingu e impostas pelo empreendimento (pelo reservatório a montante e pelo barramento a jusante, na Volta Grande do Xingu) apresenta uma importância menor, pois o uso da água subterrânea é restrito, assinalando-se a presença de poços e uso da água subterrânea na Ilha da Fazenda e no núcleo São Pedro.

a) **Altamira**

Os resultados obtidos durante as três campanhas de hidrogeologia na cidade de Altamira, efetuadas em 2007, estão apresentados nas fichas do **Apêndice 7.7.3-2**.

As **FIGURA 7.7.3-3** e **FIGURA 7.7.3-4** ilustram as características dos poços cadastrados em Altamira.

Quando da primeira campanha, efetuada entre 17 a 19 de abril de 2007, em época de cheia, o nível do rio Xingu apresentou-se entre cotas 96,76 - 96,70 m; na segunda campanha, nos dias 11 e 12 de junho de 2007, na cota 94,61 m; e na terceira campanha, nos dias 21 e 22 de setembro de 2007, em época de seca, o nível do rio Xingu estava por volta da cota 92,81 m. Assim, a variação do rio Xingu foi de 3,95-3,89 m entre a primeira e a terceira campanha.

Os poços cadastrados são, de maneira geral, poços rasos, do tipo cacimba e poucos são do tipo tubular. As profundidades são variáveis entre 1,5 a 28,0 m, observando-se que os poços mais rasos são aqueles localizados junto aos igarapés e sobre os aluviões, nas porções planas da cidade, enquanto aqueles mais profundos estão localizados nas porções de relevo acidentado, onde ocorre o Diabásio Penatecaua e seus solos residuais. Muitos dos poços não apresentam qualquer tipo de revestimento, seja com tijolos ou manilhas, e outros apresentam-se revestidos.



FIGURA 7.7.3-3 – Poço raso na cidade de Altamira incluído no cadastro das campanhas de hidrogeologia



FIGURA 7.7.3-4 – Poço raso na cidade de Altamira incluído no cadastro das campanhas de hidrogeologia e selecionado para coleta de amostras para análise de qualidade da água.

A partir das informações obtidas durante as campanhas de levantamento dos níveis d'água dos poços, o aluvião da cidade de Altamira é caracterizado, em grande parte de sua extensão, no topo, por argila siltosa e /ou arenosa, freqüentemente com sinais de laterização e, na base, concentram-se as camadas aquíferas arenosas. Nessas condições, o aquífero é confinado e sujeito às variações das suas cargas hidráulicas.

Nas fichas do **Apêndice 7.7.3-2** são apresentadas as profundidades dos níveis d'água, medidas a partir da superfície do terreno, com pio de apito, nas três campanhas efetuadas. São também apresentadas as cotas de boca dos poços e as cotas dos níveis d'água medidos. As cotas de boca dos poços foram obtidas a partir de cartas planialtimétricas na escala 1:2.000, após a implantação dos locais dos poços sobre essas cartas, através das coordenadas determinadas com GPS. As cotas dos níveis d'água correspondem à diferença entre a respectiva cota de boca do poço e a respectiva profundidade do nível d'água medido.

A partir das cotas dos níveis d'água dos poços, foram elaborados os mapas apresentando linhas equipotenciais para cada uma das três campanhas, na escala 1:15.000, (**Desenhos 6365-EIA-DE-G91-019 a 021**) e um mapa, também na escala 1:15.000, contendo as profundidades dos níveis d'água obtidas nas três campanhas efetuadas e as profundidades estimadas para os níveis d'água em cheias excepcionais, obtidas através de entrevistas, (**Desenho 6365-EIA-DE-G91-022**). Nesse desenho são apresentadas também as linhas de isoprofundidade de níveis d'água referente à primeira campanha, quando da cheia de 2007.

No **Desenho 6365-EIA-DE-G91-019**, que apresenta as equipotenciais referentes à cheia, quando nível do rio Xingu situava-se nas cotas 96,70 - 96,76 m, observa-se:

- Na região entre os igarapés Panelas e Altamira os valores das equipotenciais são crescentes a partir do rio Xingu e igarapé Altamira, em direção às porções de topografia mais elevada, com valores entre cota 97,0 m e aproximadamente 158,0 m. Na região do aluvião, os valores das equipotenciais estão entre cotas 97,0 m e 102,5m.
- Na região entre os igarapés Altamira e Ambé, os valores das equipotenciais são crescentes a partir das drenagens, em direção às porções de topografia mais elevada, com valores entre cota 97,0 m e aproximadamente 142,0 m. Na região do aluvião, os valores das equipotenciais estão entre cotas 97,0 e 103,5m.

No **Desenho 6365-EIA-DE-G91-021**, que apresenta as equipotenciais referentes à seca, quando nível do rio Xingu situava-se nas cotas 92,81m, observa-se:

- Na região entre os igarapés Panelas e Altamira os valores das equipotenciais são crescentes a partir do rio Xingu e igarapé Altamira, em direção às porções de topografia mais elevada, com valores entre cota 95,0 m e aproximadamente 157,0 m. Na região do aluvião, os valores das equipotenciais estão entre cotas 95,0 e 100,0m.
- Na região entre os igarapés Altamira e Ambé, os valores das equipotenciais são crescentes a partir das drenagens, em direção às porções de topografia mais elevada, com valores entre cota 94,0m e aproximadamente 140,0 m. Na região do aluvião, os valores das equipotenciais estão entre cotas 94,0 e 101,5m.

No **Desenho 6365-EIA-DE-G91-022**, onde são apresentadas as linhas de isopropundidade de níveis d'água, referentes à primeira campanha, quando da cheia de 2007 e também os níveis d'água das demais campanhas, observa-se:

- Na região entre os igarapés Pannels e Altamira, os valores das profundidades dos níveis d'água são crescentes a partir do rio Xingu e igarapé Altamira, em direção às porções de topografia mais elevada, atingindo valor próximo a 23 m. Na região do aluvião, as profundidades máximas são da ordem de 5,5 a 5,8 m.
- Na região entre os igarapés Altamira e Ambé, os valores das profundidades dos níveis d'água são crescentes a partir das drenagens, em direção às porções de topografia mais elevada, atingindo valor próximo a 23 m. Na região do aluvião, as profundidades máximas podem atingir até 10 m, na zona de contato do aluvião com o Diabásio Penatecaua, onde a superfície do terreno apresenta-se com maior declividade, mas de maneira geral, não ultrapassam valores da ordem de 5 a 6 m.
- As regiões com profundidades de nível d'água menores que 2 m de profundidade localizam-se na região dos poços 51 e 54, nas proximidades de lagoas e em faixas acompanhando as margens do rio Xingu e dos igarapés Altamira e Ambé, muitas delas já com ocupação, principalmente entre os igarapés Altamira e Ambé.
- Os níveis d'água dos poços localizados no aluvião responderam às variações do nível do rio Xingu, e a variação máxima medida nos poços foi de até 3,85 m, praticamente igual à variação máxima do rio Xingu (cotas 96,7-96,76 m, na campanha da cheia e cota 92,81 m, na campanha da seca, correspondendo a variação de 3,89-3,95 m). As variações máximas foram registradas na região a sul do igarapé Altamira, nas porções em que a superfície do terreno apresenta-se bastante plana, acima da cota 102,0 m e principalmente entre as cotas 104,0 e 106,0 m. Na região entre os igarapés Altamira e Ambé, as variações máximas não ultrapassaram 2 m, exceto no poço 33, da ordem de 3 m.
- A variação máxima observada nos níveis d'água dos poços localizados no aluvião, entre as cheias anuais e aquelas excepcionais, conforme dados obtidos em entrevistas, atinge valores mais freqüentes da ordem de 2 m.
- Poços localizados nas porções elevadas, no Diabásio Penatecaua e/ou em seus produtos de alteração, como os poços 17 e 19, praticamente não apresentaram variação nos níveis d'água, apresentando um comportamento de área de recarga através das chuvas. Na encosta, entre a região de topografia mais elevada e até o contato com o aluvião, as variações mais freqüentes foram da ordem de 4 a 5 m, possivelmente devido à influência da recarga através das chuvas.

O nível d'água do reservatório em Altamira deverá situar-se entre as cotas 97,5 m (praticamente o mesmo nível do rio Xingu quando da primeira campanha) e até por volta da cota 99,0 m nas cheias. Assim, na situação com o reservatório, os níveis de água do lençol freático e/ou das cargas hidráulicas deverão ser na maior parte do tempo bastante próximos àqueles obtidos na primeira campanha efetuada entre 17 a 19 de abril de 2007 e para as épocas de cheias algo mais elevados. Será, portanto, eliminada grande parcela das variações sazonais observadas nesses níveis.

Áreas atualmente sujeitas à inundação nas épocas de cheia serão inundadas permanentemente com o reservatório. Incluem-se nessas condições as áreas junto ao reservatório com superfície do terreno abaixo do nível do reservatório e também as depressões que podem sofrer inundação pela elevação do lençol freático e intersecção desse nível pela topografia do terreno, tal como as lagoas junto aos poços 51 e 54.

A elevação do lençol freático e a saturação permanente com o reservatório de camadas sujeitas a essa condição apenas nas cheias do rio Xingu podem gerar instabilizações de unidades geológico-geotécnicas constituídas por solos insaturados e de baixa resistência, de uma maneira geral, especialmente nos casos de aterros, bastante freqüentes na cidade. Esses aterros tiveram por objetivo permitir a construção de moradias em planícies sujeitas à inundação, para tentar evitar inundações em áreas já ocupadas, para a instalação de estradas e ruas, como a rodovia Transamazônica e a rua Ernesto Acioli que atravessam a planície do igarapé Ambé, para a implantação de ruas em toda a região da foz do igarapé Altamira (ruas Fausto Pereira e Abel Figueiredo, paralelas à margem esquerda do igarapé e outras que cruzam esse igarapé, como a rua Comandante Castilho e parte da rua Coronel José Porfírio) e da estrada do aeroporto que atravessa a planície do igarapé Panelas.

Avalia-se que as áreas de maior criticidade e/ou de maior risco quanto à inundação, surgência de água e formação e acréscimo de áreas úmidas e alagadas e possíveis instabilizações são aquelas onde o nível d'água nas cheias atuais está situado a profundidades menores que 2 a 3 m, as regiões das proximidades da foz igarapé Altamira e as áreas entre o igarapé Altamira e Ambé.

A qualidade da água obtida a partir dos poços rasos distribuídos pela cidade está comprometida em vários locais pela presença de diversas fontes de contaminação, como cemitério, postos de gasolina e inexistência de rede de esgoto e presença de fossas. Inclusive, durante as campanhas de hidrogeologia, foram obtidas informações de existência de contaminação de poços por postos de gasolina.

No bairro Brasília, em Altamira, houve vazamento de gasolina dos tanques de armazenamento de um posto de distribuição de combustíveis e contaminou poços rasos de abastecimento de água (MP-PA, 2008). Em contato com a água subterrânea, a gasolina derramada se dissolve parcialmente e os hidrocarbonetos monoaromáticos, tais como benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, chamados compostos BTEX, são os constituintes com maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático (CORSEUIL, 1992). Esses contaminantes são considerados perigosos à saúde humana por serem depressantes do sistema nervoso central e por causarem leucemia em exposições crônicas (CORSEUIL e MARINS, 1997).

No caso de Altamira, a justiça do município concedeu liminar em ação civil pública proposta em setembro de 2007 pelo Ministério Público local, que determinou a interrupção imediata das atividades do posto responsável pela contaminação do lençol freático e dos poços e cacimbas localizados no seu entorno, com prejuízo para o meio ambiente e a qualidade de vida de parte da comunidade do bairro. A justiça determinou ainda que a empresa responsável pela contaminação execute um programa de despoluição ambiental no local, bem como a substituição dos atuais tanques subterrâneos por tanques subterrâneos ecológicos, a realização de um estudo de avaliação de risco à saúde humana, além da expansão do abastecimento de água da COSANPA às residências e aos estabelecimentos comerciais atingidos ou a

instalação de poços artesianos em profundidades suficientes para a obtenção de água potável, mediante consulta à população interessada.

Baseado em levantamento geofísico realizado por Baptista et al. (1999), a captação de água subterrânea com a utilização de poços profundos pode ser uma alternativa viável devido a existência de áreas promissoras em camadas de arenito das Formações Maecuru e Ererê, localizadas em profundidades entre 200 a 230 metros. Segundo os autores, o uso da água do rio Xingu para captação e posterior tratamento, em princípio mais natural, seria mais dispendioso em comparação com o uso da água subterrânea em poços profundos devido aos custos de transporte e tratamento químico. Por ter sido um levantamento preliminar, os autores sugerem a realização de uma perfilagem elétrica para reavaliar os resultados obtidos.

Uma vez que o uso da água subterrânea com poços profundos seja realmente adotado para captação e abastecimento da população de Altamira, é de fundamental importância o gerenciamento desses recursos para que a exploração seja feita de forma criteriosa, destinando-a exclusivamente ao abastecimento público, vedando o uso inadequado, como por exemplo, irrigação e uso industrial, evitando-se, assim, o desperdício da água de boa qualidade, o que resultaria na exaustão do aquífero.

A contaminação do aquífero superficial constituído pelo aluvião pode ocorrer diretamente quando a fonte atinge a camada aquífera e quando está acima dessa camada, mas há condições de migração dos contaminantes a partir da fonte para o aquífero. Essa migração ocorre com velocidade, tempo e concentração dependendo das permeabilidades da camada entre a fonte e o aquífero, distância entre o fundo da fonte e o nível d'água do aquífero. Ausência de camada de argila ou camada pouco espessa de argila e com espessura menor que as profundidades das fontes no topo do aquífero é forte condicionante para a contaminação do aquífero.

O lixão de Altamira (**FIGURA 7.7.3-5**) está implantado em região de topografia elevada, onde ocorrem Diabásio Penatecaua e seus produtos de alteração. Como os solos residuais de diabásio são caracterizados por permeabilidades baixas, avalia-se que a migração de contaminantes a partir dessa fonte de contaminação para aquíferos subjacentes é dificultada. Entretanto, a jusante do lixão existe drenagem que permite o escoamento superficial do chorume do lixão para o igarapé Altamira.

De fato, as amostras de água coletadas e analisadas quando das três campanhas da hidrogeologia caracterizaram essa contaminação do aquífero superficial constituído pelo aluvião, tal como apresentado no item 7.7.3.5 e nas tabelas do **Apêndice 7.7.3-4**.



FIGURA 7.7.3-5 – Lixão de Altamira

Na situação com o reservatório, a já elevada vulnerabilidade do aquífero à contaminação sofrerá acréscimos, devido às condições de níveis d'água na maior parte do tempo tal como ou próximos àqueles referentes às cheias anuais atuais, mostrados no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-022**, a pequenas profundidades da superfície, o que permite o afogamento das fontes de contaminação ou a localização do nível d'água a pequenas distâncias da base dessas fontes de contaminação.

b) Núcleos de Garimpos e Ribeirinhos

Os resultados obtidos durante as campanhas de hidrogeologia efetuadas em 2007 nos núcleos de garimpos e ribeirinhos, correspondentes àquelas de junho e setembro desenvolvidas em Altamira, estão apresentados nas fichas do **Apêndice 7.7.3-3**.

Muitos dos núcleos de garimpo e ribeirinhos não dispõem de poços, e o abastecimento é feito a partir de nascentes nas encostas ou a partir do próprio rio Xingu. Foram encontrados apenas alguns poços na Ilha da Fazenda, em Ouro Verde, no acampamento da Verena, São Pedro e no acampamento da Eletronorte.

Tal como no caso de Altamira, os níveis d'água dos poços responderam às variações do nível do rio Xingu. Esse comportamento é de importância especialmente para os aluviões existentes a jusante do barramento, tanto nas planícies fluviais como nas ilhas, que poderão passar a apresentar níveis d'água similares àqueles da época de seca, permanentemente e sem as variações sazonais.

b.1) Ilha da Fazenda

Durante as campanhas de Hidrogeologia, foram cadastrados quatro poços e efetuadas medidas de NAs nas datas de 23/06 e 24/09/2007. Todos são poços rasos com profundidades avaliadas entre 3 a 5 m.

Em 24/09/2007 (o nível do rio Xingu em Altamira era 92,81m, correspondente a uma vazão bastante baixa, aproximadamente abaixo de 1000 m³/s), os níveis d'água subterrâneos

situaram-se entre 2,9 e 4,4 m. Em 23/06/2007 (o nível d'água em Altamira, quando do levantamento em 12/06, era 94,61m), os níveis d'água subterrâneos estavam entre 2,15 e 4,06 m de profundidade, entre 0,3 a 0,75 m acima dos níveis medidos no período mais seco, em setembro. Como se vê, no período seco, os poços ainda estavam com água, apesar de terem sido observadas variações nos níveis de água subterrânea em resposta às variações nos níveis d'água do rio Xingu.

Observa-se que devido à existência de fontes de contaminação e às características do aquífero, associadas às características desses poços, com falta de proteção, a qualidade dessas águas deve estar comprometida.

Caso os poços atualmente existentes venham a secar, a depender da vazão remanescente e de suas variações nesse trecho do rio Xingu, considerando a conveniência de uso, pelo menos em parte, de água obtida a partir dos poços rasos, poderão ser escavados novos poços com melhor localização que aquela apresentada pelos poços atuais. Além disso, os novos poços a serem escavados poderão ser implantados com características mais apropriadas para se evitar a contaminação a partir da superfície.

7.7.3.5 Qualidade da Água Subterrânea

Os resultados das análises físicas e químicas processadas pelo laboratório da Bioanalítica encontram-se no **Apêndice 7.7.3-4** e a localização dos poços amostrados pode ser visualizada no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-022**. A seguir são discutidos os resultados extraídos do Apêndice.

No caso da temperatura da água, por exemplo, foram registrados valores mínimo e máximo de 27 e 33,6°C respectivamente. Não foi verificado um padrão de sazonalidade definido, conforme pode ser visto No **GRÁFICO 7.7.3-1**.

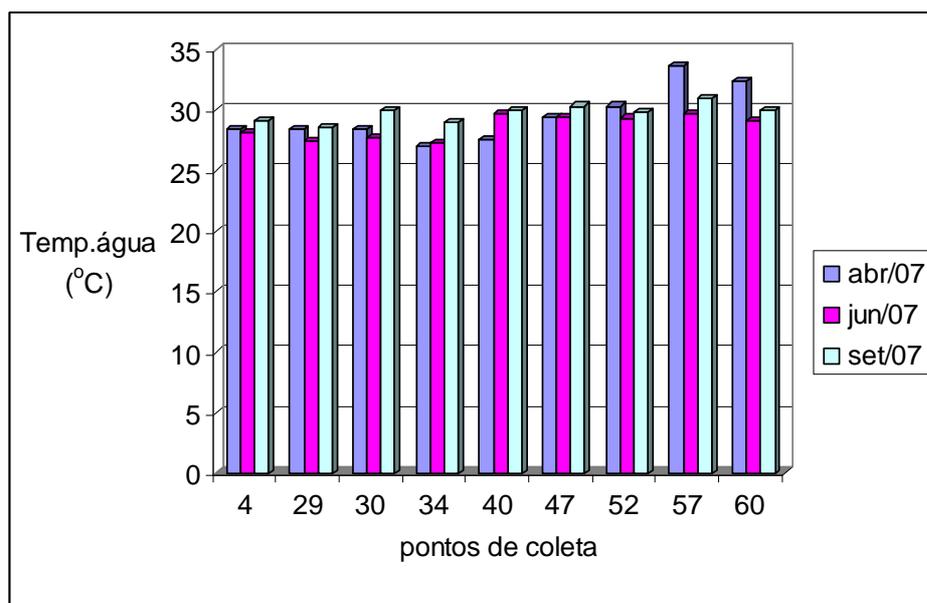


GRÁFICO 7.7.3-1 – Valores de temperatura da água dos poços.

Já para as demais propriedades físicas da água, como turbidez, cor e sólidos (suspensos e dissolvidos), observam-se diferenças tanto entre os pontos como nas diversas épocas, conforme pode ser visto no **QUADRO 7.7.3-4**.

QUADRO 7.7.3-4
Propriedades físicas das águas

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	Cor				Turbidez			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	10	<5	5	15	10	1	<5	5
29	<5	<5	5	15	10	1	<5	5
30	<5	20	15	15	10	11	13,3	5
34	<5	10	15	15	10	1	13,3	5
40	<5	<5	5	15	10	<1	<5	5
47	<5	<5	10	15	10	<1	6,6	5
52	<5	5	250	15	10	3	70	5
57	<5	5	10	15	10	38	36,6	5
60	10	5	3	15	10	21	<5	5

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	STD				Sólidos Suspensos			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	49	25	21	1000	12,3	18	6	N.E.
29	26	27	22	1000	7,6	11	3	N.E.
30	28	33	28	1000	21,9	28	5	N.E.
34	94	93	143	1000	6,2	6	5,1	N.E.
40	125	89	109	1000	9,5	15	2	N.E.
47	132	146	138	1000	15,7	9	32	N.E.
52	29	39	69	1000	7,8	10	74	N.E.
57	43	35	37	1000	13,6	8	14	N.E.
60	85	88	68	1000	9,5	17	5	N.E.

N.E. - Não especificado

A cor é resultado da dissolução de partículas na água enquanto que a turbidez é alterada pela presença de partículas na água. A campanha de abril foi realizada quando ainda ocorriam chuvas na região. Mesmo assim, os valores de cor, nesta ocasião, foram baixos. A turbidez também não foi expressiva e essa foi a única campanha que apresentou valores de turbidez similares entre os diferentes pontos amostrados. Já a campanha de setembro se destacou porque em um dos pontos (52) os valores de cor e de turbidez foram bem elevados. O ponto

57 também apresentou alta turbidez nas campanhas de junho e setembro. O aumento de turbidez está diretamente relacionado à presença de sólidos suspensos, embora em junho o valor de sólidos em suspensão não foi elevado.

As diferenças nas propriedades físicas das águas também estão relacionadas às características dos poços que variam quanto ao revestimento, cobertura, entre outras.

A qualidade da água subterrânea é normalmente influenciada por diversos fatores como: características pedológicas, geológicas e pelos processos geoquímicos. O comprometimento da qualidade da água subterrânea pode se dar tanto pelas interferências antrópicas como pelas características naturais. Contaminações de origem antrópica mais comum estão relacionadas aos esgotos (doméstico e industrial) em fossas e tanque sépticos, à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, aos postos de combustíveis e de lavagem. Esses fatores podem causar a contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas. Já o comprometimento por condições naturais é devido aos processos geoquímicos, onde as águas em contato com rochas de determinadas propriedades podem apresentar elementos acima dos limites permissíveis para o consumo.

Para avaliar a qualidade da água subterrânea foram considerados os padrões propostos pela Portaria nº 518, de março de 2004, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), que estabelece os limites para a potabilidade, dentre outras providências. Na referida legislação não há diferenças entre os padrões estabelecidos para os diferentes tipos de poços e profundidades de captação.

De acordo com o limite proposto para a cor, cujo valor máximo permissível é de 15 UH - unidade Hazen (mg Pt-Co/L), verifica-se que apenas os poços n^{os} 30 e 52 não se enquadraram nesse limite. Já para a turbidez – com limite de até 5,0 UNT pós-filtração –, todos os locais amostrados na campanha de abril não se enquadram nos padrões aceitáveis para o consumo direto (sem filtração). Em junho, os poços n^{os} 57 e 60 foram os únicos que ultrapassaram o limite estabelecido para a turbidez, enquanto que em setembro, a turbidez foi excessiva na maioria dos poços.

Não há limites estabelecidos para a alcalinidade, DBO e DQO pela Portaria nº 518. A alcalinidade representa a capacidade de neutralizar ácidos. Os valores detectados estiveram compreendidos entre 1,0 e 38 mg/L.

Já os valores de pH detectados foram, em geral, baixos (ácidos). Os valores de pH dependem de inúmeros fatores e geralmente são influenciados pela concentração de íons H⁺ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam o pH para a faixa alcalina. O recomendável, pela Portaria acima mencionada, é de que os valores de pH estejam compreendidos entre 6,0 e 9,5. Apenas a campanha de setembro mostrou valores superiores a 6,0. Estes, por sua vez, foram registrados em quatro dos nove poços analisados. Assim, os valores de pH detectados não se encontram no padrão recomendável, conforme pode ser visto no **QUADRO 7.7.3-5**. Neste mesmo quadro são apresentados os resultados do oxigênio dissolvido, da DBO e da DQO.

Conforme pode ser visto, o oxigênio dissolvido foi baixo em todos os locais e épocas amostradas (valores inferiores a 5,0 mg/L para a maioria das localidades). As águas

subterrâneas, ao contrário das superficiais, não estão sujeitas à oxigenação pela atmosfera e pela atividade fotossintética. Assim, valores mais baixos são comuns em águas subterrâneas. A DBO e a DQO, quando em altos valores, indicam a presença de substâncias poluentes. Os resultados foram elevados, sugerindo elevada concentração de matéria orgânica em todos os locais amostrados.

A condutividade está relacionada à concentração iônica. Os íons que exercem maior influência sobre a condutividade são os chamados macronutrientes, como cálcio, magnésio, potássio, sódio, sulfato, cloreto, dentre outros. O nitrato, nitrito e o ortofosfato (fósforo solúvel) têm pouca influência. Já o íon amônio pode ter influência somente em altas concentrações (Esteves, 1988). A condutividade elétrica pode, também, auxiliar a detecção de fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos. A condutividade elétrica é, então, um indicativo da quantidade total de íons na água, sendo fortemente influenciada pelas características geoquímicas das bacias de drenagem e das águas subterrâneas.

Os resultados mostram valores que podem ser considerados elevados. Os pontos que apresentaram valores superiores a $200\mu\text{S}/\text{cm}$ em todas as campanhas foram: 34, 40 e 47. Na campanha de junho, além desses pontos, o de nº 60 também ultrapassou $200\mu\text{S}/\text{cm}$; o maior valor foi registrado no ponto 47, que apresentou $329\mu\text{S}/\text{cm}$ em junho. No **QUADRO 7.7.3-6** encontram-se os resultados de condutividade e de alguns íons, como cálcio, magnésio, potássio, cloreto e sódio. Conforme pode ser observado, os dados de íons dos pontos 34, 40 e 47 são também mais elevados quando comparados aos dos demais pontos. Os poços 34 e 47 estão situados nas proximidades do igarapé Ambé, enquanto que o 40, nas imediações do igarapé Altamira. Esses igarapés apresentam elevados níveis de contaminação, conforme constatado nos estudos realizados pela UFPA (ELETRONORTE, 2002). A contaminação desses igarapés tem, portanto, relação com a qualidade da água desses poços.

QUADRO 7.7.3-5
Resultados de pH, oxigênio dissolvido, DBO e DQO

Parâmetros/Campanhas								
Pontos	pH				Oxigênio Dissolvido			
	Abril	Junho	Setembro	Faixa de Valores (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	4,1	4,1	4,1	6≤valor≤9,5	3,8	3,8	3,7	N.E.
29	4,3	4,2	4,3	6≤valor≤9,5	4,6	4,5	1,1	N.E.
30	5,6	5,3	6,5	6≤valor≤9,5	4,6	4,5	2,2	N.E.
34	5,6	5,1	6,6	6≤valor≤9,5	5,2	4,7	5,1	N.E.
40	5,7	5,3	6,7	6≤valor≤9,5	4,9	3,6	6	N.E.
47	4,1	4	4,4	6≤valor≤9,5	4	2,8	3,4	N.E.
52	5,2	5,3	7,1	6≤valor≤9,5	3,3	3,8	1,7	N.E.
57	4,1	4,5	4,6	6≤valor≤9,5	4	3,7	3,1	N.E.
60	5,6	6,2	6,9	6≤valor≤9,5	3,4	3,9	4,8	N.E.

Parâmetros/Campanhas								
Pontos	DBO				DQO			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	32	4	10	N.E.	50	50	30	N.E.
29	16	5	8	N.E.	30	40	30	N.E.
30	8	30	4	N.E.	40	44	30	N.E.
34	11	0,8	16	N.E.	20	10	80	N.E.
40	16	6	8	N.E.	30	20	20	N.E.
47	32	2	6	N.E.	55	30	30	N.E.
52	24	5	50	N.E.	30	20	115	N.E.
57	20	20	0,8	N.E.	40	22	10	N.E.
60	36	6	0,8	N.E.	50	20	10	N.E.

N.E. - Não especificado

QUADRO 7.7.3-6
Resultados de condutividade e de íons

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	Condutividade				Cálcio			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	82	80	42	N.E.	0,42	0,12	0,18	N.E.
29	79	80	46	N.E.	2,8	2,04	2,91	N.E.
30	81	90	56	N.E.	2,92	3,18	2,44	N.E.
34	201	211	292	N.E.	11,9	5,5	5,29	N.E.
40	220	210	211	N.E.	21,86	6,63	11,6	N.E.
47	305	329	268	N.E.	6,66	7,53	11,1	N.E.
52	72	103	135	N.E.	2,16	3,66	8	N.E.
57	110	90	71	N.E.	1,88	1,67	2,2	N.E.
60	197	204	130	N.E.	13,2	14,2	16,4	N.E.

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	Magnésio				Potássio			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	0,42	1,19	0,63	N.E.	0,41	5,38	<0,5	N.E.
29	0,56	1,59	0,86	N.E.	0,49	16,73	0,7	N.E.
30	0,27	0,65	0,18	N.E.	0,3	4,13	<0,5	N.E.
34	1,05	1,21	0,49	N.E.	0,96	16,63	1,62	N.E.
40	1,65	2,07	1,73	N.E.	2,28	25,31	2,85	N.E.
47	1,59	3,35	1,66	N.E.	2,79	38,27	3,25	N.E.
52	0,76	2,93	2,94	N.E.	0,45	13,19	3,83	N.E.
57	0,55	1,25	0,71	N.E.	0,51	7,71	0,33	N.E.
60	1,7	3,89	2	N.E.	1,52	28,87	0,7	N.E.

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	Cloreto				Sódio			
	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor máximo (Portaria 518)
4	19,2	23,2	12	250	0,43	4,75	0,9	250
29	16,8	60	12,8	250	0,16	2,36	<0,01	250
30	19,2	77,6	16	250	0,89	7,09	2,72	250
34	35,8	119,2	80,8	250	3,26	22,73	23,2	250
40	36	104	34,4	250	5,2	22,15	13,9	250
47	46,4	68	38,4	250	6,82	31,96	18,5	250
52	17,6	65,6	25,6	250	0,78	9,45	3,99	250
57	26,4	64,8	16	250	2,18	9,95	3,9	250
60	35,2	80	17,6	250	3,12	17,48	4	250

N.E. - Não especificado

Os resultados das análises de ferro total e solúvel (não apresentados no quadro anterior e constantes do **Apêndice 7.7.3-4**) mostram que os valores foram, em sua maioria, abaixo da sensibilidade do método (<0,1 mg/L). Em abril, o maior valor registrado foi de 0,65 mg/L enquanto que o valor de 1,27 mg/L foi o máximo registrado nas campanhas de junho e de setembro. Já o ferro, na forma solúvel, apresentou o maior valor (0,145 mg/L) no poço nº 30, em junho.

A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde estabelece para águas de consumo em 0,3 mg/L o valor máximo para o ferro; para o sódio e cloreto em até 250 mg/L; amônia até 1,5 mg/L.

Os resultados de amônia não foram elevados, conforme dados constantes do **Apêndice 7.7.3-4**. Também foram inexpressivos os resultados das demais formas nitrogenadas como nitrato e nitrito. O maior valor de nitrato (0,86 mg/L) foi registrado em abril, no poço nº 57. De acordo com Silva e Araújo (2003), o nitrato é um dos constituintes inorgânicos nocivos à saúde. A maior probabilidade de se detectar o nitrato é devida a sua alta mobilidade e estabilidade nos sistemas aeróbios de águas subterrâneas (Foster, 1993). Nitrato em concentração superior a 10mg/L causa a metahemoglobinemia, podendo trazer graves conseqüências para a saúde, inclusive morte, principalmente em lactentes (OPS, 2000, in SILVA e ARAÚJO, *op cit*).

A maior parte dos resultados das análises de nitrito e a de amônia esteve abaixo da sensibilidade do método (**Apêndice 7.7.3-4**). Já o nitrogênio total apresentou concentrações mais expressivas, com máximo de 11,7 mg/L, no poço nº 47, em abril. Em junho a variação de nitrogênio total foi de 4,4 a 9,0 mg/L; em setembro, o poço nº 52 apresentou o maior valor (9,1 mg/L). Os limites máximos estabelecidos para o nitrato, nitrito e amônia são: 10, 1,0 e 1,5 mg/L, respectivamente. Não há limite estabelecido para o nitrogênio total.

Quanto ao fósforo total, grande parte dos pontos analisados apresentou resultados abaixo da sensibilidade do método. O maior valor registrado foi de 0,82 mg/L no poço nº 52, em abril. Não há, também, limite estabelecido para esse parâmetro na Portaria nº 518.

Quanto aos metais pesados (resultados no **Apêndice 7.7.3-4**), verificou-se a ausência desses para o mercúrio e níquel. Na campanha de abril, o cádmio esteve presente em 3 dos nove pontos analisados (o maior valor registrado foi de 0,004 mg/L no poço nº 40). Nesta campanha, o cromo foi detectado em dois dos poços (maior valor de 0,003, também no poço nº 40). Em junho o cromo esteve presente em todos os poços, em concentrações que variaram de 0,011 a 0,091 mg/L. Já em setembro esses metais não foram detectados. É importante ressaltar que o poço 40 encontra-se próximo do igarapé Altamira. Este igarapé, assim como o Ambé e o Panelas, recebe os despejos domésticos da cidade de Altamira.

De acordo com a Portaria nº 518, as águas para o consumo não devem ultrapassar as concentrações de 0,05 mg/L para o cromo e 0,005 mg/L para o cádmio. Dessa forma, os valores de cromo registrados na campanha de junho ultrapassaram o limite permissível na maioria dos poços. Apenas os de nºs 30, 34 e 40 apresentaram concentrações de cromo dentro do limite permissível, embora tenham, também, apresentado resultados superiores ao valor mínimo de detecção do método.

Já o manganês, o zinco, o cobre e o chumbo estiveram presentes em alguns pontos amostrados. Os limites máximos permissíveis para esses elementos são: manganês (0,1mg/L), zinco (5mg/L), cobre (2mg/L) e chumbo (0,01mg/L). Os valores detectados para o chumbo

nos pontos 4, 47, 34 e 57 da coleta de abril ultrapassaram os limites fixados pela Portaria do Ministério da Saúde, apresentando resultados entre 0,013 mg/L e 0,046 mg/L.

Vale ressaltar que os resultados de mercúrio estiveram todos abaixo da sensibilidade do método (que é de 0,002 mg/L) e que, pela Portaria 518, o valor desejável é de até 0,001 mg/L. Pelo método adotado não dá para saber se os valores abaixo de 0,002 estariam compreendidos entre 0,001 e 0,002mg/L. Dessa forma, pelos resultados obtidos, não é possível enquadrar os resultados nos padrões solicitados para esse parâmetro.

Quanto às análises bacteriológicas, têm-se resultados dos coliformes totais e dos termotolerantes. O principal representante dos coliformes termotolerantes é a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.

A determinação da concentração dos coliformes é importante por indicar a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera. No caso dos poços amostrados, observa-se a precariedade da vedação e de proteção contra as águas contaminadas de superfície, além das possibilidades de que esses poços estejam captando água do aquífero contaminado.

Segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, em águas para consumo humano (inclusive poços) não é permitida a presença de coliformes totais e de coliformes fecais ou termotolerantes, independentemente da concentração.

Os poços analisados não se encontram dentro dos padrões microbiológicos de potabilidade para consumo humano, conforme pode ser visto nos resultados apresentados no **QUADRO 7.7.3-7**.

Na campanha de junho houve um acréscimo significativo de coliformes totais em relação à de abril. O aumento, no entanto, não foi proporcional entre os diferentes poços. Alguns apresentaram valores ainda mais elevados em setembro, com exceção dos poços nºs 4, 34 e 60, que apresentaram menores concentrações na coleta de setembro.

A média dos valores mostra que há um aumento das concentrações de coliformes (especialmente os totais) entre as coletas de abril e de junho e, entre a de junho e a de setembro. Dessa forma, é possível estabelecer uma correlação com o nível d'água do lençol freático, tendo em vista que a coleta de abril foi realizada no período de chuvas e que a de setembro ocorreu em pleno período seco, com níveis dos poços mais baixos.

QUADRO 7.7.3-7
Resultados das Análises de Coliformes

Pontos	Parâmetros/Campanhas							
	Coliformes totais (NMP/100mL)				Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)			
	Abril	Junho	Setembro	Valor permitido (Portaria 518)	Abril	Junho	Setembro	Valor de tolerância (Portaria 518)
4	49	1.100	720	Ausência em 100ml	2	20	20	Ausência em 100ml
29	350	490	490	Ausência em 100ml	23	130	0.0	Ausência em 100ml
30	130	170	16.100	Ausência em 100ml	4,5	45	2.400	Ausência em 100ml
34	8,3	490	340	Ausência em 100ml	0	78	20	Ausência em 100ml
40	0	130	16.100	Ausência em 100ml	n.d	0	50	Ausência em 100ml
47	2.400	2.400	5.400	Ausência em 100ml	33	110	0	Ausência em 100ml
52	2.400	16.000	17.000	Ausência em 100ml	920	700	800	Ausência em 100ml
57	920	790	22.000	Ausência em 100ml	4,5	45	1,1	Ausência em 100ml
60	0	790	70	Ausência em 100ml	n.d	40	20	Ausência em 100ml
Média	893,9	2.484,50	8.691,11	-	141	129,78	367,9	-

nd: não determinado

Apesar da proximidade dos poços 40 e 47 do igarapé Ambé e do poço 40 do igarapé Altamira, os resultados de coliformes nessas localidades não se sobressaíram em relação às demais amostradas. Nos estudos feitos pela UFPA (ELETRONORTE, 2002), todos os igarapés apresentaram elevadas densidades de coliformes totais e fecais, principalmente o igarapé Altamira. Estes resultados, de acordo com o estudo citado, confirmam o lançamento de esgoto doméstico nos igarapés Panelas, Ambé e Altamira, provenientes da cidade de Altamira.

O poço 52 apresentou concentrações elevadas de coliformes totais e termotolerantes em todas as campanhas. Este poço é o único cujas águas não são utilizadas, nem mesmo para a limpeza, pois, segundo o morador, as águas contêm ferrugem. O morador utiliza a água do poço do vizinho.

7.7.3.6 Conclusões

Foram caracterizados os aquíferos da AID/ADA do AHE Belo Monte: aquífero superficial associado aos aluviões; unidades aquíferas constituídas predominantemente por arenitos das formações Alter do Chão, Ererê e Maecuru; e aquíferos em rochas cristalinas e Diabásio Penacatecaua e seus produtos de alteração. Foi destacada a importância e elevada potencialidade do aquífero Alter do Chão.

Como a área de estudo está situada na borda sul da Bacia do Amazonas, onde as formações apresentam-se aflorantes, os aquíferos em rochas sedimentares das formações Maecuru e Ererê apresentam características de aquífero livre em muitos locais da AID e no caso da Formação Maecuru, em alguns locais da ADA. Esses afloramentos constituem as áreas de recarga dos aquíferos, caracterizada principalmente a partir da precipitação pluviométrica. A partir da área de recarga, o fluxo é em direção ao Norte e a descarga, quando ocorrem zonas de entalhe das drenagens, também é para o Norte, obedecendo o mergulho geral para o Norte das camadas aquíferas da borda sul da Bacia do Amazonas.

A presença de aquífero livre de elevada potencialidade constituído pela Formação Alter do Chão e as áreas de recarga de aquíferos das formações Maecuru e Ererê identificadas na área de estudo recomendam a necessidade de cuidados para evitar contaminação desses aquíferos e a preservação da qualidade de suas águas.

A influência dos reservatórios e do barramento sobre as rochas cristalinas e seus produtos de alteração quanto à elevação (na área dos reservatórios) ou rebaixamento dos níveis d'água (a jusante do barramento na Volta Grande do Xingu) não será significativa, devido às suas características de baixa permeabilidade.

A unidade aquífera de maior potencialidade, Formação Alter do Chão, não apresenta ocorrência nas áreas dos reservatórios. O aquífero Maecuru sofrerá a influência do enchimento do reservatório do Xingu nas proximidades de Altamira, enquanto na região do Reservatório dos Canais, os afloramentos desse aquífero ocorrem em setores muito restritos. Merecem atenção os afloramentos na região entre a ombreira esquerda da Barragem de Santo Antonio e a região de montante da Caverna Kararaô, pois neste trecho o aquífero Maecuru, associado à presença de cavidades subterrâneas, sofrerá a influência do reservatório, estando sujeito à elevação do lençol.

Quanto à elevação do lençol freático, foi constada e destacada a importância dos aluviões da área urbana de Altamira. Na situação com o reservatório, os níveis de água do lençol freático e/ou das cargas hidráulicas deverão ser na maior parte do tempo bastante próximos àqueles obtidos na primeira campanha efetuada entre 17 a 19 de abril de 2007 e para as épocas de cheias algo mais elevados, sendo, portanto, eliminada grande parcela das variações sazonais observadas na situação atual.

Em decorrência da elevação permanente dos níveis d'água do aluvião de Altamira, estão previstas inundações, surgências, formação e acréscimo de áreas úmidas e alagadas, em caráter permanente e possíveis instabilizações, nos casos de solos não saturados de baixa resistência, especialmente nos casos de aterros, bastante frequentes na cidade. Avalia-se que as áreas de maior criticidade quanto a esses processos são aquelas onde o nível d'água nas cheias atuais está situado a profundidades menores que 2 a 3 m e nas regiões da foz do igarapé Altamira e entre o igarapé Altamira e Ambé.

Também, em Altamira, à elevação permanente dos níveis d'água do aquífero superficial estará associado um acréscimo na vulnerabilidade à contaminação desse aquífero constituído por aluviões, atualmente já bastante vulnerável. A condição de níveis d'água permanentemente a pequenas profundidades da superfície permitirá a saturação das fontes de contaminação ou a localização do nível d'água a pequenas distâncias da base dessas fontes. Conseqüentemente, ocorre acréscimo da carga de contaminantes para o aquífero e são favorecidos o acesso e a migração desses contaminantes no aquífero.

Aluviões a jusante do barramento, tanto nas planícies como nas ilhas, poderão passar a apresentar níveis d'água permanentemente a profundidades similares àqueles da época de seca.

Os resultados das análises da qualidade da água permitem concluir que a água do aquífero superficial constituído pelo aluvião na região de Altamira encontra-se contaminada. O lançamento de efluentes domésticos nos igarapés, a existência de fossas e a disposição de lixo de forma inadequada são os agentes poluidores mais significativos, dadas as elevadas concentrações de DBO, de DQO e de coliformes. Conforme mencionado, avalia-se que o lixão de Altamira está implantado em região com solos que apresentam preferencialmente baixas permeabilidades, onde a migração de contaminantes para aquíferos subjacentes é dificultada. Entretanto, a jusante do lixão, existe drenagem que permite o escoamento superficial do chorume do lixão para o igarapé Altamira. Valores de DQO foram também elevados nas águas superficiais da região de Altamira. O igarapé Ambé, por exemplo, apresentou DQO de 130 mg/L na campanha do período chuvoso (UFPA & ELETRONORTE, 2002). Não se descartam outras fontes, como contaminações por matadouros e curtumes.

De uma forma geral, os resultados mostram uma variação significativa que é, muito provavelmente, associada à contaminação do entorno, tendo em vista que as águas analisadas são provenientes de poços rasos. Não há uma relação direta entre os resultados físicos e químicos e o nível d'água dos poços. Já para as análises bacteriológicas há tendência para o aumento de coliformes à medida que diminui o nível.

Contrariamente ao verificado nos estudos anteriores da UFPA (ELETRONORTE, 2002) onde se concluiu que as águas subterrâneas foram classificadas como de boa qualidade para o consumo humano, no presente estudo pode-se constatar que essas águas são impróprias para o consumo, tanto pela presença de coliformes como pelo fato de terem sido detectadas outras variáveis que superaram os limites estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. Por outro lado, os parâmetros que nortearam a classificação da água subterrânea como sendo de boa qualidade nos estudos anteriores foram baseados nos baixos valores de coloração da água e turbidez e nos baixos valores de condutividade elétrica, alcalinidade e dureza. Na ocasião, não foram efetuadas análises para a verificação dos coliformes nem de metais pesados da água subterrânea. (os coliformes foram analisados apenas nas amostras provenientes das águas superficiais).

Além disto, os poços amostrados eram tipicamente de regiões rurais, ao contrário do levantamento recente onde os poços, exceto os de nºs 4 e 29, estão na região urbana. Pelos resultados obtidos, os poços 4 e 29, apesar de mais afastados, não apresentaram água de melhor qualidade. Isto, possivelmente, pela proximidade dos mesmos com as fossas, pela existência de lixos domésticos e pelo tipo de proteção, embora a localização do poço 29 seja mais distante da fossa e o mesmo apresenta melhor proteção, tanto de cobertura como de revestimento interno, em relação ao poço 4.

Não se dispõe de dados sobre a qualidade da água do aquífero Maecuru presente na região de Altamira, pois esses dados não estão disponíveis no cadastro do SIAGAS e os poços indicados no cadastro estavam abandonados ou não foi possível o acesso para coleta. Tais dados deverão ser obtidos através do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

7.7.4 GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

7.7.4.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

a) Geologia

Nos estudos desenvolvidos pela CNEC/ELETRONORTE (1987) e naqueles da UFPA (ELETRONORTE, 2001 – convênio FADESP-ELETRONORTE) e ELETRONORTE (2002) foram apresentados mapas geológicos na escala 1:250.000. Os mapas apresentados em 2001 e 2002 foram elaborados com base nos estudos da CNEC/ELETRONORTE (1987), complementados por revisão bibliográfica e trabalhos de campo, empregando-se as técnicas de mapeamento geológico de superfície e amostragem para análise petrográfica e estrutural das unidades litoestratigráficas. Esses mapas geológicos foram considerados nos estudos atuais com algumas revisões, principalmente quanto à delimitação das unidades, ajustando-a com os novos conhecimentos da área e avaliação de campo. Ressalta-se também a complementação dos mapeamentos disponíveis, pois as áreas de estudo contempladas nos estudos anteriores não abrangem integralmente aquelas definidas para o EIA atual.

O objetivo do tema geologia foi a caracterização estratigráfica, litológica e estrutural da área de estudo, feita a partir dos estudos anteriores e a partir das complementações necessárias.

Está sendo apresentado Mapa Geológico, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-023**, na escala 1:125.000, acompanhado de textos explicativos, elaborados a partir dos estudos anteriores, complementados por revisão bibliográfica, aplicação de técnicas de interpretação de imagem de satélite e levantamentos de campo onde necessário, dirigidos principalmente para áreas não mapeadas nos estudos anteriores e/ou para eventuais detalhamentos de áreas específicas. Os levantamentos de campo desenvolveram-se de acordo com as técnicas usuais de mapeamento geológico de superfície, por meio de inspeção, descrição de afloramentos e coletas de amostras, adotando-se procedimentos metodológicos similares àqueles dos estudos anteriores.

b) Recursos Minerais

A UFPA (ELETRONORTE, 2001 – convênio FADESP-ELETRONORTE) e ELETRONORTE (2002) apresentaram respectivamente mapas de potencial metalogenético nas escalas 1:200.000 e 1:250.000 e mapa de direitos minerários na escala 1:250.000, resultantes de digitalização efetuada a partir de levantamentos realizados pelo CNEC/ELETRONORTE (1987) e incorporando informações de campo e de interpretação de imagem de satélite.

O mapa de direitos minerários elaborado nos estudos mencionados apresentou as áreas com licenciamento minerário (10), com alvará de pesquisa (43) e com requerimento de pesquisa (24) segundo o DNPM, até a data de 31/10/2001. Observou-se que a área a ser ocupada pelo reservatório encontrava-se quase que totalmente desonerada de títulos minerários. Apenas as áreas com alvará de pesquisa para níquel, da empresa ESSEX, exibiam uma pequena interferência com a área a ser inundada.

No mapa de potencial metalogenético foram indicadas áreas de maior potencialidade, identificadas como áreas de potencialidade 1, 2 e 3, seguindo os critérios da CPRM (1987, 2001). Dentro dessas áreas de maior potencialidade, foram individualizadas 18 áreas potenciais para diferentes minerais metálicos e materiais de construção.

A UFPA efetuou estudos dos depósitos e garimpos de ouro e das áreas de extração de materiais de uso na construção civil, localizados na área de influência. Foi levantado o ambiente geológico, a tipologia do minério, as rochas encaixantes, os diferentes controles geológicos, mineralógicos e estruturais dos depósitos. Nas áreas de lavra, foram coletadas informações diversas sobre produção, trabalhadores envolvidos, preço do minério e sobre métodos de produção.

As áreas de estudo do EIA da UFPA não correspondem integralmente àquelas definidas para o EIA atual e, portanto, houve necessidade de complementação. Desta forma, são apresentados Mapa de Direitos Minerários, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-024**, com os processos minerários protocolados no DNPM, conforme acesso em 30 de abril de 2008 e Mapa de Potencial Metalogenético, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-025**, na escala 1:125.000. O mapa metalogenético elaborado nos estudos anteriores foi considerado, efetuando-se as alterações necessárias e verificando-se que não houve novas descobertas significativas na área. Foi efetuado também um levantamento de campo das atividades de exploração mineral, especialmente de garimpos de ouro e das áreas de extração de materiais de uso na construção civil. Esse levantamento foi feito com GPS, apresentando-se a localização a partir das coordenadas, bem como a caracterização dos bens minerais.

7.7.4.2 Unidades Geológicas

Os trabalhos de mapeamento geológico realizados permitiram definir as unidades lito-estratigráficas presentes na área. A coluna estratigráfica da área é apresentada a seguir No **QUADRO 7.7.4-1**, enquanto a distribuição das unidades geológicas é mostrada no Mapa Geológico da AID, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-023**.

A AID do AHE Belo Monte apresenta rochas cristalinas do Arqueano e Proterozóico. Essas rochas polimetamórficas, representadas por gnaisses, migmatitos, granulitos, granodioritos e granitóides, constituem o embasamento regional e correspondem ao que Silva et al. (1974) chamaram de Complexo Xingu. Neste Complexo, baseado em características morfológicas, estruturais, petrográficas, mineralógicas e radiométricas, foi possível estabelecer uma subdivisão em cinco unidades: AxI, AxII, AxrIII, AxrIV e AxrV (CNEC/ELETRONORTE, 1987 e SANTOS et al, 1988).

Na sua porção setentrional, aparecem as rochas paleozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, particularmente na região de Altamira e Belo Monte. Além dessas rochas, ocorrem sedimentos inconsolidados, de idade cenozóica, ao longo do rio Xingu e de seus afluentes.

QUADRO 7.7.4-1

Coluna Estratigráfica da AID (CNEC/ELETRONORTE,1987; Santos et al.,1988; Schobbenhaus et al./CPRM - 2004).

FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Qa - Depósitos aluvionares: areia de granulação fina a grossa, cascalhos, argilas, argilas arenosas e orgânicas e siltes, semiconsolidados a inconsolidados.
		CRETÁCEO	K2ac - Formação Alter do Chão: arenito grosso, friável, de cores variadas, com estratificação cruzada, níveis lenticulares de conglomerados maciços e argilas vermelhas.
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	JURÁSSICO	JKp - Diabásio Penatecaua: sills e diques de diabásio.
		DEVONIANO	Dc - Formação Curuá : folhelhos cinza-escuros a negros e siltitos arenosos, cinzas, laminados. De - Formação Ererê : siltitos, folhelhos e arenitos finos alternados e lentes de conglomerados com estratificação cruzada. Dm - Formação Maecuru: arenitos finos a médios, mal selecionados, brancos a amarelos com estratificação cruzada, lentes de conglomerados e arenitos conglomeráticos.
		SILURIANO	St - Formação Trombetas : ritmitos, folhelhos escuros, piritosos e carbonosos, fossilíferos, gradando para siltitos, arenitos e nível basal conglomerático.
PROTEROZOICO	PÁLEO-PROTEROZOICO	AxrV - Unidade V: Granitóides equigranulares de granulação fina. AxrIV - Unidade IV: Granitóides, migmatitos e anfibolitos e gnaisses subordinados. AxrIII - Unidade III: Migmatitos de estruturas e composições variadas com encraves de rochas das unidades I e II e granitóides subordinados.	
ARQUEANO	NEO-ARQUEANO	AxII - Unidade II : Sequência metavulcano-sedimentar: metavulcânicas, metatufos, micaxistos, filitos, quartzitos, formações ferríferas (Micaxisto Bacajá), actinolita xistos e anfibolitos (Anfibolito Itatá)	
	MESO-ARQUEANO	AxI - Unidade I : Gnaisses granodioríticos e tonalíticos pouco ou não remobilizados, com encraves de anfibolito.	

Nota: As nomenclaturas AxI, AxII, AxrIII, AxrIV e AxrV estão conforme apresentados nos estudos anteriores.

a) Unidade do Embasamento Mesoarqueano

a.1) Unidade AxI

Esta unidade com predominância de gnaisses e granodioritos foi considerada de idade mesoarqueana em correlação com parte da área do Complexo Xingu descrita por Schobennhaus (2004), com idade de 2,9 Ga Pb-Pb e 2,85 Ga U-Pb. Segundo Vasquez (2006), os ortognaisses de 2,67-2,44 Ga e remanescentes de rochas metavulcânicas de 2,45 Ga marcam o primeiro evento de formação de crosta na porção oeste Domínio Bacajá, com uma acreção acerca de 2,7 Ga e contaminação por crosta mesoarqueana (ca. 3,0 Ga).

Sua ocorrência é restrita a núcleos lenticulares e descontínuos envolvidos por migmatitos e granitóides, com contatos de natureza gradacional ou tectônica. As rochas desta unidade estão bem caracterizadas numa área situada a leste de Altamira, entre a vicinal 27 e as cabeceiras do igarapé Paquiçamba e do igarapé Ticaruca, em uma estreita faixa situada na margem direita do rio Xingu, a jusante de Altamira e a montante da Ilha da Taboca, e em outra faixa NW-SE que atravessa o rio Xingu, nas proximidades da Ilha Grande e se desenvolve paralelamente à Suíte Metamórfica Três Palmeiras (Unidade AxII).

Estruturalmente acompanham a foliação regional com direção geral NW e com grande parte de suas rochas exibindo mais de uma foliação, às vezes com dobras isoclinais bem fechadas e foliação plano axial.

Na área predominam os gnaisses granodioríticos que englobam rochas de natureza tonalítica a granítica. São rochas predominantemente cinza esbranquiçadas a cinza escuro, de granulação média, homogênea a pouco orientada, com aspecto gnáissico marcado apenas nos minerais planares. Microscopicamente exibem textura hipidiomórfica granular, às vezes com nítida foliação resultando em textura granolepidoblástica. Têm como constituintes principais o plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda. Como acessórios, ocorrem epidoto, apatita, clorita, magnetita, zircão, titanita, calcita e alanita.

A fácies metamórfica desta unidade situa-se no anfíbolito alto, em alguns locais compatíveis com a transição para a fácies granulito.

A partir das informações da geologia local do Sítio Belo Monte, essa unidade constitui os corpos já existentes na época da migmatização, vindo a transformar-se em paleossoma dos migmatitos, após o evento termodinâmico regional. As rochas que ocorrem dentro deste conjunto são migmatitos cinzas (composição granodiorítica), biotita-gnaisses, biotita-hornblenda-gnaisses, quartzo diorito-gnaisses e anfíbolitos. Essas rochas apresentam foliação milonítica contemporânea a migmatização de composição granodiorítica, parcialmente destruída pela foliação milonítica regional contemporânea aos migmatitos da Unidade AxrIII. Encontram-se parcialmente migmatizadas por veios concordantes de neossoma granítico rosa, aparentemente responsáveis pela feldspatização que freqüentemente caracteriza essas rochas.

b) Unidade do Embasamento Neoarqueano

b.1) Unidade AxII - Suíte Metamórfica Três Palmeiras

Esta unidade está relacionada à Suíte Metamórfica Três Palmeiras (JORGE JOÃO et al, 1987 e 2001), anteriormente denominada de Xisto Três Palmeiras (SILVA et al, 1974). Segundo

Jorge João et al (1987 e 2001), os dados geológicos, de campo e laboratoriais, permitiram, na escala proposta, uma subdivisão estratigráfica dessa seqüência em duas unidades na hierarquia formacional, designadas de Anfibolito Itatá e Micaxisto Bacajá, assim espacialmente ordenadas da base para o topo. Estas são as mesmas designações adotadas mais tarde por Schobbenhaus et al. (2004).

Esta unidade foi considerada neoarqueana por Schobbenhaus et al. (2004). Vasquez (2006) apresenta datações de metandesitos e metadacitos com 2,36 Ga, considerando-as rochas tardi-siderianas (Paleoproterozóico), mas com tonalito associado de idade 2,34 Ga. As idades-modelo SM-Nd indicaram uma acreção juvenil há cerca de 2,48Ga e um retrabalhamento de uma crosta mesoarqueana, sendo as cristalizações dos magmas juvenil e crustal a 2,36 e 2,34 Ga.

Compreende um conjunto de rochas metavulcânicas máficas/ultramáficas e metassedimentares clásticas e químicas, que representam porções de seqüências vulcanosedimentares, possivelmente do tipo *greenstone belt* e está envolvida predominantemente por rochas migmatíticas e gnáissicas.

As metavulcânicas máficas/ultramáficas correspondem ao Anfibolito Itatá e representam rochas derivadas de gabros e diabásios a basaltos ou tufos basálticos (**FIGURA 7.7.4-1 a FIGURA 7.7.4-4**). Macroscopicamente são rochas de cor verde escuro a preto, de granulação fina, raramente média, com estrutura desde maciça a fracamente orientada. Em alguns locais, podem exibir nítidos componentes arredondados (amígdalas?) esbranquiçados ou avermelhados. Ao microscópio, apresentam texturas variadas desde nematoblástica a granoblástica, equigranular e às vezes, inequigranular. São constituídos por plagioclásio (andesina-oligoclásio), hornblenda, piroxênio (augita), epidoto e clorita. Titanita, magnetita, ortoclásio, quartzo e biotita completam a mineralogia dessas rochas. Localmente, uma estrutura reliquiar representada por agregados granoblásticos, ricos em plagioclásio, com alguma hornblenda, é indicativa de possíveis piroclastos andesíticos, como também a presença de cavidades/vesículas preenchidas por adulária, prehnita, calcita e epidoto é sugestiva de que tais rochas correspondam a variedades extrusivas, do tipo basáltico.

O grupo dos metassedimentos corresponde ao Micaxisto Bacajá. É constituído por uma fácies predominantemente quartzosa e uma fácies fina. No primeiro grupo, incluem-se quartzosericita xisto, granada quartzito, quartzo xisto granatífero e quartzo xisto conglomerático e no segundo, ocorrem rochas de natureza predominantemente química, representadas por itabirito, hematita quartzito e gruneríta-cummingtonita quartzito. Possivelmente esse grupo de rochas resulta do metamorfismo sobre sedimentos areno-pelíticos, localmente com contribuição de material carbonático impuro e sedimentos químicos tipo *chert* que representam possivelmente uma seqüência tipo *Banded Iron Formation (BIF)* na qual, freqüentemente, ocorre um vulcanismo básico associado.

As informações petrográficas referentes à Unidade AxII, embora não conclusivas quanto ao grau metamórfico, são sugestivas da fácies xisto verde/anfibolito baixo.

Os mapeamentos da área indicam que as rochas desta unidade estão distribuídas transversalmente aos rios Ituna, Itatá e Bacajá, em forma de faixas ou lentes alongadas de direção WNW-ESE, freqüentemente associadas às faixas da Unidade AxI, com a qual mantêm contatos tectônicos.

Em termos estruturais, a unidade exibe uma xistosidade bem preservada, paralela ao bandamento composicional, por vezes embutindo dobras fechadas sem raiz e em bainha. Em muitos locais, essa xistosidade encontra-se destruída por cataclase, ao longo de zonas de falhas rúpteis que têm planos de falha e estrias de alto ângulo.

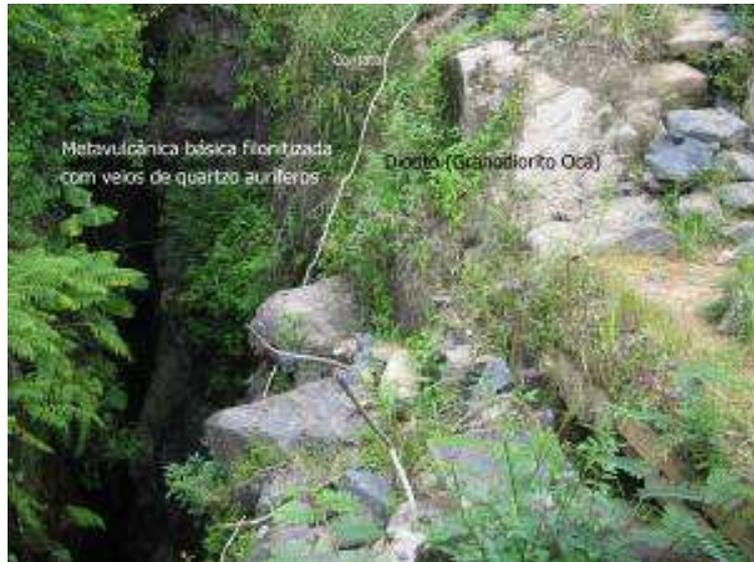


FIGURA 7.7.4-1 – Contato entre metavulcânica básica com veios de quartzo auríferos da Unidade AxII e dioritos e granodioritos da Unidade AxiV (Granodiorito Oca), observado no Garimpo Galo.



FIGURA 7.7.4-2 – Fragmentos de metavulcânica básica com veios de quartzo auríferos da Unidade AxII, extraídos do garimpo Itatá.



FIGURA 7.7.4-3 – Amostra de mão do Anfibolito Itatá.



FIGURA 7.7.4-4 – Amostra de mão de veio de quartzo aurífero.

c) **Unidades do Embasamento Paleoproterozóico**

c.1) **Unidade AxrIII – Migmatitos**

As litologias típicas da Unidade AxrIII são os migmatitos, aos quais estão associados núcleos gnáissicos, granodioríticos, tonalíticos e anfibolíticos das Unidades AxI e AxII e rochas granitóides das Unidades AxrIV e AxrV. Apresentam contatos gradativos ou tectônicos com as demais seqüências, estando possivelmente cortados pelos granitóides da Unidade AxrV. A idade do processo de migmatização é 2147-2123 Ma e está relacionada a um evento anatético na fácies anfibolito superior (VASQUEZ, 2006).

A unidade de migmatitos é a predominante em comparação com as demais unidades do embasamento. Morfologicamente apresenta um relevo com formas côncavo-convexas, em alguns locais mais acidentadas e, em outros, mais aplainadas, possivelmente devido a variações composicionais, condicionamento tectônico ou ao estágio evolutivo da paisagem.

Em sua maior parte, os migmatitos são constituídos por tipos diatexíticos evoluídos, principalmente nebulíticos e “*schlieren*”, de composição predominantemente granodiorítica e granítica. Aparecem, localmente, tipos ocelares, acamados e “*schollen*”, além de núcleos granitóides.

Apresentam estruturação regional NW-SE e mergulhos predominantemente subverticais, onde é marcante a presença de estruturas boudinadas refletidas principalmente por corpos anfibolíticos e menos comumente gnáissicos, que às vezes conferem notável aspecto bandado.

O neossoma é predominantemente róseo a róseo esbranquiçado, maciço, fino a médio, de composição granítica e, às vezes, com biotita e/ou hornblenda disseminada. Ocorre em formas de lentes e/ou veios discordantes, assimilando o paleossoma com contatos difusos ou em contatos bruscos. O paleossoma é geralmente de natureza anfibolítica ou constituído por biotita/hornblenda gnaisses (de composição granodiorítica-tonalítica). É negro esverdeado nos primeiros e cinza médio escuro nos gnaisses. Tem granulação fina a grossa e geralmente é bem foliado.

Petrograficamente representam rochas de granulação fina a grossa, com texturas geralmente granoblásticas e níveis lepto-nematoblásticos, mas localmente porfiróides. A foliação milonítica comumente é bem marcada pela orientação sinuosa da biotita e hornblenda que acompanham as faixas quartzo-feldspáticas. O efeito cataclástico, geralmente superimposto, é marcante, principalmente nos grãos de quartzo, microclina e plagioclásio (oligoclásio-andesina). Como principais acessórios ocorrem opacos, zircão, alanita, epidoto, apatita, zoisita, clorita, sericita e titanita. A feição petrográfica típica desta unidade é representada pelo intercrescimento mirmequítico, bem como pela associação quartzo-microclina em formas denteadas, que denotam a intensa alcalinização da rocha primitiva.

As análises petrográficas são indicativas da fácies anfibolito para as rochas dessa unidade, embora localmente sejam verificados efeitos de retrometamorfismo para xisto-verde.

No Sítio Pimental foram delineados componentes desta Unidade, representados predominantemente por migmatitos. Trata-se de um migmatito granito-gnáissico devido ao fato de possuir o paleossoma gnáissico e o neossoma granítico. O paleossoma é um

hornblenda-biotita gnaissé de cor cinza escuro, foliado, de granulação fina, formado predominantemente por biotita, apresentando ainda quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e hornblenda e o neossoma é um metagranito de cor branco-rosado, isotrópico, de granulação média a grossa, porfirítico, formado por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e biotita. O aspecto porfirítico é observado onde os cristais de feldspato potássico aparecem bem desenvolvidos, constituindo pórfiros com tamanhos variando de 3 a 5 cm em geral. O bandamento metamórfico nos migmatitos corresponde à direção principal da foliação que é N50W/75°SW. É possível que haja outra foliação mais antiga, no entanto não foi observada.

No Sítio Pimental também foram encontradas feições de diques e *sills* de granito e granodiorito intrusivas nos migmatitos. Os corpos graníticos possuem cor rosa claro, de granulação grossa, isotrópicos e porfiríticos, com cristais de feldspato potássico que podem atingir até 15 cm localmente. A mineralogia é basicamente feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e subordinadamente biotita. Tais corpos tabulares encontram-se intersectados por fraturas que se cruzam em X. Estes diques e *sills* graníticos possuem de 12 a 70 cm de largura.

Na área dos Canais de Derivação, próxima ao Sítio Pimental, na margem esquerda do rio Xingu, foi também observada a presença de rochas da Unidade AxrIII, com predominância de migmatitos, sendo que o paleossoma ocorre em menor proporção que o neossoma. O paleossoma é um gnaissé de cor escura, foliado, de granulação fina, formado por biotita, plagioclásio e quartzo, além de pirita subordinadamente. Os encraves desta rocha possuem dimensões e formas variadas, desde poucos centímetros até 1,5 metros. Já o neossoma é um metagranito de cor cinza claro rosado, pintalgado de preto, devido às placas de biotita, de granulação grossa, isotrópico a foliado, formado por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita. Foram constatadas ocorrências de veios graníticos de cor rosa claro, também foliados, de granulação média, silicificados, formados por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e raramente biotita. Esses veios ocorrem em várias direções diferentes e são tardios, pois cortam tanto o granito do neossoma quanto os encraves gnáissicos do paleossoma. O modo de ocorrência típico dessas rochas nessa área é sob a forma de blocos e matacões, principalmente nos morros, havendo pequena quantidade de afloramentos rochosos *in situ*.

Esta unidade é também caracterizada na área do Sítio Bela Vista, na margem esquerda do rio Xingu, a jusante da foz do rio Bacajá, sendo constituída principalmente de migmatitos. Esta litologia possui neossoma granítico de cor branca a levemente rósea, de granulação grossa, isotrópico, formado por quartzo azulado, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. Nele observam-se encraves de um biotita-hornblenda gnaissé, cinza escuro, de granulação fina, foliado, formado por biotita, plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, possuindo pirita e pirrotita disseminadas. Nas elevações topográficas desta área, não foi constatada a presença de afloramentos rochosos, observando-se, entretanto, uma marcante presença de matacões de dimensões métricas.

No Sítio Belo Monte também foi observada esta unidade, constituída por migmatitos com neossoma de composição granítica de cor rosa, que é o mais comum dentro da unidade. A composição litológica dos migmatitos é bastante variada de acordo com a composição original, quantidade e grau de assimilação do paleossoma. Dessa forma, é possível encontrar composições graníticas e adamélticas, em áreas de predomínio de neossoma, e composições tonalíticas e granodioríticas, nas áreas em que o paleossoma é mais comum.

Aspectos dessa unidade observados nos trabalhos de campo são ilustrados através das FIGURA 7.7.4-5 a FIGURA 7.7.4-14.



FIGURA 7.7.4-5 – Encosta com blocos de rochas da Unidade AxrIII no sítio Bela Vista, junto do rio Xingu, entre os igarapés Paquiçamba e Ticaruca.



FIGURA 7.7.4-6 – Ilha no rio Xingu, na região do sítio Bela Vista, esculpida em rochas da Unidade AxrIII.



FIGURA 7.7.4-7 – Afloramento de migmatito da Unidade AxrIII no rio Xingu, na cachoeira do Espelho, no extremo sul da AID.



FIGURA 7.7.4-8 – Migmatito da Unidade AxrIII na cachoeira do Espelho, observando-se o neossoma róseo esbranquiçado, de composição granítica e o paleossoma de coloração cinza, de natureza anfibolítica.



FIGURA 7.7.4-9 – Migmatito da Unidade AxrIII no rio Xingu nas proximidades do canal Salvaterra, observando-se o neossoma róseo esbranquiçado, de composição granítica e o paleossoma de coloração cinza, de natureza anfibolítica. Presença de *boudin* de anfibolito.



FIGURA 7.7.4-10 – Gnaiss grosseiro com pórfiros da Unidade AxrIII na vicinal 55.



FIGURA 7.7.4-11 – Migmatito da Unidade AxrIII, com enclaves de anfibolito, no Sítio Bela Vista, junto ao rio Xingu, entre os Igarapés Paquiçamba e Ticaruca.



FIGURA 7.7.4-12 – Migmatito da Unidade AxrIII na foz do rio Bacajá.



FIGURA 7.7.4-13 – Gnaiss da Unidade AxrIII cortado por veios pegmatíticos irregulares, na margem direita do rio Xingu, na região de Cana Verde/Ituna.



FIGURA 7.7.4-14 – Amostra de mão de migmatito.

d) Unidades Granitóides Paleoproterozóicas

d.1) Unidade - AxrIV

Esta unidade é de rochas granitóides, embora não sejam raras porções migmatíticas, além de núcleos anfibolíticos e gnáissicos subordinados. Encontra maior representatividade a montante de Altamira, no limite sul da AID e na margem do rio Xingu, a sul da Ilha Grande e também na região da foz do Bacajaí, embora ocorra também em pequenos núcleos distribuídos por todo embasamento, em íntima associação com as rochas migmatíticas para as quais gradam lateralmente.

Apresenta relevo acidentado, com morros e morrotes de formas côncavas e côncavo-convexas, geralmente exibindo grandes aglomerados de matacões.

Estruturalmente segue o *trend* regional NW-SE, às vezes com nítida foliação e preservando as estruturas internas (encraves, orientação mineral), concordantes com a estruturação das encaixantes. Sobre essas rochas é notório o intenso efeito da cataclase com desenvolvimento de zonas epidotizadas além da maior concentração de fraturas.

De modo geral, constitui-se de rochas de coloração rósea, granulação média, equigranular a inequigranular, com estrutura maciça a levemente orientada e composição com tendência granítica. Ao microscópio, o bandamento se manifesta através da orientação de palhetas de biotita, às vezes cloritizadas, dispersas em um fundo granoblástico fino a médio, composto por quartzo, microclina micropertítica, plagioclásio e, às vezes, albita. A substituição da microclina pela albita e formação de mirmequita é frequente e significativa. Como acessórios, ocorrem epidoto, zoisita, sericita, zircão, titanita e apatita.

Está correlacionada com os Granitóides João Jorge da Suíte Granítica Orogênica (PP2jj), conforme proposto por Schobbenhaus et al. (2004), representado, essencialmente, por monzogranitos, sieno-granitos e adamélitos, tipicamente sincinemáticos, sendo caoticamente atravessados por discordantes fases aplíticas ou micrograníticas tardicinemáticas.

Esta unidade também está correlacionada com o Granodiorito Oca (JORGE JOÃO, 1987 e 2001), correspondente à Suíte Granítica Anorogênica Granodiorito Oca de Schobbenhaus et al. (2004). De acordo com Schobbenhaus et al. (2004), dois corpos foram caracterizados dentro da Suíte Granítica Anorogênica Granodiorito Oca, considerada de idade paleoproterozóica orosiriana (1,8-2,05 Ga), ambos situados na Volta Grande do Xingu, estando o primeiro na área da antiga Mineração Oca (**FIGURA 7.7.4-15**), daí a sua denominação e, o segundo, na região da foz do rio Bacajaí. Entretanto, Vasquez (2006) apresenta datações de 2,16 Ga para o primeiro granitóide e 2,15 Ga para o segundo, com idade Paleoproterozóico (Riciano).

No Sítio Belo Monte, foram individualizados corpos graníticos desta unidade, principalmente na porção esquerda das Estruturas de Concreto e na Barragem de Ligação Esquerda. São constituídos de biotita-gnaisses (granitos gnaissificados e gnaisses adamélíticos) e quartzo-sienito-gnaisses, sintectônicos e correspondem a núcleos de fusão mais intensa no processo de migmatização. Ocorrem como corpos fusiformes, concordantes com a foliação milonítica regional.

Os granitos são médios a grosseiros, porfiroblásticos, pobres em biotita e de cor rosa. Apresentam foliação milonítica que varia de muito fraca (com quartzo ligeiramente discóide e pórfiros orientados) a muito intensa (com milonitos e ultramilonitos). Observou-se que as zonas miloníticas guardam relação com a ocorrência desses corpos, mesmo em escala regional.



FIGURA 7.7.4-15 – Amostra de mão do Granodiorito Oca sulfetado.

d.2) Unidade AxxV

Esta unidade tem sua principal expressão em um grande batólito nas margens do rio Xingu, nas proximidades da Ilha de Babaquara, em outro batólito nas cabeceiras do igarapé Paquiçamba e um outro menor, na margem esquerda do rio Xingu, 10 km a sudeste de Belo Monte.

As rochas desta unidade apresentam-se em corpos de variados tamanhos e constituem a unidade mais difícil de ser definida dentro do complexo cristalino. Seu reconhecimento quase sempre se fez baseado na abundância de corpos pegmatóides, constante atividade hidrotermal, forma de afloramentos, constituindo lajeiros rasos e com configuração arredondada, ao contrário das demais unidades do embasamento onde é comum o desenvolvimento de “pontões” de rochas com forte estruturação NW-SE, bem como pela geometria de seus corpos geralmente discordante do *trend* regional.

Esta unidade encontra-se representada por biotita granito fino a médio, raramente grosso, róseo a cinza esbranquiçado, equigranular, maciço e localmente muito pouco foliado de composição variável, no campo dos granitos e quartzo-monzonitos (**FIGURA 7.7.4-16** a **FIGURA 7.7.4-18**). Em alguns locais, exibe textura inequigranular com pórfiros retangulares de feldspato potássico imersos em matriz quartzo feldspática com biotita e sem aparente orientação. Como característica marcante ocorre uma íntima associação com corpos pegmatóides zonados ou não, diques aplíticos e veios de quartzo.

Microscopicamente as rochas desta unidade geralmente apresentam textura granular xenoblástica, constituída por microclina do tipo micropertítico a pertítico, às vezes com bordas albitizadas, muscovitizadas ou parcialmente caulinizadas, plagioclásio (oligoclásio-albita), quartzo xenomórfico, biotita (cloritizada) e muscovita. Nas interfaces microclina-plagioclásio é comum o desenvolvimento mirmequítico. Como acessórios, ocorrem epidoto, goethita, ilmenita, titanita, apatita, alanita e zircão.

Ao contrário das demais unidades do embasamento, que alcançam a fácies metamórfica xisto verde alta a anfibolito alto/granulito, esta unidade atinge apenas a fácies xisto verde com recristalização tardi-tectônica seguida de hidrotermalismo.

A correlação desta unidade pode ser feita com a Suite Intrusiva Maloquinha. A Suíte Intrusiva Maloquinha é representada por granitóides de natureza subvulcânica a hipoabissal e que ocorrem associados a rochas vulcânicas ácidas a intermediárias. Esses granitóides constituem rochas de filiação granodiorítica a granítica, com variações de diorítica a monzodiorítica, ocorrendo principalmente granodioritos, quartzo monzonitos pórfiros e granitos com biotita e/ou anfibólio. Subordinadamente ocorrem quartzo-gabro, dioritos, granitos rapakivi e granitos alcalinos.

Geralmente constituem rochas cinza médio a rosa claro, às vezes esbranquiçadas, maciças, equigranulares de granulação fina a grossa e localmente porfiríticas. Microscopicamente apresentam textura hipidiomórfica a xenomórfica granular, constituída por plagioclásio (andesina a albita), microclina, quartzo, anfibólio (hornblenda) e biotita (cloritizada). Como acessórios, ocorrem magnetita, apatita, zircão, leucóxênio, epidoto, muscovita e titanita.

Acompanhando as zonas cataclásticas, geralmente essas rochas podem desenvolver epidotização, cloritização (principalmente da biotita), albitização do plagioclásio, leucoxenização de ilmenita, além de sericitização. Localmente, quando atingem elevado grau de metassomatismo, podem formar verdadeiros albititos. Nas rochas de filiação diorítica é significativa a presença de sulfetos disseminados.

Os granitos alcalinos são róseos, maciços, de granulação média e homogêneos. Exibem textura equigranular hipidiomórfica, tendo como minerais fundamentais microclina micropertítica, quartzo subarredondado, plagioclásio sódico e biotita cloritizada. Ocorrem ainda hornblenda, muscovita, sericita, fluorita, monazita, rutilo, titanita, epidoto e óxido de ferro.



FIGURA 7.7.4-16 – Granito da Unidade AxrV, róseo, rico em feldspato potássico, de granulação média, equigranular, aflorante na vicinal 27, acesso para o acampamento da ELETRONORTE.



FIGURA 7.7.4-17 – Amostra de mão do granito da Figura 7.7.4-16.



FIGURA 7.7.4-18 – Granito da Unidade AxrV, róseo, rico em biotita, de granulação média a grossa, na margem esquerda do rio Xingu, na estrada a partir do aeroporto em direção ao rio Iriri.

e) Coberturas Paleozóicas

Estão expostas na área as formações Trombetas, Maecuru, Ererê e Curuá, unidades paleozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas.

e.1) Formação Trombetas - St (SILURIANO)

A Formação Trombetas foi proposta como Grupo Trombetas por Caputo (1984), trabalho no qual o autor redefiniu as formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru. Aqui é adotada a estratigrafia de Caputo et al. (1971).

Segundo Souza et al. (1988), o Membro Pitinga apresenta rico conteúdo fóssilífero, entre os quais Caputo e Andrade (1968) identificaram formas de graptolitos, chitinozoa, algas, espículas de esponjas, braquiópodes, moluscos, scoleconodontes, foraminíferos, crustáceos, entre outras. Grahn (2005) identifica formas de chitinozoa em furos rasos e afloramentos do Membro Pitinga na região do rio Xingu, próximo de Altamira e Belo Monte. Esses fósseis confirmam a idade Lhandoveriano (base do siluriano) para o Membro Pitinga.

Segundo pesquisa no Páleo – Base de Dados Paleontológicos da CPRM – três afloramentos da Formação Trombetas, nas proximidades de Altamira apresentam fósseis nas formas de chitinozoa, acritarcha e esporomorfos.

A Formação Trombetas ocorre em faixa alongada, com direção predominantemente ENE-WSW, acompanhando, de maneira geral, a borda sul da bacia sedimentar e com espessura de aproximadamente 50 m.

Morfológicamente, constitui uma pequena depressão no reverso da cuesta, difícil de ser reconhecida pela fotointerpretação e que, por vezes, encontra-se recoberta pelos sedimentos Maecuru. Encontra-se representada predominantemente por folhelhos negros a cinza-escuros, carbonosos,ossilíferos, piritosos, laminados e, em parte, expansivos, que gradam verticalmente a siltitos creme e arenitos muito finos, esbranquiçados. Essas litologias, por vezes, se alternam, constituindo verdadeiros ritmitos. As sondagens exibem alternâncias entre pacotes de folhelhos e ritmitos, com a base da unidade caracterizada por um nível métrico de conglomerado basal.

Na área, a Formação Trombetas é representada principalmente pelo Membro Pitinga assentado discordantemente sobre o embasamento cristalino e sobreposto, em discordância erosiva, pelos sedimentos da Formação Maecuru e Alter do Chão. Apresenta uma sucessão de ritmitos de folhelho-siltito e arenito muito fino alternados com folhelhos negros e cinza escuros.

O Membro Pitinga é subdividido em cinco conjuntos denominados, informalmente, de camadas. Ocorrem, portanto, da base para o topo, as seguintes camadas: Ritmito Inferior, Folhelho Inferior, Ritmito Médio, Folhelho Superior e Ritmito Superior. No *graben* do Macacão e nas suas proximidades, são também reconhecidas as Camadas do Ritmito Deformado e dos Diamictitos, além da Camada dos Arenitos, que compõe Membro Manacapuru.

No sítio Belo Monte foram encontradas rochas da Formação Trombetas, que ocorrem ao longo de quase toda a área de influência das barragens, constituídas por folhelhos e ritmitos de cor cinza escura e preta, com concreções de sulfetos e trechos expansivos. As maiores espessuras observadas em sondagens foram de 66m, 70m e 90m. Das cinco camadas informais que constituem o Membro Pitinga, as três camadas superiores ocorrem apenas nas ombreiras das Barragens de Santo Antônio e de Ligação Esquerda. Na parte sul e leste da área, ao longo da Barragem de Ligação Direita, as fácies apresentam-se modificadas, sendo necessária a utilização de outros conjuntos faciológicos para a caracterização: a camada do ritmito com dobras convolutas e as camadas dos diamictitos e arenitos.

A camada do ritmito inferior está bem representada nas sondagens realizadas nas Barragens de Santo Antônio e de Ligação Esquerda, onde ocorre com espessura da ordem de 16,5 m. Apresenta três conjuntos de fácies: a brecha basal, ritmitos com *linsen* (lentes centimétricas de areia) e ritmitos *wavy bed* (camadas onduladas), com freqüente bioturbação. No ritmito ocorrem intervalos decimétricos de folhelho que, apesar de não serem contínuos, podem se prolongar por distâncias superiores a 20 m, condicionando níveis locais de baixa resistência ao cisalhamento.

O folhelho inferior, com espessura da ordem de 9 m constitui, um conjunto de folhelhos negros com sulfetos instáveis e *linsens* milimétricos de areia muito fina.

A camada do ritmito médio, com cerca de 15 m de espessura, constituída por ciclos de granodecrescência ascendente, iniciados por corpos decimétricos de arenito muito fino, gradados com marcas onduladas truncantes, seguido por siltito com *wavy bed* e *linsens*, de areia muito fina e encerrado por folhelho.

O folhelho superior, com espessura entre 15 e 17 m nas sondagens, é constituído por folhelhos e siltitos com estratificação plano-paralela, com planos de partição submilimétrica perfeita,

marcados por níveis de muscovita muito fina. Localmente, apresenta-se maciço e pode apresentar trechos expansivos com sulfetos instáveis.

A camada do ritmito superior apresenta espessura máxima de 11,6 m, sofrendo um leve adelgaçamento para a ombreira esquerda da Barragem de Santo Antônio, onde atinge 8,60 m. É constituída por uma seqüência de siltitos micáceos, com espessamento das lâminas para o topo. Os termos basais são constituídos por folhelhos com *wavy bed* e *linsens*, seguidos na parte média por siltitos que apresentam, além dessas estruturas, dobras convolutas milimétricas, pseudonódulos e diques clásticos. Para o topo, essa seqüência apresenta ciclos métricos com arenito muito fino a fino, com marcas de onda com amplitude métrica.

A camada do ritmito com convolutas está representada nas sondagens, onde atinge 29 m de espessura. O conjunto se assemelha à camada do ritmito inferior, até pelo tipo e intensidade da bioturbação, diferindo, entretanto, pela espessura significativamente maior e por deformação por dobras convolutas de amplitude métrica.

A camada dos diamictitos ocorre restrita ao *graben* do Macacão e está representada em sondagens, onde alcança espessura de 37 m. É composta por diamictitos intercamados em corpos centimétricos com ritmitos convolucionados, siltitos maciços ou com dobras convolutas e diamictitos espessos. Os siltitos apresentam-se fluidizados e em corpos métricos, e os diamictitos são compostos por blocos de rocha granítica alterada, com porte de até vários metros e clastos de silito de porte centimétrico.

A camada dos arenitos apresenta espessura superior a 50 m e compreende ciclos de vários metros de arenito limpo e folhelho, ambos maciços, fluidizados, com diápiros de folhelho no arenito. Dentro da seqüência, podem aparecer níveis de diamictito junto aos referidos ciclos, e o ciclo basal é iniciado por um arenito que apresenta diápiros do diamictito pertencente à fácies inferior.

As camadas dos ritmitos e folhelhos da Formação Trombetas apresentam fácies típicas de sedimentação costeira de planície de maré, com evolução para condições plataformais, correlacionando-se ao Membro Pitinga da Formação. Já a camada dos arenitos mostra fácies genéticas de barras de plataforma, atribuída ao Membro Manacapuru. A **FIGURA 7.7.4-19** apresenta a interpretação genética das camadas mencionadas.

	DESCRIÇÃO FACIOLÓGICA	PROCESSOS	FÁCIES GENÉTICAS	SISTEMAS DEPOSICIONAL	
	Ritmos com ciclos gradacionais (com marcas onduladas) à folhelho. Espessamento das camadas para o topo.	turbiditos oscilatórios	barras de plataforma distais	↑	
	Siltito folhelhóide de partição perfeita.	suspensão	plataforma	plataforma	
	Ritmo: ciclos gradacionais de arenito (muito fina com marcas onduladas) à folhelho.	turbiditos oscilatórios	barras de plataforma distais		
	Folhelho negro.	suspensão	plataforma	↓	
	Ritmo: siltito com "wavy bed" e "linsen" de arenito muito fino e "flasers" de folhelho bioturbado.	oscilação suspensão	intermaré inferior	↑	↑
	Brechas de siltito e migmatito.	tração	canal de maré	↓	talude distal
				↑	
	Ciclos de arenito (fino-médio maciço) a folhelho, diápiros de argila.	fluidização (lobos de suspensão?) (lobos de suspensão oscilatórios?)	(leques submarinos distais?) (barras de plataforma?)		↓
				plataforma	↑
	Diamictito com clastos de migmatito e de ritmito	fluxo de massa	leque submarino proximal		talude proximal
			↓		
Ritmos com dobras convolutas.	escorregamento	Talude	↓	talude proximal	
			↑		
Ritmo siltito com "wavy bed" e "linsen" de arenito e "flasers" de folhelho bioturbado.	oscilação suspensão	intermaré inferior	plânície de maré	↓	
Brechas de siltito e migmatito.	tração	canal de maré		de talude	

FIGURA 7.7.4- 19 – Sequência ideal de fácies para a Formação Trombetas (St), Membro Pitinga acima e Membros Pitinga e Manacapuru – abaixo (ELETRONORTE, 2002).

As FIGURA 7.7.4-20 e FIGURA 7.7.4-21 mostram essa formação em corte da rodovia Transamazônica.



FIGURA 7.7.4-20 – Argilito cinza esverdeado, com laminação Plano paralela, da Formação Trombetas, cortado por várias falhas exposto em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 53,0. As atitudes medidas para as falhas foram as seguintes: N40E/SV, N85E/SV, N5W/SV, N35W/SV.



FIGURA 7.7.4-21 – Falhas cortando os argilitos da Formação Trombetas da Figura 7.7.4-20.

e.2) Formação Maecuru - Dm (DEVONIANO)

A Formação Maecuru, de idade devoniana, compreende um conjunto arenoso, com espessura em torno de 60m, assentada de forma discordante e erosiva, tanto sobre a Formação Trombetas como também sobre o Complexo Xingu e recoberta pela Formação Alter do Chão, também com contato erosivo. Acompanha a borda sul da bacia sedimentar, onde sustenta um relevo tabular, com encostas abruptas em forma de paredões e com rocha exposta, geralmente recoberta por películas de hidróxido de ferro/sílica. Constitui-se predominantemente de arenitos finos a médios, mal selecionados, brancos a amarelo avermelhados, com estratificação cruzada acanalada e subordinadamente com conglomerados em lentes maciças, arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tabular e lentes decimétricas de argilito vermelho. Em alguns locais, esta unidade apresenta erodibilidade relativamente alta, além de ser portadora de cavernas em quase toda sua extensão. Seus níveis conglomeráticos podem ser portadores de minerais de placeres.

Os levantamentos do Sítio Belo Monte confirmam a presença de tipos litológicos da Formação Maecuru, apresentando um conjunto de arenitos grosseiros a finos, branco-amarelados, com raras lentes de argilito cinza ou cinza-acastanhado. Sustentam encostas íngremes, localmente com escarpas verticais, onde é comum a ocorrência de cavernas.

Diversas fácies foram reconhecidas dentro da unidade, observando-se da base para o topo a seguinte seqüência: arenitos grosseiros com estratificação cruzada, arenitos bimodais com estratificação cruzada de grande porte e arenitos finos.

Os arenitos grosseiros têm estratificação cruzada tabular e incluem lentes de conglomerados e de arenitos conglomeráticos, arenitos médios a finos com estratificação cruzada acanalada e lentes de siltito maciço variegado. Estas fácies estão inter-relacionadas e apresentam passagens laterais de uma para outra.

Os arenitos bimodais reúnem também diversas fácies: arenitos médios, bimodais, limpos, com estratificação plano-paralela e ondulada, níveis de brecha de siltito e corpos de arenitos grosseiros, com estratificação cruzada festonada. Estas fácies intercalam-se tanto com aquelas anteriormente mencionadas como com os arenitos finos que ocorrem na porção superior da formação.

O conjunto dos arenitos finos compreende camadas métricas e decimétricas de arenitos finos, com marcas onduladas, camadas métricas de arenito médio, com estratificação cruzada festonada e camadas decimétricas de siltitos cinza, maciços.

A seqüência das fácies apresentada na **FIGURA 7.7.4-22** permite interpretar a unidade como o resultado de processos fluviais que evoluíram para processos costeiros. Durante essa evolução, foi possível a atuação de processos eólicos, tanto sobre os depósitos fluviais como sobre os depósitos próximos à costa. A freqüente ocorrência de cavernas na unidade pode estar relacionada à presença da fácies eólica, pois a ausência de matriz argilosa propicia a maior erodibilidade do arenito.

	DESCRIÇÃO FACIOLÓGICA	PROCESSOS	FÁCIES GENÉTICAS	SISTEMAS DEPOSICIONAL
	Areia fina com marcas onduladas e siltito cinza maciço	oscilação suspensão	Barra costeira praia / intermaré superior	costeiro
			barra em pontal	
	Arenito fino, estratificação plano paralela.	tração (ventos)	interduna	
			barra em pontal	
	Arenito bimodal, estratificação de grande porte.	queda de grãos	duna	fluvial meandrante
	Siltito maciço variegado, arenito médio, estratificação cruzada tabular.	suspensão tração (regime de fluxo inferior)	planície / inundação barra em pontal	
Arenito grosseiro, estratificação cruzada tabular.	tração (regime de fluxo inferior alto)	barra longitudinal		
Conglomerado maciço	tração (regime de fluxo superior)	canal	fluvial anastomosado	

FIGURA 7.7.4-22 – Seqüência ideal de fácies para a Formação Maecuru – Dm (ELETRONORTE, 2002).

As **FIGURA 7.7.4-23** a **FIGURA 7.7.4-26** mostram essa formação em corte da rodovia Transamazônica e no pedral de Altamira.



FIGURA 7.7.4-23 – Erosão de grandes dimensões instalada em arenitos da Formação Maecuru, nas proximidades do Km 46,0. O material erodido forma um grande leque de deposição que está ocupando o leito da rodovia Transamazônica.



FIGURA 7.7.4-24 – Arenito médio a grosso, friável, com estratificações cruzadas, exposto nas paredes da erosão da Figura 7.7.4-23.



FIGURA 7.7.4-25 – Arenito médio a grosso, friável, com estratificações cruzadas, exposto nas paredes da erosão da Figura 7.7.4-24. Detalhe da estratificação cruzada.

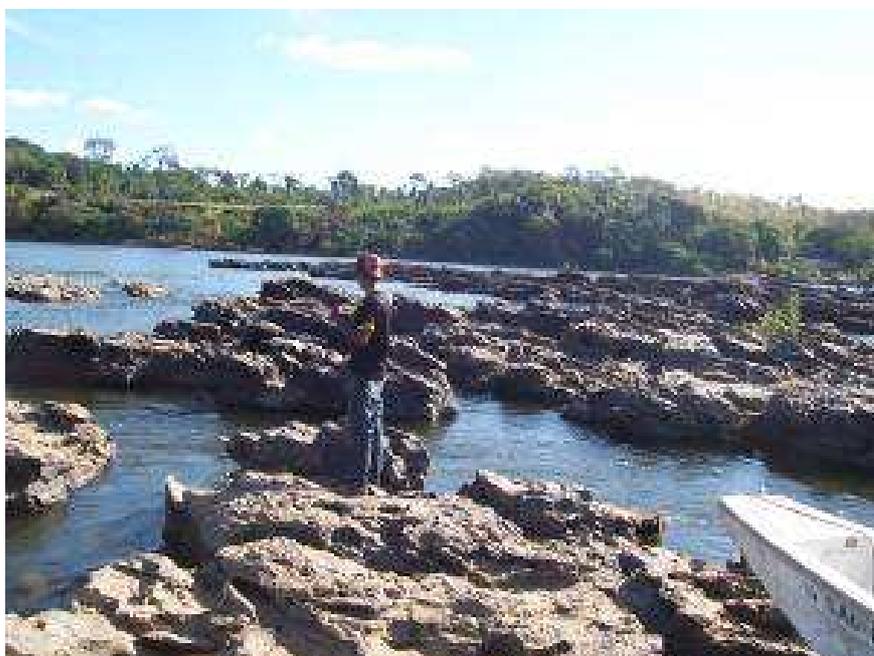


FIGURA 7.7.4-26 – Pedral no leito do rio Xingu, nas proximidades do aeroporto de Altamira, constituído por arenitos da Formação Maecuru.

e.3) Formação Ererê - De (DEVONIANO)

A Formação Ererê, também de idade devoniana, é representada por siltitos e arenitos que ocorrem principalmente ao longo da rodovia Transamazônica (**FIGURA 7.7.4-27**) onde sustentam um relevo tabular de encostas íngremes (côncavas), com inúmeros degraus (rupturas de declive) topográficos. Apresenta espessura de pelo menos 80m e assenta-se concordantemente sobre a Formação Maecuru. Esta unidade é constituída por um conjunto muito variado de siltitos, arenitos muito finos, folhelhos e lentes de conglomerado que se alternam e apresentam estruturas tipo marcas onduladas, laminação cruzada e paralela e estratificação cruzada acanalada. Tem como principal característica a rápida variação faciológica. Os níveis arenosos, por vezes com mais de 0,5m, podem apresentar grande erodibilidade.



FIGURA 7.7.4-27 – Formação Ererê exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 49,0. Apresenta arenito branco, friável, sotoposto a uma seqüência de arenitos finos, siltitos e argilitos, com estratificação plano-paralela.

e.4) Formação Curuá – Dc (DEVONIANO)

A Formação Curuá ocorre na região de Altamira e acompanha os espigões ao norte e ao sul da rodovia Transamazônica, sustentando um relevo aplainado e muito pobre em afloramentos. É constituída essencialmente por folhelhos cinza-escuros a negros e siltitos arenosos cinzas (**FIGURA 7.7.4-28** e **FIGURA 7.7.4-29**), com espessura preservada superior a 40 m. Exibe características litológicas semelhantes às da Formação Trombetas, com níveis de concentração de sulfetos e presença de minerais expansivos.

Segundo pesquisa no Páleo – Base de Dados Paleontológicos da CPRM – afloramentos da Formação Curuá, nas proximidades de Brasil Novo, apresentam fósseis nas formas de chitinozoa e esporomorfos e também macrofósseis na forma brachiopoda.



FIGURA 7.7.4-28 – Formação Curuá exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 38,0 constituída por argilitos e siltitos.



FIGURA 7.7.4-29 – Formação Curuá exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 42,0, constituída por folhelho cinza-escuro.

f) Unidades Mesozóicas

Após a deposição dos sedimentos paleozóicos, toda a região é marcada por extenso hiato deposicional, existindo somente uma formação sedimentar no Mesozóico, a Formação Alter do Chão, de idade cretácea e intrusão de diabásio, em forma de derrames e diques, de idade jurássica.

f.1) Diabásio Penatecaua – JKp (JURÁSSICO)

Os corpos de diabásio ocorrem em vasta área ao redor da cidade de Altamira e em corpos menores, no centro norte da Volta Grande do rio Xingu, associados principalmente aos sedimentos da Bacia Amazônica. Sustentam vertentes com declive alto e apresentam formas côncavo-convexas bem desenvolvidas, com padrão de drenagem geralmente sub-retangular. Ocorrem sob forma de *sills* e secundariamente como diques, de configurações e espessuras variadas e geralmente limitadas por falhas. Encontram-se representados, principalmente, por diabásio negro-esverdeado, maciço, homogêneo e muito denso. Os produtos de alteração dessas rochas são representados por argilas siltosas vermelhas (**FIGURA 7.7.4-30**).

No sítio Belo Monte ocorre um *sill* de diabásio na porção noroeste da área, intrudido entre as formações Maecuru e Trombetas, com espessura próxima a 80m. Essas ocorrências estão evidenciadas por espessos solos de decomposição de diabásio onde, eventualmente, podem ser observados pequenos matacões semi-alterados.



FIGURA 7.7.4-30 – Solo de alteração do diabásio Penatecaua exposto em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do Km 48,0, constituído por argila siltosa vermelha com manchas amarelas.

f.2) Formação Alter do Chão - K2ac (CRETÁCEO)

Anteriormente considerada de idade terciária pelo CNEC/ELETRONORTE (1987) e pela ELETRONORTE (2001), neste trabalho a Formação Alter do Chão está sendo considerada de idade cretácea em concordância com Schobbenhaus et al. (2004).

A Formação Alter do Chão (**FIGURA 7.7.4-31**) constitui-se de sedimentos arenosos, semiconsolidados e inconsolidados, laterizados e com crostas limoníticas, recobrendo discordantemente as unidades mais antigas. Ocupa os espigões mais altos, sustentando relevo plano (planaltos residuais tabuliformes) que, em conjunto, compõe uma ampla superfície de suave mergulho para a calha do rio Amazonas.

Apresenta grande variação litológica, sendo constituída predominantemente por arenitos conglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e níveis lenticulares de conglomerado maciço e argila vermelha. É extremamente erodível, altamente permeável (10-3 cm/s a 10-2 cm/s), com níveis de argilito e/ou laterita impermeáveis, o que facilita a instalação de voçorocas.

No Sítio Belo Monte a Formação Alter do Chão é constituída por sedimentos arenosos semiconsolidados, amarelos e rosa esbranquiçados, variegados, representados por fácies de arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada tabular e arenitos grosseiros com estratificação cruzada acanalada e por lentes de argila vermelha e de areia fina maciças.

Esses sedimentos ocorrem capeando o topo dos morros na parte oeste e norte da área. Sua base ocorre em cotas que variam entre cotas 60 e 70 m na porção sul do sítio, entre 70 e 110 m nas áreas de empréstimo A e B, situadas na margem esquerda do rio Xingu entre os igarapés Santo Antonio e Santa Helena, e entre cotas 120 e 130 m no morro que serve de ombreira às Barragens de Santo Antônio e de Ligação Esquerda. As espessuras da unidade variam entre 19 m e 26 m. O contato basal é erosivo com as formações Maecuru e Trombetas e com o Diabásio Penatecaua.



FIGURA 7.7.4-31 – Formação Alter do Chão exposta em corte da rodovia Transamazônica, nas proximidades do km 42,0, constituída por areia média a grossa, friável amarela e vermelha. Apresenta nível cimentado por compostos de ferro no contato com os folhelhos da Formação Curuá.

g) Coberturas Cenozóicas

As coberturas cenozóicas compreendem sedimentos relacionados aos ciclos de aplainamento pós-mesozóicos. Estão representados por sedimentos detríticos em estágio inicial ou parcial de consolidação, correspondentes a terraços, aluviões e coluviões do Quaternário.

g.1) Aluviões e Coluviões (Qa)

Os depósitos aluvionares e coluvionares distribuem-se superficialmente, recobrando as unidades geológicas mais antigas.

Os aluviões ocorrem em forma de terraços antigos (Altamira, Bacajá, Ituna, Juruá etc) em cotas mais elevadas ou em corpos alongados, acompanhando o curso das principais drenagens atuais, sob a forma de depósito de canal ou de várzea. Os primeiros estão representados por barras longitudinais e de meandro, constituídos, essencialmente, por areias de granulação fina a grossa e cascalhos. Os depósitos de várzea estão representados por argilas, argilas arenosas e orgânicas (**FIGURA 7.7.4-32**), constituindo as áreas alagadas durante as cheias e separadas dos canais por linhas areno-argilosas (diques marginais). Ocorrem também formando ilhas no rio Xingu (**FIGURA 7.7.4-33**).

Os aluviões apresentam grande importância econômica para a região, tanto os depósitos de argila para cerâmica, quanto a areia e cascalho para construção civil, além das ocorrências de ouro nesses aluviões.

No Sítio Pimental os depósitos aluvionares recobrem parte do pedral e substrato rochoso formando várias ilhas dentro da calha do rio Xingu. Seu topo pode grosseiramente ser traçado pela cota 86 m e, via de regra, possui espessura média de cerca de 5,0 m. Apresentam superficialmente uma camada orgânica com raízes e restos vegetais, com espessura média de 0,20 m, seguida de um pacote de argila siltosa, cinza com manchas amareladas, com cerca de 2 m de espessura. Em profundidade, ocorre uma camada composta por areia, com granulometria variando de fina a grossa, amarelada.

Neste local, os aluviões são constituídos predominantemente por areia fina, média e grossa, com pouco cascalho, comumente lavada, que ocorre em bancos distribuídos nas zonas favoráveis à deposição. Os bancos depositados, em geral, alcançam espessuras expressivas, com valores de até 15 m, sendo inclusive objeto de investigações para uso como material natural de construção das obras do local.

Na área do Sítio Belo Monte apresentam-se terraços correspondentes a aluviões antigos e recentes. Os terraços constituem depósitos aluviais preservados da erosão e ocorrem na porção norte da área. Ocorrem como corpos mapeáveis em alguns locais e ocupam cotas entre 10 e 20 m. São constituídos de areia argilosa maciça, alternada com areia fina a grossa e níveis de seixos de quartzo arredondados. Os aluviões recentes correspondem aos depósitos de canal e de planície de inundação que formam as várzeas ao longo das drenagens no Sítio. Ocorrem principalmente na margem do rio Xingu e no igarapé Santo Antônio, de forma praticamente contínua, e como corpos isolados no igarapé Aturiá. Apresentam espessuras em torno de 1 a 3 m e são constituídos por areia fina a grossa, com pouca matriz e seixos centimétricos e por areia grossa a média, muito argilosa.

Os coluviões distribuem-se ao longo de depressões locais e nas encostas das principais elevações. Apresentam espessura e granulometria variáveis em função das condições topográficas e da natureza da área supridora dos sedimentos.

No Sítio Pimental os coluviões constituem as coberturas superficiais das elevações existentes no sítio, resultantes do ciclo de aplainamento atual ao qual a região está submetida. De modo geral, são constituídos por argila silto-arenosa, porosa, marrom avermelhada, com fragmentos de rocha, laterita e quartzo dispersos. Suas espessuras variam de 0,20 a 2 m, capeiam os solos de alteração e formam corpos não contínuos e pouco expressivos.

No sítio Belo Monte os coluviões constituem a cobertura superficial das encostas das elevações, com distribuição generalizada na área. Mostram espessuras da ordem de 0,5 a 1,5 m, mas depósitos localizados junto ao sopé de encostas são caracterizados por espessura de até 10 m.

A constituição dos coluviões é muito variável no sítio Belo Monte, pois depende do material fonte, constituído por solos residuais de diversas litologias. Os depósitos oriundos de solos residuais de migmatitos e gnaisses são argilo-arenosos, marrom avermelhados; aqueles relacionados a ritmitos e folhelhos são argilo-siltosos, marrom, com concreções lateríticas ou fragmentos de pelitos limonitizados; aqueles provenientes de solos de diabásio são caracterizados por argilas silto-arenosas, marrom avermelhadas; os depósitos provenientes de arenitos são constituídos por areia com pouca matriz argilosa e, em geral, apresentam blocos de rocha por estarem localizados no sopé de encostas abruptas.



FIGURA 7.7.4-32 – Aluvião na margem direita do rio Xingu, a montante de Altamira, constituído por argila cinza, explorada na década de 80 para a fabricação de tijolos. Área sujeita a alagamento nas cheias.



FIGURA 7.7.4-33 – Aluvião no leito do rio Xingu, na região do sítio Pimental, constituído por argila cinza.

7.7.4.3 Geologia Estrutural

a) Estruturação Local

A área do reservatório de Belo Monte situa-se no chamado bloco Escalaço, com limite, ao sul, marcado pelo lineamento Xambioá-Piranhaquara e, ao norte, pela borda sul da Bacia Sedimentar do Amazonas (**FIGURA 7.7.4-34**).

Os trabalhos efetuados permitiram a identificação de, pelo menos, quatro grandes eventos deformacionais principais, caracterizados por diferentes estilos estruturais de naturezas distintas: evento dúctil de baixo ângulo, evento dúctil direcional de alto ângulo, evento rúptil direcional e evento rúptil vertical (SANTOS, 1986 apud CNEC/ELETRONORTE, 1987).

O primeiro e mais antigo refere-se ao tempo Arqueano (~2500 Ma), caracterizado pelo provável alçamento de rochas de níveis estruturais profundos em regime dúctil e que sofreram deflexões próximas aos níveis crustais mais superficiais, assumindo mergulhos elevados com o desenvolvimento de foliações subverticais/verticais (**FIGURA 7.7.4-34** e **FIGURA 7.7.4-35**).

O evento dúctil direcional de alto ângulo, referido ao Ciclo Transamazônico, caracteriza-se geralmente por extensas faixas retilíneas, pouco espessas, que modificaram a geometria das rochas, bem como das estruturas anteriormente formadas.

No evento rúptil direcional, correspondente ao Proterozóico (1900 a 540 Ma), desenvolveram-se grandes zonas de descontinuidades rúpteis, marcadas pelo desenvolvimento de faixas de cataclasitos e caracterizadas por vários pulsos ou manifestações ao longo do tempo, às quais se associam, também, algumas feições de caráter distensivo.

Finalmente, ao evento rúptil vertical, desenvolvido principalmente no final do Proterozóico e Fanerozóico, de caráter predominantemente distensivo, associam-se falhas normais de importante significado no controle e estruturação da Bacia Sedimentar do Amazonas, com seu clímax no Mesozóico, quando da Reativação Wealdeniana.

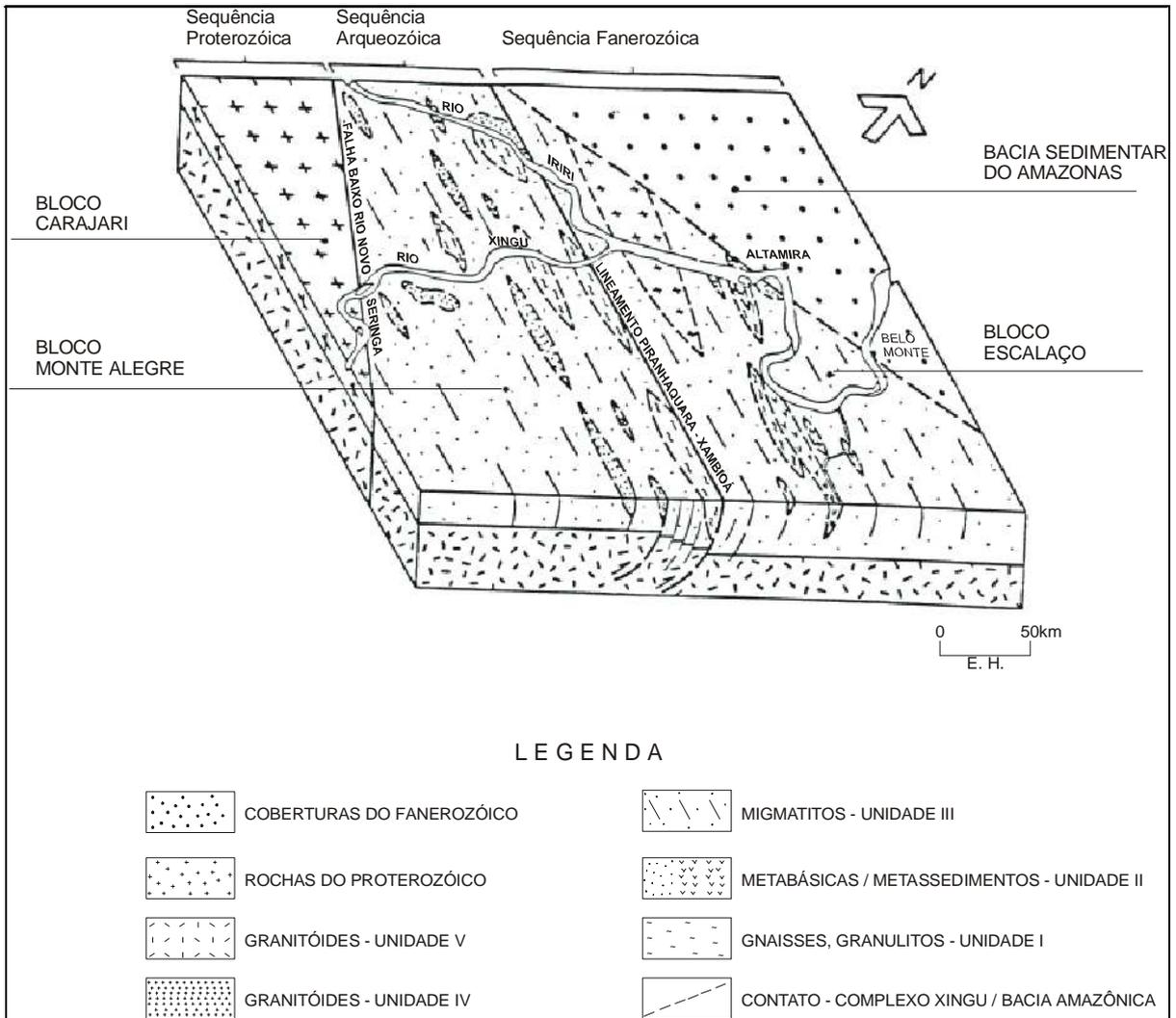


FIGURA 7.7.4-34 - Bloco Escalço limitado pelo Lineamento Xambioá-Piranhaquara e pela Bacia Sedimentar do Amazonas (SANTOS, 1986, apud CNEC/ELETRONORTE, 1987).

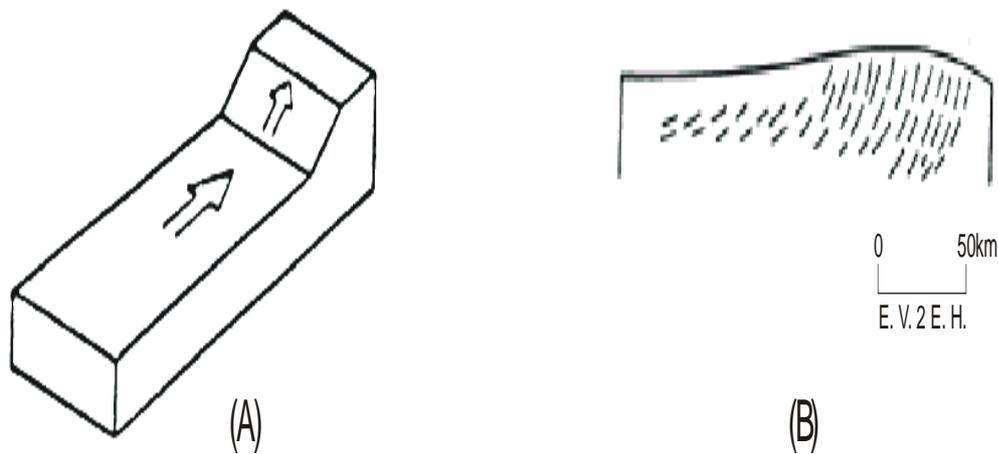


FIGURA 7.7.4-35 – (A) Modelo de rampa frontal para cisalhamento dúctil de baixo ângulo. A seta indica o sentido do movimento do bloco superior não representado. (B) Linhas de fluxo milonítico do evento dúctil de baixo ângulo em perfil (COWARD,1980 apud CNEC/ELETRONORTE,1987).

a.1) Evento Dúctil de Baixo Ângulo

Os conjuntos litológicos das Unidades AxI, AxII, AxrIII e AxrIV, incluídas no Complexo Xingu, apresentam elementos estruturais ligados ao cisalhamento dúctil de baixo ângulo em grande escala, cujas feições mais importantes estão representadas pelo aleitamento tectônico, foliação milonítica, lineação de estiramento (paralela à orientação dos minerais contidos no plano da foliação) e dobras desenvolvidas localmente.

A foliação milonítica é geralmente paralela ao aleitamento tectônico, caracterizada por ordenação planar, entre outras, de lentes de quartzo estirados, macrocristais orientados e bandamento, decorrentes do fluxo dúctil. Apresenta concentração máxima em torno de N60-65W e secundária em torno N35W e EW, mantendo-se predominantemente subvertical.

É comum a presença de biotita, anfibólio, quartzo e feldspato potássico, além de agregados minerais e encraves alongados formando lineações contidas nos planos de foliação, porém, sem definição de seu estiramento máximo.

As dobras são raras na Unidade AxrIV e mais comuns nas Unidades AxI, AxII, AxrIII. Ocorrem isoladas dentro da massa rochosa, sendo desenhadas pela foliação milonítica. As orientações dos traços axiais são variáveis, tendo-se medido os seguintes máximos: N65W/35°, S65E/35°, N25W/70° e S54E/70°, que definem uma guirlanda com bisetriz em S25W/86°, indicativa de direção de movimento cisalhante para N25E.

As informações disponíveis são ainda insuficientes para distinguir os diversos processos responsáveis pelo desenvolvimento das várias gerações de elementos litoestruturais, ao tempo possivelmente Arqueano (> 2500 Ma), embora o padrão geométrico geral permita a dedução de um modelo aparentemente não muito complexo para este evento.

Parte das Unidades AxI e AxII representariam restos de seqüências supracrustais que foram envolvidas pelos processos de cisalhamento dúctil, associados a pulsos progressivos de

deformação e migmatização/granitogênese, gerando massas migmatíticas e corpos granitóides, correspondentes às Unidades AxrIII e AxrIV. O metamorfismo atingiu fácies anfíbolito, com variações localmente para granulito e xisto verde alto. Corpos granitóides pós e tardi-tectônicos da Unidade V alojam-se, acompanhando ou não as estruturas pré-existentes e com grau metamórfico de fácies xisto verde (**FIGURA 7.7.4-34** e **FIGURA 7.7.4-35**).

a.2) Evento Dúctil Direcional de Alto Ângulo

Zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo, com caráter direcional, representadas por faixas orientadas nas direções WNW, NW e NE, impuseram modificações na geometria do quadro estrutural do evento cisalhante de baixo ângulo.

Esse evento encontra-se representado por *shear zones*, de direção principal N80°W, com extensões que variam desde centimétricas até várias dezenas de quilômetros, como o lineamento Mangueira, com largura da ordem de 1 km e os lineamentos de Furo Seco, Baleia, Ticaruca, Paxamba e o sistema do alto Ituna/Bacajaí, que integram o sistema de falhas NW, referido por Issler et al. (1974) como falhas da Volta Grande entre Vitória e Altamira. A este sistema associam-se *shear zones* secundárias, bem desenvolvidas, dextrais, com direções N40E e N40W e sinistrais, com direção N52E, bem como provável zona de distensão N60-80E. O sistema N40E encontra-se reativado pelo evento rúptil e, na direção N52W, desenvolvem-se apenas pequenas falhas sem projeção regional.

Esse evento, ainda sem posicionamento preciso no tempo geológico, é admitido como tendo ocorrido durante o Ciclo Transamazônico, estando associada uma migmatogênese localizada e de intensidade variada.

a.3) Evento Rúptil Direcional

Embora não se tenha reconhecido rochas referentes ao Proterozóico Médio/Superior na região do AHE Belo Monte, é nesse intervalo de tempo (1900 a 580 Ma) que se encontram registradas as principais estruturas de caráter rúptil direcional. Estão elas relacionadas aos processos de grande envergadura e abrangência regional, a que se vinculam o vulcano-plutonismo Uatumã (1900 – 1700 Ma), à acumulação de cobertura sedimentar com ou sem vulcânicas (1700 – 1000 Ma), à reativação Parguazense (1600 – 1500 Ma) e ao evento Rondoniense (K'Mudku, Nickeerie, Orinoquense, Jarí-Falsino, 1300 – 1000 Ma).

A atuação desses processos de longa duração e suas atividades episódicas, caracterizadas por esforços tensionais e cisalhantes sobre um embasamento de natureza anisotrópica, foram as responsáveis pelo complexo padrão das feições rúpteis e seus vários ciclos ou pulsos de reativações.

Como principal sistema de cisalhamento rúptil caracteriza-se o de direção N40E, representado pelas falhas do rio Itatá, da fazenda Cipoeba e do igarapé Queiroz, todas sinistrais e possivelmente ativadas já no evento dúctil direcional. Exibem notáveis deslocamentos sobre as rochas da Unidade II, na região do Bacajá e juntamente com as falhas dúcteis e rúpteis de direção N65W, compõem o sistema das falhas da Volta Grande do Xingu, referido por Issler et al (1974).

As falhas dextrais do Avelino e a falha localizada a jusante da Ilha da Taboca bem como o principal sistema de fraturas da região Juruá-Sítio Belo Monte associam-se a direção N10E.

As falhas do Paratizinho, Terra Preta, Igarapé Santa Helena e Igarapé Tubarão, todas sinistras e com direção N65E, apresentam-se reativadas no Paleozóico, afetando os sedimentos da Bacia Amazônica. A última apresenta-se com evidência de reativação até o Quaternário Inferior.

Na direção EW, apresentam-se as falhas da Cachoeira Bela Vista, do Gorgulho da Rita e do Furo Seco, esta última preenchida por silexito e provavelmente reativada para caráter normal.

As falhas do quadrante NW, geralmente menos expressivas, representam possivelmente reativações do evento dúctil direcional.

De modo geral, constituem zonas de intenso fraturamento, com formação de brecha (FIGURA 7.7.4-36 e FIGURA 7.7.4-37) e cataclase, sendo comuns efeitos de hidrotermalismo associado, tais como epidotização, cloritização e silicificação. Atingem até dezenas de quilômetros e, geralmente, podem encontrar-se preenchidas por quartzo e silexito com reativação para o caráter normal.

Praticamente, a toda direção principal de falha associa-se um máximo de falhas secundárias e de fraturas correspondentes, com veios quartzo-feldspáticos e quartzo associados.

A grande variedade nas direções das famílias principais de falhas, a indefinição de sistemas conjugados, além do padrão, às vezes tanto dextral como sinistral, com sentidos opostos para a mesma direção de transcorrência principal, são indicativos da presença de esforços atuantes em pelo menos três etapas distintas, o que não permitiu a elaboração de um modelo cinemático para explicar as principais direções de falhamentos.

Informações de campo, obtidas por relações em microfalhas e analisadas ao nível de afloramento, são sugestivas da seguinte cronologia para as principais famílias de falhas rúpteis: o sistema N80-90W seria o mais antigo, seguido pela família N60W e este pelos sistemas N60E/N40E, com o último evento representado pela direção N10E. Entre as direções N40E e N60E, não foi possível estabelecer uma separação cronológica distinta.



FIGURA 7.7.4-36 - Afloramento expondo brecha de falha de cor avermelhada e esbranquiçada.



FIGURA 7.7.4-37 - Amostra de mão da brecha de falha da Figura 7.7.4-36.

a.4) Evento Rúptil Vertical

Este evento deformacional caracteriza-se predominantemente por falhas de estilo normal, que afetam tanto as rochas do embasamento cristalino como os sedimentos da Bacia Amazônica, com rejeitos de até dezenas de metros.

Sobre as rochas do embasamento cristalino, associada às zonas de falhas rúpteis direcionais, é comum verificar a presença de estrias ao longo dos planos antigos, indicativos de reativação, com rearranjo dos blocos em caráter normal. Este padrão de falhas parece ser distinto das falhas normais e apresenta-se com preenchimento de quartzo/silexito que deve estar associado ao evento rúptil direcional e, portanto, mais antigo.

Das quatro famílias de falhas rúpteis direcionais reativadas, N85W, N60E, N20E e N55W, as três primeiras apresentam indicação de ser o bloco norte aquele rebaixado e apresentam mergulhos entre 55 e 90°.

Praticamente as mesmas direções de falhas verificadas sobre as rochas do embasamento cristalino são aquelas encontradas nos sedimentos da Bacia Amazônica. Estão representadas pelos sistemas N55E, NS, N85W e N50W, sendo que algumas delas, como as falhas do Paratizinho, do Igarapé Tubarão e Igarapé Santa Helena, são a continuidade de falhas do embasamento e têm também o bloco rebaixado para o norte, indicativo de alívio principal no quadrante NNE-NE.

Essas falhas foram definidas principalmente por fotointerpretação, sendo difícil a visualização no campo, devido ao traço retilíneo associado a vales de drenagem atulhados por alúviões e colúvios, por vezes, com desenvolvimento de escarpas paralelas.

b) Aspectos Neotectônicos

A manutenção de certas direções estruturais durante eventos tectônicos distintos e sobre diferentes unidades é sugestiva de várias etapas de reativação ao longo do tempo geológico na região do baixo/médio Xingu.

Feições geomorfológicas e geológicas observadas em imagens de radar e satélite, em fotos aéreas ou, diretamente, em campo, são indicativas de que a região a jusante de Altamira-Belo Monte encontra-se atualmente sob efeitos de subsidência, em contraste com a região de montante, que exhibe várias evidências de ascensão positiva, localmente com alguns pontos em descensão, como ilustra esquematicamente a **FIGURA 7.7.4-38**.

Como principais feições recentes e indicativas da ascensão relativa, a montante da charneira Altamira-Belo Monte, estão a seguir indicadas. Geralmente, os limites entre as feições mencionadas nos quatro últimos itens são lineamentos ou zonas de falhas:

- Zonas com terraços aluvionares em cotas mais altas que os atuais aluviões em formação;
- Regiões em que os terraços se encontram em franca fase de erosão pelas drenagens atuais;
- Regiões com a floresta desenvolvendo-se diretamente sobre extensas áreas de pedral (topo rochoso mais próximo da superfície);
- Formação de cavernas em arenitos de formações paleozóicas (principalmente por processos físicos);
- Aluviões atuais entalhando e retrabalhando aluviões mais antigos;
- Regiões com colúvio/solo em processo de erosão;
- Variação lateral brusca, por vezes considerável (desníveis da ordem de 10 m), na espessura de colúvios;
- Bloco rebaixado para N e forte ravinamento do bloco soerguido;
- Aluviões em forma de bacias alongadas e bem desenvolvidas, controladas por lineamentos transversais e pouco desenvolvidos a jusante;

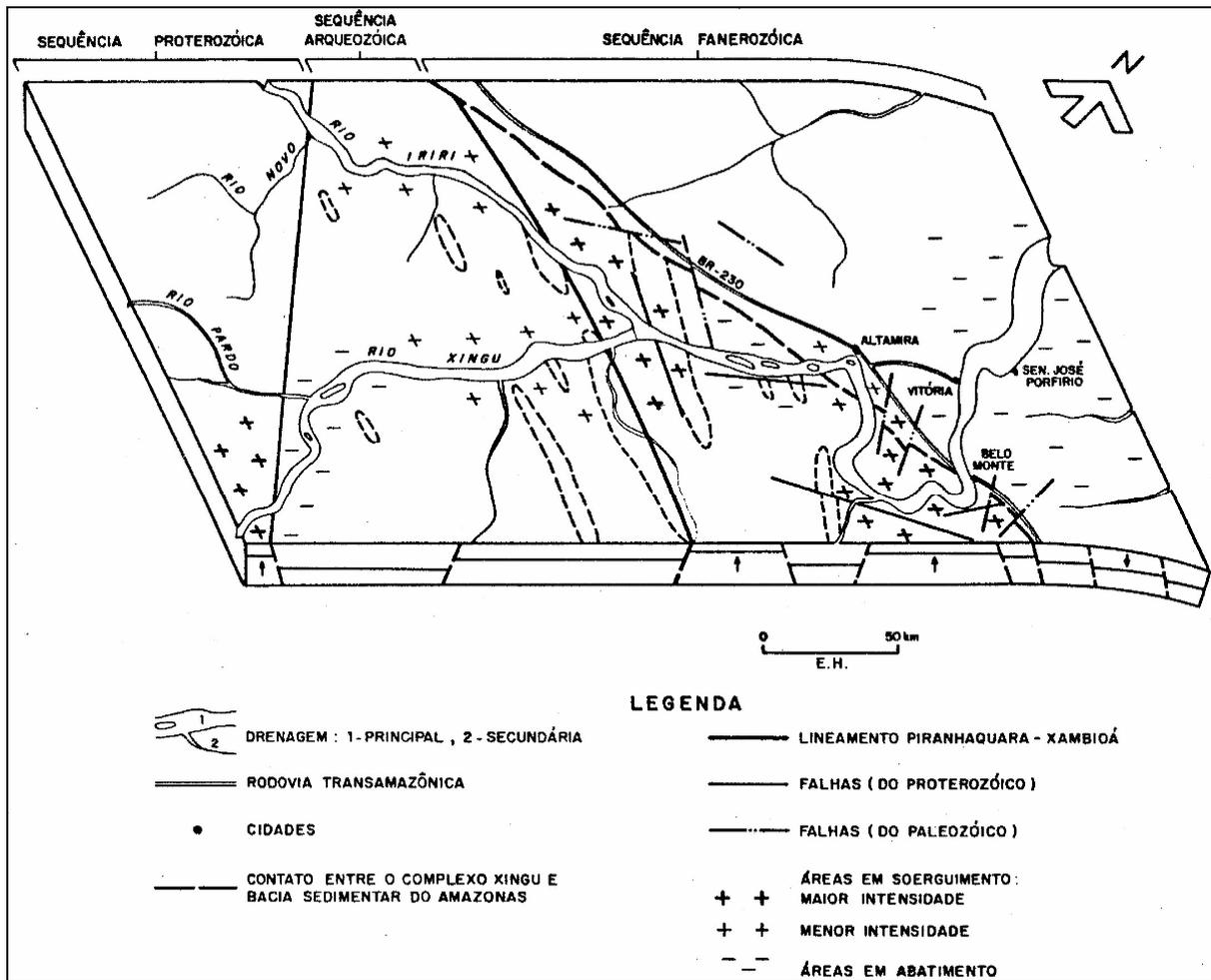


FIGURA 7.7.4-38 – Modelo esquemático das áreas em soerguimento e abatimento no médio/baixo vale do Xingu, proximidades de Altamira (SANTOS,1986, apud CNEC/ELETRONORTE,1987).

- Zonas com concentração anômala de rochas expostas (formação de canais, concentração de corredeiras/cachoeiras) em contraste com regiões de deposição de sedimentos atuais e quase sem afloramento de rocha (concentração significativa de depósitos de areias);
- Nítido contraste morfológico (em grandes traços), dentro de uma mesma unidade geológica, exibindo zonas muito ravinadas em contraste com zonas aplainadas.

Tem-se, ainda, como importantes evidências da atuação de tectonismo recente na região:

- Manifestação de várias estruturas locais ao longo do tempo geológico, com o desenvolvimento de falhas afetando aluviões atuais e depósitos coluvionares ou através de reativações de estruturas antigas, como verificado em trabalhos de detalhe na região. Nos trabalhos desenvolvidos na região de Altamira essas falhas são normais e apresentam direções N10W, N20E e N70E.
- Na região a jusante de Altamira-Belo Monte, a principal evidência de descensão é traduzida pelo magnífico efeito de afogamento do baixo Xingu (afluentes com cursos

curtos e vales alargados, sofrendo colmatagem com desenvolvimento de formas deltáicas, etc.), ao qual se somam também os efeitos da Transgressão Flandriana.

Aspectos neotectônicos de caráter amplo e regional foram abordados quando da caracterização da Área de Influência Indireta (AII), fundamentados principalmente nos estudos de Costa et al. (1996) sobre a neotectônica da região amazônica, considerando aspectos tectônicos, geomorfológicos e estruturais. Para a Área de Influência Direta (AID) estão disponíveis os estudos de Rodriguez (1993) que tratou da neotectônica e sedimentação quaternária na região da Volta Grande do Xingu, a partir de dados obtidos nos estudos do CNEC/ELETRONORTE nas décadas de 70 e 80.

Evidências neotectônicas foram abordadas por Rodriguez (1993) que estudou áreas caracterizadas por correlação entre sedimentação quaternária e indícios de movimentações neotectônicas, em locais estudados para os antigos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara e barragem de Juruá na região da Volta Grande do rio Xingu (dique 7 ou Morro do Macacão, terraços fluviais da região de Belo Monte e Juruá, depósitos superficiais da ombreira direita da barragem de Babaquara e do dique 2 do reservatório de Babaquara). Esse autor identificou lineamentos principais, denominados Paratizinho e Santo Antônio, com direção NE e Cachoeira Grande e Paxamba, com direção NW, delimitando blocos (**FIGURA 7.7.4-39**). Esses lineamentos correspondem aproximadamente às falhas denominadas no estudo atual por Paratizinho, di Maria, do Brejo e da Baleia.

Na região do dique 7 de Kararaô ou Morro do Macacão, as evidências de neotectonismo foram caracterizadas através das observações de colúvios e leques aluviais. Estudos geofísicos da área apontaram um conjunto de falhas com rejeitos na ordem de 50 m nas unidades paleozóicas, que constituem um sistema do tipo *graben-horst*. Os dados geofísicos associados aos trabalhos de sondagens mostraram variações bruscas de espessuras nos sedimentos superficiais. Foram observadas falhas normais, de rejeitos centimétricos, deslocando tanto os sedimentos de leques aluviais como os coluviões. Essas falhas exibem o mesmo padrão daquelas que atingem as rochas mais antigas e através das diferenças das ordens dos rejeitos sugerem reativações recentes. As atitudes levantadas N65/78NE e N60W/76SW estão de acordo com o lineamento Paxamba. Foi observada anomalia no gradiente hidráulico das drenagens de segunda ordem.

Os depósitos fluviais terraceados são escassos na área estudada, mas na região de Belo Monte foram descritos quatro níveis de sedimentos dispostos em diferentes cotas topográficas 4m, 12m, 17m e 40m. Os terraços das cotas 12 e 17m podem representar um único nível deslocado por provável falha de direção N55W. O depósito da cota 40 apresenta variação lateral brusca de espessura, supondo-se a existência de uma falha de rejeito normal com direção aproximada N45W.

Sedimentos aluviais terraceados foram mapeados também na região da Barragem de Juruá, conhecida como Pedral ou Inferno Verde, concentrados próximos a duas estruturas de direção N60E. Foi constatada a presença de estruturas tipo panela de erosão que justificam um nível pretérito do rio Xingu muito acima do atual. A área apresenta anomalia de gradiente hidráulico de drenagem de segunda ordem e localiza-se onde o curso do rio Xingu está totalmente condicionado por estruturas tectônicas.

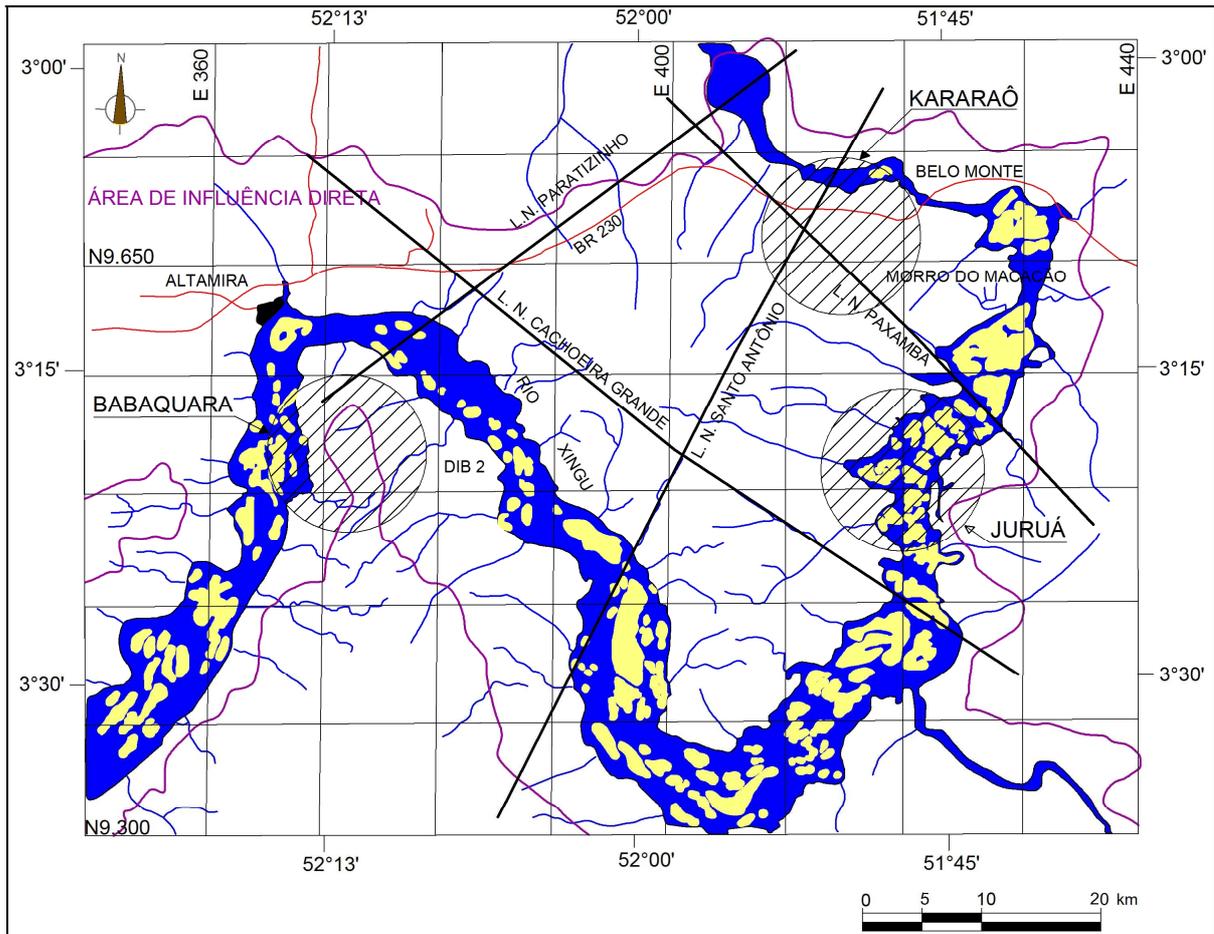


FIGURA 7.7.4-39 – Localização das áreas com evidências neotectônicas e lineamentos do rio Xingu (modificado de Rodriguez, 1993).

Na região de Babaquara observaram-se espessos depósitos superficiais inconsolidados, onde estudos de fotointerpretação indicaram lineamentos NE correspondentes ao sistema do Paratizinho e com direção N35W que deslocam sedimentos paleozóicos e as rochas do Complexo Xingu. Estes lineamentos relacionam-se, por sua vez, com os limites dos citados sedimentos inconsolidados. Supõe-se que a movimentação tenha sido pós deposicional. Há também registro de anomalia de gradiente hidráulico das drenagens de segunda ordem nesta área.

Na região dos estudos de implantação do dique 2 (DIB 2) do reservatório de Babaquara, também foram observados sedimentos inconsolidados, que apresentam variações laterais de espessura e estão interceptados por lineamentos NW e NE. Os lineamentos NE mostram falhas inversas nos sedimentos paleozóicos e no complexo Xingu, porém as mesmas foram reativadas com caráter normal à época de sedimentação dos depósitos inconsolidados. Foram observados sedimentos possivelmente originados em leque aluvial devido a tectonismo, atestando que estas falhas foram reativadas pelo menos desde a época de sedimentação destes depósitos.

Segundo Rodriguez (1993), a compartimentação neotectônica da área controla a distribuição dos sedimentos quaternários ao longo da Volta Grande do rio Xingu, explicando desta forma as variações encontradas nos depósitos estudados, bem como a preservação destes sedimentos em uma região predominantemente erosiva.

Os sedimentos quaternários investigados nas proximidades de Kararaô e Juruá mostram um padrão tectônico ascendente durante e após deposição dos mesmos. Provavelmente estas movimentações já se manifestavam desde o Terciário, o que propiciou a erosão dos sedimentos da Formação Alter do Chão que avançariam para o sul de seus atuais limites de ocorrência.

Ainda segundo o autor, os estudos indicaram uma compartimentação de blocos, controlados pelos sistemas de lineamentos Paxamba e Cachoeira Grande com direção NE e Santo Antônio e Paratizinho com direção NW, que interseccionam o rio Xingu em diversos pontos. Como estas intersecções marcam variações nas distribuições das ocorrências de sedimentos (RODRIGUEZ e SUGUIO, 1992, apud RODRIGUEZ, 1993), admite-se que a compartimentação de blocos, limitados pelos lineamentos e pelas áreas de anomalias de gradientes hidráulicos das drenagens de segunda ordem, represente uma estruturação neotectônica imposta à região. Esta compartimentação neotectônica é marcada por reativações de estruturas antigas, possivelmente pré-cambrianas, reativadas em caráter normal, também, durante o Fanerozóico e que provavelmente controlou a configuração atual do curso do rio Xingu. Isto fica evidente onde o rio está restrito a um emaranhado de estreitos canais retilíneos com direção $N85 \pm 5W$ e $N40 \pm 10 W$.

Durante o Terciário, provavelmente concomitantemente à incorporação da rede pretérita de drenagens da Amazônia pela foz do rio Amazonas, no clímax da orogenia Andina, o curso do rio Xingu estaria disposto em um único eixo de direção NE, tendo os sedimentos dos divisores do igarapé Joa como representativos deste sistema fluvial. Sucessivas reativações tectônicas ocasionariam o desvio do rio Xingu junto ao sistema de lineamentos Cachoeira Grande e que estaria limitando um bloco de direção NW em regime de franca ascensão, o que barraria o curso do rio Xingu, próximo a Altamira. Outra possibilidade do desvio do curso do rio próximo a Altamira seria a existência de um corpo de diabásio a jusante da cidade, no entanto esta hipótese foi descartada pelo fato de se tratar de corpo pequeno em relação ao desvio proporcionado e, além deste fato, a rocha apresenta-se totalmente intemperizada, facilitando a erosão. Desta forma, a interceptação, com base em movimentos tectônicos parece mais apropriada, para o desvio do curso do rio Xingu a jusante de Altamira.

Durante o Neoceno, a região ainda em regime de ascensão tectônica, teria sofrido intensa erosão entre os sistemas de lineamentos Cachoeira Grande e Paxamba, encaixando o rio Xingu em canais orientados segundo antigas estruturas presentes no Complexo Xingu ou mesmo em descontinuidades originadas por novos esforços atuantes na área.

Provavelmente, durante o Pleistoceno, após a sedimentação dos depósitos encontrados na região de Babaquara e dos terraços de Kararaô, novas movimentações neotectônicas reativaram estruturas antigas. Em alguns depósitos, como aquele descrito no DIB 2, teria sido sinsedimentar.

Durante o Holoceno ocorreu a sedimentação dos depósitos aluviais do tipo do igarapé Ticaruca. Nesta época, com o final do último estágio glacial e tendo a região se portado com um grande bloco em regime tectônico ascendente, ocorreu o afogamento do rio Xingu desde o Belo Monte até o rio Amazonas. Esse trecho do rio se caracteriza por águas extremamente calmas, percorrendo mais de 200 km com um desnível menor que 5m, porém sem planícies de inundação expressivas.

Os lineamentos com direções N80W e N40-30W, característicos do trecho de maior declividade do rio Xingu, fornecem um padrão de mosaicos losangulares à área, sugerindo pares de estruturas conjugadas, possíveis através de compressão N55W, extensão N35E e tensão normal intermediária vertical. As estruturas NW observadas em áreas com variação lateral brusca de espessura de sedimentos quaternários estariam representando reativações neotectônicas destas descontinuidades em sistemas de falhas normais. Estes esforços poderiam estar representando uma resultante das tensões intraplaca, relativas à migração das placas tectônicas e à expansão do assoalho oceânico da Cadeia Meso-Atlântica ou ainda poderiam estar relacionados a uma condição de isostasia do Cráton Amazônico, devido ao acúmulo de carga sedimentar na foz do rio Amazonas e nas bacias de Acre e Solimões e erosão na região entre os altos estruturais de Purus e Gurupá.

c) **Direções Estruturais**

A análise integrada de dados de campo e de fotointerpretação nos estudos do CNEC/ELETRONORTE (1987), na região compreendida entre os sítios Kararaô e Juruá, permitiu individualizar oito *trends* estruturais, mais ou menos definidos, os quais foram informalmente designados direção Juruá, direção Paxamba, direção Santa Helena, direção Médio Bom Jardim, direção Alto Cajueiro, direção Bela Vista, direção Baleia e direção Piranga.

c.1) **Direção Juruá – (N05-15E)**

Este feixe de lineamento trata-se da direção estrutural mais representativa daquela expressa no sítio Juruá. Constitui-se de lineamentos geralmente retilíneos com extensões máximas de 9,0 km, tendo sua concentração mais significativa ao longo de uma faixa central, aproximadamente acompanhando o curso do rio Xingu. Na área denominada do Pedral, no sítio Juruá, nesta direção, se associam grandes estirões e canais de escoamento. Veios e diques concordantes a este *trend* concentram-se preferencialmente na direção N05W a N05E.

c.2) **Direção Paquiçamba (antigo Paxamba) – (N55-65W)**

Este *trend* foi assim designado pelo fato de o igarapé Paquiçamba representar um lineamento de direção N65W e ser importante elemento estrutural com extensão superior a 15 km. Trata-se da direção mais marcante dos lineamentos identificados em fotografias aéreas. Controla estruturalmente as drenagens de segunda, terceira e quarta ordem, além dos elementos de relevo. Representa lineamentos retilíneos ou pouco encurvados, bem definidos com extensões que podem atingir mais de duas dezenas de quilômetros. Dispõe-se ortogonalmente ao eixo principal de drenagem do Xingu, constitui uma marcante feição estrutural e representa o *trend* mais significativo do quadrante NW em termos de frequência. Em parte, esses lineamentos são concordantes com a gnaissificação regional (N35W a N65W).

c.3) **Direção Santa Helena – (N20-25E)**

Em fotografias aéreas esses lineamentos apresentam-se quase sempre retilíneos e com extensões nunca superiores a 10 km. Distribuem-se por toda região do Kararaô-Juruá, tratando-se de importante direção de fraturamento, de veios e diques verificada em campo (N15E- N25E). Esses lineamentos são paralelos ao curso do igarapé Santa Helena.

c.4) Direção Médio Bom Jardim – (N30-45E)

Como nos outros feixes de lineamentos estruturais, recebe a designação pelo fato de o curso médio do igarapé Bom Jardim ser concordante a essa direção. É interessante salientar que este *trend* em fotografias aéreas representa a máxima frequência em relação a outras direções fotointerpretadas. Trata-se de lineamentos retilíneos e aparentemente descontínuos, de ampla distribuição e alta densidade. Discordante ortogonalmente da gnaissificação regional, este *trend* é marcado pela presença de veios e diques com direções N35-45E .

c.5) Direção Alto Cajueiro – (N55-65E)

É assim designada pelo fato de o curso do igarapé Cajueiro, em sua cabeceira, apresentar direção em torno de N70E, que representa a principal direção deste feixe de lineamentos estruturais. Constituem lineamentos retilíneos com extensões raramente superiores a 10 km. A principal concentração desses lineamentos situa-se entre N65E a N85E, concordantes com o *trend* de falhamentos verificado no campo.

c.6) Direção Bela Vista – (N85E –S85E)

A feição mais marcante deste feixe de lineamentos é sua concentração perpendicular ao longo do eixo da máxima cheia do rio Xingu. São lineamentos retos e ligeiramente curvilíneos, representados às vezes por extensões superiores a 25 km. A designação Bela Vista deve-se ao fato de o *front* principal da cachoeira Bela Vista (Sítio Juruá) ter sua direção coincidente com os lineamentos N85E a N95E. Trata-se da segunda mais importante direção de fraturamento verificada em campo. Este sistema, conjugado a Direção Juruá (N05W a N15E), representa as duas direções mais importantes de fraturamento, as quais formam um reticulado ortogonal de lineamentos onde se desenvolve um considerável número de estirões e canais de escoamento superimpostos a este padrão estrutural.

c.7) Direção Baleia - (N30-40W)

Tem sua designação associada ao curso do igarapé da Baleia, que representa um extenso lineamento de aproximadamente 15km e direção média de N45W. Esses lineamentos apresentam-se amplamente distribuídos, embora aqueles mais significativos estão concentrados ao longo do leito do rio Xingu. São retilíneos a ligeiramente encurvados. Este *trend* é coincidente com a gnaissificação regional, N35W a N65W, Associam-se a esta direção encraves anfíbolíticos concordantes a gnaissificação ou ligeiramente discordantes. Ao *trend* Baleia associa-se, também, a maior frequência de veios ou diques de rochas pegmatóides e quartzo concordantes ou ligeiramente discordantes da gnaissificação regional.

c.8) Direção Piranga (N5-25W)

Trata-se do *trend* mais fracamente representado, constituindo lineamentos retilíneos com pequenas dimensões e quase nunca superiores a 5 km, com maior representatividade na Serra do Piranga ou Chico Gomes.

A evolução estrutural dos principais sistemas de descontinuidade acima definidos é apresentada a seguir:

- Embora todas as famílias tenham aparentemente se manifestado ao longo de todo o tempo geológico, as famílias Paquiçamba ou Paxamba (N55-65W), Bela Vista (N85E–S85E) e Juruá (N5-15E) parecem ter suas atividades mais intensas manifestadas, principalmente, até o Paleozóico e a última, possivelmente, até o Mesozóico.
- As famílias Médio Bom Jardim (N30–45E), Alto Cajueiro (N55-65E) e Baleia (N30-40W) têm, seguramente, sua principal fase de manifestação até o Terciário, com importantes manifestações também no Proterozóico e Paleozóico.
- A família Santa Helena (N20-25E), sem grande expressividade no pré-cambriano, parece ter a sua principal atividade associada aos sedimentos da Bacia Amazônica.
- As falhas recentes, embora não se enquadrem diretamente no *trend* das famílias acima mencionadas, parecem ser reflexo das atividades das famílias Alto Cajueiro, Santa Helena e Juruá, as três com blocos rebaixados para norte.
- Os sistemas horizontal e subhorizontal, de ocorrências aparentemente localizadas, parecem estar associados às regiões submetidas ao maior alçamento positivo recente, como as áreas de Juruá e confluência Xingu e Iriri, onde a velocidade da retirada do capeamento rochoso pela erosão, assim como a quantidade do material retirado, facilitam o deslocamento subhorizontal, principalmente por alívio de carga e sem ligação genética com os eventos tectônicos anteriormente caracterizados.

d) Aspectos Estruturais dos Locais das Obras

d.1) Sítio Pimental

O evento rúptil direcional representa o principal episódio tectônico da região do Sítio Pimental, caracterizado por intenso fraturamento e pelos sistemas de falhas identificados. As feições estruturais referentes a este evento mostram que sua evolução foi extremamente complexa, produto da superimposição de vários episódios que, além de reativar antigas falhas, criaram novas zonas de descontinuidades, algumas das quais, por sua vez, reativadas para caráter normal no evento rúptil vertical posterior.

- Foliação principal

A foliação principal é uma estrutura planar, principalmente marcada por biotitas, que possui atitude geral N50W/75°SW. O bandamento metamórfico criado com a migmatização se desenvolveu paralelo à foliação e mostra a alternância de camadas de cor cinza escuro e camadas de cor rosa claro, que representam respectivamente o paleossoma e o neossoma. Esta feição estrutural ocorre de maneira homogênea não só neste sítio, mas em toda a região estudada.

- Falhas definidas

As evidências concretas de falhamentos em geral são muito difíceis de serem encontradas em campo. Por isso, costuma-se utilizar critérios fotointerpretativos para traçar grandes lineamentos. As falhas encontradas no Sítio Pimental foram efetivamente mapeadas no campo, através da observação dos milonitos gerados pelas mesmas.

Cerca de 500 m a jusante da Alternativa Ilha da Serra, foi encontrada uma falha, denominada falha da Marciana, que possui um milonito cujo plano da foliação tem atitude N15E/44°SE. Entretanto, sua continuidade em direção aos eixos de barramento não foi confirmada com evidências de campo.

Foi identificado um falhamento, denominado falha da Ilha Grande, através de fluxo de quartzo cataclástico segundo a atitude N28W/76°SW. Assinala-se, entretanto, que não foram encontradas evidências de continuidade dessa estrutura tanto para montante como para jusante do ponto investigado.

Foi detectado um granito cisalhado com 4,5 m de largura, cujo plano da foliação possui atitude N54W/60°SW. Esta estrutura corresponde à falha Mangueira.

- **Microfalhas direcionais dextrais ou sinistrais**

As microfalhas correspondem a pequenas falhas com rejeitos centimétricos. Foram encontradas as microfalhas que apresentam, respectivamente, atitudes N88W/90° e N70E/84°SE. Ambas são falhas direcionais com movimentação sinistral bem evidentes e geralmente mostram o deslocamento de uma camada granítica com rejeito aparente centimétrico. Ao longo dos planos das microfalhas, pode-se observar a presença de sílica ou em alguns casos material granítico, com espessuras que não excedem 3 centímetros.

É importante notar que pequenas estruturas podem representar um reflexo de uma estrutura maior que pode chegar a dimensões regionais. Portanto, estes microfalhamentos podem estar associados a grandes falhamentos regionais, no entanto, nesta escala de trabalho não foi possível fazer tais correlações.

- **Fraturas e outras estruturas**

Além das estruturas apresentadas anteriormente, estão presentes diques e *sills* graníticos e granodioríticos, veios graníticos e pegmatíticos e fraturas com atitudes variadas.

As melhores exposições do padrão encontram-se nos pedrais. Superficialmente predominam as fraturas subverticais, as quais representam planos de fraqueza da rocha e normalmente não exibem fraturas abertas. Já as fraturas subhorizontais ou com baixo ângulo de mergulho aparecem secundariamente e podem ser abertas.

O padrão típico de fraturamento ocorre em forma de X, representando o cruzamento de duas famílias de fraturas. Nos afloramentos onde o fraturamento é intenso, este padrão chega a formar vários losângulos.

Distinguem-se cinco famílias de fraturas, conforme discriminado abaixo:

- 1ª família de fraturas, com atitude geral N50W/75°SW – N56W/85°NE.
- 2ª família de fraturas, com atitude geral N30E/84°SE – N20E/74°NW.
- 3ª família de fraturas, com atitude geral N80E/70°NW – N70E/80°SE.
- 4ª família de fraturas, com atitude geral N15W/ 79°SW – N20W/68°NE.

- 5ª família de fraturas, com atitude geral N55E/89°SE – N50E/72°NW.

Em subsuperfície, as medidas efetuadas em testemunhos orientados de sondagens rotativas, executadas nas regiões previstas para instalação das estruturas de concreto dos eixos Ilha da Serra e Ilha do Canteiro, revelaram predomínio de fraturas subhorizontais. Ressalta-se que as sondagens rotativas foram executadas predominantemente na posição vertical.

d.2) Canais de Derivação

Os eventos tectônicos ocorridos nesta região, talvez pela proximidade geográfica com o Sítio Pimental, são semelhantes. A foliação principal é uma estrutura planar, principalmente marcada por biotitas, que possui atitude geral N50W/75°SW, coincidente com aquelas observadas no Sítio Pimental. O bandamento metamórfico criado com a migmatização se desenvolveu paralelo à foliação, sendo que este bandamento mostra a alternância de camadas de cor cinza escuro e camadas de cor rosa claro, que representam respectivamente o paleossoma e o neossoma.

- Falhas

A caracterização de estruturas de falha no campo foi dificultada pela pouca frequência de afloramentos na região. Entretanto, uma evidência de falhamento foi encontrada através de uma brecha tectônica constituída por fragmentos subarredondados a subangulosos de quartzo e feldspato (já caulinizado), sustentados por uma matriz fina, possivelmente rica em óxido de ferro. Esta falha foi denominada Falha do Brejo, por estar encaixada ao longo de uma drenagem que forma um grande brejo.

Outra falha expressiva é a denominada Falha Di Maria, considerada como falha encoberta e que passa pelo Canal de Derivação Direito acompanhando o leito do igarapé Di Maria, com direção NE.

- Microfalhas direcionais dextrais ou sinistrais

As microfalhas correspondem a pequenas falhas com rejeitos centimétricos. São falhas direcionais com movimentação ora dextral, ora sinistral, com atitudes N39W/90°, N41E/88°NW, N06W/80°SW, N25E/75°NW, N78W/75°NE, N33W/87°NE.

São bem evidentes e geralmente mostram o deslocamento de uma camada granítica com rejeito aparente centimétrico. Ao longo dos planos das microfalhas, pode-se observar a presença de sílica ou, em alguns casos, material granítico, com espessuras que não excedem 3 centímetros.

Conforme já mencionado, é importante notar que pequenas estruturas podem representar um reflexo de uma estrutura maior que pode chegar a dimensões regionais. Portanto, estes microfalhamentos podem estar associados a grandes falhamentos regionais, no entanto, na escala de trabalho, não foi possível fazer tais correlações. Entretanto, serão detalhadas as microfalhas por apresentarem características estruturais interessantes.

A microfalha dextral de atitude N39E/90° desloca vênulas preenchidas por sílica de um sistema de microfraturas. A microfalha dextral de atitude N25E/75°NW situa-se na entrada do Canal de Derivação Esquerdo. Tal microfalhamento corresponderia à mesma direção da falha

encoberta que consta nos mapas geológicos, situada no Canal Esquerdo, ao longo do igarapé Galhoso.

- **Fraturas e outras estruturas**

Ocorrem ainda as mesmas cinco famílias de fraturas encontradas na região do Sítio Pimental, além de veios graníticos e pegmatíticos com atitudes variadas. Nesta região existem algumas poucas fraturas cujos mergulhos são mais suaves, sendo que algumas chegam a ser subhorizontais, com mergulhos entre 10° e 37°.

d.3) Sítio Bela Vista

A pequena quantidade de afloramentos *in situ* na região reflete a escassez de dados estruturais obtidos neste sítio. No entanto, observa-se que as estruturas parecem ser as mesmas da região do Sítio Pimental e dos Canais de Derivação. Os principais elementos estruturais encontrados foram: foliação principal com mergulho medido, microfalha direcional sinistral, *sill* granítico e fraturas.

- **Foliação principal com mergulho medido**

As poucas medidas de foliação obtidas mostram, em geral, uma atitude N50W/75°SW, que é a mesma encontrada nos outros sítios Pimental e Canal de Derivação. Esta foliação é marcada por biotitas e pelo bandamento metamórfico dos migmatitos.

- **Microfalha direcional sinistral**

Foi encontrada uma microfalha com indicação de movimento sinistral. A atitude do plano desse microfalhamento é N25E/75°NW. Esta microfalha ocorre deslocando um pequeno *sill* granítico com 13 cm de espessura.

- **Fraturas e outras estruturas**

As famílias de fraturas encontradas possuem as mesmas atitudes daquelas obtidas na região do Sítio Pimental e no Canal de Derivação, mostrando que a estruturação é praticamente a mesma.

As atitudes gerais dos planos de fratura das cinco famílias são:

- 1ª família de fraturas, atitude geral N70W/79SW – N62W/80°NE.
- 2ª família de fraturas, atitude geral N20E/78NW – N20E/80°SE.
- 3ª família de fraturas, atitude geral N85E/77NW – E-W/80°S.
- 4ª família de fraturas, atitude geral N14W/78SW – N10W/85°NE.
- 5ª família de fraturas, atitude geral N45E/82NW – N55E/85°SE.

O fraturamento continua obedecendo ao padrão em X, gerado pela intersecção das famílias de fraturas. Observa-se em campo a intersecção da 1^a e 3^a famílias de fraturas, com planos bem definidos. A presença de veios preenchendo fraturas também é observada nesta região.

Foram encontrados apenas dois *sills* graníticos, ambos estreitos, com 13 e 15 cm aproximadamente, subverticais. A direção do primeiro é N54W e a do segundo é N30W.

d.4) Sítio Belo Monte

As fases e os estilos estruturais observados no mapeamento do Sítio Belo Monte, tanto em superfície como em subsuperfície, enquadram-se nos conceitos estabelecidos no mapeamento regional, com algumas ressalvas que serão descritas a seguir.

- Deformação dúctil

A associação dos estilos estruturais com as rochas que os exibem permitiu a distinção de dois conjuntos de estruturas dúcteis denominadas deformação dúctil de baixo ângulo e deformação dúctil direcional de alto ângulo.

As feições originadas pela deformação dúctil de baixo ângulo podem ser distinguidas em dois grupos, designados por deformação dúctil de baixo ângulo inicial e deformação dúctil de baixo ângulo final.

O conjunto estrutural que define a deformação de baixo ângulo inicial é representado por uma foliação milonítica presente nos corpos da Unidade AxI, preservada em núcleos menos deformados ou com menor remobilização.

Essa foliação plano-axial está relacionada a dobras fechadas e sem raiz, bem visíveis nos migmatitos de cor cinza (granodioríticos). Pelo observado em campo e em lâminas petrográficas, a foliação é contemporânea ao evento de migmatização de composição granodiorítica. A direção dessa foliação medida em sondagens, no Sítio Belo Monte, é concordante com a regional, orientada a NNW-SSE.

As estruturas que definem a deformação de baixo ângulo final são representadas, em escala regional, por aleitamento tectônico, foliação milonítica, lineação de estiramento e dobras sem raiz. Estas estruturas afetam todas as unidades do Complexo Xingu que ocorrem no sítio.

Sua feição mais marcante, a foliação milonítica, à qual se associam corpos fusiformes, corpos boudinados e subconcordantes, nos quais a foliação desenvolve linhas sigmoidais. É bastante freqüente a presença de aleitamento tectônico e de corpos rotacionados em sentido horário e anti-horário. As direções obtidas em campo e em sondagens mostram o pólo principal em N150/80°NE e secundários em N-S/75°E e N135/65°SW, representando variações locais da direção regional, que se situa entre N120 e N145.

As estruturas características da deformação dúcteis de alto ângulo são as zonas de cisalhamento (*shear zones*), representadas pelas falhas dúcteis, transcorrentes, que afetam a foliação.

No Sítio Belo Monte, essas falhas são representadas por espessas zonas miloníticas orientadas entre N95 e N135 com mergulhos altos tanto para NE quanto para SW, ou por pequenas

faixas de milonitização de direção N40E a N50E subverticais. As primeiras estão representadas pela Falha do Catijuba e por falhas observadas em algumas sondagens e parecem terem sido geradas conjuntamente à deformação dúctil de baixo ângulo, pelas atitudes concordantes com a foliação, e posteriormente reativadas neste evento dúctil direcional. Já as falhas de direção NE são características deste evento deformacional por cortarem a foliação regional.

- **Deformação rúptil**

Dois estilos de deformação rúptil são responsáveis pelo desenvolvimento de falhas rúpteis direcionais e verticais, zonas de brechas, de cataclasitos e pelo fraturamento apresentado pelas rochas do Sítio Belo Monte. Os eventos deformacionais responsáveis por esses dois estilos estruturais foram denominados evento rúptil direcional e evento rúptil vertical.

O evento rúptil direcional é marcado por falhas direcionais (transcorrentes) nas rochas do Complexo Xingu, que podem produzir zonas brechadas, cataclasadas em faixas, com microfalhas conjugadas.

As direções observadas no Sítio Belo Monte estão representadas por N60E (Falha do Igarapé Santa Helena), N80W (Falha do Aturiá), N10 a 20E (falhas do Igarapé Santo Antônio e da Água Boa) e N10W (Falha da SR-06). Os sentidos de movimentação raramente puderam ser observados com segurança e algumas dessas direções correspondem a linhas originadas já no cisalhamento dúctil.

A deformação rúptil vertical é caracterizada por falhas rúpteis de mergulho alto, com movimento vertical, que afetam o embasamento e os sedimentos. Essas falhas são predominantemente do tipo normal (de gravidade). Tais falhas não desenvolvem zonas de rochas cataclásticas, limitando-se a definir faixas de fraturamento mais intenso ou de concentração de microfalhas.

As principais direções observadas variam entre ENE-WSW e NNW-SSE, com bloco baixo para norte e oeste, embora localmente o bloco baixo possa estar situado a sul e a leste, como no *Graben* do Macacão, localizado a sudeste do Sítio. As direções observadas são as mesmas nos sedimentos e no Complexo Xingu e correspondem às direções das falhas rúpteis direcionais. Os intervalos de reativação vertical das falhas direcionais podem ser observados com base no registro sedimentar que persiste até o Cenozóico.

O *Graben* do Macacão constitui uma estrutura que esteve ativa no Siluriano durante a sedimentação da Formação Trombetas, propiciando a ressedimentação dos folhelhos e ritmitos do Membro Pitinga e a preservação da camada dos arenitos, do Membro Manacapuru, inexistente fora do *graben*. Os limites do bloco rebaixado não são impostos propriamente por uma só falha, mas as estruturas fazem parte de uma zona de falhas escalonadas.

As fraturas que ocorrem no Sítio Belo Monte resultam da atuação de ambos os estilos de tectônica rúptil, e a atuação cíclica destes eventos tornam impossível a distinção da origem dessas descontinuidades. Mesmo a identificação das fraturas de cisalhamento e de distensão é muito difícil, dada a precariedade dos afloramentos e a freqüente reativação destes planos de fraqueza.

As principais atitudes de fraturas medidas nas rochas do Complexo Xingu encontram-se entre os valores de N70-80W, N20-40W e N75-90E, além das fraturas subhorizontais, com mergulho inferior a 20°, predominantes em 14 das 42 sondagens rotativas utilizadas.

As rochas sedimentares apresentam direções de fraturamento semelhantes às do embasamento, tanto em escala local como regional. Isto reforça a evidência de que as estruturas do embasamento contribuem ativamente para a formação das estruturas das rochas sedimentares.

7.7.4.4 Recursos Minerais

7.7.4.4.1 Características Metalogenéticas

A análise do contexto geológico da AID do AHE Belo Monte demonstra que a Unidade AxII (Suíte Metamórfica Três Palmeiras) é a unidade de maior importância metalogenética, como pode ser vista na análise da AII (Área de Influência Indireta). Em segundo lugar, devem ser considerados os depósitos quaternários de areia/cascalho e argila para aplicação e uso na construção civil, situados no entorno de Altamira e em terceiro lugar, a Formação Alter do Chão com algum potencial para bauxita.

No domínio da Suíte Metamórfica Três Palmeiras, deve-se ressaltar as ocorrências de ouro nas formas aluvionar e primária, principalmente as áreas situadas na Volta Grandes do Xingu, pesquisadas e lavradas com significativa produção pela Oca Mineração no passado e hoje pertencente à Verena Mineração. Considerando as especificidades geológicas dessa unidade, pode-se inferir uma prognose metalogenética com favorabilidade para ouro e metais-base, como cobre, chumbo e zinco. As ocorrências de cassiterita e scheelita não se confirmaram como depósitos. As pesquisas de cobre encontram-se ainda em execução e foram mais desenvolvidas na região a leste do rio Bacajá e fora da AID.

As demais unidades do contexto geológico regional não se mostram com alta favorabilidade, em função dos dados ora coletados ou disponíveis.

As ocorrências e as potencialidades de cada unidade estão apresentadas sumariamente a seguir:

a) **Unidade do Embasamento Mesoarqueano**

- Unidade AxI

Esta unidade compreende um conjunto de rochas gnáissicas com enclaves básicos, com baixo potencial metalogenético e não foram constatadas ocorrências minerais nesta unidade.

b) **Unidade do Embasamento Neo Arqueano**

- Unidade AxII - Seqüência metavulcano-sedimentar

A Unidade AxII compreende as rochas metavulcânicas máficas/ultramáficas e metassedimentares, constituindo uma seqüência vulcano-sedimentar tipo *greenstone belt* (Suíte Metamórfica Três Palmeiras). Apresenta potencial para ouro na forma de minério primário e secundário (alúvio-elúvio/coluvionares), devido às suas características e suas ocorrências, garimpos e uma mina de ouro em fase de reavaliação.

c) **Unidade Migmatítica/Granitóide (Paleoproterozóico)**

- Unidade AxrIII

A unidade AxxIII está representada pelos migmatitos e núcleos gnáissicos de baixa potencialidade metalogenética, apesar da ocorrência de veios de quartzo e pegmatitos associados a zonas de falhas e fraturas. Não foi constatada nenhuma ocorrência mineral significativa nesta unidade. Pode representar potencial apenas para obtenção de brita para emprego na construção civil, mas isto é dependente da localização das fontes em relação ao centro consumidor.

d) Unidades Granitóides (Paleoproterozóico)

– Unidade AxxIV

Esta unidade, representada por granitóides do tipo granodiorito Oca, também não apresenta ocorrências minerais associadas e conseqüentemente foi considerada de baixo potencial metalogenético. Estes granitóides, em contato com as rochas da unidade AxxII - Sequência Metavulcano-Sedimentar, eventualmente poderiam agir como agentes remobilizantes de ouro em forma de veios de quartzo. Mas trabalhos de campo não confirmaram presença deste metal nessas condições na área de garimpo do rio Xingu.

– Unidade AxxV

Os granitóides inseridos nesta unidade, em contato com a Unidade AxxII, como referido anteriormente, também podem remobilizar ouro em veios de quartzo, mas da mesma forma ainda não foram observadas essas mineralizações. As pequenas atividades de garimpos de ouro a sul de Altamira, há muito tempo abandonadas, possivelmente estavam relacionadas a zonas de cisalhamento (*shear zones*) desses granitóides.

Podem apresentar também alguma potencialidade para cassiterita, devido ao seu correlacionamento com Suíte Intrusiva Maloquinha, cujos granitóides estão associados às mineralizações de estanho na região do rio Iriri e rio Xingu, a sul da AID. No entanto, até a presente data, não foi confirmada a presença deste bem mineral em condições para ser explorado economicamente, apesar de intensos trabalhos realizados por empresas tradicionais, como a Mineração Canopus e Best Metais, nas décadas de 80 e 90.

e) Coberturas Paleozóicas e Mesozóicas

– Formações Trombetas e Curuá

Como pode ser vista na análise metalogenética da AII, essas formações podem apresentar perspectivas tanto para fosfato como para cobre, chumbo e zinco. Apesar de alguns estudos realizados apresentarem ocorrências desses recursos minerais nessas formações, não foi confirmada a potencialidade.

– Formação Ererê

A Formação Ererê apresenta condições de conter metalotectos relacionados à influência continental, principalmente baías, lagunas, praias e planície deltáica, favoráveis a sulfetos e urânio (baías e lagunas), carvão (planície deltáica), ouro e cassiterita (pláceres), porém os estudos não confirmaram este prognóstico.

- Formação Maecuru e Formação Alter do Chão

A Formação Maecuru e a Formação Alter do Chão apresentam fácies de canal, que favorece a concentração de minerais pesados e resistentes, podendo originar pláceres com rutilo, zircão, diamante, cassiterita, ilmenita, magnetita, tantalita, columbita, wolframita, ouro, etc. No entanto, tanto na Formação Maecuru quanto na Alter do Chão, nenhuma ocorrência mineral significativa desses minerais foi verificada.

Na Formação Alter do Chão a forte lixiviação sofrida por suas rochas desde o Pleistoceno facilita a formação de depósito de bauxita, como pode ser visto a norte de Altamira e que tem despertado interesse de empresas como RTZ Mineração. Na AID, as áreas de ocorrência desta unidade são mais restritas e localizadas em relação à AII e conseqüentemente o potencial é também reduzido.

- Rochas Básicas - Diabásio Penatecaua

As rochas básicas toleíticas não são potencialmente grandes portadoras de minérios a não ser quando diferenciadas.

f) Coberturas Cenozóicas

- Aluviões, Elúvios/Colúvios

Os aluviões representam um dos principais concentradores de depósitos minerais pesados da região, principalmente quando atravessam fontes primárias como as seqüências metavulcano-sedimentares e corpos graníticos mineralizados. Ocorrem sob a forma de terraços e de depósitos ativos com a fácies de canal (areia e cascalhos).

Depósitos de elúvios/colúvios mineralizados foram também observados nas proximidades das mineralizações primárias de ouro, principalmente na área da Volta Grande do Xingu.

A fácies de planície de inundação representa sítios favoráveis ao acúmulo de argila e de matéria orgânica. Essas áreas são propícias à pesquisa de depósitos de argila para cerâmica e de turfa, como comprovam as extrações na região da Altamira, nos igarapés Ambé e Panelas.

Deve-se ressaltar o potencial dos aluviões do rio Xingu para obtenção de areia e cascalho para emprego na construção civil da cidade de Altamira, mas o fator distância da fonte deve ser sempre considerado.

7.7.4.4.2 Mineralizações e Levantamento dos Recursos Minerais

A partir dos levantamentos anteriores sintetizados nos estudos da AII (Área de Influência Indireta), ao se considerar a área da AID, são observadas 44 concentrações minerais referentes a uma mina inativa, garimpos, ocorrências e depósitos. Desse total, 36 referem-se a ouro (1 mina inativa, 16 garimpos ativos, 3 garimpos inativos e 16 ocorrências) e as demais referem-se a: 1 ocorrência de ouro e cassiterita, 1 garimpo de cassiterita, 1 ocorrência de cassiterita, 1 ocorrência de fluorita, 1 ocorrência de fosfato, 1 ocorrência de pirita, 1 depósito de areia e 1 depósito de argila. Além desses, existem 36 indícios com pouca informação geológica consistente e/ou referentes outras substâncias minerais de menor importância.

Neste trabalho adotou-se um novo número de seqüência mudando a correlação com os números da AII e de trabalhos anteriores do CNEC/ELETRONORTE (1987) e ELETRONORTE (2001). O **QUADRO 7.7.4-2** mostra as principais concentrações minerais levantadas e a situação em que se encontravam na época do levantamento.

Em junho de 2007 foi efetuado levantamento de campo para a atualização da situação dos recursos minerais da AID.

QUADRO 7.7.4-2
Relação das concentrações minerais na AID conforme estudos anteriores
(CNEC/ELETRONORTE, 1987; ELETRONORTE, 2001).

Continua

Nº de referência AID	Nº de referência AII	Número trabalhos anteriores	Localização	Substância Mineral	Unidade Geológica	Situação da Concentração Mineral AID
ID-1	114	XHMV-05	Rio Xingu, Igarapé do Lessa	Ouro	Unidade II	Indício
ID-2	131	XBTS-187, 190	Rio Xingu, Babaquara	Ouro	Unidade IV	Indício
ID-3	116	XMV-12	Rio Xingu, Cachoeira do Pedrão	Ouro	Unidade III	Indício
ID-4	117	XMV-09	Rio Xingu Travessão do Maciel	Ouro	Unidade III	Indício
ID-5	132	XBTS-109, 113, 114	Rio Xingu, Babaquara	Ouro	Unidade III	Indício
ID-6	119	SR-76	Rio Xingu, Babaquara	Cobre	Unidade V	Indício
ID-7	121	XMV-04	Rio Xingu, Babaquara	Ouro - Pirita	Unidade V	Indício
ID-8	123	XMV-01	Rio Xingu, Praia do Padeiro	Ouro	Formação Maecuru	Indício
ID-9	19	XKEE-61	Rio Xingu / Travessão Paratizinho	Estanho	Aluvião	Indício
ID-10	30	XKEE-67	Rio Xingu (Rama)	Estanho	Aluvião	Indício
ID-11	32	XKEE-70	Rio Xingu	Estanho	Aluvião	Indício
ID-12	35	XKEE-76	Igarapé Ituna	Ouro	Aluvião	Indício
ID-13	47	JL-72	Rio Itatá	Hematita	Unidade II	Indício
ID-14	46	JL-71	Rio Itatá	Hematita	Unidade II	Indício
ID-15	44	JL-81	Rio Xingu	Cobre	Unidade II	Indício
ID-16	63	BCJ-01	Rio Bacajá – Cachoeira Alpargatas	Ouro	Aluvião	Indício
ID-17	64	BCJ-02	Rio Bacajá - Gorgulho	Ouro	Aluvião	Indício
ID-18	66	BCJ-05	Rio Bacajá – Grotão do Agostinho	Ouro	Aluvião	Indício
ID-19	69	BCJ-08	Rio Bacajá	Ouro (200 cps)	Aluvião	Indício
ID-20	90	XKEE-159	Rio Xingu	Apatita	Unidade I	Indício
ID-21	96	XKEE-36	Rio Xingu	Apatita	Unidade I	Indício
ID-22	101	Ponto 3	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Indício
ID-23	107	SR-214	Rio Xingu / Sítio Juruá	Especularita / Ametista	Unidade III	Indício
ID-24	120		Rio Xingu, Babaquara	Manganês	Diabásio Penatecaua	Indício
ID-25	113	XBTS-42	Rio Xingu, Ilha Redonda	Hematita	Unidade II	Indício

QUADRO 7.7.4-2

Relação das concentrações minerais na AID conforme estudos anteriores (CNEC/ELETRONORTE, 1987; ELETRONORTE, 2001).

Continuação

Nº de referência AID	Nº de referência a AII	Número trabalhos anteriores	Localização	Substância Mineral	Unidade Geológica	Situação da Concentração Mineral AID
ID-26	124	NR-459, 460	Vicinal a Sul da BR-230	Pirita	Unidade I	Indício
ID-27	125	AV-109	Rodovia Transamazônica	Pirita	Unidade III	Indício
ID-28	15	XKEE-25	Rodovia Transamazônica	Pirita	Unidade III	Indício
ID-29	14	XKEE-17	Rodovia Transamazônica	Laterita enriquecida em Manganês	Formação Ererê	Indício
ID-30	4	XKEE-2	Altamira/ Igarapé Ambé	Turfa	Aluvião	Indício
ID-31	133	XBTS-179, 180, 181	Rio Xingu, Babaquara	Ouro	Unidade V	Indício
ID-32	1	NR-103	Rodovia Transamazônica / Altamira	Manganês	Diabásio Penetecaua	Indício
ID-33	130	AV-95	Médio Rio Bacajá	Pirita	Unidade II	Indício
ID-34	76	AV-101	Rio Bacajá	Pirita	Unidade III	Indício
ID-35	77	AV-78	Rio Bacajá	Pirita	Unidade III	Indício
ID-36	78	AV-77	Rio Bacajá	Pirita	Unidade III	Indício
OC-1	2	Ponto 91	Rio Xingu/ Igarapé Panela	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-2	5	Ponto 92	Rio Xingu/ Altamira	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-3	7	Ponto 93	Rio Xingu	Estanho	Aluvião	Ocorrência
OC-4	58	XKEE-179	Rio Bacajá	Ouro / Estanho	Aluvião	Ocorrência
OC-5	65	BCJ-03	Rio Bacajá – São Félix do Cocalino	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-6	93	Ponto 16	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-7	98	Ponto 14	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-8	100	Pontos 10, 12	Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-9	102	Pontos 1,2 ST-1,3 SP304 - 305	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-10	104	Ponto 6	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-11	105	Ponto 7	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-12	106	Ponto 9	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-13	115	XMV-13	Rio Xingu, Cachoeira Babaquara	Ouro	Unidade III	Ocorrência
OC-14	122	XMV-02	Rio Xingu, Praia do Padeiro	Ouro	Formação Maecuru	Ocorrência
OC-15	127	JL-69	Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Ocorrência
OC-16	108	SR-08	Kararaô	Fluorita	Unidade III	Ocorrência
OC-17	67	BCJ-06	Rio Bacajá – Sítio Sta. Maria	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-18	68	BCJ-07	Rio Bacajá – Gorgulho do Inácio	Ouro	Aluvião	Ocorrência
OC-19	70	BCJ-09	Rio Bacajá - Poço do Zé Carroceiro	Ouro (200 cps)	Aluvião	Ocorrência

QUADRO 7.7.4-2

Relação das concentrações minerais na AID conforme estudos anteriores (CNEC/ELETRONORTE, 1987; ELETRONORTE, 2001).

Continuação

Nº de referência AID	Nº de referência AII	Número trabalhos anteriores	Localização	Substância Mineral	Unidade Geológica	Situação da Concentração Mineral AID
OC-20	8	NR-177	Norte da Rodovia Transamazônica	Fosfato (350 – 1.100 cps)	Formação Curuá	Ocorrência
OC-21	11	NR-421	Norte da Transamazônica	Pirita	Formação Ererê	Ocorrência
GA-1	17	JL-222	Rio Xingu, Furo da Baleia	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-2	36	XKEE-218	Igarapé Ressaca	Ouro	Unidade II e Aluvião	Garimpo Ativo
GA-3	37	RMB 77,85 E88	Sul do Igarapé da Fazenda	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-4	38	JL-301	Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-5	39	XKEE-217	Igarapé Japão	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo
GA-6	40	XKEE-216	Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-7	41	JL-302	Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-8	45	Ponto 98	Rio Itatá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-9	48	XKEE-201	Rio Itatá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-10	49	JL-67	Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo
GA-11	50	XKEE-200	Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo
GA-12	51	JL-67	Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Mina Inativa
GA-13	52	XKEE-199	Rio Xingu	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-14	54	XKEE-195	Rio Xingu / Bacajaí	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-15	55	Ponto 99	Rio Xingu / Bacajaí	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-16	61	Ponto 100	Rio Xingu / Bacajaí	Estanho	Aluvião	Garimpo Inativo
GA-17	62	XKEE-101	Foz do Rio Bacajá	Ouro	Aluvião	Garimpo Inativo
GA-18	103	XKEE-45	Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo
GA-19	126	JL-304	Sul da Ilha da Fazenda	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo
GA-42	109		Garimpo do Cumieira / Babaquara	Ouro	Unidade V	Garimpo Inativo
GA-43	110		Garimpo da Serra do Vovô / Babaquara	Ouro	Unidade III	Garimpo Inativo
Ag-1	3	XKEE-1	Altamira/ Igarapé Ambé e Ilha Arapujá	Argila / Turfa	Aluvião	Depósito
AC-1	6	XKEE-54	Rio Xingu, margem direita e ilha Arapujá	Areia	Aluvião	Depósito

O **QUADRO 7.7.4-3** apresenta a situação dos garimpos nos estudos anteriores e no levantamento de junho de 2007, enquanto o **QUADRO 7.7.4-4** contém os resultados detalhados desses levantamentos em 16 garimpos visitados, incluindo 10 garimpos ativos. No **QUADRO 7.7.4-2** foram consideradas informações dos estudos anteriores, incluídas informações sobre garimpos da área obtidas junto à Verena Mineração, além das informações obtidas nas visitas efetuadas aos garimpos.

Quanto à argila, foram inspecionados 10 locais nas planícies dos igarapés Panelas e Ambé, onde se concentram as extrações atualmente, e 4 locais no rio Xingu (na Ilha Arapujá e margem do rio), correspondentes a depósitos cuja extração foi paralisada. O **QUADRO 7.7.4-5** contém os resultados obtidos.

Foram observadas extrações de areia/cascalho no leito do rio Xingu, através de barcos e balsas, nas proximidades de Altamira, principalmente a jusante da Ilha Arapujá e na confluência do igarapé Panelas com o rio Xingu. O **QUADRO 7.7.4-6** contém os resultados obtidos.

No Mapa de Potencial Metalogenético, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-025**, estão indicadas as ocorrências minerais e os garimpos, sendo que para os garimpos estão indicadas as situações em que se encontravam na época do levantamento (ativo ou inativo).

a) **Estanho**

Nos levantamentos anteriores, a cassiterita foi citada como sendo identificada nos concentrados de bateia ocorrentes no rio Itatá e nas desembocaduras dos rios Bacajaí e Bacajá. Nos trabalhos de campo efetuados em junho de 2007, essas informações foram verificadas junto aos garimpeiros remanescentes, mas estes não confirmaram sequer a ocorrência deste mineral na região. Estas informações, associadas à inexistência de granitos com alteração hidrotermal tipo *greisen*, considerados estaníferos, levam à quase exclusão desta região como potencial para cassiterita. Eventualmente os granitóides da unidade AxxV, comparáveis aos da Suíte Maloquinha, poderiam conter mineralização estanífera, o que não se confirmou em trabalhos encetados por empresas mineradoras na região.

b) **Ouro**

As mais expressivas manifestações auríferas localizam-se na região garimpeira da Volta Grande do Xingu e na porção leste da área, onde são observados alguns garimpos de ouro que eventualmente podem ser classificadas como recursos geológicos.

As extrações de ouro através de garimpagem encontram-se bastante restritas, quase desativadas. A única empresa de mineração que pesquisa ouro na região é a Verena Mineração, que adquiriu a antiga Mineração Oca e está desenvolvendo trabalhos de sondagens (**FIGURA 7.7.4-40**) para a comprovação e determinação de reservas com volumes e teores que justifiquem a implantação de uma mina.

Comparando os resultados dos estudos anteriores apresentados na AII com o levantamento de campo efetuado em junho de 2007, observa-se que grande parte dos garimpos anteriormente ativos encontra-se atualmente inativos (**QUADRO 7.7.4-3**). Foram observados apenas 10 garimpos ativos, sendo os demais inativos (**QUADRO 7.7.4-3** e **QUADRO 7.7.4-4**). Salienta-se também que os garimpos ora em atividades são sazonais, com deslocamentos

constantes para novas áreas remanescentes, na expectativa de extrações de maior rentabilidade ou mesmo como subsistência para os garimpeiros se manterem na região, alternando o garimpo com prática de outras atividades como pecuária e agricultura.

O ouro ocorre associado às rochas da unidade AxII, em veios de quartzo (frisos na denominação dos garimpeiros) relacionados muitas vezes a zonas de cisalhamento, em aluviões e em colúvios/elúvios. Os depósitos associados aos aluviões, de maneira geral, fora do leito do rio Xingu, encontram-se exauridos. As atividades de garimpo concentram-se nos depósitos primários como nos garimpos Serrinha, Grota Seca, Galo e Itatá e em depósitos colúvio-eluviais, como no garimpo Grota Azul, Ouro Verde, Grota Seca, Canela e Gauchão.

QUADRO 7.7.4-3

Comparação entre a situação dos garimpos de ouro da AID nos estudos anteriores do CNEC/ELETRONORTE (1987), ELETRONORTE (2001) e no levantamento de junho de 2007

Nº de referência AID	Nº de referência AII	Número trabalhos anteriores	Coordenadas		Localização / Nome do Garimpo	Substância Mineral	Unidade Geológica	Situação da Concentração Mineral AII / Verena *	Situação da Concentração Mineral AID	Informações do levantamento de junho de 2007
			N	E						
GA-1	17	JL-222			Rio Xingu, Furo da Baleia	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista em campo. Sem acesso.
GA-2	36	XKKEE-218			Igarapé Ressaca	Ouro	Unidade II e Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo ou possivelmente correspondente aos garimpos visitados GA-22, GA-30, GA-31
GA-3	37	RMB 77,85 E88			Sul do Igarapé da Fazenda	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Ativo	Ativo. Garimpo em balsa no Rio Xingu e atualmente balsa no ponto GA-32
GA-4	38	JL-301			Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista ou possivelmente correspondente ao GA-41
GA-5	39	XKKEE-217			Igarapé Japão	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo ou possivelmente corresponde aos garimpos GA-6, GA-26 e GA-39
GA-6	40	XKKEE-216			Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-7	41	JL-302			Igarapé Japão	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-8	45	Ponto 98			Rio Itatá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-9	48	XKKEE-201			Rio Itatá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-10	49	JL-74			Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista em campo. Sem acesso.
GA-11	50	XKKEE-200			Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista em campo. Sem acesso.
GA-12	51	JL-67			Rio Itatá	Ouro	Unidade II	Mina Inativa	Mina Inativa	Mina Inativa
GA-13	52	XKKEE-199			Rio Xingu	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-14	54	XKKEE-195			Rio Xingu / Bacajá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-15	55	Ponto 99			Rio Xingu / Bacajá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-16	61	Ponto 100			Rio Xingu / Bacajá	Estanho	Aluvião	Garimpo Inativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-17	62	XKKEE-101			Foz do Rio Bacajá	Ouro	Aluvião	Garimpo Inativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-18	103	XKKEE-45			Rio Xingu / Sítio Juruá	Ouro	Aluvião	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-19	126	JL-304			Sul da Ilha da Fazenda	Ouro	Unidade II	Garimpo Ativo	Garimpo Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-42	109	-			Garimpo do Cumieira / Babaquara	Ouro	Unidade V	Garimpo Inativo	Garimpo Inativo	Garimpo Visitado
GA-43	110	-			Garimpo da Serra do Vovó / Babaquara	Ouro	Unidade III	Garimpo Inativo	Garimpo Inativo	Garimpo Visitado
GA-20	-	-	9603830	395796	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Grota Azul	Ouro	Colúvio-Eluvial	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-21	-	-	9604062	395758	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Serrinha	Ouro	Primário- veios de quartzo	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-22	-	-	9605262	395018	Município Sen. José Pórfirio / Garimpo Ouro Verde	Ouro	Colúvio-Eluvial	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-23	-	-	9603914	396065	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Grota Seca	Ouro	Elúvio - veios e vênulas de quartzo	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-24	-	-	9603720	396250	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Grota Seca	Ouro	Primário - veios e vênulas de quartzo	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-25	-	-	9603610	396604	Município Sen. José Pórfirio / Garimpo Galo	Ouro	Primário - veios e vênulas de quartzo. Zona de cisalhamento	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-26	-	-	9603358	397136	Município Sen. José Pórfirio - Galo / Garimpo Japão	Ouro	Aluvião-Colúvio	-	Inativo	Garimpo Visitado
GA-27	-	-	9598826	399825	Município Sen. José Pórfirio - Itatá / Garimpo João Leite	Ouro	Aluvião-Elúvio-Colúvio. Veios de quartzo na rocha alterada	-	Inativo	Garimpo Visitado
GA-28	-	-	9597144	401386	Município Sen. José Pórfirio - Itatá / Garimpo Itatá	Ouro	Primário - Zonas de silicificação, com veios de quartzo. Zona de cisalhamento	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-29	-	-	9598318	400410	Município Sen. José Pórfirio - Itatá / Garimpo Pedro Souza	Ouro	Aluvião	-	Inativo	Garimpo Visitado
GA-30	-	-	9604814	395660	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Canela	Ouro	(Ouro e rejeito) Elúvio - veios de quartzo	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-31	-	-	9605300	395407	Município Sen. José Pórfirio - Ressaca / Garimpo Gauchão	Ouro	Colúvio-Eluvial	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-32	-	-	9604452	397927	Município Sen. José Pórfirio - Galo / Garimpo Galo	Ouro	Aluvião	-	Ativo	Garimpo Visitado
GA-33	-	-	9604210	412502	Município Sen. José Pórfirio / Garimpo Bacajá	Ouro	Colúvio-Eluvial	-	Inativo	Garimpo Visitado
GA-34	-	-	9597180	401760	Garimpo Cominas	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-35	-	-	9597300	401260	-	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-36	-	-	9597550	400800	Garimpo Gaúcha	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-37	-	-	9597470	400580	Garimpo Maranhão	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-38	-	-	9598220	400740	Garimpo Pequi	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-39	-	-	9603650	397300	Garimpo Piauí	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-40	-	-	9604150	396480	Garimpo Seca North	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista.
GA-41	-	-	9604450	396230	-	Ouro	-	Ativo*	Inativo	Inativo conforme entrevista ou possivelmente correspondente ao GA-4.

QUADRO 7.7.4-4

Levantamento de campo de Recursos Minerais na AID em junho de 2007 - Garimpos.

continua

Nº de referência AID	Coordenadas		Denominação / Contato	Substância / Tipo de Depósito	Rocha Hospedeira / Estrutural	Rocha Encaixante	Tipo de Garimpo	Métodos e Equipamentos para Lavra / Beneficiamento	Empregados/ Garimpeiros	Produção	Situação do Garimpo	Observações e Histórico
	N	E										
GA-20	9603830	395796	Grota Azul / Sr. Jerilson	Ouro / Colúvio-Eluvial	-	-	Garimpo a céu aberto em fase de testes	Manual. Desmonte por bico jato-Concentração gravimétrica em caixas- Apuração do ouro com Hg .	3	Sem informação- Iniciando trabalho	Ativo	Aluvião já exaurido. Testes no elúvio-colúvio
GA-21	9604062	395758	Serrinha / Fernandinho	Ouro / Primário	Veios de quartzo (± 3,0m de espessura)	Metabásica (Anfibolito ?)	Lavra subterrânea - Shaft vertical (50 m)	Desmonte c/explosivo- Içamento com guincho- Britagem-Moagem- Concentração gravimétrica em caixas-Apuração ouro com Hg	± 7	Sem informação	Ativo	-
GA-22	9605262	395018	Ouro Verde	Ouro / Colúvio-Eluvial	-	-	Garimpo a céu aberto no sequeiro	Manual. Desmonte por bico jato- Concentração gravimétrica em caixas- Apuração do ouro com Hg .	3	Sem informação	Ativo	Aluvião já exaurido. Reiniciando lavra (testes)
GA-23	9603914	396065	Grota Seca (Jusante) / Célio	Ouro / Elúvio	Frisos (veios e vênulas) de quartzo	Rocha Alterada de coloração amarelada	Garimpo a céu aberto no sequeiro	Semi-mecanizado-Raspagem com trator-Desmonte por bico jato-Britagem-Moagem- Concentração gravimétrica em caixas-Apuração ouro com Hg	8-10	± 300g/mês	Ativo	-
GA-24	9603720	396250	Grota Seca / Antonio Pinheiro dos Santos	Ouro / Primário	Veios e vênulas de quartzo, milimétricas a centimétricas	Metabásica (Anfibolito ?)	Lavra subterrânea (20 m)	Desmonte c/explosivo- Içamento com guincho- Britagem-Moagem- Concentração gravimétrica em caixas-Apuração ouro com Hg	18	± 500g/semana	Ativo	-
GA-25	9603610	396604	Galo / William	Ouro / Primário	Frisos (veios e vênulas) de quartzo / Zona de cisalhamento	Rocha Básica Foliada - Gnaisse (?)	Lavra subterrânea - 250 m	Desmonte c/explosivo- Içamento com guincho- Britagem-Moagem- Concentração gravimétrica em caixas-Apuração ouro com Hg	60 a 110 no total e efetivamente 13 a 15 em forma de rodízio	500-600g/semana	Ativo	Início do garimpo em 1935
GA-26	9603358	397136	Japão	Ouro / Aluvião-Colúvio	-	-	Garimpo a céu aberto no sequeiro - Abandonado	-	-	-	Inativo (trabalhos esporádicos)	-
GA-27	9598826	399825	João Leite	Ouro / Alúvio-Colúvio-Eluvial	Aluvião-Elúvio-Colúvio. Frisos e veios de quartzo na rocha alterada.	-	Garimpo a céu aberto abandonado	-	-	-	Inativo	-

QUADRO 7.7.4-4

Levantamento de campo de Recursos Minerais na AID em junho de 2007 - Garimpos.

conclusão

Nº de referência AID	Coordenadas		Denominação / Contato	Substância / Tipo de Depósito	Rocha Hospedeira / Estrutural	Rocha Encaixante	Tipo de Garimpo	Métodos e Equipamentos para Lavra / Beneficiamento	Empregados/ Garimpeiros	Produção	Situação do Garimpo	Observações e Histórico
	N	E										
GA-28	9597144	401386	Itatá	Ouro / Primário	Zonas de silicificação, com veios de quartzo / Zona de cisalhamento	Filonito (Rocha básica cisalhada)	Shaft (17m) e galerias (1,5m de altura)	Desmonte c/ explosivo- Içamento com guincho- Britagem-Moagem- Concentração gravimétrica em caixas- Apuração ouro com Hg	18	± 150g/semana	Ativo	Foi o maior garimpo da região. Aluvião já exaurido (1500 x 500m). Colúvio-elúvio com frisos. Cata 10 x 10 x 2m chegou a produzir 1,5 Kg
GA-29	9598318	400410	Pedro Souza	Ouro - Aluvião	-	-	Garimpo aluvionar abandonado	-	-	-	Inativo	-
GA-30	9604814	395660	Canela / Sr. Henrique	Ouro - Rejeito / Elúvio	Frisos (veios de quartzo) do sequeiro	-	-	Operando com 6 moinhos e 1 bomba de sucção	15	± 120g/semana	Ativo	-
GA-31	9605300	395407	Gauchão	Ouro / Colúvio-Eluvial	-	-	Garimpo a céu aberto	Manual. Desmonte por bico jato- Concentração gravimétrica em caixas- Apuração do ouro com Hg.	4	± 90g/semana	Ativo	-
GA-32	9604452	397927	Balsa / Ademir	Ouro / Aluvião	-	-	Balsa - prof 7,0-8,0m	Balsa- Bomba de sucção- Concentração gravimétrica em caixas- Apuração do ouro com Hg	3-4	± 90g/semana	Ativo	Em frente ao povoado do Galo. Informações da operação de aproximadamente 40 balsas principalmente a jusante do Bacajá, entre 2002 e 2003.
GA-33	9604210	412502	Bacajá	Ouro / Colúvio-Eluvial	-	-	Garimpo a céu aberto abandonado	-	-	-	Inativo desde a década de 80	Em 1985 foi lavrado experimentalmente pela Progeo-Jatobá. Atualmente é uma fazenda. Em frente a esta área, no leito do rio Xingu, operavam mais de 40 balsas entre 1980 e 1987.

QUADRO 7.7.4-5
Levantamento de campo de Recursos Minerais na AID em junho de 2007 - Argila.

Nº de referência AID	Coordenadas		Localidade	Denominação / Contato / Proprietário	Unidade Geológica / Características	Produção de Argila	Produtos / Preços	Tipo de Extração	Processo de Fabricação	Nº Empregados	Licenças	Dados do Jazimento / Outros Dados
	N	E										
Ag-2	9641876	363939	Margem direita do Ig. Painelas / Rio Xingu	Painelas I / Duilio Nolasco	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 2m, sobreposta a material argilo-siltoso oxidado e areia	720 Ton/mês	Sem informação	Céu aberto - pá mecânica	Extração para Cerâmica Santa Clara-Produção Industrial	-	-	Depósito em exploração
Ag-3	9641954	362598	Margem direita do Ig. Painelas / Estrada aeroporto	Painelas II / Antônio Oliveira da Silveira	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 1,5m, sobre areia	50 Ton/mês	Tijolos - 20000 mês - R\$ 200,00/milheiro	Céu aberto - manual	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	20 oleiros	Licença Extração Prefeitura / Licença Prévia SECTAM: 0056/2006 / Área requerida no DNPM - 10ha	Depósito em exploração. Área de extração 265 x 120m
Ag-4	9641712	362061	Margem direita do Ig. Painelas	Serraria São José	Aluvião (Qa)	Construção serraria	-	Céu aberto - manual	Olaria desativada	Oleiros contratados	-	Depósito inativo há 2 anos. Serraria paralisado pelo IBAMA
Ag-5	9642340	362944	Margem esquerda do Ig. Painelas / Estrada para aeroporto	Painelas III / Milico	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 1,0m, variando entre 2m próximo ao Igarapé até 0,5m em áreas mais afastadas	40 Ton/mês	Tijolos - 20000 mês	Céu aberto - manual	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	10 oleiros	-	Previsão de exaustão para o final do ano-Área de extração permitida pelo superficiário
Ag-6	9642328	363400	Painelas / Rod. Altamira - aeroporto	Milico II (Sr. Emiliano)	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 1,0 a 2,0m	-	Tijolos - 2000 a 15000 mês	Céu aberto - manual	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	15 oleiros	-	Depósito em exploração
Ag-7	9646476	366873	Ig. Ambé entre Rod. Ernesto Acioli e Morro Forte	Ambé II	Aluvião (Qa) / Argila. Localizada entre duas áreas em exploração	-	-	-	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	-	-	Depósito em exploração. Porção do jazimento desativada. Atualmente, casas em palafitas
Ag-8	9646612	367120	Ig. Ambé entre Rod. Ernesto Acioli e Morro Forte	Ambé II	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 1,0m	30 Ton/mês (auge)	Tijolos - 15000 mês	Céu aberto - manual	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	5 oleiros revezam na extração	Licença Prévia SECTAM: 171486/2006 / Área requerida no DNPM - 10ha	Há + de 40 anos em atividade. Exaustão prevista para final do ano
Ag-8A	9646350	366964	Ig. Ambé entre Rod. Ernesto Acioli e Morro Forte	Ambé II	Aluvião (Qa)	-	-	-	Olaria Desativada	-	-	-
Ag-9	9646686	366871	Ig. Ambé entre Rod. Ernesto Acioli e Rod. Transamazônica	Ambé I	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 1,5m	40 Ton/mês	Tijolos - 20000 mês - R\$200,00/milheiro	Céu aberto - manual	Extração argila-Molde de madeira-Soda cáustica-Secagem sobre pó de serragem-Secagem e queima em fornos rudimentares	5 oleiros atualmente, passando para 15 oleiros no verão	Licença Prévia SECTAM: 171486/2006 / Área requerida no DNPM - 10ha	Depósito em exploração - 15 a 20 anos em atividade
Ag-10	9647664	367228	Ig. Ambé entre Rod. Transamazônica e Rod. E. Acioli	Área São Francisco (Bairro Colinas)	Aluvião (Qa) / Argila com espessura de ± 0,80m .	30 Ton/mês	Tijolos - 2000 a 15000 mês	Céu aberto - manual	Olaria	20 oleiros no (auge)	Licença Prévia SECTAM: 171486/2006	Depósito em preparação para lavra. Área de extração 400 x 200m. Início de 2006
Ag-11	9640920	353173	Igarapé Painelas / Rod. Transamazônica, Km 13	-	Aluvião (Qa)	-	-	-	Olaria desativada	-	-	Depósito desativado. Olaria desativada. Acesso fechado
Ag-12	9644880	368634	Rio Xingu - Ilha Arapujá	-	Aluvião (Qa) / Argila siltosa	-	-	-	Abastecia a cerâmica do Sr. Pedro Arnold	-	-	Depósito desativado há ± 15 anos. Paralisado pelo IBAMA.
Ag-13	9642664	366069	Rio Xingu - Ilha Arapujá	-	Aluvião (Qa) / Argila siltosa	-	-	-	Abastecia a cerâmica do Sr. Euclides	-	-	Depósito desativado há ± 15 anos. Paralisado pelo IBAMA.
Ag-14	9636930	367870	Margem direita - Rio Xingu	-	Aluvião (Qa) / Argila siltosa	-	-	-	Abastecia a cerâmica do Sr. Euclides	-	-	Depósito desativado há ± 15 anos.
Ag-15	9638274	367836	Margem direita - Rio Xingu	-	Aluvião (Qa) / Argila siltosa	-	-	-	Abastecia cerâmica ao lado do pátio de areia e seixos (Sr. Euclides)	-	-	Depósito desativado.
Ag-16	9646810	362949	Rod. Transamazônica - Km 3 - Bairro Liberdade	Cerâmica Santa Clara / Serafim e Edirley	Argila proveniente do Ig. Painelas (Ag-2)	6 Ton para 2500 tijolos	Tijolos e Lajes: 300000/mês . R\$ 230,00/milheiro (local) e R\$ 250,00/milheiro (entrega)	-	Industrial - Cerâmica Santa Clara	-	-	-

QUADRO 7.7.4-6

Levantamento de campo de recursos minerais na AID em junho de 2007 – Areia e Cascalho

Nº de referência na AID	Coordenadas		Localidade	Material Extraído	Proprietários ou terceiros	Tipo de Embarcação	Dados de Produção	Forma de extração	Licenças
	N	E							
AC-2	9643568	370083	Margem direita do Rio Xingú, a jusante da ilha Arapujá	Cascalho	Serafim / Paulo de Sá	Barco	Capacidade: 5m3/barco; 5 viagens/dia; 25m3/dia	Bomba de sucção	Prefeitura: 140061/2005; SECTAM:082/2002; DNPM: 850007/99
AC-3	9643284	370263	Leito do Rio Xingu, a jusante da ilha Arapujá	Cascalho	Serafim / Gilberto Viana Ferreira	Barco	3-6 viagens/dia; 20-30m3/dia	Bomba de sucção	Prefeitura: 140061/2005; SECTAM:082/2002; DNPM: 850007/99
AC-4	9642568	367385	Leito do Rio Xingu, a jusante da ilha Arapujá	Areia grossa	Aline IS Souza / Luizinho	Balsa grande	Capacidade: 45m3; 2-3 viagens/dia; 90-120m3/dia	Bomba de sucção	Sem informação
AC-5	9641876	367086	Leito do Rio Xingu, a jusante da ilha Arapujá	Areia grossa	Serafim Ind. Material para Construção	Balsa	38m3/balsa; 4 viagens/dia; 150m3/dia	Bomba de sucção	Prefeitura: 140061/2005; SECTAM:082/2002; DNPM: 850007/99
AC-6	-	-	Leito do Rio Xingu, a jusante da ilha Arapujá	Cascalho	Serafim Ind. Material para Construção	Balsa	25m3/dia; 2 viagens/dia	Bomba de sucção	Prefeitura: 140061/2005; SECTAM:082/2002; DNPM: 850007/99
AC-7	9641182	364565	Próximo a confluência do Igarapé Panelas e Rio Xingú	Cascalho	Leoberto Rosas de Oliveira	Barco	Capacidade 5m3/dia; 2-5 viagens/dia; 10-25 m3/dia	Bomba de sucção	Sem informação
AC-8	9641304	364620	Próximo a confluência do Igarapé Panelas e Rio Xingú	Cascalho	Autônomo	Barco	Sem informação	Bomba de sucção	Sem informação
AC-9	9641580	364500	Próximo a confluência do Igarapé Panelas e Rio Xingú	Cascalho	Autônomo	Barco	Sem informação	Bomba de sucção	Sem informação
AC-10	9641486	364775	Próximo a confluência do Igarapé Panelas e Rio Xingú	Cascalho	IFS Minerais / Izam	Balsa	27m3/dia; ±3 viagens/dia; 75m3/dia	Bomba de sucção	Sem informação
AC-11	-	-	Curva a norte da ilha Arapujá	Areia	Construtora Vitor Matura / Alcino	Balsa	25m3/balsa; 2-4 viagens/dia; 50-100m3/dia	Bomba de sucção	Prefeitura: 004/2006; SECTAM: 279/2003; DNPM:48405-850297/07
AC-12	9644392	365081			Pátio de armazenamento de Areia/Cascalho				
AC-13	9645386	365916			Pátio de armazenamento de Areia/Cascalho (pequeno porte)				
AC-14	9646292	366877			Pátio de armazenamento de Areia/Cascalho (pequeno porte)				

Nos garimpos relacionados aos depósitos primários a lavra é subterrânea, através de *shafts* verticais e galerias acompanhando os frisos, abertos com uso de explosivos para a detonação da rocha, sendo o material detonado içado para a superfície, em seguida, com utilização de guinchos.

O beneficiamento do minério primário segue um padrão geral de outros garimpos similares e inclui britagem, moagem e concentração gravimétrica em caixas com dimensões de 1,5 a 2 m, tipo *sluice box*, popularmente denominadas pelos garimpeiros cobra fumando. O material pesado retido nas caixas é amalgamado com mercúrio em balde. Este material é espremido em um pano e, em seguida, após a volatilização do mercúrio, o ouro é recuperado.

A produção é pequena, variável por volta de 90 a 500g/semana. O número de garimpeiros geralmente está na faixa de 10 a 18 por garimpo, sendo que, em alguns casos, em eluviões e coluviões remanescentes, apenas 3 a 4 garimpeiros estão envolvidos (Ouro Verde e Gauchão). As mineralizações auríferas que compõem o garimpo do Galo são aqueles que concentram maior número de garimpeiros, atualmente, ocupando 60 a 110 pessoas no total e efetivamente 13 a 15 garimpeiros em forma de rodízio.

Quanto à garimpagem através de balsa no rio Xingu, no atual levantamento, foi observada uma balsa em operação em frente ao povoado do Galo. As informações sobre os dados de produção indicam aproximadamente 90g/semana/balsa. Em geral, estão envolvidos no trabalho 03 a 04 pessoas em cada balsa. Foram ainda obtidas informações que mais de 40 balsas operaram no rio Xingu, na região da foz do Bacajá, na década de 80 e que aproximadamente a mesma quantidade de balsas voltaram a operar entre 2002 e 2003, principalmente a jusante do Bacajá. Segundo técnicos da Mineração Verena, que estão envolvidos na pesquisa do minério primário há 2 anos, a garimpagem através de balsa está cada vez mais restrita. No ano passado foram vistas somente duas balsas operando no rio Xingu na região de Volta Grande.

A garimpagem do ouro elúvio-coluvionar remanescente também vem sendo efetivada através de métodos tradicionais utilizados em aluviões desde a implantação do garimpo na região. Inicialmente, o material é desmontado com bico de jato ou com auxílio de trator com lâmina, em seguida esta polpa é bombeada para uma estação de beneficiamento onde é peneirada e o material passante cai em caixas de concentração gravimétrica. O concentrado é amalgamado num balde com mercúrio para separação final do ouro. No auge da garimpagem, eram usadas caixas forradas com carpete e às vezes com estopa (sarrapilha).

A seqüência de **FIGURA 7.7.4-40** a **FIGURA 7.7.4-56** ilustra os aspectos observados na visita aos garimpos.



FIGURA 7.7.4-40 – Sondagem em execução pela Geosol, para a Verena Mineração, entre os garimpos Ouro Verde e da região da Ressaca, para avaliação da reserva aurífera na área.



FIGURA 7.7.4-41 – Garimpo de ouro Serrinha – *Shaft* para extração do minério.



FIGURA 7.7.4-42 – Garimpo de ouro Serrinha – Fragmentos de rocha com veios de quartzo auríferos (frisos) extraídos através de lavra subterrânea.



FIGURA 7.7.4-43 – Garimpo Ouro Verde – Área de aluvião lavrado no passado e atualmente recoberta por vegetação.



FIGURA 7.7.4-44 – Garimpo Ouro Verde – Cava de extração do minério em elúvio.



FIGURA 7.7.4-45 – Garimpo de ouro Grota Seca – Área de aluvião lavrado no passado, considerada a maior da região da Ressaca e atualmente exaurida.



FIGURA 7.7.4-46 – Garimpo de ouro Grota Seca – Lavra em depósito eluvionar.



FIGURA 7.7.4-47 – Garimpo de ouro Grota Seca – Extração de minério primário através de galerias.



FIGURA 7.7.4-48 – Garimpo de ouro do Galo – Poço para extração de minério primário.



FIGURA 7.7.4-49 – Garimpo de ouro do Galo – Instalação de beneficiamento do minério primário envolvendo britagem, moagem e concentração em caixas.



FIGURA 7.7.4-50 – Garimpo de ouro Itatá – Minério extraído estocado para beneficiamento, observando-se a rocha metabásica com os veios de quartzo auríferos (faixas claras).



FIGURA 7.7.4-51 – Garimpo de ouro Itatá – Tratamento do minério primário feito de acordo com o mesmo padrão utilizado nos demais garimpos da região. O material retido nas caixas é amalgamado com mercúrio, sendo o ouro recuperado após a volatilização do mercúrio.



FIGURA 7.7.4-52 – Garimpo de ouro Itatá – Pré-concentrado das caixas.



FIGURA 7.7.4-53 – Garimpo de ouro Itatá – Área de aluvião lavrado no passado e atualmente exaurido, considerado uma dos maiores da região.



FIGURA 7.7.4-54 – Garimpo de ouro Canela – Em primeiro plano o aluvião lavrado e ao fundo a corrutela do Ressaca.



FIGURA 7.7.4-55 – Garimpo de ouro Gauchão – Vista do barranco de colúvio/elúvio e instalação de tubulação para desmonte hidráulico.



FIGURA 7.7.4-56 – Atividade garimpeira através de balsa no rio Xingu, em frente ao povoado do Galo.

c) Argila

Os depósitos de argila mais importantes nas proximidades de Altamira associam-se principalmente às planícies aluviais dos igarapés Panelas e Ambé. A argila é extraída em áreas localizadas dentro da zona urbana do município (**FIGURA 7.7.4-57** e **FIGURA 7.7.4-58**). Foram inspecionados 10 locais nas planícies dos igarapés Panelas e Ambé, onde se concentram as extrações atualmente e 4 locais no rio Xingu (na Ilha Arapujá e margem do rio), correspondentes a depósitos cujas extrações estão paralisadas. O **QUADRO 7.7.4-4** apresenta os resultados obtidos.

A argila é utilizada principalmente na fabricação de tijolos e telhas (mais raramente) que abastecem o centro consumidor de Altamira. A atividade é de natureza sazonal, sendo desenvolvida no período de julho a dezembro, através de um sistema de produção familiar e bastante rudimentar, o que tem causado um consumo exagerado de matéria prima e a fabricação de produtos de baixa qualidade.

Nos levantamentos realizados no decorrer do ano de 2007 foram observados 5 locais de extração nos aluviões do igarapé Panelas, Ag-2, Ag-3, Ag-4, Ag-5 e Ag-6, sendo os três primeiros situados na margem direita e os dois últimos na margem esquerda. A espessura da camada de argila situa-se entre 1,0 e 2,0m. Exceto no local Ag-2, cuja extração é para a cerâmica Santa Clara, feita com pá mecânica, em todos os demais locais a extração é manual, feita de forma bastante artesanal. A produção de argila estava em torno de 40 a 50 ton/mês, exceto no local Ag-2, onde a produção mecanizada era da ordem de 720 ton/mês. A produção de tijolos estava em torno de 15 a 20 milheiros de tijolos/mês mais frequentemente, estando envolvidos na produção 15 a 20 oleiros em cada olaria.



FIGURA 7.7.4-57 – Fotografia aérea das áreas de extração de argila e localização dos depósitos no igarapé Panelas.



FIGURA 7.7.4-58 – Fotografia aérea das áreas de extração de argila e localização dos depósitos no igarapé Ambé.

Nos aluviões do igarapé Ambé foram observados 5 locais de extração (Ag-7, Ag-8, Ag-8A, Ag-9 e Ag-10), sendo um deles (Ag-7) correspondente a uma porção desativada de área em exploração. Situam-se entre o Morro Forte e a rodovia Ernesto Acioli (Ambé II) e entre as rodovias Ernesto Acioli e Transamazônica (Ambé I e área São Francisco). A espessura da camada de argila situa-se entre 0,8 e 1,5m.

Na chamada rua da Olaria está concentrado o maior número de ceramistas que desenvolvem uma atividade essencialmente artesanal. Devido à exaustão dos depósitos e à proliferação de moradias em forma de palafitas avançando em direção a várzea do Ambé, segundo o Sindoalta (Sindicato dos Oleiros de Altamira), a lavra está atualmente concentrada nas áreas mais próximas ao leito do rio Ambé, o que tem acelerado os problemas ambientais e baixado a qualidade dos tijolos produzidos, devido ao maior conteúdo de matéria orgânica presente na argila. Em todos os locais, a extração é manual, feita de forma bastante artesanal. A produção de argila em 2007 estava em torno de 30 a 40 ton/mês. A produção de tijolos estava em torno de 15 a 20 milheiros tijolos/mês mais freqüentemente, estando envolvidos na produção 5 a 20 oleiros em cada olaria.

As jazidas exploradas são todas aluvionares, sendo extraída a argila de uma camada superficial com espessura média de 1 metro, depositada sobre areia, em ambiente de planície de inundação. A jazida do igarapé Panelas, que se estende por aproximadamente 1,5 km entre a estrada para aeroporto e até as proximidades da confluência com rio Xingu, segundo o Sindoalta, dependendo de acordos com proprietários e obtenção de licença ambiental da Prefeitura, permitiria operação por mais 30 a 40 anos, com a produção atual e considerando o período de operação que vai de junho a dezembro, quando o nível das águas baixam.

Além dos locais de extração ao longo dos igarapés Panelas e Ambé, foram também inspecionados alguns depósitos cuja extração está hoje paralisada, como aqueles da Ilha Arapujá (Ag-12 e Ag-13) e da margem direita do rio Xingu (Ag-14 e Ag-15) e igarapé Panelas na altura do km 13 da Transamazônica (Ag-11).

O processo de fabricação nas olarias inicialmente envolve a retirada manual da argila *in natura* e a sua aplicação em moldes de madeira que são posteriormente untados com soda cáustica e liberados no terreno sobre uma fina camada de serragem para secagem natural. A fase final do processo consiste na queima em fornos rudimentares ao ar livre por um período de 24 horas. Esse modo de produção rudimentar resulta em uma perda maior que 10% em cada milheiro de tijolo produzido e na fabricação de peças sem qualquer controle dos parâmetros técnicos estabelecidos pela ABNT.

De acordo com o Sindoalta, uma parte da produção das olarias do igarapé Ambé é doada para as obras assistenciais da Prelazia de Altamira, como cota-parte do acordo de cessão da área. Os custos de produção envolvem a aquisição de lenha (refugos de serrarias) para a queima em fornos rudimentares e de soda cáustica para a retirada dos moldes. O uso descontrolado desse produto, sem qualquer equipamento de proteção, tem causado sérios problemas de saúde aos trabalhadores, incluindo queimaduras e perda das unhas e falanges dos dedos.

A produção varia em função da demanda, da disponibilidade de argila e do número de trabalhadores envolvidos em cada área. Normalmente, em cada área, trabalham 5 a 20 oleiros em função das dimensões da cota/área destinada a cada grupo dentro do perímetro autorizado para extração. A produção, segundo o Sindoalta, estava em torno de 20 a 40 milheiros de tijolos/mês em cada uma das áreas em exploração no igarapé Panelas e no igarapé Ambé, que

são comercializados no mercado de Altamira a preço médio de R\$200,00/milheiro para os tijolos de 6 furos. A partir dos dados obtidos no levantamento de campo em 2007, assinala-se que a produção informada pelo Sindoalta possivelmente corresponde às produções máximas.

Foi constatada a existência de uma cerâmica industrial em atividade, a Cerâmica Santa Clara, que utiliza a argila extraída na margem direita do igarapé Panelas (local Ag-2) para a fabricação de tijolos e lajes, com utilização de marombas (extrusoras) e maciceiras (moldadoras) e posteriormente secagem em fornos. Toda produção, em média 300 milhares de tijolos/mês, é consumida em Altamira. Foram obtidas informações da existência de outras cerâmicas industriais que atualmente estão desativadas. Uma delas funcionava ao lado do depósito de areia e cascalhos e a outra estava estabelecida à rua José Porfírio. A atividade foi reduzida em função do esgotamento das jazidas e demanda de mercado e também devido a restrições dos órgãos de controle ambiental (IBAMA) e do DNPM para licenciamento. Também são verificadas dificuldades em conseguir a anuência dos superficiários.

Levantamentos recentes constantes do Projeto de Identificação de Alternativas de Exploração de Jazidas de Argila e de Continuidade de Desenvolvimento da Atividade de Olaria em Altamira, desenvolvido no âmbito deste EIA, projetam para 2008 um incremento da produção de tijolos nas olarias de Altamira da ordem de 40%, demandando cerca de 11.740 toneladas/ano de argila. As informações obtidas com o desenvolvimento do referido projeto encontram-se em anexo ao Capítulo Planos, Programas e Projetos deste EIA.

A seqüência de **FIGURA 7.7.4-59** a **FIGURA 7.7.4-65** ilustra os aspectos observados na visita aos depósitos de argila.



FIGURA 7.7.4-59 – Área de extração mecanizada de argila na margem direita do igarapé Panelas, próximo ao rio Xingu (Ag-2). Toda produção é utilizada pela Cerâmica Santa Clara.



FIGURA 7.7.4-60 – Olaria e depósito de argila situados na margem direita do igarapé Panelas, junto à estrada que liga Altamira ao aeroporto (Ag-3).



FIGURA 7.7.4-61 - Área de extração de argila na margem esquerda do igarapé Panelas, em fase de exaustão. Em frente, pó de serragem utilizada na forragem dos tijolos (Ag-6).



FIGURA 7.7.4-62 – Extração manual de argila no igarapé Ambé (Ag-9).



FIGURA 7.7.4-63 – Detalhe de extração manual de argila no igarapé Ambé (Ag-9).



FIGURA 7.7.4-64 – Área de extração de argila desativada na planície do igarapé Ambé (Ag-9).



FIGURA 7.7.4-65 – Área de extração de argila e fabricação de tijolos em São Francisco/Colinas, na planície de um igarapé afluente do Ambé, próxima à rodovia Transamazônica (Ag-10).

d) Areia e Cascalho

A extração de areia e cascalho é feita por meio de barcos (**FIGURA 7.7.4-66 e FIGURA 7.7.4-67**) e balsas (**FIGURA 7.7.4-68**) com dragagem através de bombas cascalho que trabalham em barras submersas no leito do rio Xingu. Na ocasião do atual levantamento, foram constatadas seis embarcações (balsas e barcos) em operação, de propriedade de empresas sediadas em Altamira. O armazenamento para a comercialização de areia e cascalho extraídos localiza-se em Altamira, às margens do rio Xingu (**FIGURA 7.7.4-69**).

Essas extrações no leito do rio Xingu, através de barcos e balsas, concentram-se nas proximidades de Altamira, principalmente a jusante da Ilha Arapujá e na confluência do igarapé Pannels com o rio Xingu. Os principais depósitos levantados encontram-se listados no **QUADRO 7.7.4-5**. Não existem pontos fixos de extração, e as embarcações deslocam-se constantemente dentro do perímetro acima referido, sempre em função da distância do mercado consumidor, de forma que as operações sejam feitas com o menor custo possível.

As jazidas de areia, cascalho e pedregulho em condições de aproveitamento econômico, na região de Altamira, estão todas associadas aos aluviões da calha do rio Xingu. É impossível determinar o potencial, que sofre variações em função das vazões e velocidades das águas, motivo pelo qual as embarcações também mudam seus pontos de extração.



FIGURA 7.7.4-66 – Extração de areia e cascalho no leito do rio Xingu, através de bomba de cascalho instalada em barcos.



FIGURA 7.7.4-67 – Detalhe da extração de cascalhos.



FIGURA 7.7.4-68 – Extração de areia e cascalho com equipamentos de dragagem e beneficiamento instalados em balsa com capacidade para 40 -50 m³ por viagem.



FIGURA 7.7.4-69 – Armazenamento para a comercialização de areia e cascalho extraídos no rio Xingu, localizado às margens do rio Xingu, em Altamira.

7.7.4.4.3 Direitos Minerários

O levantamento atualizado do cadastro dos direitos minerários, junto ao sistema Cadastro Mineiro no site do DNPM (<https://sistemas.dnpm.gov.br/sicom.asp>), em 30 de abril de 2008 resultou na identificação de 70 processos administrativos ativos na AID (Área de Influência Direta) do empreendimento. Desse total, 19 processos referem-se a requerimentos de pesquisa, 37 a alvarás de pesquisa, 11 correspondem a pedido de licenciamento, 2 pedido/permissão de lavra garimpeira, 1 de disponibilidade e nenhuma portaria de lavra. Todos esses processos podem ser visualizados no Mapa de Direitos Minerários, Desenho 6365-EIA-DE-G91-024 e a distribuição estatística desses processos e a relação dos mesmos podem ser vistas nos **QUADRO 7.7.4-7** e **QUADRO 7.7.4-8**.

No **QUADRO 7.7.4-7** estão apresentados dados estatísticos referentes às substâncias requeridas e os respectivos números de áreas protocolizadas, os tipos de requerimentos solicitados e o número de alvarás concedidos. No levantamento observou-se a entrega de seis relatórios de pesquisa, quatro para ouro e dois para cobre. Foi observada em 27/11/2006 uma permissão de lavra garimpeira a sudoeste de Belo Monte, no Sítio Belo Monte, porém esta atividade não foi constatada durante os trabalhos de campo de junho de 2007 e não havia informações sobre a existência de garimpo nesta região, seja por parte de moradores da região, seja por garimpeiros da região de Volta Grande.

QUADRO 7.7.4-7

Dados estatísticos dos direitos minerários na AID em 30 de abril de 2008.

Substâncias requeridas	Áreas protocoladas no DNPM	Disponibilidade	Requerimentos de Pesquisa	Alvarás de Pesquisa	Pedido/ Permissão Lavra Garimpeira	Pedido de Licenciamento	Relatório de Pesquisa	Decretos de Lavra
Ouro/ Minério de Ouro	37	1	11	23	2	-	4	-
Cobre/ Minério de Cobre	9	-	3	6	-	-	2	-
Cassiterita	5	-	5	-	-	-	-	-
Tantalita	1	-	-	1	-	-	-	-
Areia/ Cascalho	16	-	-	6	-	10	-	-
Argila /Cerâmica vermelha	1	-	-	-	-	1	-	-
Fosfato	1	-	-	1	-	-	-	-
Total	70	1	19	37	2	11	6	-

No **QUADRO 7.7.4-7** vê-se que a maioria das áreas requeridas (70) refere-se a ouro/minério de ouro. Destas, 11 referem-se a requerimentos de pesquisa, 23 correspondem a autorizações de pesquisa (alvarás), 2 a pedido/permmissão para lavra garimpeira e não existe nenhuma lavra de ouro aprovada na AID. Esta mesma afirmação é válida para as outras substâncias minerárias.

Foram constatados, também, 9 direitos minerários para cobre ou minério de cobre, sendo 6 autorizações de pesquisa e 3 requerimentos de pesquisa. Estas áreas, situadas no extremo sudeste, foram objetos de pesquisa da CODELCO, empresa estatal chilena e maior produtora de cobre da América Latina. Até a presente data, foram entregues dois relatórios parciais de pesquisa.

Quanto à cassiterita, é mostrado um número de 5 áreas protocolizadas junto ao DNPM na região da AID, em fase de requerimento. Quanto à tantalita, existe uma autorização de pesquisa. Constatou-se ainda que no caso de cassiterita existe solicitação de desistência, possivelmente pela constatação de que a área não apresenta condições metalogenéticas propícias, confirmando os resultados obtidos por outras mineradoras de estanho na década de 80. O processo de tantalita situa-se nas áreas auríferas e que são objeto de pesquisa da Empresa Verena Mineração Ltda para este metal, ao invés de tantalita.

Quanto aos processos para areia/cascalho, 10 requerimentos para licenciamento situam-se no leito do rio Xingu, bem próximos à Altamira e junto à Rodovia Transamazônica e 6 alvarás de pesquisa são observados nas proximidades da Rodovia Transamazônica, com o objetivo de extração de areia e cascalho (seixos) para emprego direto na construção civil ou na estrada.

Quanto à argila vermelha, foi constatado apenas 1 requerimento para licenciamento de área localizada nas cercanias de Altamira, fora das planícies dos igarapés Ambé e Panelas, onde se situam as extrações de argila.

Existe ainda um alvará de pesquisa para fosfato no limite da AID, na região do Bacajá. No **QUADRO 7.7.4-8** estão relacionados todos os direitos minerários da AID identificados no levantamento feito no site do DNPM, Cadastro Mineiro: <https://sistemas.dnpm.gov.br/sicom.asp>.

QUADRO 7.7.4-8

Relação dos processos minerários na AID levantados no cadastro mineiro do DNPM – 30 de abril de 2008.

continua

	Processo DNPM N°/ano	Fase do processo/Data	Substância	Requerente
1	850049/2006	AUT. PESQUISA - 12/09/2007	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
2	850050/2006	AUT. PESQUISA - 12/09/2007	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
3	850051/2006	AUT. PESQUISA - 29/12/2006	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
4	850052/2006	AUT. PESQUISA 2 - 29/12/2006	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
5	850053/2006	AUT. PESQUISA - 29/12/2006	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
6	850054/2006	AUT. PESQUISA - 29/12/2006	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
7	850562/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 01/11/2007	AREIA (Ar)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
8	850391/2004	REQ. LICENCIAMENTO - 30/9/2004	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	ALINE DE JESUS S. DE SOUZA - ME
9	850363/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 5/6/2007	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
10	850364/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 5/6/2007	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
11	850423/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 18/6/2007	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc) e SAIBRO	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
12	850421/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 18/6/2007	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
13	850422/2007	REQ. LICENCIAMENTO- 8/6/2007	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
14	850365/2007	REQ. LICENCIAMENTO - 5/6/2008	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	CONSTRUTORA A GUTIERREZ LTDA
15	850022/2008	REQ. LICENCIAMENTO - 16/1/2008	AREIA (Ar) CASCALHO (Casc)	VIKTUMATURA V. DA SILVA COMÉRCIO EMPREENHIMENTO
16	850522 /2003	REQ. LICENCIAMENTO - 08/10/2003	AREIA (Ar) SEIXOS	C. IRINEU DE AQUINO
17	850528/1999	REQ. LICENCIAMENTO - 10/12/1999	ARGILA (Arg)	CERÂMICA MARILÂNDIA LTDA
18	851036/1992	REQ. PESQUISA - 15/6/2004	CASSITERITA (Sn)	LUIS FERNANDO GOMES PEREIRA

QUADRO 7.7.4-8

Relação dos processos minerários na AID levantados no cadastro mineiro do DNPM – 30 de abril de 2008.

continuação

Processo DNPM N°/ano	Fase do processo/Data	Substância	Requerente	
19	852582/1992	REQ. PESQUISA - 4/12/1992	CASSITERITA (Sn)	MATAPI EXPLORAÇÃO MINERAL LTDA. - ME
20	851644/1993	REQ. PESQUISA - 20/04/1993	CASSITERITA (Sn)	MATAPI EXPLORAÇÃO MINERAL LTDA. - ME
21	852065/1993	REQ. PESQUISA - 08/06/1993	CASSITERITA (Sn)	MIBREL- MINERAÇÃO BRASILEIRA ESTANHO LTDA
22	852070/1993	REQ. PESQUISA - 08/06/1993	CASSITERITA (Sn)	MIBREL- MINERAÇÃO BRASILEIRA ESTANHO LTDA
23	850425/2003	AUT. PESQUISA - 08/01/2004	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
24	850426 /2003	AUT. PESQUISA - 08/01/2004	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
25	850427/2003	AUT. PESQUISA - 8/01/2004	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
26	850428/2003	AUT. PESQUISA – 20/02/2004	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
27	850430/2003	AUT. PESQUISA - 7/03/2005	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
28	850436/2003	AUT. PESQUISA - 8/01/2004	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
29	850577/2003	REQ. PESQUISA - 7/11/2003	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
30	850578/2003	REQ. PESQUISA - 07/11/2003	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA
31	853457/1995	REQ. PESQUISA - 29/08/1995	MINÉRIO DE COBRE (Cu)	EMPRESA DE MINERAÇÃO GALES LTDA
32	850148/2002	AUT. PESQUISA - 17/02/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA
33	850143/2002	AUT. PESQUISA - 15/06/2004	MINÉRIO DE OURO (Au)	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA
34	850147/2002	AUT. PESQUISA - 12/03/2008	MINÉRIO DE OURO (Au)	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA
35	850149/2002	REQ. PESQUISA - 02/09/2002	MINÉRIO DE OURO (Au)	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA
36	850145/2002	REQ. PESQUISA - 02/09/2002	MINÉRIO DE OURO (Au)	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA

QUADRO 7.7.4-8

Relação dos processos minerários na AID levantados no cadastro mineiro do DNPM – 30 de abril de 2008.

continuação

Processo DNPM N°/ano	Fase do processo/Data	Substância	Requerente
37 850641 /2003	AUT. PESQUISA - 14/10/2004	MINÉRIO DE OURO (Au)	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU LTDA - COOXIN
38 850483/2004	REQ. PED. DE LAVRA GARIMPEIRA 01/09/2004	MINÉRIO DE OURO (Au)	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU LTDA - COOXIN
39 850484 /2004	LAVRA GARIMPEIRA – 27/11/2006	MINÉRIO DE OURO (Au)	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU LTDA – COOXIN
40 850067/2003	AUT./PESQUISA - 08/01/2004	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
41 850069/2003	AUT./PESQUISA - 18/11/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
42 850070/2003	AUT./PESQUISA - 18/11/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
43 850517/2005	AUT./PESQUISA - 15/02/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
44 850518/2005	AUT./PESQUISA - 15/02/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
45 850519/2005	AUT./PESQUISA - 17/05/2006	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
46 850521/2005	AUT./PESQUISA - 15/02/2007	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
47 850469/2006	REQ. PESQUISA - 05/07/2006	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
48 850592/2006	REQ. PESQUISA - 16/08/2006	MINÉRIO DE OURO (Au)	GS EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA
49 850249/2001	AUT. PESQUISA - 17/08/2005	MINÉRIO DE OURO (Au)	OCA MINERAÇÃO LTDA
50 805657/1976	AUT. PESQUISA - 06/07/2000	MINÉRIO DE OURO (Au)	VERENA MINERAÇÃO LTDA
51 805658/1976	AUT. PESQUISA - 06/07/2000	MINÉRIO DE OURO (Au)	VERENA MINERAÇÃO LTDA

QUADRO 7.7.4-8

Relação dos processos minerários na AID levantados no cadastro mineiro do DNPM – 30 de abril de 2008.

conclusão

Processo DNPM N°/ano	Fase do processo/Data	Substância	Requerente
52	805659/1976	AUT. PESQUISA - 06/07/2000	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
53	850250/2001	AUT. PESQUISA - 28/09/2006	MINÉRIO DE OURO (Au) OCA MINERAÇÃO LTDA
54	852974/1996	REQ. PESQUISA - 10/06/1999	MINÉRIO DE OURO (Au) PAULO ROBERTO FONSECA AZEVEDO
55	850092/2001	AUT. PESQUISA - 04/11/2003	MINÉRIO DE OURO (Au) MINÉRIO DE COBRE (Cu) MINERAÇÃO RIO JATOBÁ LTDA
56	850214/2004	DISPONIBILIDADE - 23/10/2006	MINÉRIO DE OURO (Au) SÃO BENTO MINERAÇÃO S.A.
57	850019/2003	AUT./PESQUISA - 18/11/2005	MINÉRIO DE OURO (Au) SÉRGIO ANTÔNIO MARTINS DE ARAÚJO
58	850020/2003	AUT./PESQUISA - 18/11/2005	MINÉRIO DE OURO (Au) SÉRGIO ANTÔNIO MARTINS DE ARAÚJO
59	850302/2007	AUT./PESQUISA - 28/09/2007	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
60	850418/2007	REQ. PESQUISA - 06/12/2007	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
61	850977/2006	AUT. PESQUISA - 16/04/2008	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
62	850301/2007	REQ. PESQUISA - 30/04/2007	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
63	850200/2007	REQ. PESQUISA - 08/01/2008	MINÉRIO DE OURO (Au) GUSTAVO GARNIER DIAS PINTO
64	850555/2007	REQ. PESQUISA - 16/07/2007	MINÉRIO DE OURO (Au) VERENA MINERAÇÃO LTDA
65	851041/2007	AUT. PESQUISA - 30/01/2008	MINÉRIO DE OURO (Au) LENOIR ANTONIO GEREMIA
66	850669/2001	REQ. PESQUISA - 06/12/2004	MINÉRIO DE OURO (Au) AIRTON MESQUITA CARDOSO
67	850253/2001	AUT. PESQUISA - 02/10/2003	MINÉRIO DE OURO (Au) OCA MINERAÇÃO LTDA
68	851786/1984	AUT. PESQUISA - 18/02/1986	FOSFATO MINERAÇÃO NAQUE LTDA
69	850940/2007	REQ. PESQUISA - 05/11/2007	MINÉRIO DE OURO (Au) COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU LTDA - COOXIN
70	812559/1976	AUT. PESQUISA 06/07/2000	TANTALITA (Ta) VERENA MINERAÇÃO LTDA

7.7.4.4.4 Potencial Metalogenético

A avaliação do potencial mineral resultou na confecção do Mapa de Potencial Metalogenético, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-025**, seguindo os critérios estabelecidos pelo DNPM/CPRM e conforme a seguinte nomenclatura:

- **Potencialidade 1.** Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis com minas e/ou garimpos, depósitos, jazidas, além de anomalias geoquímicas e geofísicas superpostas e/ou ocorrências e indícios.
- **Potencialidade 2.** Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis com ocorrências/indícios e/ou anomalias geoquímicas ou geofísicas.
- **Potencialidade 3.** Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis, sem registros diretos ou indiretos de mineralizações e demandando estudos básicos complementares.

Além disso, foram considerados requerimentos de direitos minerários, os quais, em alguns casos, podem estar relacionados a ambientes favoráveis. Segundo esses conceitos, foram individualizadas 11 áreas potenciais na AII. No estudo da AID, foram consideradas as seguintes áreas: **área I, área III e área IV** para ouro e metais básicos, **área II e IIB** para argila, **área IIA, IIIA e IIIB** para areia e cascalho e **área IX** para bauxita/minério de alumínio, indicadas no Mapa de Potencial Metalogenético, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-025**.

Foram eliminadas as áreas potenciais para cassiterita indicadas na AII, em função das observações de campo e estudos da AID, **áreas V, VI e VII** e também a **área VIII** situada fora da AID.

a) **Potencialidade 1**

Com potencialidade 1 para exploração, foram consideradas as áreas: área I (ouro predominantemente e metais básicos, cobre, chumbo e zinco, secundariamente), área II (argila para cerâmica) e área II A (areia/cascalho).

– Área I

Área da seqüência Vulcano-Sedimentar (Unidade AxII), com forma alongada segundo uma direção NW-SE, acompanhado a margem direita do Rio Xingu, entre a Ilha Pimental e atravessando os rios Bacajaí e Bacajá. Nessa área, foram cadastrados 1 mina paralísada (GA-12), 10 garimpos de ouro atualmente ativos, instalados em aluviões, colúvios e elúvios (GA-20, GA-22, GA-23, GA-30, GA-31, GA-32) e no minério primário (GA-21, GA-24, GA-25 e GA-28) e 3 inativos em depósitos secundários (GA-26, GA-27 e GA-29). Essas áreas são atualmente objeto de pesquisa pela Mineração Verena. Além do ouro, esta área apresenta potencial para metais básicos.

– Área II

Área com depósitos de argila para a fabricação de tijolos que abastecem o centro consumidor de Altamira. A argila é extraída das planícies dos igarapés Pannels (depósitos Ag-2, Ag-3, Ag-4, Ag-5 e Ag-6.) e Ambé (depósitos Ag-7, Ag-8, Ag-8A, Ag-9 e Ag-10), em áreas em

parte localizadas dentro da zona urbana do município. Os licenciamentos municipais informados pelo Sindoalta e constantes do **QUADRO 7.7.4-5** não estão de acordo com a legislação mineral, pois não estão registrados no DNPM. Isto pode ser constatado pela inexistência de processos minerários incidentes sobre as áreas dos igarapés Panelas e Ambé.

Os locais de extração atual de argila serão inundados e outros locais deverão ser prospectados fora da Área Diretamente Afetada. A princípio, serão consideradas as planícies de inundação com aluviões dos igarapés Ambé e Panelas, a montante das áreas a serem inundadas.

– Área II A

Área com depósitos de areia e cascalho (seixos) para uso na construção civil, nas proximidades de Altamira, principalmente no leito do rio Xingu (locais de extração com barcos e balsas AC-2 a AC-11, na época do levantamento). Foram observados nessa área 3 processos em fase de requerimento de licenciamento para areia e/ou cascalho. As licenças municipais e os processos minerários informados (**QUADRO 7.7.4-6**) pelos produtores não correspondem àqueles levantados no DNPM.

b) Potencialidade 2

Com potencialidade 2, foram consideradas as seguintes áreas: **área III** (ouro em aluviões), **área IIB** (argila para cerâmica) e **área IIIA** (areia e cascalho).

– Área III

A **área III** foi considerada com **potencialidade 2** para ouro em sedimentos aluvionares do rio Xingu, em 3 locais: o primeiro tem início ao sul da Ilha Pimental e estende-se até as proximidades da foz do rio Bacajá, acompanhando a unidade AxII; o segundo local envolve os aluviões dos rios Itatá, Bacajaí e Bacajá onde foram constatadas ocorrências de ouro: OC-15, GA-8, GA-9 e GA-11, no rio Itatá; OC-5, OC-17, OC-18, OC-19 e GA-17, no rio Bacajá; e OC-4, GA-14 e GA-15, no rio Bacajaí; o terceiro local, no leito do rio Xingu, a jusante da foz do rio Bacajá até as proximidades de Belo Monte, onde foram constatados dois garimpos atualmente inativos (GA-1 e GA-18) e as ocorrências de OC-6 a OC-12.

– Área IIB

A **área II B** foi considerada com **potencialidade 2** para argila. Está associada aos aluviões da região a montante daquelas porções atualmente em exploração nas planícies de inundação dos igarapés Ambé e Panelas e aos aluviões do igarapé Trindade, situado a leste da bacia do igarapé Ambé. Neste local, foi constatado um requerimento de licenciamento para argila no aluvião do referido igarapé, no local denominado Gleba Paquiçamba, mas sem nenhuma informação ou extração constatada em campo.

A princípio, os locais dessa área serão incluídos para prospecção com o objetivo de identificar jazidas fora das áreas a serem inundadas.

– Área IIIA

A **área IIIA** situada a montante (sul) de Altamira, relacionada aos depósitos aluvionares do rio Xingu, pode ser considerada como potencial para areia, cascalho e seixos, por representar

continuidade da **área II**, onde atualmente ocorrem as extrações dessas substâncias minerais nas proximidades de Altamira.

c) **Potencialidade 3**

Com **potencialidade 3** foram contempladas as seguintes áreas: **área IIIB** (areia e/ou cascalho), **área IV** (ouro) e a **área IX** (bauxita).

– Área IIIB

A **área IIIB** foi classificada como potencial para areia e cascalho e está relacionada aos depósitos aluvionares do rio Xingu. Foram selecionados dois locais, o primeiro no extremo sul e a montante de Altamira na continuação da **área IIIA** e o segundo, a jusante e sudeste de Altamira, na continuidade da **área II**. A potencialidade desses locais é reduzida devido à distância dos mesmos ao centro consumidor de Altamira, uma vez que se dispõe da **área II**, bem próxima àquela cidade, para atender as suas necessidades na construção civil.

– Área IV

A **área IV** localizada a sul de Altamira, constituída por rochas graníticas da unidade AxrV, pode ser considerada como potencial para ouro pois foram citados dois garimpos de ouro abandonados e provavelmente associados a uma *shear zone* atravessando este granitóide. No levantamento atual, não foram encontrados vestígios desses garimpos abandonados. Esta área pode ser também responsável pela presença de ouro e cassiterita nos aluviões do rio Xingu a montante e nas proximidades de Altamira.

– Área IX

A **área IX** apresenta potencial para bauxita, associada aos sedimentos paleozóicos da Formação Alter do Chão a norte da área do empreendimento. Isto deve ser confirmado pelo interesse despertado pela empresa de mineração Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais (RTZ) e Mineração Vermelho Ltda, que juntas detém 27 autorizações de pesquisa e 2 requerimentos de pesquisa respectivamente, dentro da área da AII, onde a Formação Alter do Chão é contínua, tal como mostrado no relatório de recursos minerais da AII.

7.7.4.5 **Conclusões**

a) **Geologia**

Foram caracterizadas as unidades geológicas presentes na AID, de idades arqueanas a cenozóicas. As unidades arqueanas e proterozóicas correspondem ao Complexo Xingu, denominadas no presente estudo AxI- Unidade I, AxII- Unidade II, AxrIII- Unidade III, AxrIV- Unidade IV e AxrV- Unidade V. A Unidade I apresenta gnaisses gradioríticos e tonalíticos com encraves de anfibolito; a Unidade II corresponde à seqüência metavulcano-sedimentar da Suíte Metamórfica Três Palmeiras; a Unidade III é caracterizada por migmatitos de estruturas e composições variadas, com encraves de rochas das unidades I e II e granitóides subordinados; a unidade IV apresenta granitóides, migmatitos e anfibolitos e gnaisses subordinados, enquanto a Unidade V é caracterizada por granitóides equigranulares. As unidades paleozóicas são representadas pelas formações Trombetas, Maecuru, Ererê e Curuá, enquanto as unidades mesozóicas estão representadas pelo Diabásio Penatecaua e pela

Formação Alter do Chão. Sedimentos inconsolidados cenozóicos estão presentes ao longo do rio Xingu e afluentes, representados por aluviões e nas encostas, representados por coluviões.

Foram caracterizados quatro grandes eventos deformacionais: evento dúctil de baixo ângulo e que gerou as foliações subvertical e vertical, evento dúctil direcional de alto ângulo, evento rúptil direcional e evento rúptil vertical que geraram os falhamentos observados na área. As principais direções estruturais são as seguintes:

- Direção Juruá – (N05-15E);
- Direção Paquiçamba (antigo Paxamba) – (N55-65W);
- Direção Santa Helena – (N20-25E);
- Direção Médio Bom Jardim – (N30-45E);
- Direção Alto Cajueiro – (N55-65E);
- Direção Bela Vista – (N85E –S85E);
- Direção Baleia - (N30-40W);
- Direção Piranga (N5-25W).

A manutenção de certas direções estruturais durante eventos tectônicos distintos e sobre diferentes unidades sugere várias etapas de reativação ao longo do tempo geológico. Ocorrem feições indicativas de que a região a jusante de Altamira-Belo Monte encontra-se atualmente sob efeitos de subsidência, em contraste com a região de montante, que exibe várias evidências de ascensão positiva, localmente com alguns pontos em descensão. Evidências neotectônicas têm sido reconhecidas em estudos de áreas caracterizadas por apresentarem correlação entre sedimentação quaternária e indícios de movimentações recentes.

b) Recursos Minerais

A Unidade AxII, que corresponde a Suíte Metamórfica Três Palmeiras, é a unidade de maior importância metalogenética ressaltando-se as ocorrências de ouro nas formas secundária e primária, principalmente as áreas situadas na Volta Grande do Xingu, pesquisadas e lavradas com significativa produção pela Oca Mineração no passado e hoje pertencentes à Verena Mineração. Em segundo lugar, devem ser considerados os depósitos quaternários de areia/cascalho e argila para aplicação e uso na construção civil, situados no entorno de Altamira e, em terceiro lugar, a Formação Alter do Chão com algum potencial para bauxita.

Foi efetuado levantamento de campo para atualizar a situação dos recursos minerais na AID sintetizados em quadros específicos para o caso de garimpos de ouro, argila areia e cascalhos.

As extrações de ouro através de garimpagem da região da Volta Grande do Xingu encontram-se bastante restritas, quase desativadas, observando-se que grande parte dos garimpos anteriormente ativos, está atualmente inativa e muitos desses garimpos apresentam atividades sazonais. Também, a garimpagem no rio Xingu através de balsa sofreu forte declínio em relação à atividade do passado.

O ouro ocorre em veios de quartzo relacionados muitas vezes a zonas de cisalhamento das rochas da Unidade AxII, em aluviões e em colúvios/elúvios. Os depósitos associados aos aluviões e localizados fora do leito do rio Xingu, de maneira geral, encontram-se exauridos. As atividades de garimpo concentram-se nos depósitos primários como nos garimpos Serrinha, Grota Seca, Galo e Itatá e em depósitos colúvio-eluvial, como no garimpo Grota Azul, Ouro Verde, Grota Seca, Canela e Gauchão.

A argila extraída dos depósitos nas planícies dos igarapés Panelas e Ambé é utilizada principalmente na fabricação de tijolos e telhas (mais raramente) para o centro consumidor de Altamira. A atividade é de natureza sazonal, sendo desenvolvida no período de julho a dezembro, devido à cheia do Xingu e à inundação das áreas de extração já na situação atual sem o reservatório.

Associadas aos aluviões da calha do rio Xingu foram caracterizadas extrações de areia/cascalho, feitas através de barcos e balsas, nas proximidades de Altamira, principalmente a jusante da Ilha Arapujá e na confluência do igarapé Panelas com o rio Xingu.

O levantamento atualizado do cadastro dos direitos minerários, junto ao sistema Cadastro Mineiro no site do DNPM identificou 70 processos administrativos ativos na AID do empreendimento e não foi registrada nenhuma portaria de lavra. A maioria das áreas requeridas refere-se a ouro/minério de ouro, seguindo-se os direitos minerários para cobre ou minério de cobre, cassiterita, tantalita, areia/cascalho, argila e fosfato.

Foi efetuada a avaliação do potencial metalogenético, identificando-se três áreas de **potencialidade 1**, sendo uma para ouro associada à Unidade AxII (Seqüência Metamórfica Três Palmeiras), uma para argila para cerâmica, nos aluviões dos igarapés Panelas e Ambé e uma para areia e cascalho, no leito do rio Xingu; cinco áreas de **potencialidade 2**, sendo três para ouro, associadas aos aluviões dos rios Xingu, Itatá, Bacajá e Bacajá, uma para argila correspondendo a dois locais a montante das áreas atualmente em exploração nos igarapés Panelas e Ambé e a um local no igarapé Trindade e ainda uma para areia e cascalho no leito do rio Xingu a sul de Altamira; e três áreas de **potencialidade 3**, sendo uma delas correspondentes a dois locais no leito do rio Xingu para areia e cascalho, uma para ouro associada a *shear zone* de rochas graníticas da unidade AxxV e uma para bauxita, associada aos sedimentos da Formação Alter do Chão.

7.7.5 ESPELEOLOGIA

7.7.5.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

Anteriormente foram efetuados estudos espeleológicos pela CNEC/ELETRONORTE (1987), com base em informações de campo e levantamentos específicos realizados pelo GEP – Grupo Espeleológico Paraense, sintetizados no relatório “Estudos Ambientais - Cavernas” (IG-01.08/Tomos I e II - Rel. N0 IHX-98V-7546-RE), onde se tem a caracterização de 16 cavernas identificadas até a época dos estudos. No EIA da UFPA (ELETRONORTE, 2001-Convênio Fadesp - ELETRONORTE) foram apresentados um mapa de localização na escala 1:100.000, bem como o mapeamento e a caracterização de 20 cavernas e abrigos, a partir de dados coletados em trabalhos de campo pelo GEP (Grupo Espeleológico Paraense). Esses dados estão contemplados nos estudos atuais.

O desenvolvimento do tema espeleologia na AID/ADA tem por objetivo apresentar o inventário de cavidades subterrâneas dessas áreas de estudo, de forma a permitir o conhecimento do patrimônio espeleológico.

Os trabalhos desenvolvidos, apresentados neste capítulo, foram efetuados utilizando os dados do EIA da UFPA e os estudos da CNEC. Foi efetuada a atualização do cadastro disponível, consultando o CNC (Cadastro Nacional de Cavidades), a Redespeleo (CODEX) e o Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV/ICMBIO). Também foi complementado o mapa espeleológico existente, elaborado anteriormente na escala 1:100.000. Destaca-se que estão em andamento estudos espeleológicos para atender ao Termo de Referência do CECAV/ICMBIO, os quais serão incorporados e completarão o diagnóstico constante do presente documento.

A partir dos dados preliminares dos estudos em andamento para o atendimento ao TR do CECAV/ICMBIO foram revistas as cotas disponíveis para as cavidades e complementados alguns dados sobre as suas dimensões. Foram também utilizadas neste diagnóstico algumas informações desses estudos em andamento para breve caracterização dos abrigos da Gravura e Assurini.

Observa-se também que os estudos procuraram considerar a legislação sobre cavidades naturais subterrâneas, entretanto, essa legislação está sendo objeto de alterações. Recentemente, o Decreto Federal nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, alterou as disposições sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas. Conforme esse Decreto, essas cavidades serão classificadas de acordo com quatro graus de relevância – máximo, alto, médio e baixo – a serem determinados pela análise de vários atributos avaliados sob o enfoque regional e local e classificados em termos de sua importância (acentuada, significativa ou baixa). A metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas será estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente no prazo de sessenta dias a partir data da publicação do Decreto nº 6.640, ouvidos o Instituto Chico Mendes, o IBAMA e demais setores governamentais afetos ao tema.

7.7.5.2 Contexto Regional

No Brasil, as áreas cársticas de maior expressão regional, chamadas de “Províncias Espeleológicas” (KARMANN e SÁNCHEZ, 1979) foram definidas em domínios de rochas carbonáticas, litotipos onde a ocorrência de fenômenos espeleológicos é mais comum. Este conceito é novamente enfatizado por Auler et al. (2001) ao apresentar o estado-de-arte do conhecimento espeleológico em território nacional.

Atualmente, seis dentre as vinte províncias espeleológicas do Brasil são formadas por rochas areníticas/quartzíticas (KARMANN e SÁNCHEZ, 1979; TRAJANO e SÁNCHEZ, 1994). A Província Espeleológica Altamira-Itaituba é a mais expressiva delas, apresentando a maior concentração de cavernas em arenito, sendo três delas correspondentes às maiores conhecidas no Brasil: Planaltina, 1,5 km; Limoeiro, 1,2 km e Pedra da Cachoeira, 1 km, (AULER, 2002). Tem-se também na Província o registro de uma gruta em folhelho, a Gruta Leonardo da Vinci. A AID/ADA, bem como a AII do AHE Belo Monte, estão superpostas à porção leste da Província Espeleológica Altamira-Itaituba. Os limites das áreas da AII e da AID do AHE Belo Monte são coincidentes na região em que essas áreas estão superpostas àquela da Província Espeleológica Altamira-Itaituba e, portanto, as cavidades existentes na AID coincidem com aquelas da AII.

Essa Província Espeleológica abrange porções dos municípios de Altamira, Prainha, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio. Encontra-se nos domínios geológicos da Bacia Sedimentar do Amazonas, acompanhando os principais afloramentos da Formação Maecuru, no *Planalto Marginal do Amazonas*. Esses domínios são caracterizados por apresentar cotas topográficas superiores a 150 m, formando morros aplainados ou com cristas bem definidas, dispostos em faixas sub-paralelas à direção geral ENE-WSW. Caracterizam-se por apresentar diversas feições pseudo-cársticas, incluindo cavernas e abrigos rochosos, que se desenvolvem nos arenitos da Formação Maecuru predominantemente.

Um dos primeiros relatos sobre a existência de cavernas na região de Altamira está presente no Projeto Radambrasil (1974), onde foram reconhecidas às expressões geomorfológicas da caverna Planaltina. Posteriormente, durante o Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba (DNPM/CPRM, 1977) foi relatada a ocorrência de algumas cavernas, entre elas, a hoje conhecida como Limoeiro. Foi nesta época que as primeiras expedições exploratórias foram realizadas pelo Grupo Espeleológico Paraense - GEP, cuja publicação dos resultados ocorre somente na década seguinte (MOREIRA et al., 1987). Este conjunto de cavernas areníticas é posteriormente agrupado sob o nome de Província Espeleológica Altamira-Itaituba em Trajano e Moreira (1991), apoiando-se nos conceitos de Karmann e Sánchez (1979), porém sem uma definição formal para a província.

Quanto à literatura especializada nos fenômenos espeleológicos, são poucos os trabalhos que abordam a formação do processo de carstificação em rochas areníticas e conseqüente delimitação destas áreas. Breves descrições a respeito dos limites desta região cárstica são apresentados em trabalhos de inventário biótico das cavernas (TRAJANO e MOREIRA, 1991).

Para o regime de intemperismo tropical vigente, sugere-se que o principal fator para a formação de cavernas e desenvolvimento de um ambiente cárstico em rochas areníticas é o padrão de fraturamento da rocha passível de percolação de água (MONTEIRO e RIBEIRO, 2001). Por sua vez, estudos voltados para processos de carstificação em quartzitos, além de

apontar para a existência de discontinuidades (fraturas, juntas), assinalam também uma condição física-química específica das águas percolantes (WIEGAND et al., 2004). Os fenômenos de arenitização e *piping* são considerados como os principais processos de carstificação de rochas areníticas.

Os litótipos que apresentam carstificação na Província Espeleológica Altamira-Itaituba são rochas psamíticas a ludíticas de ambientes flúvio-deltaicos a glácio-marinhos (AULER, 2002), destacando-se a predominância de cavidades nos arenitos da Formação Maecuru. Conforme ELETRONORTE (2002) teria havido atuação de processos eólicos, tanto sobre os depósitos fluviais como sobre os depósitos costeiros da Formação Maecuru, e as cavernas podem estar associadas a essas fácies eólicas. Estes litótipos apresentam feições de carstificação ao longo da região onde os mergulhos suaves das camadas sedimentares (entre três e cinco graus) promovem um relevo de cuevas e morros de vertentes assimétricas.

A delimitação da Província Espeleológica Altamira-Itaituba mostrada na **FIGURA 7.7.5-1**, foi feita sobre a base geológica/cartográfica folha SA.22 – Belém, do Projeto Brasil ao Milionésimo do CPRM (atualizado em 2004). A área delimitada apresenta-se como uma estreita faixa com aproximadamente 200 quilômetros de eixo maior e 25 quilômetros de eixo menor, orientada segundo NE com o rio Xingu constituindo o limite leste. As principais cavidades indicadas na **FIGURA 7.7.5-1** são as seguintes: Caverna do Kararaô (PA-022), Gruta Leonardo da Vinci (PA-023), Gruta Cama de Vara (PA-19), Caverna Pedra da Cachoeira (PA-21), Gruta do Tic-Tac (PA-20), Caverna Planaltina (PA-24), Gruta do Sétimo Dia (PA-25), Gruta do Arrependido (PA-26), Gruta do Urubúquara (PA-27), Gruta do Preus (PA-28), Caverna do Limoeiro (PA-33), Gruta Mbaeapu'a (PA-34), Gruta do Seiko (PA-29), Gruta Pacal (PA-30), Gruta do Bico da Arara (PA-32), Furna da Cachoeira Grande (PA-31).

Província Espeleológica Altamira-Itaituba

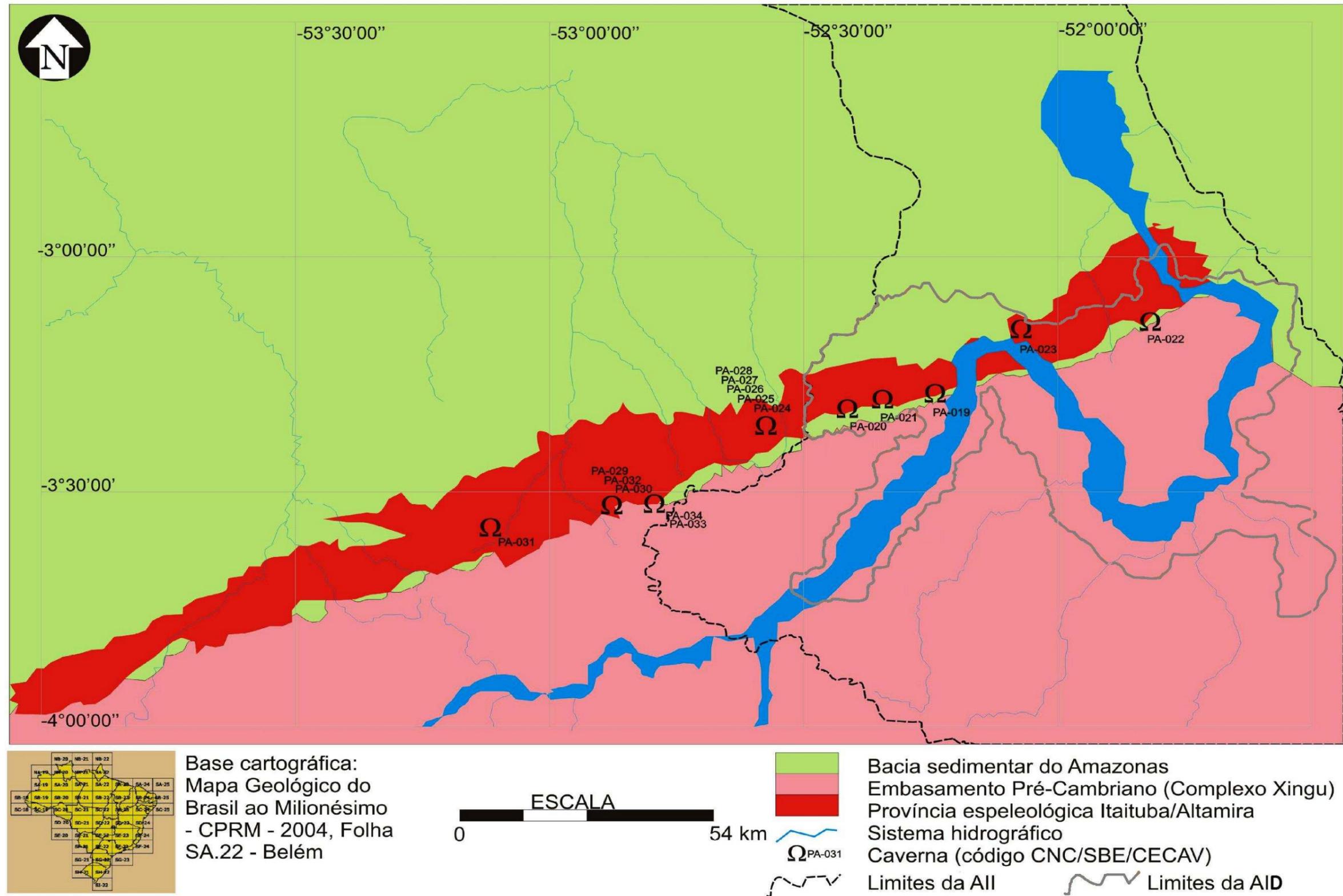


FIGURA 7.7.5-1 – Delimitação da Província Espeleológica Altamira-Itaituba.

7.7.5.3 Caracterização das Cavernas (Espeleometria) da AID/ADA

Com o objetivo de investigar as relações entre as cavernas existentes no local e a implantação do AHE Belo Monte, é apresentado o inventário das cavidades subterrâneas da AID/ADA, com enfoque de patrimônio espeleológico, mas também considerando todas as demais características dessas cavernas, importantes para o enfoque de eventual efeito da elevação do freático e suas conseqüências no ambiente das cavidades, bem como a questão da estanqueidade do reservatório.

O levantamento está fundamentado em dados coletados pelo Grupo Espeleológico Paraense - GEP, durante os trabalhos de campo realizados nos períodos entre 02 e 12 de fevereiro de 2001 e entre 29 de março e 03 de abril do mesmo ano. A esse levantamento foram incluídos também outros abrigos e grutas que constam dos estudos do CNEC (1987): Abrigo do Sismógrafo, Abrigo do Paratizão, Gruta do Jôa, Abrigo da Grota do Jôa, Abrigo do Santo Antônio. Foram também realizadas consultas nos principais bancos de dados de cavidades existentes, de forma a atualizar e/ou verificar a existência de novos dados, destacando-se os cadastros da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), denominado Cadastro Nacional de Cavidades (CNC), da Redespeleo Brasil, denominado Codex, e do CECAV/IBAMA.

As cavidades localizadas dentro da área da AID/ADA são as seguintes: Caverna de Kararaô, Gruta Leonardo da Vinci, Abrigo do Santo Antônio, Abrigo do Aturiá, Abrigo da Grota do Jôa, Gruta do Jôa, Abrigo do Paratizão, Caverna Sugiuro, Gruta Cama de Vara, Caverna Pedra da Cachoeira, Caverna Bat-Loca, Gruta Tic-Tac, Abrigo Assurini, Abrigo da Gravura, Abrigo Pedra do Navio, Abrigo do Sismógrafo, Abrigo do Tatu, Abrigo do Beja, Kararaô Abrigo Novo e Loca Ultrajano.

A geoespacialização das cavidades é apresentada no Mapa Espeleológico (**Desenho 6365-EIA-DE-G91-026**), com base nos trabalhos da CNEC/ELETRONORTE (1987) e UFPA/ELETRONORTE (2001). No **Apêndice 7.7.5-1** estão apresentadas as fichas de cadastramento das cavidades subterrâneas, obtidas a partir dos estudos da CNEC/ELETRONORTE (1987) e complementadas a partir das consultas no banco de dados do Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) e da CECAV/ICMBIO. Essas fichas apresentam aspectos de caracterização exocárstica e endocárstica das cavidades, bem como características geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, hidrográficas e outras.

No Mapa Espeleológico (**Desenho 6365-EIA-DE-G91-026**) foram distinguidas as cavidades maiores, (cavernas/grutas) daquelas menores (abrigos) através de simbologias distintas. Estão diferenciadas também, através de cores distintas, as cavidades que estão localizadas a distâncias maiores que 250m do limite do reservatório, daquelas situadas até esta distância (Caverna Kararaô), considerando-se sempre o limite do reservatório. Estão individualizados os abrigos situados a menos de 250m do reservatório, porém em cotas mais altas que seu nível d'água e sem influência do mesmo (abrigos do Paratizão, Sismógrafo e Tatu). Através de simbologia distinta das demais, são apresentadas as cavidades que estarão inundadas permanentemente, após o enchimento do reservatório. Os resultados preliminares dos estudos em andamento para o atendimento ao TR do CECAV mostram que o Abrigo da Gravura e que os Abrigos Assurini, atualmente submersos na cheia do rio, ficarão permanentemente submersos com o enchimento do reservatório.

O **QUADRO 7.7.5-1** apresenta uma síntese das características das cavidades subterrâneas da AID/ADA do AHE Belo Monte. É observada a existência de cavernas/grutas de maiores

dimensões e abrigos e locas de menores dimensões, além da localização destas cavidades em relação ao reservatório.

QUADRO 7.7.5-1

Síntese das características das cavidades subterrâneas da AID/ADA do AHE Belo Monte.

<u>Cavidades</u>	<u>Cotas (m)</u>	<u>Desenvolvimento / Projeção Horizontal (m)</u>	<u>Extensão / Largura (m)</u>	<u>Altura (m)</u>	<u>Litologia</u>	<u>Localização em Relação ao Reservatório</u>
Caverna Pedra da Cachoeira	165 ⁽¹⁾	500 / 1000	200 / 35	20	Arenito Maecuru	Cavidades localizadas a mais de 250m
Caverna Bat Loca	157 ⁽¹⁾	74 / 45	- / 10	2,5	Arenito Maecuru	
Gruta Cama de Vara	190 ⁽¹⁾	78 / 18	15 / 8	4	Arenito Maecuru	
Caverna do Sugiro	185 ⁽¹⁾	- / 25	- / 5	3	Arenito Maecuru	
Gruta do Tic Tac	151 ⁽¹⁾	30 / 30	5 / 15	4	Arenito Maecuru	
Gruta Leonardo da Vinci	83 ⁽¹⁾	176 / 176	28 / 45	2	Folhelho Curuá	
Caverna Kararaô	85 / 79 ^(1/2)	- / 310	80 / 55	10	Arenito Maecuru	Cavidade localizada a menos de 250m
Kararaô Abrigo Novo	83 ⁽¹⁾	- / 19	5	4	Arenito Maecuru	
Abrigo do Santo Antonio	100	6 / -	- / 5	4	Arenito Maecuru	Abrigos situados a mais de 250m
Abrigo Aturiá	99 ⁽¹⁾	- / 11	1,5 / 6	3	Arenito Maecuru	
Abrigo da Grota do João	190	- / -	- / -	-	Arenito Maecuru	
Gruta do João	150	- / -	- / -	5	Arenito Maecuru	
Abrigo Pedra do Navio	158 ⁽¹⁾	1,2 / -	- / 3,5	1,5	Arenito Maecuru	
Abrigo do Beja	169 / 182 ^(1/2)	12 / -	7 / 19	5	Arenito Maecuru	
Loca Ultrajano	141	12 / -	5 / -	1,8	Arenito Maecuru	
Abrigo do Paratizão	126 ⁽¹⁾	15 / -	5 / 6	3	Arenito Maecuru	Abrigos situados a menos de 250m, porém em cotas altas, sem interferência do reservatório
Abrigo do Sismógrafo	144 ⁽¹⁾	14 / -	6 / 2	2	Arenito Maecuru	
Abrigo do Tatu	149 ⁽¹⁾	20 / -	8 / -	4	Arenito Maecuru	
Abrigo da Gravura	94,7 ⁽¹⁾	- / 28	- / -	2	Arenito Maecuru	Abrigos sujeitos à inundação após o enchimento do reservatório
Abrigos Assurini	95 ⁽³⁾	- / 12	2 / -	3	Arenito Maecuru	

Obs.: (1) – Cotas obtidas no levantamento topográfico dos estudos espeleológicos em andamento.
 (2) – Cavidade com 2 entradas em cotas distintas.
 (3) – Cota obtida no teto da entrada. O piso do abrigo encontrava-se submerso.

7.7.5.3.1 Caverna do Kararaô

A Caverna Kararaô (FIGURA 7.7.5-2) está localizada no divisor esquerdo do igarapé Santo Antônio, na encosta em frente ao vale do igarapé Santa Helena, nas coordenadas geográficas 03° 08' 06" S e 51° 49' 36" W, nas cotas topográficas 85 m (entrada principal) e 79 m (entrada Amblypygi). Essas cotas indicam que a entrada da caverna, situada na vertente oposta ao Reservatório do Canais, encontra-se situada abaixo do nível d'água previsto para este reservatório. A cavidade apresenta desenvolvimento de 310 m, preferencialmente no azimute 55°, e está instalada em arenitos friáveis do Membro Lontra da Formação Maecuru.

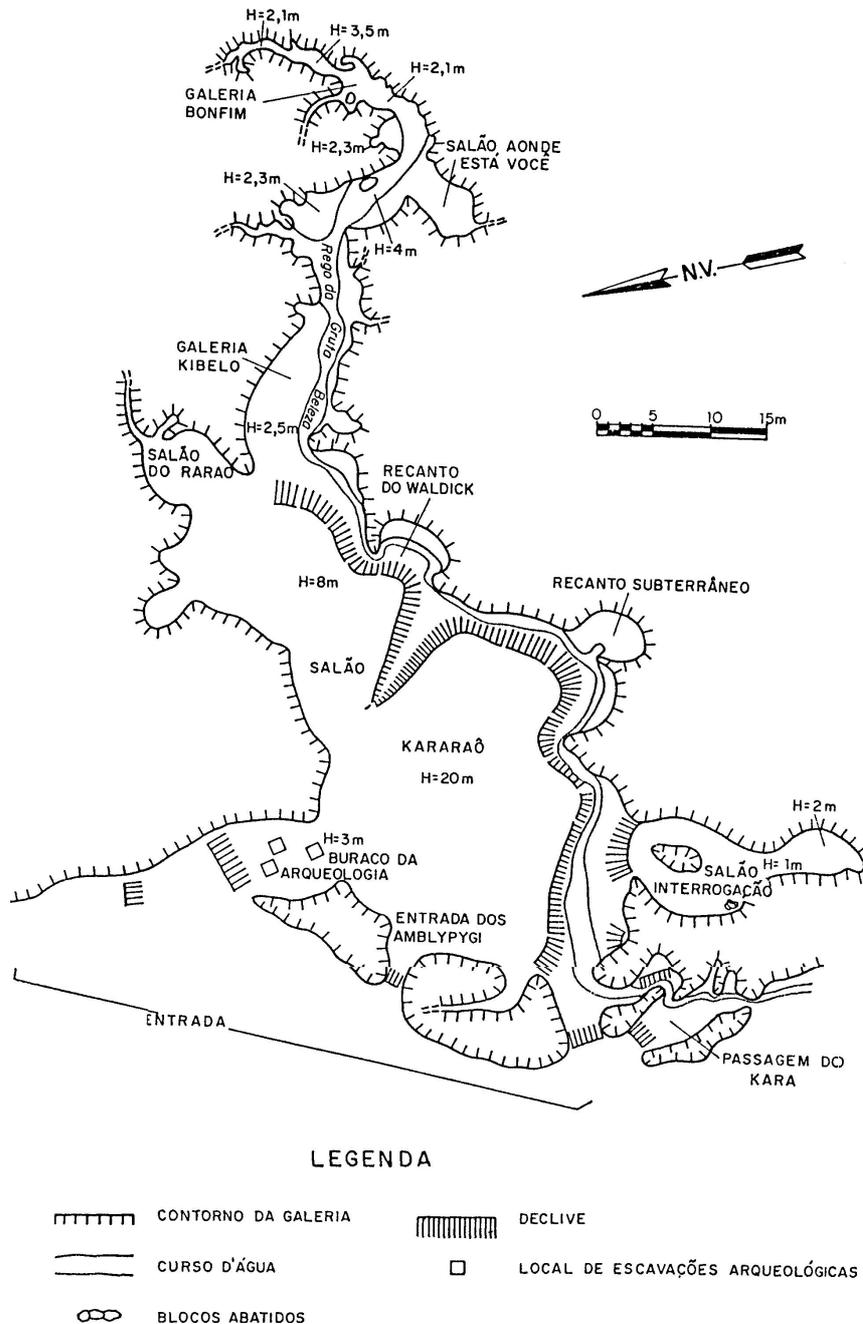


FIGURA 7.7.5-2 – Planta Baixa detalhada da Caverna Kararaô

A Caverna do Kararaô (**FIGURA 7.7.5-2**) possui quatro entradas. A principal delas, denominada Buraco da Arqueo (**FIGURA 7.7.5-3**), tem 6 m de altura por 6 m de largura. A entrada dos "Amblypygi" também dá acesso ao Salão Kararaô, próximo à entrada principal. A entrada menor (50 cm por 60 cm) constitui-se da ressurgência do riacho que percorre esta caverna.

O Salão Kararaô (**FIGURA 7.7.5-4**) tem aproximadamente 20 m de altura, 50 m de comprimento e 16 m de largura, sendo contornado a sul pelo riacho Rego Gruta Beleza que cruza a caverna quase que longitudinalmente. Seguindo esse riacho, próximo da Passagem do Kara, está o Salão da Interrogação, com aproximadamente 18 m de comprimento. Seguindo-se para montante ao longo desta drenagem, ainda pelo lado sul do Salão Kararaô, está o Recanto Subterrâneo e o Recanto do Waldick, com formato aproximadamente circular. A nordeste desse último salão encontra-se o Salão do Raraô.

Ainda, subindo o Rego Gruta Beleza, tem-se acesso à Galeria Kibelo (**FIGURA 7.7.5-5**), à leste do Salão Kararaô. Esta galeria se inicia com 6 m de largura e 4 m de altura e termina com 3 m de largura e 3 m de altura. Ao seu final, existe uma bifurcação que dá acesso, à direita, ao Salão Aonde Está Você e, à esquerda, à Galeria Bom Fim.

A equipe de arqueologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, em março de 1987, realizou três escavações nas adjacências do Buraco da Arqueo, todos atingindo a profundidade máxima de cerca de 1 m, onde foi encontrado relativamente pouco material arqueológico.



FIGURA 7.7.5-3 – Aspecto da entrada da Caverna Kararaô

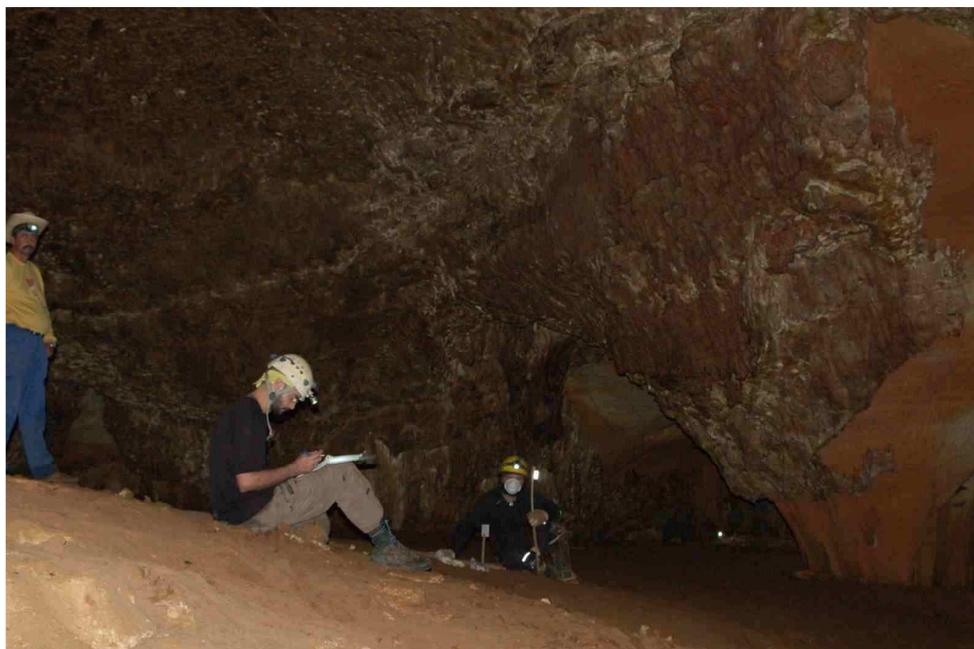


FIGURA 7.7.5-4 – Aspecto do levantamento topográfico no Salão Kararaô

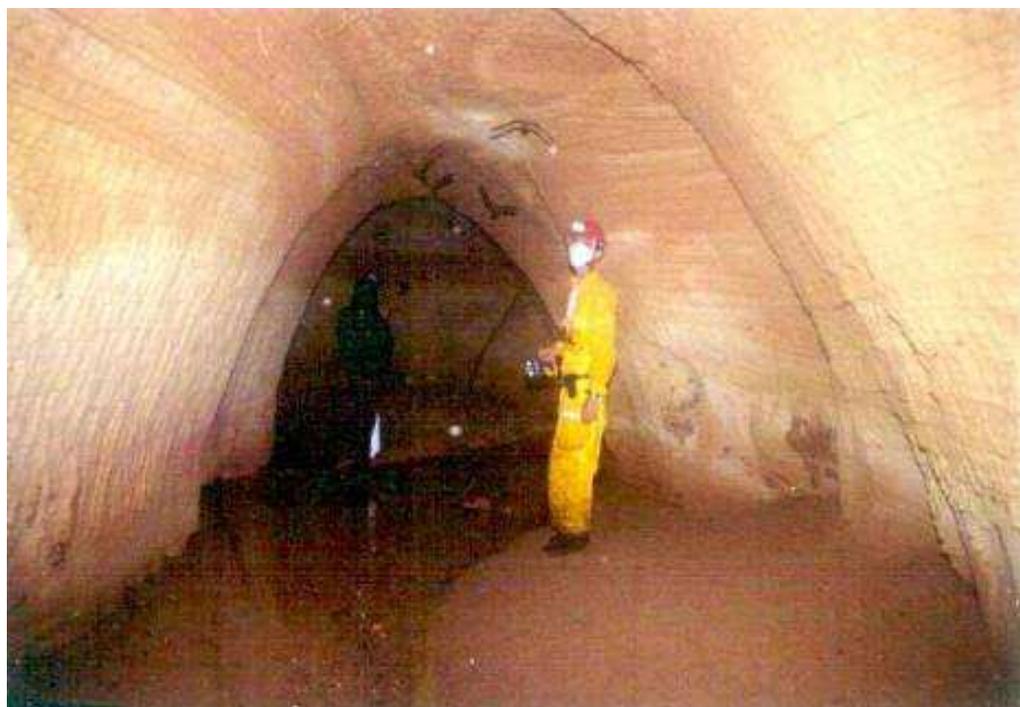


FIGURA 7.7.5-5 – Galeria leste da Caverna Kararaô onde está situado o córrego Rego Gruta Beleza

7.7.5.3.2 Gruta Leonardo da Vinci

Encontra-se situada próximo à Agrovila Leonardo da Vinci, a cerca de 18 km desta, pela rodovia Transamazônica. A gruta (**FIGURA 7.7.5-6**) encontra-se na margem de um afluente do igarapé do Jôa, em local onde este forma uma série de cachoeiras (**FIGURA 7.7.5-7**). Sua entrada principal possui aproximadamente 3 m de altura por 3,5 m de largura, estando na cota altimétrica aproximada 83 m e nas coordenadas 03° 08' 44" S e 52° 04' 09" W. A bacia hidrográfica do igarapé do Jôa deságua no rio Xingu a jusante do Sítio Belo Monte e não receberá a influência do reservatório.

A caverna desenvolve-se em folhelhos e siltitos da Formação Curuá. Possui um desenvolvimento de 176 m, preferencialmente no azimute 307⁰, ao longo do qual encontram-se as cinco entradas. Próximo à entrada principal (**FIGURA 7.7.5-8**) está o Salão Leonardo, que dá acesso aos demais salões. Seguindo o azimute 125⁰, encontra-se o Salão Da Vinci, com aproximadamente 10 m de largura e piso coberto por blocos. A partir do Salão Leonardo, pode-se alcançar o Salão Typauto e o Salão Kitolo e, deste último, chegar ao Salão do Pseudo-Desmodus que tem como característica principal a grande concentração de morcegos e o solo coberto por guano. Próximo deste último salão encontra-se o Salão Aromático, coberto com mais de 50 cm de guano, exalando forte cheiro amoniacal, onde também se concentra grande número de morcegos.

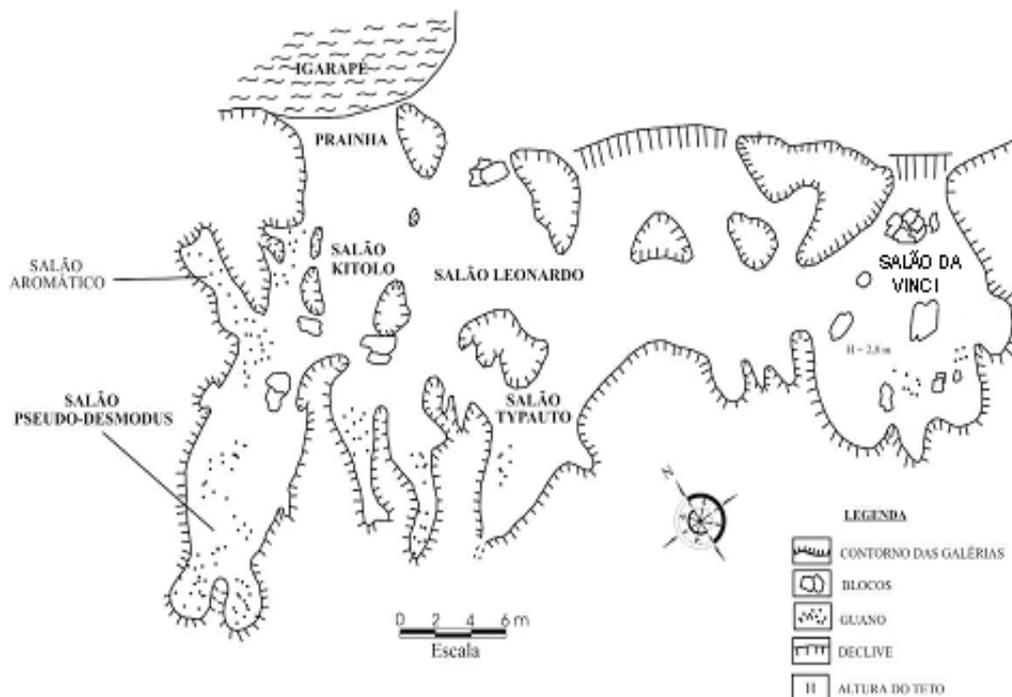


FIGURA 7.7.5-6 – Planta Baixa detalhada da Gruta Leonardo Da Vinci



FIGURA 7.7.5-7 – Cachoeira localizada imediatamente ao lado das entradas da Gruta Leonardo Da Vinci

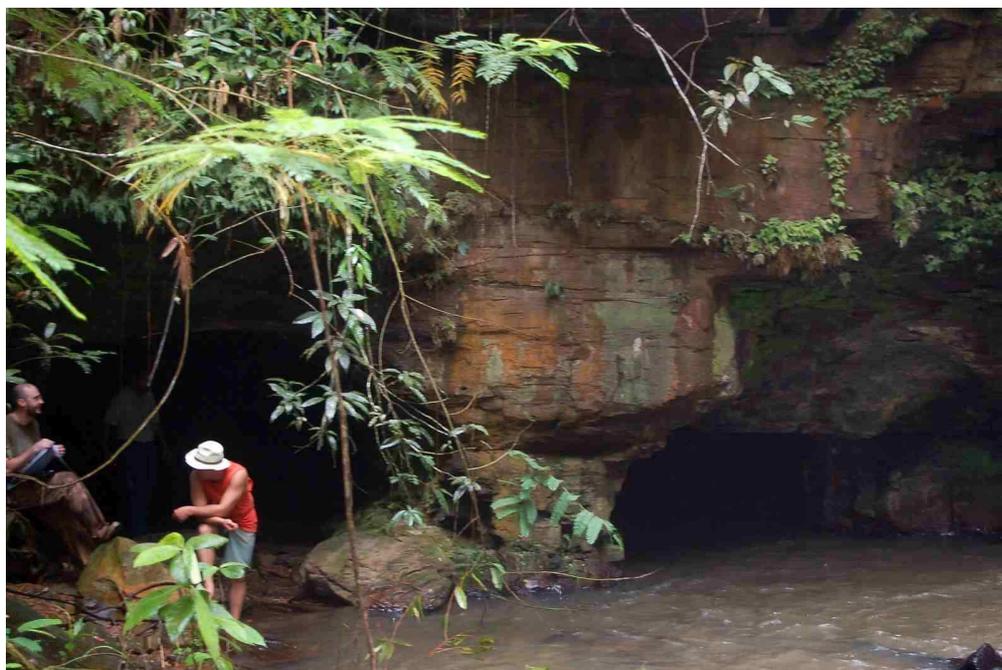


FIGURA 7.7.5-8 – Vista frontal das entradas da Gruta Leonardo Da Vinci

7.7.5.3.3 Abrigo do Santo Antônio

Constitui uma abertura de aproximadamente 4m de altura, com largura de 5m, desenvolvimento de 6m e piso acima da cota aproximada 100m. O piso é seco e recoberto por areia.

7.7.5.3.4 Abrigo Aturiá

Este abrigo encontra-se nas coordenadas geográficas 03°10'20" S e 51°46' 36" W, com cota aproximada 99m, desenvolvido em arenitos da Formação Maecuru. É um abrigo pequeno, com aproximadamente 6m de largura, 1,5m de profundidade e 3m de altura.

7.7.5.3.5 Abrigo da Grota do Jôa

O abrigo da Grota do Jôa localiza-se a 3km da BR 230 (trecho Altamira-Marabá), na vicinal entre as glebas 10/12, na cota altimétrica 190m.

Desenvolve-se em siltitos da Formação Maecuru, controlado por planos de estratificação e por fraturas verticais N35W.

7.7.5.3.6 Gruta do Jôa

Situa-se na vicinal entre as glebas 8/10, a 7,5km da BR 230 (trecho Altamira-Marabá), na cota 150m.

Desenvolve-se em paredão de arenito fino da Formação Maecuru, associado à cachoeira com altura maior que 5m. Nas proximidades dessa gruta, no vale do igarapé Jôa, é comum o desenvolvimento de inúmeras locas e pequenos abrigos.

7.7.5.3.7 Abrigo do Paratizão

Esta ocorrência situa-se na região do canal do Paratizão, margem esquerda do rio Xingu, na cota 126m, com 6m de largura, 3m de altura e desenvolvimento de 15m.

Está instalado em arenitos da Formação Maecuru, nitidamente controlado pelos sistemas de fraturas verticais E-W, N30E, N40W, verticais.

7.7.5.3.8 Gruta Cama de Vara

Seu acesso se dá a partir do km 9 da vicinal esquerda da Transamazônica, após cerca de 10 minutos de caminhada. Sua entrada encontra-se na margem esquerda do igarapé Cama de Vara, em cota altimétrica 190m e nas coordenadas geográficas 52° 14' 14" W e 03° 17' 43" S.

Esta gruta tem sido referenciada em levantamentos anteriores realizados pela CNEC como Caverna do Valdeci, nome do antigo proprietário da fazenda onde a mesma está localizada. Possui um pórtico de entrada relativamente largo (25m), com 4 a 5m de altura.

A parte afótica da caverna desenvolve-se a partir de duas entradas posicionadas à direita da entrada principal, uma pequena (1,8 m de largura por 0,5 m de altura) e outra alcançando 3,2m de largura por 2m de altura. A entrada maior dá acesso ao Salão Cama de Vara, com um traçado circular de aproximadamente 10m de diâmetro. Ao sul, tem-se acesso ao Buraco do Valdeci, que também é conectado com o exterior através da pequena entrada. O Buraco do Valdeci tem 20m de desenvolvimento, terminando em uma lagoa (chuveirinho), abastecida por água que cai do teto e que corre pelo lado norte até infiltrar-se em uma cavidade na rocha.

A Caverna Cama de Vara tem um desenvolvimento total de 78m, preferencialmente no azimute 260° , formada em arenitos da Formação Maecuru.

Em março de 1987, arqueólogos do Museu Paraense Emílio Goeldi escavaram uma trincheira de prospecção próximo à entrada do Buraco do Valdeci, tendo sido encontrado pouco material arqueológico.

7.7.5.3.9 Caverna Pedra da Cachoeira

A Caverna Pedra da Cachoeira (FIGURA 7.7.5-9) localiza-se nas coordenadas $3^{\circ} 18' 43''$ S e $52^{\circ} 20' 28''$ W, em cota altimétrica 165m, encaixada em arenitos friáveis da Formação Maecuru. Apresenta um pórtico com 30m de largura por 20m de altura, com duas entradas e um pequeno salão à direita.

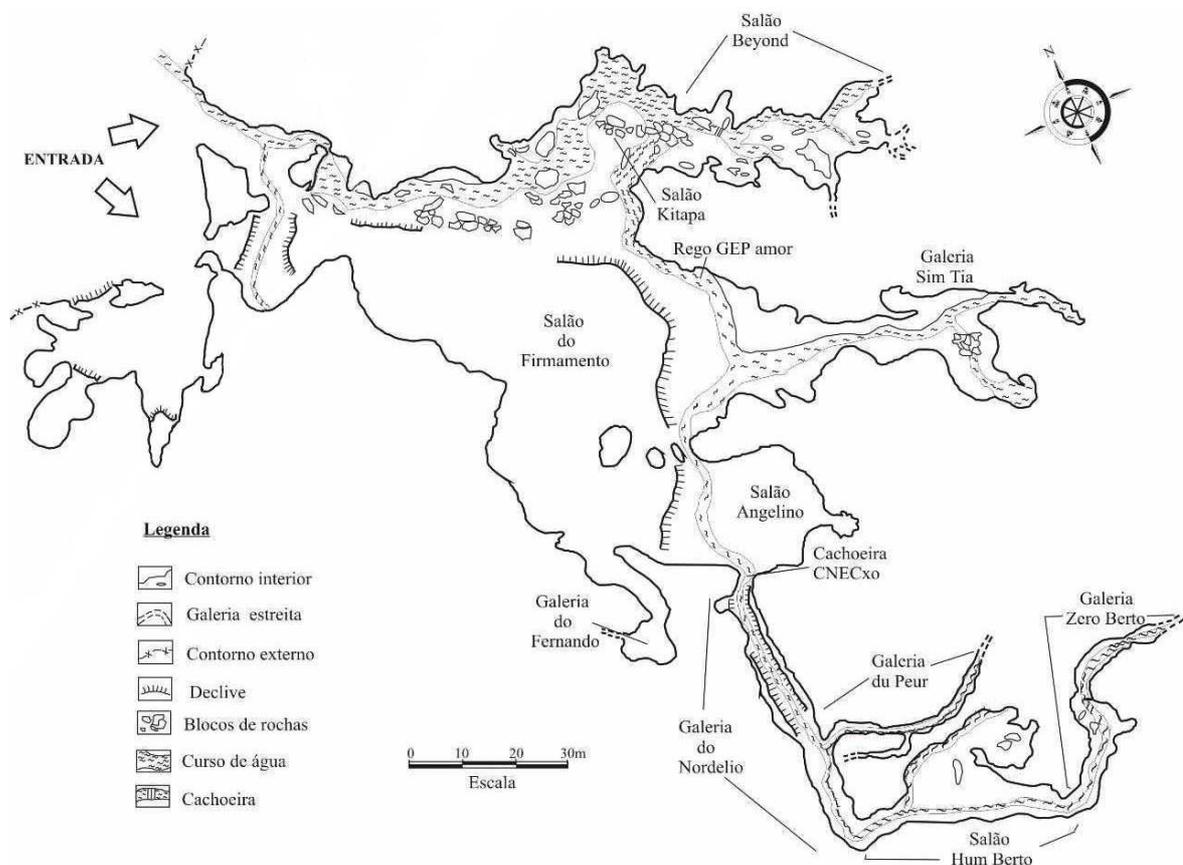


FIGURA 7.7.5-9 – Planta Baixa detalhada da Caverna Pedra da Cachoeira

A entrada norte caracteriza-se por ser a ressurgência do riacho que drena esta cavidade (córrego Rego GEP – Amor, **FIGURA 7.7.5-10**). A outra entrada (Entrada dos Expulsos) é baixa (1,6m), dando acesso ao Salão do Firmamento, com mais de 70m de comprimento por 30m de largura.

Após o Salão do Firmamento (**FIGURA 7.7.5-11**), que tem o Rego GEP - Amor correndo junto à sua parede norte, a gruta se divide em duas galerias. A da direita leva ao Salão Kitapa e a da esquerda termina no pequeno Salão Beyond. No início da galeria, à direita, encontra-se a Cachoeira CNECxo, com cerca de 1m de desnível. Seguindo-se, tem-se acesso à Galeria do Nordélio, à direita, com pequena extensão e a uma galeria estreita, constituída de um longo corredor aproximadamente retilíneo.

Novamente, observa-se que o eixo principal da caverna coincide com as orientações das famílias de fraturas do maciço rochoso onde a caverna está encaixada (E-W e N-S).

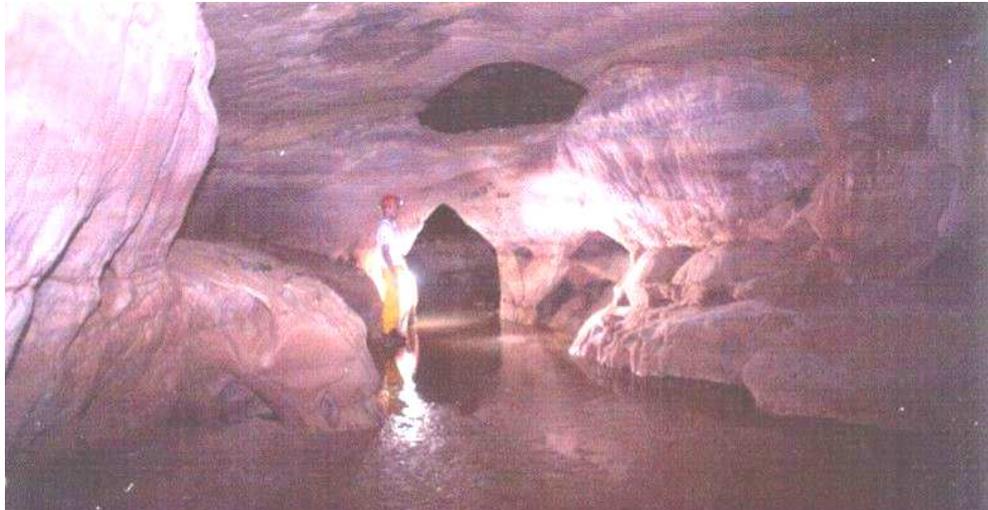


FIGURA 7.7.5-10 – Córrego Rego GEP – Amor no interior da Caverna Pedra da Cachoeira

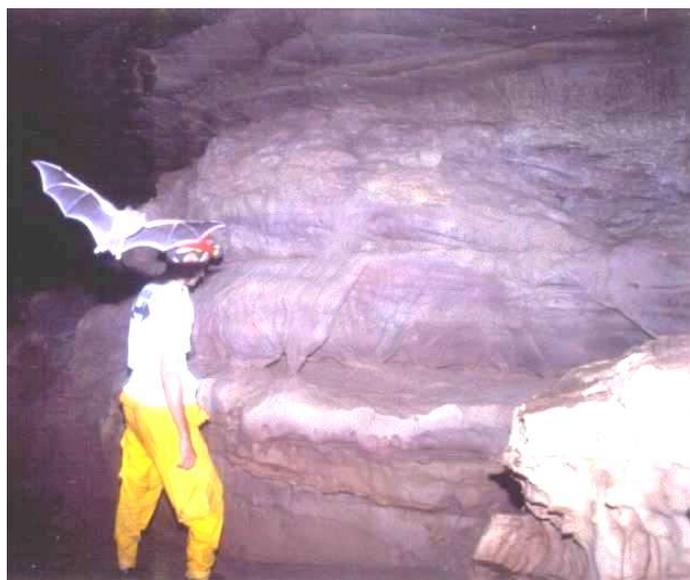


FIGURA 7.7.5-11 – Parede do Salão do Firmamento na Caverna Pedra da Cachoeira

7.7.5.3.10 Caverna Bat-Loca

Está localizada próxima ao mesmo igarapé da Caverna Pedra da Cachoeira, a aproximadamente 200m a jusante. Apresenta um desenvolvimento de 74m, sendo formada em arenito, na cota 157m (entrada principal).

A Caverna Bat-Loca possui três entradas distintas, sendo que uma delas apresenta-se bastante baixa e estreita, não permitindo um acesso fácil ao interior da gruta. A entrada principal possui 5m de altura e 8m de comprimento, por onde se chega ao salão principal. Este salão é espaçoso, de forma triangular e altura média de 2,5m, com alguns blocos rochosos soltos. Esta cavidade abriga uma grande quantidade de morcegos.

À esquerda e à direita, vindo dos vértices do triângulo, ocorrem dois pequenos córregos que se unem na entrada do salão, saindo pela entrada principal. Do braço esquerdo do córrego, segue-se uma pequena galeria com desenvolvimento de mais de 10m, na qual se destaca uma cachoeira de 0,6m de altura.

O lado direito do salão apresenta uma passagem com cerca de 0,4m de altura, dando acesso à terceira entrada, essa com 13m de largura, 6m de altura e desenvolvimento de 38m. Essa entrada afunila-se em direção a um aglomerado de blocos abatidos.

Pelo lado esquerdo, forma-se uma pequena passagem, com cerca de 0,4m de altura, que dá acesso ao único salão da gruta. Este salão tem aproximadamente 20m de comprimento, 3m de largura e altura média de 1,5m. Na porção mais interna deste salão, observa-se um extenso depósito de guano e a nascente de um pequeno córrego que percorre toda a extensão da gruta, até sua saída.

7.7.5.3.11 Gruta do Tic-Tac

Localiza-se nas coordenadas geográficas 03° 19' 42" S e 52° 24' 24" W, em cota altimétrica 151m e está instalada em arenitos da Formação Maecuru. Encontra-se na Fazenda Tic-Tac, a 6km da BR-230. Constitui-se de uma ampla escavação erosiva formada por baixo de uma espessa (1 – 3m) laje de arenito silicificado, definindo uma única entrada, onde o riacho cai em cachoeira, com uma altura de cerca de 3m, formando à frente, uma piscina natural onde o proprietário estabeleceu um balneário aberto ao público.

Sua entrada apresenta 4m de altura e largura de mais de 15m, totalmente ocupada pela água. Logo após sua entrada, há um corredor afunilado, com 17m de comprimento (Salão Pakito). Seu desenvolvimento total é de 30m.

7.7.5.3.12 Abrigo do Sismógrafo

O abrigo do Sismógrafo situa-se na região de Babaquara, margem esquerda do rio Xingu, próximo à Pedra do Navio, em paredão de arenito da Formação Maecuru, com aproximadamente 20m de altura, na cota altimétrica 144m.

Apresenta-se com duas cavidades em níveis distintos, sendo que a maior mostra altura superior a 2m, largura de 2m, desenvolvimento de 14m e piso por volta da cota 140m. Ambas encontram-se nitidamente controladas pelos sistemas de fraturas N10E, N40E, E-W, subverticais.

7.7.5.3.13 Abrigo do Tatu

O abrigo localiza-se na encosta que está em frente ao rio Xingu, em sua margem esquerda, nas coordenadas geográficas 03°17'16" S e 52°13'34"W, na cota 149m. É formado em arenitos friáveis da Formação Maecuru, possuindo duas entradas e menos de 20m de desenvolvimento.

7.7.5.3.14 Loca Ultrajano

Encontra-se a aproximadamente 300m à jusante do igarapé onde está a Caverna Pedra da Cachoeira e a Caverna Bat – Loca, apresentando um desenvolvimento de 12m e formada em arenitos da Formação Maecuru, em cota altimétrica aproximada 141m. Possui somente uma entrada, com altura aproximada de 1,8m e largura de 5m. A partir de 4m de sua entrada, o acesso estreita-se para aproximadamente 1m de altura por 0,7m de largura, numa extensão de 5m de comprimento. Desde o início, até o final da pequena passagem, há água represada.

7.7.5.3.15 Abrigo do Beja

O Abrigo do Beja está localizado nas coordenadas geográficas 03°18'37"S e 52°23'52"W, em cota altimétrica 169m. Constitui-se de um abrigo sob rocha, com 19m de largura por 12m de desenvolvimento e 5m de altura, estando encaixado em arenitos da Formação Maecuru.

Escavações para prospecção arqueológica, realizadas em março de 1987 pela equipe do Museu Paraense Emílio Goeldi, indicaram a existência de pouco material de interesse para estudos.

7.7.5.3.16 Abrigos Assurini

Estes abrigos localizam-se na margem direita do Rio Xingu, nas proximidades da balsa que faz a travessia do rio. Neste local a margem do rio apresenta um paredão de arenito onde se observam várias feições de processos de "piping", além de pequenos abrigos.

Alguns abrigos encontravam-se inteiramente ou parcialmente submersos em julho de 2008 (**FIGURA 7.7.5-12** e **FIGURA 7.7.5-13**). O teto de um destes abrigos encontra-se na cota 95m e apenas 20cm abaixo deste teto encontravam-se emersos em julho de 2008. Nas épocas de seca este abrigo fica emerso. Com a implantação do reservatório ficará inteiramente submerso. Destaca-se que nas proximidades encontra-se um outro abrigo cujas entradas situam-se nas cotas 96 e 99m, a primeira delas parcialmente submersa nas épocas de cheias atuais, com desenvolvimento de 12m, onde se observou grande quantidade de morcegos. Com a implantação do reservatório uma dessas entradas ficará totalmente submersa.

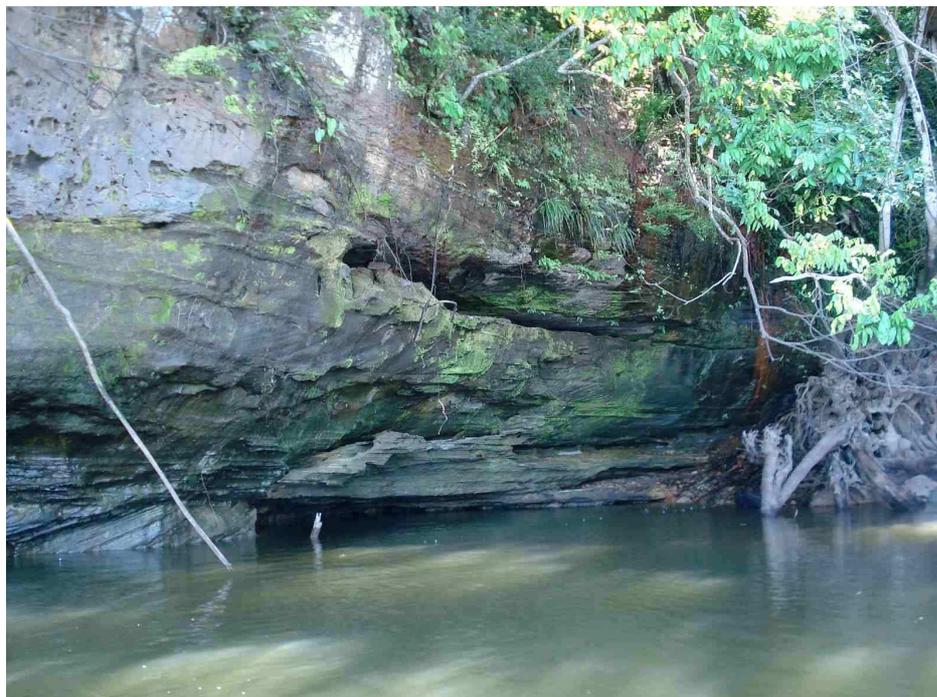


FIGURA 7.7.5-12 – Vista do paredão de arenito com a entrada do abrigo Assurini em julho de 2008. O abrigo encontrava-se quase que inteiramente submerso.

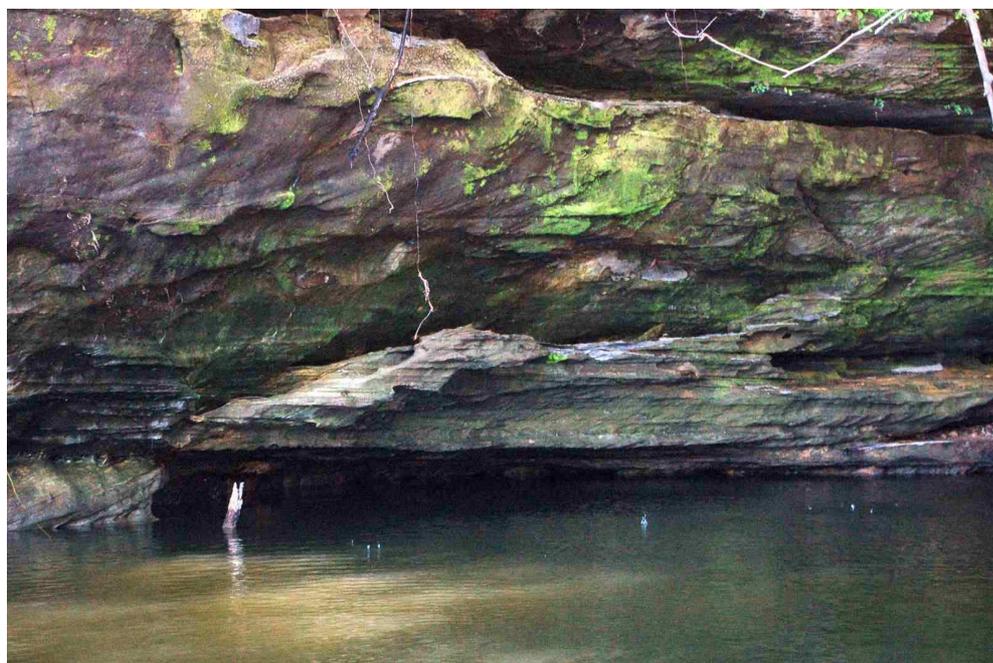


FIGURA 7.7.5-13 – Detalhe da Figura anterior. Notar que é possível visualizar uma porção emersa de 20 cm junto ao teto do abrigo.

7.7.5.3.17 Abrigo da Gravura

O Abrigo da Gravura têm cota altimétrica 94,7m, muito próximo do nível do rio em julho de 2008. Nas condições de cheias atuais apresenta-se quase sempre totalmente submerso e ficará totalmente submerso quando da implantação do reservatório. Constitui-se de um abrigo em paredão rochoso, com 28m de projeção horizontal e altura de 2m, estando encaixado em arenitos escarpados da Formação Maecuru (**FIGURA 7.7.5-14** e **FIGURA 7.7.5-15**). Foi originado por ação erosiva do rio e existem feições de “*piping*” no paredão e no abrigo.

O abrigo situa-se na região de Babaquara, margem esquerda do rio Xingu, próximo à Pedra do Navio. São observadas gravuras em baixo relevo no interior do abrigo (**FIGURA 7.7.5-16**).

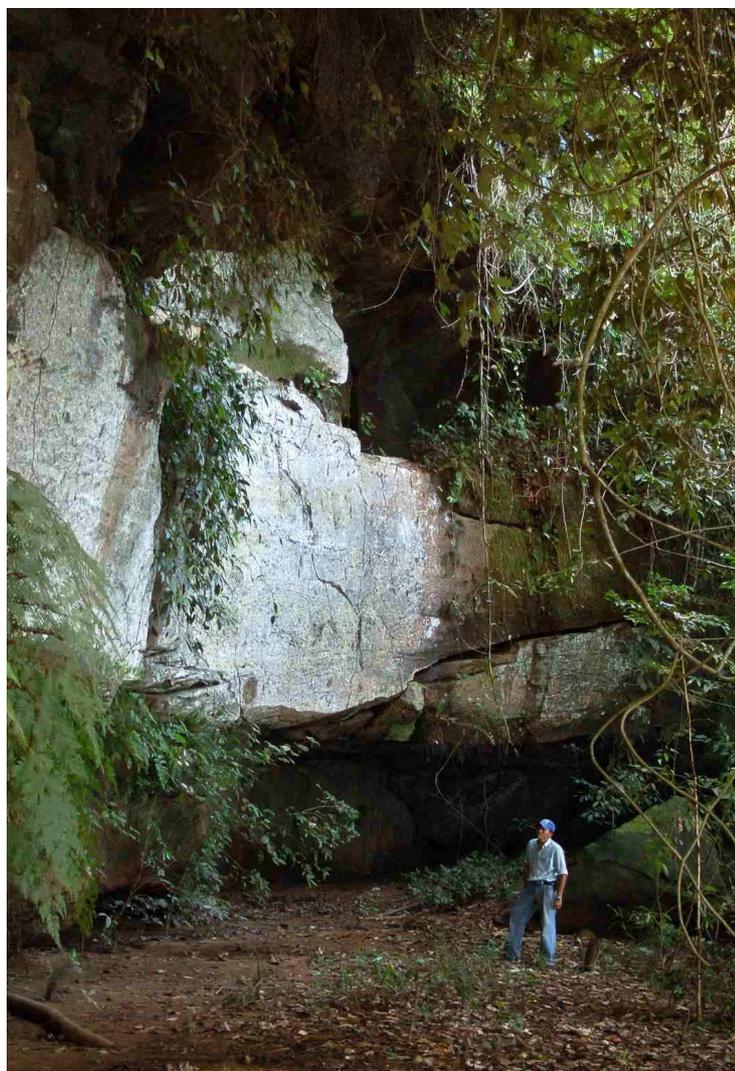


FIGURA 7.7.5-14 – Vista do paredão vertical de arenito, na margem esquerda do rio Xingu, onde se encontra o Abrigo da Gravura.



FIGURA 7.7.5-15 – Vista de dentro para fora do abrigo



FIGURA 7.7.5-16 – Detalhe das gravuras em baixo relevo observadas no interior do abrigo.

7.7.5.3.18 Caverna do Sugiro

Trata-se de caverna com um abrigo associado. É formada no arenito Maecuru, condicionada pela intersecção de fraturas subverticais com a estratificação. Esta possui duas entradas, uma com cerca de 5m de largura e outra com 3m. O abrigo apresenta largura e desenvolvimento de 2m. A caverna apresenta um desenvolvimento de 250m e uma altura máxima de 3m.

7.7.5.3.19 Abrigo Pedra do Navio

Localizado à meia-encosta da serra conhecida localmente pelo mesmo nome. Este se encontra na área de ocorrência do arenito Maecuru, muito próximo dos abrigos do Sismógrafo e Tatu, porém na escarpa reversa ao reservatório. Trata-se de um abrigo com aproximadamente 3,5m de largura, 1,5m de altura e 1,2m de desenvolvimento. Um morador construiu um barramento artificial na boca do abrigo para aproveitamento da água. Desta forma, atualmente o abrigo se apresenta como um pequeno reservatório com cerca de 30-40 cm de lâmina d'água.

7.7.5.3.20 Kararaô Abrigo Novo

Consiste de um abrigo com apenas 19m de projeção horizontal (**FIGURA 7.7.5-17** e **FIGURA 7.7.5-18**) que se localiza na mesma escarpa da caverna Kararaô relativamente a montante e acerca de 150m do Reservatório dos Canais. A cota de boca deste abrigo encontra-se no nível 83m, abaixo do nível d'água do Reservatório dos Canais. Apesar de ser um abrigo pequeno foi observado um grupo de morcegos.



FIGURA 7.7.5-17 – Aspecto da porção interna do Kararaô Abrigo Novo



FIGURA 7.7.5-18 – Vista de dentro para fora da entrada do Kararaô Abrigo Novo

7.7.5.4 Principais Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Estruturais (Geoespeleologia)

A Província Espeleológica Altamira-Itaituba situa-se na faixa de contato entre o Complexo Xingu e a Bacia Sedimentar do Amazonas. As cavernas da região de Altamira, exceto a Gruta Leonardo Da Vinci, formada em folhelhos da Formação Curuá, apresentam desenvolvimento em arenitos friáveis da Formação Maecuru. Esses arenitos afloram em uma faixa ENE-WSW, com média de 20km de largura, contínua por centenas de quilômetros, acompanhando a borda sul da Bacia do Amazonas.

A Formação Maecuru encontra-se discordantemente (discordância erosiva) sobre os sedimentos arenosos do Membro Manacapuru, quando esses estão preservados ou sobre os folhelhos e ritmitos do Membro Pitinga, ambos da Formação Trombetas. Em alguns locais, podem repousar diretamente sobre as rochas do Complexo Xingu. Para o topo da seção estratigráfica, os arenitos Maecuru gradam para arenitos, siltitos e níveis de folhelhos da Formação Ererê, os quais, por sua vez, transicionam para a Formação Curuá, representada por folhelhos e siltitos, de caráter predominantemente argiloso e impermeável, tal como os sedimentos do Membro Pitinga. Todas as unidades geológicas anteriormente apresentadas são cortadas por rochas básicas do Diabásio Penatecaua e recobertas pelos sedimentos areno-argilosos pouco consolidados da Formação Alter do Chão.

Os arenitos do Membro Manacapuru da Formação Trombetas e da Formação Ererê normalmente são muito friáveis, sustentam relevos ondulados de encostas suaves e não desenvolvem escarpas tal como os da Formação Maecuru. A Formação Maecuru caracteriza-se por formar uma notável frente de *cuesta* encimada por extensos platôs alongados na direção N70E, às vezes dissimulados em colinas com vales encaixados. As drenagens estão voltadas para o Norte, segundo um padrão retangular a subparalelo e de baixa densidade, o que caracteriza esta unidade como permeável e em parte controlada tectonicamente. As

principais frentes de escarpas onde comumente se desenvolvem as cavernas estão associadas aos alinhamentos estruturais fotointerpretados na área.

A base da Formação Maecuru situa-se por volta da cota 75m no divisor que contém a Caverna Kararaô, enquanto na região a montante de Altamira, no local conhecido como Pedra do Navio, encontra-se por volta da cota 138m.

A Formação Maecuru é constituída principalmente por arenito com intercalações siltosas e argilo-siltosa. Os arenitos são friáveis, com ou sem matriz caulínica, creme esbranquiçados, finos a grossos com predomínio da fração fina. Os grãos são de natureza quartzosa, subarredondados, mal a regularmente selecionados. Apresentam pacotes subhorizontais com estratificação plano-paralela, estratificação cruzada acanalada e marcas onduladas, como feições comuns, que caracterizam sua origem fluvial. Localmente, como na Caverna Kararaô, a presença de arenitos bimodais limpos com estratificação cruzada de grande porte são também indicativos da atuação de processos eólicos sobre os depósitos fluviais. Os níveis argilosos são mais compactos e exibem colorações creme e castanho claro. São comuns processos de silicificação e formação de crostas limonitizadas ao longo dos planos de fraturas.

As camadas arenosas da Formação Maecuru geralmente apresentam-se com mergulhos da ordem de 2^0 a 6^0 para NW e com seus planos de estratificação cruzada sistematicamente mergulhando para N50-70E/20-30NW e menos comumente N30-50E/20-25NE. Na região de Babaquara, através de sondagens rotativas verificou-se que a camada de arenito da Formação Maecuru apresenta espessura de cerca de 67m e atitude N52E/2NW.

As cavidades desenvolvem-se em encostas abruptas (*cuestas*) e até o momento não foi constatada nenhuma dessas feições em encostas suaves. Apesar dessas *cuestas* se desenvolverem predominantemente no lado sul, as maiores cavernas desenvolvem-se na vertente norte, possivelmente devido ao fluxo subterrâneo ocorrer nesse sentido.

Foram constatadas cavidades em diferentes cotas e não apenas restritas à base da Formação Maecuru, neste caso limitada pelo folhelho impermeável da Formação Trombetas. Isso indica que as intercalações de níveis mais argilosos no Arenito Maecuru condicionam também a formação de cavernas ou de outras feições pseudocársticas.

As dimensões e as formas variadas das cavidades refletem as condições locais próprias de desenvolvimento, condicionadas pelas características da rocha, como compartimentação estrutural, planos de acamamento, cimentação, resistência, etc, pelo comportamento hidrogeológico e pelas características geomorfológicas.

O arcabouço tectônico regional exerce nítido controle no condicionamento e desenvolvimento das cavernas da região de Altamira. O **QUADRO 7.7.5-2** apresenta os principais sistemas de discontinuidades verificados nessas cavernas, incluindo fraturas, planos de estratificação cruzada e acamamento. Nesse quadro são apresentadas as direções preferenciais da frente de escarpa e as principais direções de desenvolvimento.

QUADRO 7.7.5-2

Principais sistemas de descontinuidades verificados no desenvolvimento das cavernas da AID/ADA do AHE Belo Monte

Principais Cavernas e Grutas	Principais Sistemas de Fraturas	Planos de Estratificação Cruzada	Acamamento	Direção Pref. da Frente de Escarpa/Flanco	Principais Direções de Desenvolvimento
Pedra da Cachoeira	N 85 E/80 SE N 5 W/V	N 40 - 60 E/20 NW	-----	N-S/N	N 75 E, N 75 W N 30 W
Cama de Vara	N 35 E/ 85 SE N 20 W/85 NE N 75 W/80 SW N 5 E/80 SE	N 50 E/ 15 NW	SH	N 20 W/N	N 75 E
Kararaô	N 70 E/V N 40 E/V N 30 W/V	N 70 E/30 NW	N 20 W/6 SW	N 20 - 40 E/N	N 70 W N 65 E N 15 E
Leonardo Da Vinci	N 40 - 50 E/V N 10 - 30 W/V N 60 - 70 W/V	-----	N 5 W/ 2 S/W	N 60 W/N	N 65 W N 55 E
Abrigo do Sismógrafo	N 10 E/V E - W/V N 40 E/V	-----	-----	N 30 E/S	-----
Abrigo do Paratizão	N 30 E/V E - W/V N 40 W/V	N 30 - 40 W/20 NE N 20E/20 NW	-----	E - W/S	-----
Abrigo da Grota do Joa	N 35 W/V	-----	-----	N 35 W/N	-----

Fonte: (CNEC/ ELETRONORTE, 1987).

As principais características dessas cavernas, particularmente aquelas existentes nas áreas da AID/ADA do AHE Belo Monte, estão apresentadas a seguir:

a) Posicionadas em vertentes de serras escarpadas, subverticais

As serras existentes na região têm perfil de *cuestas* arrasadas (uma vertente com perfil subvertical escarpado, onde as camadas mergulham suavemente com ângulos menores que 5 - 10° e outra vertente suave, côncava - convexa ou mista). As cavernas estão sempre posicionadas nas vertentes escarpadas do relevo voltadas para norte, apesar de as escarpas das *cuestas* estarem regionalmente voltadas para sul (borda sul da bacia). Isso deve-se provavelmente ao fato de que localmente as drenagens correm preferencialmente de norte para sul.

b) Posicionadas abaixo de uma capa métrica a decamétrica de arenito endurecido por ferruginização e/ou silicificação intempérica

Em todas as cavernas visitadas, observa-se um pacote, geralmente na posição do teto ou definindo o teto, de rocha endurecida por intemperismo (cimentação), quer seja de natureza ferruginosa (lateritização incipiente) ou silicosa. Esse pacote atinge espessuras variáveis, da ordem de poucos metros e até poucas dezenas de metros (em geral 2 - 4m).

c) Posicionadas no intervalo de cotas altimétricas entre 80 - 150 m

As maiores e mais importantes cavernas existentes na área estão posicionadas acima da cota de 80m e abaixo da cota 150m. Abrigos menores podem ocorrer em cotas mais variadas, até mesmo próximos ao nível do rio Xingu. Esses, no entanto, devem ser tratados de forma diferenciada quanto à gênese, muitas vezes originados particularmente por processos erosivos fluviais (solapamento das margens rochosas).

A relação entre as cavernas e esse intervalo topográfico particular diz respeito à posição predominante de um forte contraste litológico, marcado pela passagem abrupta de rochas duras para rochas friáveis. É neste intervalo que a erosão diferencial se destaca, onde o pacote rochoso duro pode sustentar o teto das cavernas, enquanto o pacote friável é escavado horizontalmente por ação do fluxo de águas freáticas em direção aos vales.

Em praticamente todas as cavernas estudadas, o nível litológico mais escavado é representado por arenitos com estratificações cruzadas tabulares e/ou acanaladas de portes diversos (geralmente porte pequeno a médio). Esse pacote, na área, tem em média 10 a 20m de espessura.

d) Presença de fraturas maiores ou conjuntos sistemáticos de fraturas secundárias que controlam a direção de desenvolvimento dos eixos das cavernas

Todas as cavernas visitadas têm suas extensões controladas por fraturas. Essas, nos exemplos estudados, dispõem-se nos quadrantes N-S e NE-SW e, ainda, secundariamente, na direção E-W. Onde essas fraturas se interceptam de forma mais intensa, os salões tendem a se alargar e podem mesmo perder a forma retilínea ou alongada e assumir formas arredondadas.

e) **Ocorrem pequenas nascentes de águas no final de muitas galerias**

É comum a presença de drenagens subterrâneas nas cavernas visitadas. Essas drenagens, que geralmente têm nascentes nos pontos mais internos das galerias, cerca de 2 a 5m acima do nível onde a mesma ressurge (entrada das cavernas), podem percorrer distâncias longas no interior das cavernas. A descarga dessas drenagens é variável em uma caverna, modificando-se sazonalmente, conforme os meses de estiagem e de chuvas e avolumando-se discretamente poucas horas após as chuvas. As nascentes dessas drenagens estão geralmente 10 – 15m abaixo do perfil topográfico local, marcado geralmente pelo topo dos platôs e serras. Existem claras evidências de deslocamentos das nascentes, tanto na horizontal quanto na vertical, dentro das cavernas. Muitas galerias secas mostram evidências nítidas de terem sido percoladas por cursos de água. Em muitas galerias, pode-se comparar o padrão erosivo das paredes laterais e encontrar marcas de deslocamentos laterais da drenagem em diferentes níveis.

f) **As paredes internas das cavernas estão revestidas por cimento silicoso, ferruginoso e/ou fosfático, que formam espeleotemas**

As paredes das galerias e salões posicionados na zona vadosa estão geralmente revestidas por fina (milimétrica a sub-milimétrica) lâmina de material silicoso e por vezes fosfático.

O estudo de seções delgadas, confeccionadas em amostras coletadas nas paredes da caverna Kararaô, mostra a existência de uma capa milimétrica a sub - milimétrica, onde predominam grãos mal selecionados, arredondados (maiores) a subarredondados (menores) com poros preenchidos por cimento ferruginoso e silicoso. Os grãos, principalmente os maiores, mostram-se corroídos por dissolução intempérica. A porção mais interna nessa capa cimentada apresenta textura marcada por grãos selecionados a bem selecionados, porosa, sem cimento e com muito pouca matriz. O contato entre os grãos nesse revestimento é geralmente curvo a reto, com poucas evidências de corrosão nas bordas.

Em praticamente toda a porção NW da Gruta Leonardo Da Vinci, observa-se a presença de estruturas em forma de estalactites e véus de revestimento, mostrando lâminas ou superfícies concêntricas, de coloração creme - esbranquiçada a castanha, com manchas mais claras e/ou avermelhadas. Trata-se de um material de baixa densidade, poroso e relativamente de baixa dureza. Quando observadas ao microscópio, em seções delgadas, mostram-se como estruturas muito porosas (com formas grosseiramente alongadas), apresentando a superfície interna revestida por um córtex de material de coloração clara. Por vezes, esse material toma aspecto pseudo - oolítico, com microcristais apresentando crescimento radial, de coloração que varia do azul ao laranja para vermelho, sob nicóis cruzados.

Sob luz natural, estes oólitos apresentam geralmente coloração marrom escura a avermelhada. Os poros podem perfazer cerca de 30 a 40% do volume da rocha. Os oólitos são componentes menos comuns e ocorrem de modo localizado. Estes elementos estão envoltos por uma massa finamente granulada, de tonalidade que varia do amarelo pálido ao marrom - castanho, onde destacam-se finas ripas de cristais com cores de baixa ordem (cinza-escuro ao amarelo-pálido), quando observados sob nicóis cruzados. Nos cristais ripiformes amarelados, nota-se um hábito fibroso, onde os acinzentados parecem mostrar clivagem do tipo basal. Em algumas porções dessa matriz, podem ocorrer finos cristais de quartzo, opacos e outros de forma dispersa. Também, podem ser notados restos orgânicos agregados, em forma de espículas, carapaças, sementes e outros.

Ainda, particularmente na Gruta Leonardo Da Vinci, observam-se revestimentos das paredes e teto, formados por minerais fosfatados. Apresentam hábito botroidal e podem aparecer em estalactites e estalagmites ou em lâminas de revestimento de blocos. Mineralogicamente são formados por leucofosfita, estregita, fosfoserita e goetita. Ao microscópio, apresentam textura colomórfica em padrões anastomosados.

Espeleotemas (**FIGURA 7.7.5-19**) de sílica podem ser encontrados em praticamente todas as cavernas da região, assumindo formas coralinas centimétricas ou milimétricas ou simplesmente como lâminas finas revestindo as paredes e tetos. Em corte transversal, essas estruturas coralinas mostram formas concêntricas. Mostram coloração cinza escura, com superfícies lisas e brilhosas ou mesmo rugosas e foscas. Sua coloração interna varia de creme a cinza claro. De um modo geral, essas películas minerais funcionam como impermeabilizantes das paredes e tetos.

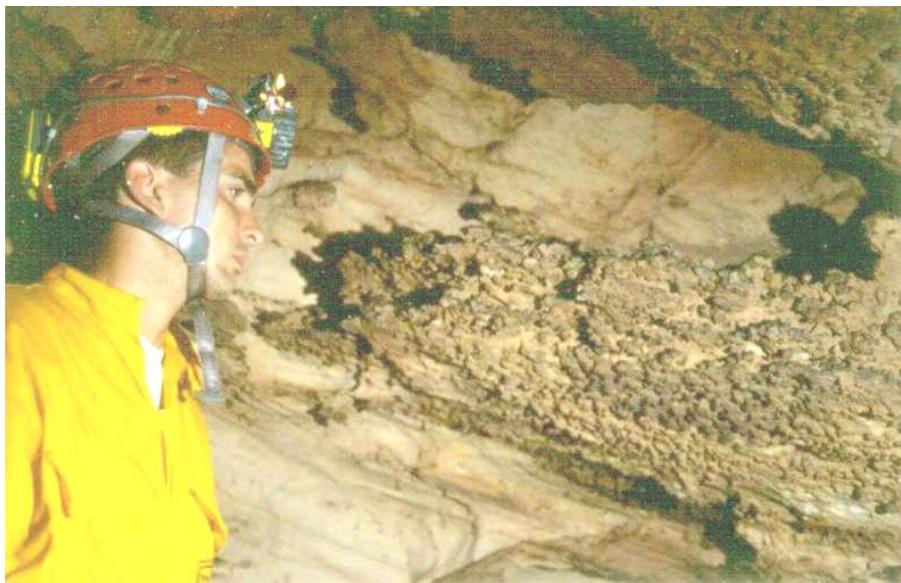


FIGURA 7.7.5-19 – Espeleotema tipo *popcorn* decorrente da precipitação de sílica amorfa nas paredes e tetos da Caverna Pedra da Cachoeira.

O estudo dos arenitos da Formação Maecuru, nos locais onde as cavernas estão encaixadas, fornece as seguintes informações:

g) Quanto à textura da rocha:

- Tamanho dos grãos: variam entre 2 mm até cerca de 0,1mm, predominando aqueles com diâmetro em torno de 0,6mm.
- Seleção: caracteriza-se como bem selecionado, podendo-se observar níveis de estratificações milimétricas, onde concentram-se grãos com baixa seleção.
- Natureza dos contatos entre os grãos: geralmente curvos, irregulares, com grãos soltos, envoltos por cimento de coloração cinza amarronzado que também preenche vazios ou macroporos com até 0,5cm de diâmetro. O cimento mostra-se zoneado, com estruturas concêntricas, onde a cor e composição mineralógica parecem variar. Em alguns casos,

são visíveis contatos retos, principalmente entre grãos aproximadamente equidimensionais.

- Arredondamento: predominam grãos arredondados, estando presentes grãos subarredondados a bem arredondados.
- Esfericidade: predominam grãos com boa esfericidade. Os grãos maiores mostram maior esfericidade que os grãos menores, que tendem a se mostrarem alongados.
- Conteúdo de argila (matriz): geralmente apresenta-se em percentagens muito baixas a quase ausente.

h) Quanto à mineralogia da rocha:

Observa-se essencialmente quartzo dos tipos:

- Grãos simples com extinção reta (predominantes);
- Grãos simples com extinção ondulante fraca a forte;
- Grãos compostos com extinção ondulante forte.

Apresentam abundantes vacúolos e micrólitos como inclusões predominantes. Raros grãos podem apresentar inclusões maiores de turmalina.

São, portanto, arenitos quartzosos, relativamente puros, finos a médios, friáveis e preferencialmente arredondados e com boa esfericidade. Apresentam alta friabilidade e extrema fragilidade frente ao escoamento superficial, com tendências ao voçorocamento. O tipo rochoso tem grande facilidade de desenvolver feições pseudo - cársticas semelhantes às observadas em campo (cavernas e estruturas de dissolução em afloramentos). Tais observações estão plenamente de acordo com a presença das cavernas existentes na região.

7.7.5.5 Origem das Cavernas (Espeleogenética)

A dissolução do quartzo durante o processo de *arenitização* da rocha pode tomar dois caminhos:

- Se a taxa de dissolução da sílica é baixa, a dissolução fica restrita às bordas dos grãos ou cristais, ou seja, em seus contatos;
- Se a taxa de dissolução é muito alta, sem aumento da solubilidade, a topografia pode ser afetada por ação desse processo e desenvolver morfologia característica de terrenos cársticos.

Estando a rocha desagregada e enfraquecida fisicamente por *arenitização*, a remoção mecânica dos grãos pode ser efetivada por *piping*, através de infiltração de águas superficiais em direção ao lençol freático, atuando preferencialmente ao longo de fraturas, planos de acamamento ou estratificações. Tal fluxo, sob pressão induzida pela gravidade, pode carregar grãos soltos de quartzo na forma de material movediço, provocando a formação das cavidades (RODRIGUEZ, 1983; URBANI, 1981).

Segundo Martini (1984), para que se inicie o processo de *piping*, torna-se necessária a existência de alta pressão (relativa) de água. Essa pressão hidráulica geralmente é atenuada nos estágios subseqüentes.

Caso o pacote de rocha *arenitizada* seja interceptado pela erosão de implantação dos vales e dependendo da posição relativa do nível freático, é possível a abertura de caminhos para a saída dos grãos, por mobilização ou fluxo para fora do sistema rochoso (URBANI, 1981).

As primeiras cavidades do maciço podem assim ser formadas em condições freáticas e, com a ampliação do processo, expandem-se para o ambiente vadoso, até controlar todo o sistema, propiciando erosão e colapsos subseqüentes (URBANI, 1981). Nos estágios finais, os espaços vazios, em ambiente vadoso, podem se expandir para processos de solifluxão, colapsos e esfoliações de diversos tipos.

Ogden (1981), ao estudar os processos atuantes na formação do relevo pseudo-cárstico de Arkansas, nos Estados Unidos, reconhece cinco deles como principais, atuando sempre em conjunto, com maior ou menor participação de cada um individualmente:

- *Piping*;
- Dissolução de SiO_2 ;
- Colapso;
- *Slumping* (colapso e queda brusca de grandes blocos rochosos) e
- Deslizamento por queda de blocos.

As cavernas da região de Altamira-Itaituba, mesmo considerando suas particularidades, parecem seguir de modo bastante aproximado os passos evolutivos maiores discutidos acima, visto apresentarem sob um ponto de vista mais amplo, feições litológicas, geológicas e morfológicas, correlacionáveis àquelas possíveis de se associarem a este modelo.

Pode-se assim sugerir resumidamente, como principais etapas espeleogenéticas para as cavernas aqui estudadas:

- Ação do intemperismo químico, provocando uma fraca dissolução do quartzo, a nível intergranular e induzindo o processo de arenitização incipiente da rocha em áreas restritas do maciço. A dissolução da sílica ao longo de juntas e fraturas parece ter sido pouco pronunciada, indicando a ação de águas relativamente pouco acidificadas. As análises das lâminas delgadas de rochas mostraram que a sílica foi fracamente agredida por soluções acidificadas.

É possível que a friabilidade da rocha tenha sido adquirida, de modo predominante, por processos diagenéticos. Em outras palavras, o aspecto arenoso da rocha parece ser uma característica litológica herdada dos estágios diagenéticos a que esteve sujeita, ainda próximo de sua formação, podendo estar, por exemplo, associada a processos de formação de porosidade secundária, quando em estágios de meso-diagênese (RÓS e MORAES, 1984). Os sinais de dissolução ao nível de grãos

observados em lâminas delgadas, parecem ser decorrentes destes estágios diagenéticos.

Feições cársticas de relevo não sendo bem desenvolvidas na região, podem indicar também que a taxa de dissolução intempérica tenha se dado de maneira fraca e restrita.

- A rocha *arenitizada*, quer por processos diagenéticos, intempéricos ou ambos, ao ser cortada pelas superfícies de relevo, notadamente pelas escarpas e vertentes dos vales, permite o início do processo de fluxo de sedimentos, com estabelecimento de diferentes gradientes de pressão ao longo do lençol freático. Os planos de fraturas, acamamento e estratificações cruzadas mostram-se como principais vias de atuação desse fluxo, principalmente planos de fratura quando mutuamente interceptados. A presença ou não de fraturas mais contínuas ao longo da direção das cavernas pode ter condicionado o maior ou menor desenvolvimento das cavidades. O desenvolvimento dependeria ainda do maior ou menor gradiente de pressão estabelecido no ambiente, capaz de movimentar o processo de *piping* com maior ou menor intensidade.

A remoção mecânica dos grãos em condições freáticas iniciaria a abertura de galerias e salões, que passariam gradativamente a estágios vadosos, na medida em que o relevo fosse sendo modelado e o nível freático sofresse seus ajustes naturais. A presença marcante de *sinkholes* observados nos tetos de algumas cavernas (principalmente na Kararaô e Pedra da Cachoeira) pode evidenciar a passagem por este estágio.

Pacotes rochosos menos friáveis (cimentados por ferro) ou endurecidos pela presença de matriz, intercalados a níveis *friabilizados* por *arenitização* ou diagênese, presentes durante o processo de fluxo de sedimentos, podem ter compartimentado a ação de erosão diferencial, ocasionando a presença de vários pisos em níveis diferentes, definindo andares superpostos na arquitetura das cavernas.

Em condições vadosas, o aumento de espaços nas cavernas poderia ser continuado por erosão e colapsos, com retirada de grãos por ação fluvial subterrânea, implantada ou em via de implantação.

Nas cavernas estudadas, este estágio é ainda ativo, podendo-se observar a ação erosiva dos rios, responsável pelo ataque predominantemente lateral nas paredes adjacentes a seus cursos, desestabilizando mecanicamente o sistema e carreando grande carga de sedimentos para o exterior.

- Em um estágio final, em condições essencialmente vadosas, as cavidades poderiam ter sido submetidas à ação de cimentação intempérica superficial, com o revestimento silicoso, fosfático e/ou ferruginoso das paredes e tetos das principais galerias e salões.

O estágio intempérico atual, envolvido neste processo de revestimento das paredes, poderia ainda ser responsável pelo preenchimento de fraturas por óxido-hidróxido de ferro e alumínio, bem como pela recimentação diferencial de diversos níveis litológicos dentro do pacote arenítico exposto aos processos espeleogenéticos.

- Uma quarta etapa importante, que poderia ainda ser aventada, diz respeito à relação entre a implantação do relevo e o desenvolvimento dos fenômenos espeleológicos tardios. Conforme foi destacado acima, a baixa taxa de dissolução e a atuação incipiente do intemperismo químico associado a processos espeleogenéticos, verificadas no presente levantamento, não permitiram que feições cársticas (ou pseudo-cársticas, como preferem alguns autores) se desenvolvessem amplamente.

A presença de uma caverna no pacote rochoso dependeria da interação harmônica de fatores responsáveis pela implantação do relevo (velocidade de implantação das vertentes; posição espacial dos vales em relação aos elementos tectônicos regionais; resistência das rochas ao entalhe erosivo; capacidade de ação dos agentes erosivos; etc.) e fatores hidrodinâmicos (gradientes e oscilações do lençol freático; posição deste em relação aos vales e vertentes; porosidade e permeabilidade da rocha; etc.). Obviamente que os fatores climáticos predominantes durante o regime de implantação do relevo e nos dias atuais também são elementos importantes para o entendimento do processo espeleogenético como um todo e devem ser estudados em maior detalhe para se entender os fenômenos de implantação de cavernas.

De acordo com os estudos efetuados pela CNEC (1987), a formação das cavidades da região de Altamira segue dois modelos distintos, conforme o desenvolvimento em arenito ou em folhelho.

a) **Cavidades em arenito**

A formação das cavernas da região de Altamira inicia-se a partir do Quaternário. O amplo ciclo de aplainamento e remodelamento topográfico que se estabeleceu no Pleistoceno, com a implantação dos principais canais de escoamento e entalhe mais profundo pelas drenagens, impostas por severas variações climáticas, seguramente constituem o fator preponderante para o início do desenvolvimento das feições pseudocársticas.

O pacote arenoso, constituído pelo Membro Manacapuru da Formação Trombetas e pelas Formações Maecuru e Ererê, confinado por pacotes impermeáveis na base (Membro Pitinga da Formação Trombetas) e no topo (Membro Barreirinha da Formação Curuá), associado às variações climáticas (fenômenos de laterização/concrecionamento ferruginoso e aluminoso, remobilização de sílica por variações de temperatura e pH, etc), ao condicionamento estrutural (mergulho regional, compartimentação em blocos) e ao modelamento geomorfológico (formação e desenvolvimento de escarpas por recuo erosivo), estabelece zonas distintas de recarga/alimentação no extremo da borda sul da Bacia Sedimentar do Amazonas com descarga das águas subterrâneas para o norte, nas zonas de entalhe das drenagens. Em função do entalhamento dos rios, o nível de base local ficou abaixo do ponto de descarga das águas infiltradas a montante, ao menos temporariamente. Esta situação é ilustrada na **FIGURA 7.7.5-20**, através do bloco esquemático da borda sul da Bacia Sedimentar do Amazonas nas proximidades de Altamira (PA).

O gradiente hidráulico e as zonas preferenciais de percolação de água (planos de falhas/fraturas, acamamento, estratificação plano-paralela/cruzada, etc), onde se desenvolvem fenômenos de dissolução da sílica intergranular de baixa cristalinidade por reações de hidratação, representam os agentes fundamentais para o desencadeamento inicial do processo de evolução das cavernas em rochas areníticas.

Em seguida, com a perda de coesão do material arenoso, inicia-se o processo de arraste das partículas mais finas para o interior das superfícies em desenvolvimento (*piping*). Esse processo evolui com velocidade dependente do gradiente hidráulico imposto pelo condicionamento tectônico e variação do nível freático. Após o processo de abertura, a conjugação dos fenômenos de dissolução e *piping* com a geometria das descontinuidades do maciço e a liberação de tensões residuais permitem a intensificação das aberturas por abatimentos de blocos que propiciam o amplo desenvolvimento dos salões.

O posicionamento das cavernas em um intervalo de cotas dentro do pacote arenoso (ocorrência preferencial na Formação Maecuru e apenas onde se desenvolve frentes de escarpas) é reflexo das variações do nível freático (Pleistoceno Superior-Holoceno) e da existência dos níveis silto-argilosos na Formação Maecuru, onde as grandes cavernas como a Kararaô e Pedra da Cachoeira, condicionadas a significativas drenagens ainda continuam em processo de desenvolvimento ativo nos dias atuais. As estruturas menores (tocas, locas e abrigos), associadas às paleodrenagens e às drenagens atuais temporárias ou de pequeno porte, encontram-se estagnadas ou com pequeno desenvolvimento. Esses aspectos corroboram a fundamental contribuição do gradiente hidráulico como agente físico na formação dessas cavernas.

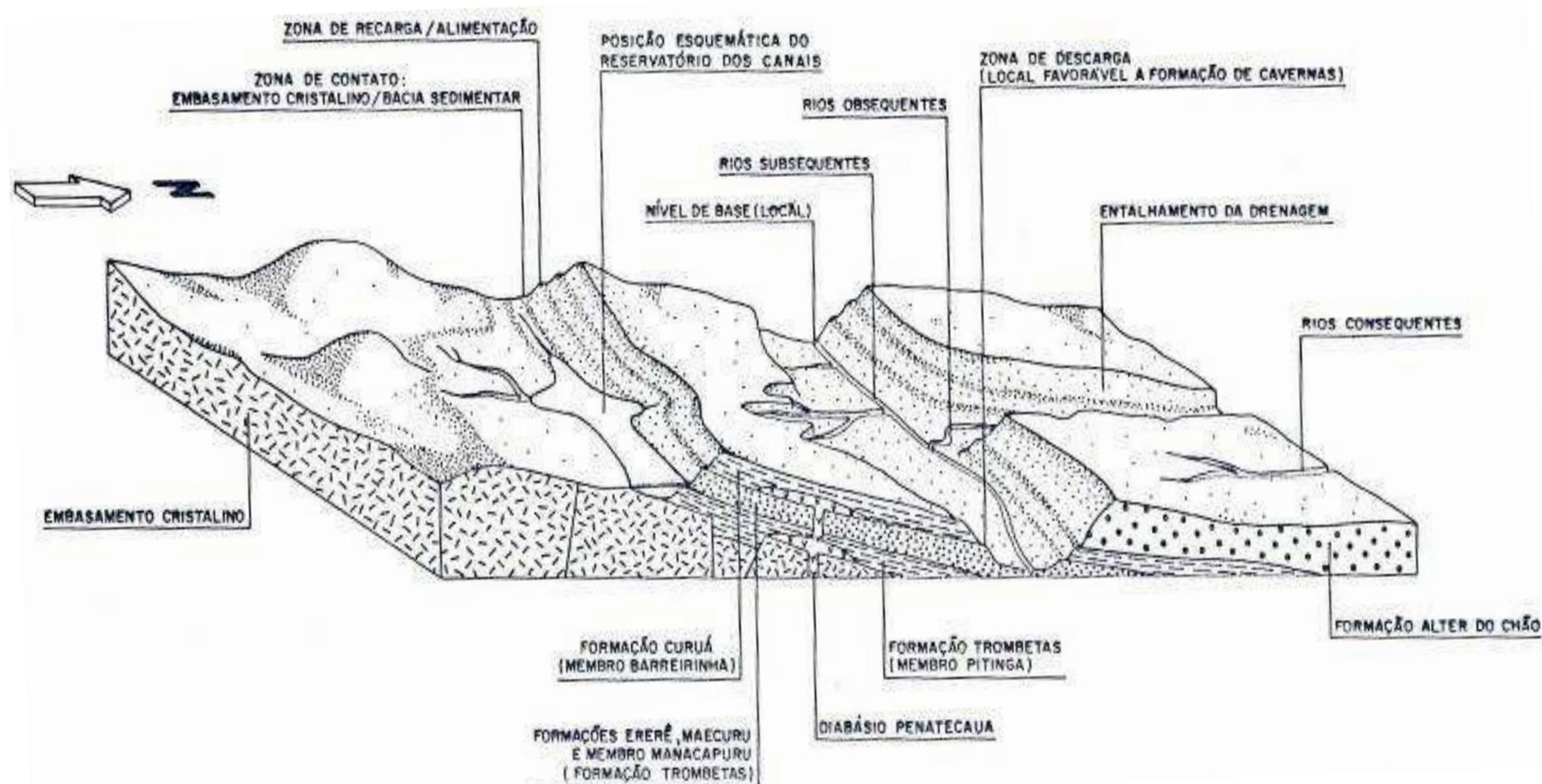


FIGURA 7.7.5-20 – Bloco esquemático da Borda Sul da Bacia Sedimentar do Amazonas, proximidades de Altamira, ilustrando o posicionamento das cavernas da Província Altamira – Itaituba em relação aos elementos de relevo e padrão de drenagem da região (CNEC/ ELETRONORTE, 1987)

b) Cavidades em folhelho

A Gruta Leonardo Da Vinci é uma exceção ao modelo de formação de cavidades anteriormente exposto. Essa cavidade se desenvolve em folhelhos e siltitos da Formação Curuá (Membro Barreirinha), com forte controle estrutural e evidências de metamorfismo de contato devido à intrusão do Diabásio Penatecaua.

O condicionamento principal resulta da conjugação de elementos estruturais com a presença, principalmente, de níveis de minerais expansivos provenientes da oxidação de sulfetos que se encontram disseminados ou em forma de concreções nodulares nos folhelhos da Formação Curuá. Os sulfetos quando em ambiente úmido produzem o ácido sulfúrico, que, por sua vez, atacando alumino-silicatos hidratados, libera elementos como Al, Mg, e Fe, os quais combinados com íons sulfatos desenvolvem os minerais neoformados de forte natureza expansiva.

A formação de escarpas nesse pacote de sedimentos enrijecidos devido ao metamorfismo de contato com silicificação, conjugada com zonas de descontinuidades, intensa formação de minerais expansivos e retrabalhamento hidráulico (pé de cachoeira) são os principais fatores condicionantes do desenvolvimento da Gruta Leonardo da Vinci em folhelho.

7.7.5.6 Uso Atual das Cavernas

As cavernas visitadas durante o desenvolvimento desse trabalho são conhecidas há bastante tempo, desde a chegada dos colonizadores à região.

Desde suas descobertas, as cavernas têm sido visitadas por curiosos e moradores locais, muitas vezes movidos pela curiosidade ou na tentativa de exterminar os morcegos que nelas residem, em épocas de maior incidência de animais (gado e cavalos) atacados por quirópteros hematófagos.

O uso atual, observado para as cavernas estudadas, é limitado às visitas de fins de semana por moradores locais ou mesmo de Altamira, que acampam em suas entradas ou adjacências.

Geralmente fazem visitas às cavernas em grupos, sem equipamentos ou material próprio de segurança, desconhecendo riscos e sem nenhum conhecimento básico sobre a importância das cavernas e seus habitantes ao meio ambiente em que se encontram. É comum a existência de muitas “pichações” nas paredes (riscos a tinta ou gravação por incisão na rocha friável), acúmulo de lixo (principalmente materiais descartáveis, garrafas, latas, etc.) e restos de fogueiras.

A falta de preocupação com o ambiente cavernícola é evidente, havendo a necessidade de medidas para a preservação do patrimônio espeleológico representado por esses monumentos naturais. É comum o uso de tochas de fogo para iluminar o interior das cavernas durante as visitas, sendo muito freqüente (e divulgada) a técnica de se usar plástico de sacolas enroladas em uma vara como combustível, deixando nas galerias e salões percorridos, grande quantidade de fumaça tóxica que demoram dias ou semanas para circular em direção ao exterior.

7.7.5.7 Conclusões Preliminares

Para as 20 cavidades já identificadas na AID, está sendo feita a caracterização de acordo com o Termo de Referência do CECAV/ICMBIO. A partir dos dados preliminares dos estudos em andamento foram revistas as cotas de boca obtidas em estudos anteriores para essas cavidades e complementados alguns dados sobre as suas dimensões.

A Caverna Kararaô, Kararaô Abrigo Novo, Abrigo Paratizão, Abrigo(s) da região da Balsa do Assurini, Abrigo da Gravura, Abrigo do Sismógrafo e do Tatu estão na área de influência de 250m do reservatório e foram submetidas à prospecção endocárstica para atender ao item 4.5 do Termo de Referência do CECAV/ICMBIO. Considerando este Termo de Referência, foram incluídos para o levantamento topográfico o Abrigo do Sismógrafo e do Tatu, apesar de estarem localizados em cotas altas, sem interferência do reservatório, assim como a Formação Maecuru portadora dessas cavidades. Os resultados preliminares dos estudos em andamento mostram que o Abrigo Gravura e os abrigos da região da Balsa Assurini, atualmente submersos nas cheias, serão permanentemente submersos com o enchimento do reservatório.

Também, a partir dos resultados preliminares dos estudos em andamento, as entradas da Caverna Kararaô e a Kararaô Abrigo Novo, localizadas na vertente oposta ao Reservatório dos Canais, encontram-se abaixo do nível d'água desse reservatório, nas cotas 85 / 79 e 83m.

Os estudos espeleológicos complementares contemplam os termos atualizados da legislação sobre cavidades naturais subterrâneas, que atualmente está sendo objeto de alterações, como aquelas constantes do Decreto Federal nº 6.640 de 7 de novembro de 2008.

7.7.6 GEOMORFOLOGIA

7.7.6.1 Aspectos Gerais

Os estudos geomorfológicos realizados para caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) do AHE Belo Monte tiveram por objetivo avaliar as inter-relações e as interferências entre o relevo e o projeto a ser implantado.

Para atingir tais objetivos foram considerados o arcabouço morfoestrutural, a morfologia e a dinâmica superficial da região, descritos durante a avaliação da AII, e caracterizados, de modo mais detalhado, os tipos de relevo existentes na AID. Estes estudos permitiram obter subsídios para as avaliações da estabilidade das encostas marginais do reservatório e dos canais, da susceptibilidade a erosão e do risco de assoreamento das drenagens.

Os aspectos dos condicionantes litológicos e morfotectônicos da esculturação do relevo e a dinâmica superficial encontram-se no capítulo referente à Geomorfologia do Diagnóstico Ambiental da Área de Influência Indireta. Estes aspectos do relevo não serão tratados no Diagnóstico da Área de Influência Direta, pois as informações seriam redundantes.

7.7.6.2 Procedimentos Metodológicos Específicos

Para o detalhamento dos estudos geomorfológicos da AID adotou-se a metodologia proposta por Ponçano et al (1981) e Pires Neto (1992), utilizada para mapeamento da AII, visto que essa abordagem se aplica também para estudos na escala 1:100.000.

Segundo a metodologia utilizada por Ponçano et al. (1981), o relevo é caracterizado com base nos critérios de amplitude das formas de relevo, comprimento da vertente em planta e a inclinação das encostas:

- **A amplitude (h)** refere-se altura da feição de relevo, ou seja, a diferença de altitude entre o topo da saliência e o fundo da reentrância contígua, que é obtida pela diferença entre a cota do topo e a cota do fundo do vale.
- **O comprimento de rampa ou da vertente (l)** é a distância entre a linha do divisor de águas e a linha de talvegue (canal), traçada em planta perpendicularmente as curvas de nível que definem a forma de relevo.
- **A inclinação (d)** ou declividade refere-se à relação entre a amplitude e o comprimento de rampa, que pode ser expressa em porcentagem. Onde: inclinação (d) = h / l .

Nessa abordagem as formas de relevo são diferenciadas pela sua amplitude e pela declividade de suas encostas, conforme critérios apresentados no **QUADRO 7.7.6-1**, propostos por Ponçano et al (1981) e modificados por Pires Neto (1992). Quando ocorrem formas associadas, os relevos são diferenciados por nomes compostos, sendo que o primeiro nome indica a forma predominante. O segundo nome pode, também, indicar o tamanho da forma,

geralmente usado para classificação das colinas. Conforme a expressão das formas em área (km²), elas são classificadas em: Muito Pequena (< 0,3), Pequena (0,3 a 2), Média (2 a 4) e Ampla (> 4).

QUADRO 7.7.6-1

Classificação de formas de relevo, segundo a amplitude e inclinação

Amplitude Local	Inclinação Predominante	Formas de Relevo
< 100 m	< 5 %	Rampas
	5 a 15 %	Colinas
	> 15 %	Morrotes
100 a 300 m	5 a 15%	Morros com encostas suaves
	> 15%	Morros
> 300 m	> 15%	Montanhas

Nesta etapa dos trabalhos foram, também, avaliados os elementos da terceira categoria taxonômica proposta por Demek (1967), que são os elementos das formas ou unidades geneticamente homogêneas, que permitem um melhor entendimento da dinâmica superficial do relevo.

Para avaliação do relevo, além das técnicas usuais de interpretação de imagens, fotos aéreas e cartas topográficas foram gerados mapas hipsométricos e de declividade a partir de um modelo digital de terreno (MDT).

Utilizou-se o MDT produzido pela Nasa (National Aeronautics and Space Administration) em 2000 - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com pixel de 90 metros.

Para visualização da altimetria foi criado um layer no ArcGis com o MDT classificado por faixas de altitude. Foi criada uma imagem sombreada a partir do SRTM para realçar o relevo e finalmente foram inseridos um sobre o outro no ArcGis com 50 % de transparência no modelo de sombra, gerando uma arquivo raster.

A declividade foi obtida através de processamento do SRTM. Foram gerados os arquivos em raster com declividade em graus e em porcentagem, sendo que estes arquivos estão disponíveis no SIG que acompanha este EIA.

Durante os trabalhos de campo, além da caracterização do tipo de relevo, foi avaliada a dinâmica superficial atual e passada. A primeira, avaliada com base na ocorrência de formas erosivas e deposicionais atuais, e a dinâmica passada através do reconhecimento das formas de relevo e das feições acumulativas (depósitos correlativos), os quais refletem, por sua constituição, composição e distribuição, as condições paleoclimáticas responsáveis pela elaboração do relevo atual.

Para a elaboração do mapa foram realizadas as seguintes atividades:

- Interpretação de imagens de Satélite Landsat 5 (2005) na escala 1:100.000, fotografias aéreas na escala 1:30.000 (Vôos – julho/2002 e setembro/2004) e das cartas geradas a partir do SRTM;
- Delimitação dos limites dos tipos de relevo e das feições geomorfológicas de interesse lançados em bases topográficas 1:100.000 (IBGE/DSG) e na restituição aerofotogramétrica 1:25.000, quando possível;
- Descrição morfográfica, caracterização morfométrica dos tipos de relevo e elaboração da legenda.

Após os trabalhos de campo, os dados foram analisados e integrados permitindo a elaboração do mapa geomorfológico da AID e deste relatório. O mapa foi realizado na escala 1:100.000 e encontra-se representado na escala 1:125.000 no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-027**.

7.7.6.3 Caracterização Geomorfológica da AID

Para a caracterização geomorfológica da AID foram enfocados os tipos de relevo e unidades geomorfológicas presentes na área, além da descrição do canal fluvial do rio Xingu na região da Volta Grande.

A Área de Influência Direta do Empreendimento em estudo está situada no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Florestadas Equatoriais (AB' SABER, 1973).

7.7.6.3.1 Unidades de Relevo

A AID pode ser compartimentada em quatro (04) unidades de relevo de acordo com o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 1993) e o Mapa Geomorfológico do Projeto RADAM (1974).

A distribuição dessas unidades pode ser visualizada na **FIGURA 7.7.6-1**. Na AID podem ser identificadas as seguintes unidades: Depressão da Amazônia Meridional, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, Planalto Marginal do Amazonas e Planícies Fluviais (IBGE, 2006).

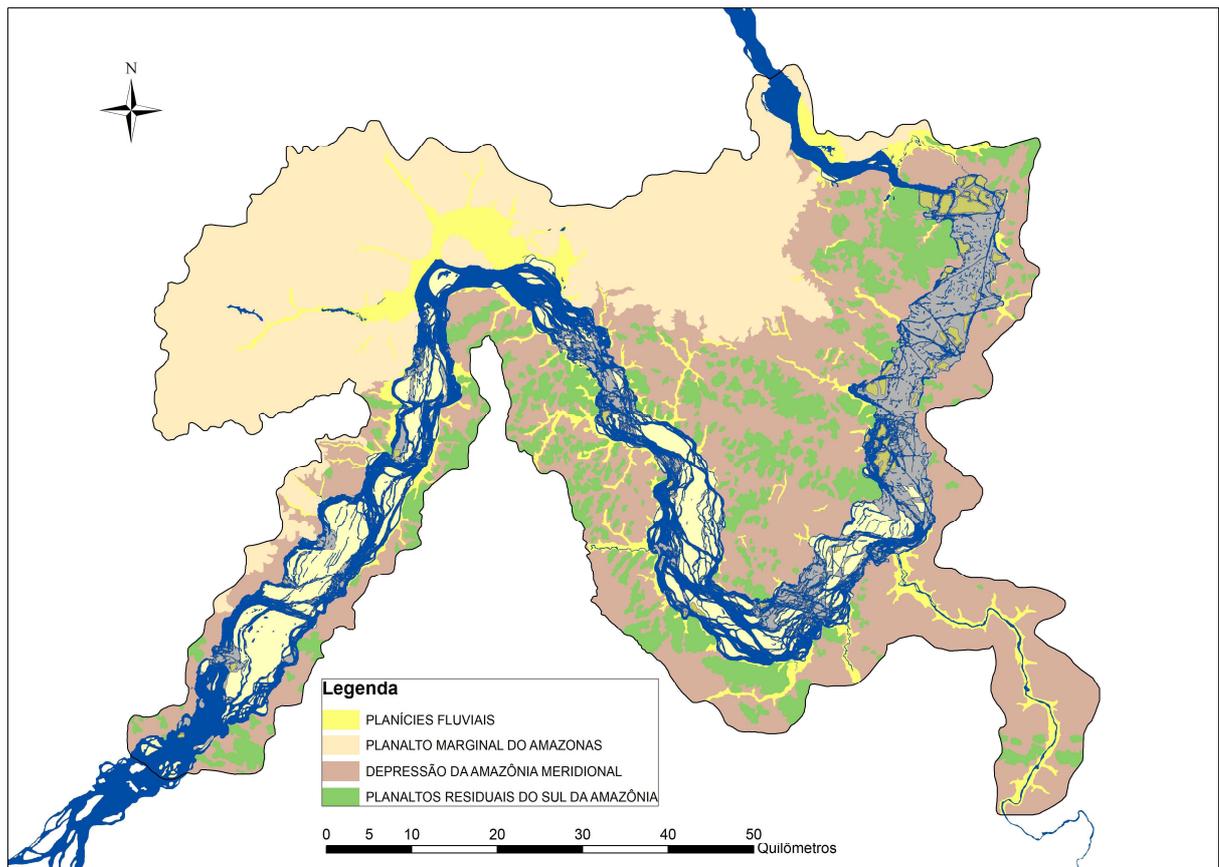


FIGURA 7.7.6-1 – Unidades de Relevo presentes na AID

a) Depressão da Amazônia Meridional

Esta unidade de relevo ocupa grandes extensões no sul da Amazônia e engloba as formas colinosas presentes nas margens do rio Xingu na Volta Grande.

Na AID esta unidade de relevo constitui uma superfície de aplanamento extensa, formada por Colinas médias e pequenas, onde as altitudes variam de 150 a 200 m na região da Volta Grande. Associados a essa unidade ocorrem extensos relevos residuais que formam os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia.

As formas colinosas apresentam topos convexos e planos, com encostas de baixa inclinação, dissecação incipiente e baixa amplitude.

b) Planaltos Residuais do Sul da Amazônia

Os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia (IBGE, 1993) representam uma unidade de relevo descontínua, caracterizada por relevos residuais que interconectam de modo disperso com as formas da Depressão da Amazônia Meridional. As altitudes são variáveis, atingindo 300 m. As formas residuais foram agrupadas em dois tipos de relevo, denominados de Morrotos e Morros e Morros e Morrotos, que se diferenciam pela presença de formas com amplitude locais maiores que 100 m (morros) intercaladas por aquelas menores que 100 m (morrotos) no primeiro tipo de relevo. No segundo tipo os morrotos ocorrem de forma isolada.

c) **Planalto Marginal do Amazonas**

A Unidade de relevo Planalto Marginal do Amazonas (IBGE, 1993) engloba as Colinas Médias, os Morrotes e Morros e as Escarpas dissecadas presentes na região noroeste da AID.

Esta unidade de relevo compreende uma faixa alongada de direção ENE, com altitudes de 250 a 300 m, que constitui o divisor de águas do baixo rio Xingu e de seu afluente rio Jaraçu.

d) **Planícies Fluviais**

A unidade de relevo Planícies Fluviais representa os relevos deposicionais formados ao longo do rio Xingu e seus afluentes.

Esta unidade engloba dois tipos de relevo de agradação: as Planícies fluviais e os Terraços.

As Planícies fluviais, como tipo de relevo, podem incluir baixos terraços e planícies de inundação, que não podem ser representados separadamente na escala de trabalho. Os baixos terraços são inundados apenas nas cheias excepcionais e as planícies de inundação pelas cheias anuais.

Os Terraços, que representam áreas de deposição pré-atuais, elevam-se de 30 a 40 metros acima do nível do canal, possuem uma superfície plana e extensa e sua borda, de modo geral, forma degrau abrupto sobre a planície fluvial propriamente dita. Os Terraços não são inundados nas cheias dos rios.

7.7.6.3.2 Tipos de Terrenos

As principais características dos relevos identificados na Área de Influência Direta e na Área Diretamente Afetada pelo AHE de Belo Monte são apresentadas no **QUADRO 7.7.6-2** e **QUADRO 7.7.6-3** e espacializadas no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-027**.

Os citados quadros, além de descrever a morfometria, a morfografia e o substrato rochoso dos tipos de relevo mapeados, indicam a ocorrência e a intensidade dos processos morfodinâmicos.

A identificação e caracterização dos processos e mecanismos de instabilizações das encostas marginais aos futuros reservatórios são apresentadas no Capítulo 7.7.9. “Estabilidade das Encostas Marginais”. Os fenômenos relacionados com a elevação do lençol freático são descritos no Capítulo 7.7.3. “Águas Subterrâneas”. A erosão laminar e em sulcos que afeta as terras da AID é tratada no Capítulo 7.7.8. “Susceptibilidade à Erosão”.

O mapeamento dos tipos de terrenos, aqui apresentado, forneceu subsídios para elaboração dos capítulos indicados acima.

QUADRO 7.7.6-2

Características dos relevos Escarpas dissecadas, Morrotes e Morros que ocorrem na AID do AHE de Belo Monte.

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Escarpas dissecadas (Ed)</p> <p>Amplitude: 70 a 170 m Inclinação: > 15% Altitudes: 150 a 270 m</p>	<p>Formas assimétricas e alongadas e dissecadas em morros. Perfis de vertentes descontínuos com segmentos retilíneos e íngremes, com afloramentos rochosos e convexos com campos de matacões. Presença de corpos de tálus. Vales erosivos encaixados, com canais em rocha. Densidade de drenagem baixa.</p> <p>Sustentado por ritmítos, folhelhos, siltitos e arenitos (Formação Trombetas), arenitos finos e médios e arenitos conglomeráticos (Formação Maecuru) e gnaisses granodioríticos e tonalitos.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos e rastejo localizado de média a baixa intensidade.</p> <p>Entalhe de drenagem, movimentos de massa do tipo escorregamento planar e queda de blocos são ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Nos arenitos os processos erosivos e de assoreamento de canais são freqüentes e de alta intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência antrópicas devido à inclinação de suas encostas.</p> <p>Nos arenitos os terrenos são muito sensíveis ocupação antrópica devido à inclinação das encostas e a erodibilidade das coberturas arenosas.</p>
<p>Morrotes e Morros (MTM)</p> <p>Amplitude: 40 a 150 m Inclinação: > 15% Altitude: 100 a 300m</p>	<p>Associam-se morrotes e morros de topos estreitos, convexos e rochosos. Vertente de perfil contínuo, retilíneo, íngreme e rochoso, ou descontínuo com segmentos convexos com corpos de tálus. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média.</p> <p>São sustentados por: Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, metabásicas, xistos, diabásios e ainda arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos.</p>	
<p>Morrotes (MT)</p> <p>Amplitude: 20 a 40 m Inclinação: 15 % a 30% Altitudes: 100 a 220 m</p>	<p>Formas isoladas. Topos estreitos convexos por vezes rochosos. Perfil de encosta contínuo, com segmentos retilíneos, e campos de matacões. Vales erosivos e estreitos, com canais em rocha, de primeira e segunda ordem. Densidade de drenagem baixa.</p> <p>Sustentado por monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, metabásicas e xistos.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos e rastejo localizado de média a baixa intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência antrópica devido à inclinação de suas encostas.</p>

Observações:

A ocorrência dos processos é classificada em: **Ocasional** - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual, **Freqüente** - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo, e **Generalizado** - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença.

A intensidade dos processos é classificada em: **Baixa** – afeta pequenas áreas ou tem pouca profundidade, **Média** – afeta áreas pequenas ou grandes mas tem profundidade moderada, e **Alta** – afeta grandes áreas ou tem grandes profundidades.

QUADRO 7.7.6-3

Características dos diferentes tipos de Colinas médias e pequenas, Colinas médias, Terraços e Planícies Fluviais que ocorrem na AID do AHE de Belo Monte.

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Colinas médias e pequenas (Cmp)</p> <p>Amplitude 20 a 60 m Inclinação < 10% Altitude : 50 a 200m</p>	<p>Colinas médias e pequenas de topos convexos largos ou estreitos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos. Vales erosivos abertos. Drenagem de baixa a média densidade.</p> <p>São sustentados por: Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, metabásicas, xistos, que predominam e ainda por diabásios, arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos, que ocorrem de modo localizado.</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa a média intensidade.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis à interferência antrópica.</p>
<p>Colinas médias (Cm)</p> <p>Amplitude: 30 a 80 m Inclinação: 3 % a 5 % Altitude: 60-200 m</p>	<p>Formas subniveladas. Topos convexos largos. Perfil de vertente contínuo, com segmentos retilíneos. Vales erosivos abertos. Drenagem de baixa densidade.</p> <p>Sustentado por diabásios, arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e ritimitos.</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos são ocasionais e de intensidade média a baixa.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis à interferência antrópica.</p>
<p>Terraços (T)</p> <p>Inclinação: < 3% Elevados: 30 a 40 m acima do rio Altitudes: 40-120 m</p>	<p>Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuos e, geralmente, apresentam bordas abruptas nas margens do rio Xingu. Baixa densidade de drenagem.</p> <p>Constituídos por areia fina e média argilo-siltoso, rica em grânulos angulosos de quartzo, apresentando na base cascalho.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis a ocupação, antrópica que no entanto precisa ser controlada devido a proximidade dos rios e de APPs</p>
<p>Planícies fluviais (Pf)</p> <p>Inclinação: < 1% Altitudes Variáveis</p>	<p>Terrenos planos formados pela planície de inundação que é alagada no período das enchentes e baixos terraços não mais atingidos pelas cheias anuais, contendo ainda brejos, alagadiços e lagoas.</p> <p>Associam-se: ilhas, praias, canais anastomosados, meandros abandonados, diques aluviais, cordões fluviais rápidos e cachoeiras.</p> <p>São constituídas predominantemente por argilas e siltes com eventuais níveis de areia fina e de cascalho, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica</p>	<p>Nos baixos terraços a erosão laminar e em sulcos são processos de baixa intensidade e localizados.</p> <p>Terrenos sensíveis a ocupação antrópica devido ao risco de inundação e contaminação.</p>

Observações:

A ocorrência dos processos é classificada em: **Ocasional** - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. **Frequente** - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. **Generalizado** - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença.

A intensidade dos processos é classificada em: **Baixa** – afeta pequenas áreas ou tem pouca profundidade, **Média** – afeta áreas pequenas ou grandes mas tem profundidade moderada, e **Alta** – afeta grandes áreas ou tem grandes profundidades.

Na AID ocorrem grandes extensões de Colinas médias e pequenas e Colinas médias. Os Morrotes e Morros estão distribuídos em toda área, assim como os Morrotes isolados. As Planícies Fluviais acompanham os cursos dos principais afluentes e ocupam grandes extensões das ilhas do rio Xingu. As Escarpas Dissecadas e os Terraços têm ocorrências restritas.

– Escarpas Dissecadas

As Escarpas dissecadas, mostradas na **FIGURA 7.7.6-2**, formam degraus topográficos com amplitude de 70 a 170 m, encostas com inclinação superior a 15%, apresentam processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo, localizados de média a baixa intensidade e movimentos de massa do tipo escorregamento planar e queda de blocos ocasionais e de baixa intensidade.

As Escarpas estão associadas, principalmente, a Neossolos Litólicos, Cambissolos e Afloramentos de Rochas.



FIGURA 7.7.6-2 - Escarpa dissecada sustentada por arenitos da Formação Maecuru

Esse relevo ocorre em ponto restrito da margem esquerda do rio Xingu, em frente à ilha de Babaquara, onde é sustentado por arenitos da Formação Maecuru, que favorecem ao desenvolvimento de feições pseudocársticas, do tipo abrigos e cavernas. Nessas áreas a presença de arenitos torna esses terrenos muito sensíveis a interferências devido à inclinação das encostas e a erodibilidade das coberturas arenosas.

As Escarpas dissecadas sustentadas por rochas do embasamento cristalino deverão constituir trecho extenso da margem esquerda do reservatório dos canais, onde a ação do embate de ondas poderá causar escorregamentos localizados.

– **Morrotos e Morros**

Os Morrotos e Morros, mostrados na **FIGURA 7.7.6-3**, são relevos que apresentam amplitude de 40 a 150 m e encostas com inclinação superior a 15%. Nesses relevos ocorrem erosão laminar, em sulcos e rastejo localizados de média a baixa intensidade. O entalhe de drenagem e os movimentos de massa dos tipos escorregamento planar e queda de blocos são ocasionais e de baixa intensidade.

Os solos predominantes, neste tipo de relevo, são os Argissolos nos morrotos e partes aplanadas dos morros e Cambissolos e Neossolos Litólicos nas partes mais íngremes das encostas. Em áreas isoladas ocorrem Afloramentos de Rochas em forma de matacões. Merecem destaque, embora ocupem menos de 2% da AID, a presença de Nitossolos Háplicos eutróficos por apresentarem aptidão agrícola boa para lavouras, apesar do relevo movimentado, devido à fertilidade natural dos solos provenientes de diabásio.



FIGURA 7.7.6-3 - Relevo de Morrotos e Morros com topos estreitos e convexos

Esse relevo que é sustentado em sua maior parte por rochas do embasamento cristalino, quando ocorrem em arenitos apresentam processos erosivos e de assoreamento de canais frequentes e de alta intensidade, **FIGURA 7.7.6-4**. No entanto, não deverão ocorrer nas margens do futuro reservatório Morrotos e Morros sustentados por arenitos.



FIGURA 7.7.6-4 – Boçoroca presente nos relevos de Morrotes e Morros sustentados por arenitos

Os Morrotes e Morros, que formam trechos com margens abruptas no rio Xingu, irão ocorrer em vários pontos do futuro reservatório onde deverão formar margens inclinadas com possibilidade de ocorrência de escorregamentos. Essa situação de instabilidade também deve ocorrer nas margens do futuro reservatório dos canais.

– **Morrotes**

O relevo de Morrotes, mostrado na **FIGURA 7.7.6-5**, apresenta amplitude de 20 a 40 m, encostas com inclinação de 15 % a 30 %. Os processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo são localizados de média a baixa intensidade. Esses relevos sustentados por rochas do embasamento cristalino são terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas.

Este tipo de relevo está associado, predominantemente, a Argissolos.



FIGURA 7.7.6-5 - Relevo de Morrotes, forma isolada de topo estreito convexo

Esses relevos, que estão presentes em algumas ilhas, ocorrem em ambas as margens do rio Xingu, podem vir a apresentar problemas localizados de estabilidade de encosta, quando ficarem nas margens do futuro reservatório.

– **Colinas médias e pequenas**

O relevo de Colinas médias e pequenas, mostrado na **FIGURA 7.7.6-6**, se desenvolve associado às rochas do embasamento cristalino com cobertura, predominante de Argissolos. Na AID, estão associados a Depressão da Amazônia Meridional. Esse relevo é caracterizado por amplitude 20 a 60 m, encostas com inclinação inferior a 10%, e por apresentarem processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa a média intensidade.



FIGURA 7.7.6-6 - Relevo de Colinas médias e pequenas com topos convexos

As Colinas médias e pequenas, que são terrenos pouco sensíveis à interferência antrópica, deverão constituir a maior parte das margens dos reservatórios. Nestas áreas, devido à baixa inclinação das encostas, não são esperados problemas de estabilidade nas margens dos reservatórios.

Contudo deve-se assinalar que, em consequência de condicionantes locais, ocorrem alguns setores com encostas mais inclinadas que poderão vir apresentar problemas de estabilidade, associados ao embate de ondas. Dentre esses setores destacam-se aquele situado na margem direita a jusante da ilha Arapujá.

Na área de implantação dos canais e na área a ser inundada, esse relevo não deve apresentar problemas de estabilidade natural das encostas, salvo em situações de instabilidade associadas às obras de escavação.

– Colinas médias

Esse relevo, mostrado na **FIGURA 7.7.6-7**, caracteriza-se por apresentar amplitudes de 30 a 80 m, encostas com inclinação de 3 % a 5 %, ser sustentado por diabásios, arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e ritmitos e apresentar processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de intensidade média a baixa.

Deve-se destacar a associação deste relevo com Nitossolos Vermelhos eutróficos que possuem aptidão agrícola boa para lavouras nos níveis de manejo A e B (que refletem um nível tecnológico baixo ou médio respectivamente). Mas ocorrem, também, Latossolos Amarelos e Argilossos Amarelos.



FIGURA 7.7.6-7 - Relevo de Colinas médias, formas subniveladas com topos convexos longos e vales erosivos abertos.

Esses terrenos pouco sensíveis à interferência ocorrem na margem esquerda do rio Xingu, próximo a Altamira, no Planalto Marginal do Amazonas. No contato com o leito do rio Xingu, formam margens com alta inclinação o que poderá condicionar a ocorrência de processos de escorregamento causados pelo embate de ondas no sopé dessas encostas.

– **Terraços**

Os Terraços ocorrem de modo restrito na margem esquerda do rio Xingu na região de Altamira e do igarapé Trindade e na margem direita a jusante de Belo Monte. São áreas deposicionais planas constituídas por areia fina a média argilo-siltosa com cascalho na base e estão associados, principalmente, a Planossolos. Quando limitados por margem abrupta no rio Xingu poderão apresentar problemas localizados de estabilidade de encosta. Atualmente ocorre erosão laminar e em sulcos, ocasional e de baixa intensidade, pois não são mais inundados pelas cheias associadas ao rio Xingu.

Nestes relevos ocorrem lagoas que poderão ter seu nível alterado devido à elevação do lençol freático com o enchimento do reservatório.

– **Planícies Fluviais**

Esses relevos, mostrados na **FIGURA 7.7.6-8** e **FIGURA 7.7.6-9**, são terrenos planos constituídas por argilas e siltes, que predominam, com eventuais níveis de areia fina e de cascalho, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica. Englobam a planície de inundação que é alagada no período das enchentes e os baixos terraços não mais atingidos pelas cheias anuais, somente pelas cheias excepcionais. Associam-se a Neossolos Flúvicos e Gleissolos.



FIGURA 7.7.6-8 - Planície Fluvial de afluente do rio Xingu

Nestes relevos ocorrem ainda brejos, alagadiços, lagoas, ilhas, praias, canais anastomosados, meandros abandonados, diques aluviais e cordões fluviais.



FIGURA 7.7.6-9 - Área alagadiça em Planície Fluvial

Esses relevos, que formam a maior parte das ilhas e as margens do rio Xingu e ocorrem ao longo dos principais canais fluviais da AID, deverão ser inundados quando da implantação do Empreendimento.

As planícies fluviais dos afluentes deverão ser afetadas por processos de assoreamento, nos pontos em que os canais fluviais atingem o nível do reservatório, criando no canal fluvial novas áreas de deposição, devido a mudança provocada no nível de base da foz desses rios.

7.7.6.3.3 Canal Fluvial do rio Xingu

O canal fluvial do rio Xingu da AID apresenta uma grande quantidade de ilhas aluviais, pedrais, corredeiras e cachoeiras de baixa queda. Nas ilhas formadas por sedimentos argilo-siltosos depositam-se barras constituídas por areia média e seixos que na época de vazante formam praias, **FIGURA 7.7.6-10**.



FIGURA 7.7.6-10 - Ilha aluvial com barra arenosa

No trecho entre a ilha Urubuquara e a ilha do Babaquara predominam grandes ilhas aluviais, formando canais anastomosados com presença de pedrais e corredeiras.

No trecho entre a ilha do Babaquara e a foz do igarapé da Trindade, o canal é erosivo com poucas ilhas aluviais. As mudanças de direção do curso do rio são condicionadas por lineamentos de direção nordeste, leste-oeste e noroeste. Neste trecho se destaca a ilha do Arapujá em frente à Altamira, **FIGURA 7.7.6-11**, que marca a mudança de direção do rio Xingu de noroeste (NE) para leste-oeste (E-W).



FIGURA 7.7.6-11 - Ilha do Arapujá com Altamira ao fundo

No trecho a jusante do igarapé Trindade até a ilha da Taboca predominam pedrais formando corredeiras entremeadas por algumas ilhas aluviais. Neste trecho, e no seguinte, a direção noroeste (NW) é coincidente com a Sutura Central do Pará.

Entre a ilha da Taboca e a foz do rio Bacajá, o canal é anastomosado com abundância de ilhas aluviais (**FIGURA 7.7.6-12**) e uma maior concentração de pedrais entre a foz do rio Itatá e a do rio Bacajá.



FIGURA 7.7.6-12 - Aspecto do rio Xingu com canais anastomosados, ilhas aluviais e pedrais.

A jusante da foz do rio Bacajá, o rio Xingu corre sobre um extenso afloramento rochoso, estando os canais condicionados pelas fraturas e falhas do embasamento cristalino (**FIGURA 7.7.6-13** e **FIGURA 7.7.6-14**), em trecho com orientação nordeste (NE).



FIGURA 7.7.6-13 - Canal em rocha com extenso afloramento rochoso

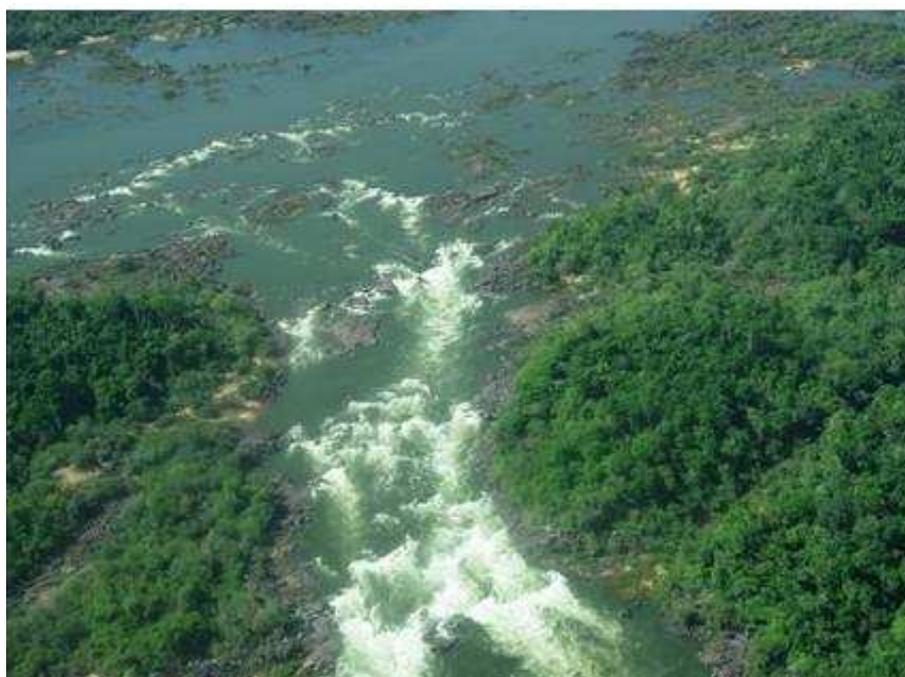


FIGURA 7.7.6-14 - Corredeira a jusante do rio Bacajá

7.7.6.4 Conclusões

A Área de Influência Direta (AID) do AHE Belo Monte engloba formas de relevo colinosas da Depressão da Amazônia Meridional, entremeadas pelos Morrotes e Morros isolados dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, e o relevo de formas variadas, desde colinosos até escarpados do Planalto Marginal do Amazonas. As Planícies Fluviais nas margens do rio Xingu e afluentes são de pequena extensão, sendo mais significativas nas ilhas.

O canal fluvial do rio Xingu é condicionado por altos estruturais que determinam as mudanças de direção do mesmo e a distribuição dos pedrais e ilhas aluviais, que caracterizam esse trecho do rio, com destaque aos extensos pedrais existentes a jusante da foz do rio Bacajá.

Os Terraços, principalmente aqueles situados na região de Altamira, podem sofrer interferências da elevação do lençol freático com o enchimento do reservatório.

As áreas mais críticas quanto a estabilidade de encostas com a formação do reservatório estão associadas às Escarpas dissecadas, Morrotes e Morros e Morrotes isolados. As Escarpas dissecadas ocorrem na porção leste da Serra do Piranga ou Xico Gomes, nas margens do reservatório dos canais, e na região ao sul de Altamira. Os Morrotes e Morros apresentam encostas íngremes em diversos locais nas margens do futuro reservatório, com destaque da área próximo ao extremo sul do Travessão do km 18.

7.7.7 PEDOLOGIA

7.7.7.1 Solos

7.7.7.1.1 Aspectos Gerais

Os estudos de levantamento de reconhecimento dos solos e aptidão agrícola das terras desenvolvidos na região central do Pará, abrangendo os municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, tiveram como objetivo embasar os Estudos de Impacto Ambiental - EIA/RIMA da Área de Influência Direta (AID) do futuro Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Além disso, foram selecionadas áreas alteradas, mas com boa aptidão para lavouras, para detalhamento futuro visando à elaboração dos Planos de Reassentamento Rural, nesses municípios, dos agricultores atingidos pelos impactos da obra, voltadas para o incremento com lavouras.

Para caracterização da Área de Influência Direta (AID) do futuro Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte, foi realizada a identificação e espacialização das unidades pedogenéticas para o Levantamento de Reconhecimento de Alta intensidade de Solos e a Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras na escala 1:100.000. Procedeu-se uma intensa pesquisa bibliográfica, bem como trabalhos de campo para atualização de nomenclaturas e ajustes de delineamentos das unidades pedogenéticas e das suas potencialidades.

Foram desenvolvidos trabalhos de campo ao longo da BR-230, das rodovias estaduais e vicinais do INCRA e particulares, como também pesquisa bibliográfica em várias instituições, e avaliada os levantamentos executados para o EIA/RIMA da ELETRONORTE/ELETOBRÁS (2001), que foram realizados em parceria com a UFPA, e outros estudos na região (SERRUYA et al., 2006, 2007).

Os aspectos pedogenéticos regionais foram avaliados, levando-se em consideração os trabalhos anteriores de âmbito regional pertencentes a diversas instituições, abrangendo os municípios da AID. Dentro desta avaliação, foi possível associar as características de gênese de alguns solos com as condições em que se desenvolveram, observando os parâmetros morfológicos, físicos e químicos dos perfis disponíveis. Como suporte para espacialização das unidades de mapeamento, efetuou-se interpretação de imagens de satélite e radar e associação de padrões com as ocorrências de solos.

A avaliação da aptidão agrícola teve como síntese final a eleição das classes de terras, identificação da potencialidade das unidades de mapeamento de solos, determinação dos níveis de exigência de insumos, conservação e das possibilidades de mecanização.

Analisando-se a caracterização climática da área de estudo, levando-se em consideração os dados climáticos de Altamira, verificou-se que está sob influência dos tipos climáticos Am e Amw' da classificação de Koppen (IBGE, 1966; BASTOS, 1972), que toma por base os valores médios das temperaturas do ar e das precipitações pluviométricas. O tipo climático Am corresponde às florestas tropicais com chuvas do tipo monção, apresentando uma estação seca de pequena duração, com umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das formações fitoecológicas. O Amw' caracteriza-se por um clima tropical úmido, com uma estação seca pouco pronunciada, com precipitações muito elevadas.

Assim sendo, os elementos climáticos para a área apresentam-se dispostos da seguinte maneira: temperatura média anual de 25° C, apresentando isotermas maiores, em torno de 26°; totais pluviométricos anuais em torno de 2.300 mm, com as maiores precipitações ocorrendo no período de janeiro a abril, e as menores no período que vai de julho a outubro, sendo agosto o mês mais seco e fevereiro de maior precipitação. A umidade relativa do ar apresenta valores de isohigos em torno de 85%.

Considerando as possibilidades e limitações climáticas para o uso dos solos, torna-se necessário levar em consideração a disponibilidade de água no solo para as plantas. Pelo balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) pode-se estimar a disponibilidade hídrica, considerando a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração. Analisando-se os dados do balanço hídrico de Altamira, segundo dados disponíveis na publicação “Balanço Hídrico do Brasil”, INMET (1972), verifica-se que com a precipitação pluviométrica anual de 1.705 mm, a evapotranspiração potencial foi de 1.573 mm e a evapotranspiração real de 1.132 mm, resultando em um excedente hídrico anual de 573 mm e uma deficiência hídrica de 441 mm.

Procurando uma interação e correlação com as outras temáticas, identificou-se de forma generalizada os seus atributos. As formações e grupos geológicos que ocorrem na área são representados da seqüência dos mais recentes para os mais antigos, pelos Depósitos Aluvionares, Formação Alter do Chão, Diabásio Penatecaua, Formação Curuá, Formação Ererê, Formação Maecuru, Formação Trombetas e pelas unidades cristalinas pré-cambrianas. O relevo varia de plano a forte ondulado e montanhoso, com as formas predominantes sendo de dissecados em colinas de topo aplainado de superfícies pediplanadas, dissecados em colinas e ravinas, superfícies pediplanadas com aplanamento em retomada de erosão recente, dissecados em mesas e interflúvios tabulares e dissecados em ravinas, principalmente, pertencentes as unidades geomorfológicas, Planalto Marginal do Amazonas, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia e Depressão da Amazônia Meridional.

As formações fitoecológicas estão representadas predominantemente pela floresta tropical densa, ocorrendo também floresta aberta e formações pioneiras. As áreas alteradas são representadas por capoeiras de diversos ciclos de regeneração, macegas, pastos abandonados e ativos com pecuária extensiva e lavouras perenes e temporárias.

7.7.7.1.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados para identificação das unidades pedogenéticas (SERRUYA, 2005), seguiram a nomenclatura do novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SPI, EMBRAPA (1999). Para correlação com a Classificação Americana de Solos, adotou-se a "Soil Taxonomy, Soil Survey Staff, of Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture - Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia - U.S.A. 1998".

Na avaliação da Potencialidade das Terras correspondente foi adotado o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras atualizado por Ramalho Filho et al., Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, 1998).

A metodologia para a identificação florística de correlação foi baseada no Sistema Fitogeográfico Brasileiro - Classificação Fisionômica-Ecológica da Vegetação, elaborada por Veloso et al. (1980), adotada pelo IBGE e que está em harmonia com as legendas internacionais.

Para os trabalhos de campo, utilizou-se o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS e SANTOS, 1984), da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, EMBRAPA-SNLCS, e a carta de "Munsell" (1994) (Munsell Soil Color Charts, Kollmorgen Instruments - Macbeth Division, U.S.A.) para caracterização das cores dos solos.

a) **Trabalhos de Campo**

Definida a área de influência direta do empreendimento, efetuou-se ao longo da rodovia Transamazônica (BR-230) e estradas vicinais particulares e de assentamentos do INCRA, trabalhos de prospecção das unidades pedogenéticas, com caracterização física e morfológica. Os procedimentos metodológicos em campo tiveram sua abrangência nas atividades de utilização de material cartográfico, sensores, procedimentos de observação e amostragem de perfis de solos, georreferenciamento dos pontos com GPS, correlação do solo com as superfícies geomórficas e as litologias, tendo como resultado a composição das unidades de mapeamento. As amostras recolhidas no campo foram direcionadas para análise físico-química no Laboratório de Solos da unidade do CPATU da EMBRAPA, em Belém.

b) **Trabalhos de Escritório**

O procedimento inicial foi a pesquisa bibliográfica em torno de dados secundários disponíveis como o Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte (ELETRONORTE/ELETROBRÁS, 2001), com a participação da UFPA, o Estudo de Viabilidade da UHE Kararaô (ELETRONORTE, 1987), bem como estudos correlatos que pudessem servir de subsídios na execução do levantamento. Com os dados obtidos, foi executada a interpretação de imagens Landsat, e a correlação com a litologia e formas de relevo, sendo definidas as unidades de mapeamento de solos. Através dos dados e informações cartográficas das unidades pedogenéticas e de mapeamento de solos obtidas nos trabalhos de campo, elaborou-se o detalhamento dos polígonos e arranjos da legenda. Como parte final dos trabalhos, com base nos dados pedológicos e na avaliação da aptidão agrícola das terras, elaborou-se a redação do presente relatório.

c) **Trabalhos Finais**

Os trabalhos para apresentação dos estudos tiveram como seqüência a composição final da legenda de solos, as suas potencialidades agrícolas, a compatibilização das nomenclaturas utilizadas, a descrição das classes de solos identificadas na área, a caracterização dos perfis, a caracterização ambiental e físico-química-morfológica das unidades pedogenéticas, o *prognóstico de insumos para lavouras básicas, a identificação das unidades pedogenéticas das principais microbacias hidrográficas do rio Xingu e os resultados e discussões.

Apresenta-se, a seguir, o **QUADRO 7.7.7-1** de correspondência aproximada entre a nomenclatura brasileira de solos atualizada (5ª edição) e a nomenclatura norte-americana (SERRUYA e ROUBLES, 1977; SERRUYA et al., 1999). A fim de ilustrar e melhor auxiliar na utilização deste trabalho, é apresentada também a correspondência entre esta 5ª edição e a nomenclatura anteriormente usada pela Embrapa Solos e que também foi utilizada pelo Projeto RADAM/RADAMBRASIL (SERRUYA et al. 1976), **Apêndice 7.7.7-1, Volume 12**.

QUADRO 7.7.7-1

Correspondência entre o Sistema Brasileiro e o Soil Taxonomy

Sistema Brasileiro (5ª Edição, 1999)	Soil Taxonomy (U.S.A.) (1998)
Argissolo Acinzentado	<i>Kandiaquults</i>
Argissolo Amarelo	<i>Kandiudults, Hapludults</i>
Argissolo Vermelho Amarelo	<i>Paleudults, Hapludults Hapludalfs</i>
Argissolo Vermelho	<i>Hapludults, Rhodudults, Kandiudalfs</i>
Cambissolo Háptico	<i>Dystropepts, Eutropepts</i>
Chernossolo Háptico Órtico	<i>Hapludolls</i>
Espodossolo Cárbico	<i>Epiaquods</i>
Espodossolo Ferrocárbico	<i>Endoaquods</i>
Gleissolo Háptico	<i>Fluvaquents, Tropofluvents</i>
Gleissolo Melânico	<i>Tropaqupts</i>
Latossolo Amarelo	<i>Kandiudox, Hapludox</i>
Latossolo Vermelho	<i>Kandiudox(Rhodic)</i>
Latossolo Vermelho-Amarelo	<i>Hapludox</i>
Luvissolo Hipocrômico	<i>Hapludalfs</i>
Neossolo Litólico	<i>Troorthents, Udorthents</i>
Neossolo Flúvico	<i>Endoaquents</i>
Neossolo Quartzarênico Órtico	<i>Quartzipsamments</i>
Neossolo Quartzarênico Hidromórfico	<i>Psammaquents, Fluvaquents</i>
Nitossolo Vermelho	<i>Rhodudalfs, Rhodustalfs</i>
Nitossolo Háptico	<i>Paleudalfs</i>
Organossolo Háptico Sáprico	<i>Medisaprists</i>
Planossolo Nátrico	<i>Natrustalfs</i>
Planossolo Hidromórfico	<i>Albaquults</i>
Planossolo Háptico	<i>Albaqualfs, Albaquults</i>
Plintossolo Pétrico	<i>Hapludults, Hapludox(Petroferric)</i>
Plintossolo Háptico	<i>Plinthudults , Plinthaquults</i>

7.7.7.1.3 Critérios de Classificação dos Solos

Para caracterização das Unidades Pedogenéticas foram adotados os critérios que indicam fertilidade, presença de plintita no perfil, granulometria, faixas de capacidade de troca de cátions indicativa do tipo de argila, faixas de topografia, que caracterizam o relevo e diferentes tipos de profundidade dos perfis dos solos. A descrição encontra-se no **Apêndice 7.7.7-2 (Volume 12)**.

7.7.7.1.4 Descrição das Classes de Solos (Grandes Grupos)

O Mapa de Solos da Área de Influência Direta, foi elaborado na escala 1:100.000 e apresentado no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-028**, na escala 1:125.000 com a respectiva legenda, que está descrita no **Apêndice 7.7.7-3 (Volume 12)**.

No **Apêndice 7.7.7-4 (Volume 12)** são apresentados a descrição dos perfis de solos e os resultados das análises físico-químicas oriundos de trabalhos anteriores.

Na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte foram identificadas e mapeadas as classes de solos descritas a seguir.

a) **Argissolo Acinzentado Alumínico (Kandiaquults)**

Classe de solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E.

Apresentam matizes mais amarelo que 5YR e valor 5 ou maior e croma menor que 4 na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte Bt + BA. Na correlação com a classificação americana de 1998, correspondem aproximadamente aos Arenic Plinthic Kandiaquults.

Ocorrem como dominante, de textura arenosa/média, associados a Plintossolo Háplico Alumínico Típico (Typic Plinthudults) textura média e a Gleissolo Háplico Tb Alumínico Típico (Typic Fluvaquents) A húmico textura média sob formação pioneira arbustiva em relevo suave ondulado e plano na unidade de mapeamento PACa, **FIGURA 7.7.7-1**. Como subdominante, aparecem associados a Argissolo Vermelho Amarelo e Neossolo Litólico, em locais características de fundo de vale encaixado, em relevo que varia de ondulado a forte ondulado.



FIGURA 7.7.7-1 - Argissolo Acinzentado Alumínico

b) Argissolo Amarelo Alumínico (Kandiudults, Hapludults)

Constituído de solos minerais, não hidromórficos, bem intemperizados, bastante evoluídos, bem e moderadamente drenados, profundos, argila de atividade baixa conforme definição da classe, com horizonte B textural, formado pela acumulação de argila silicatada, devido o processo de iluviação e com seqüência de horizontes A, Bt e C, podendo ou não possuir horizonte E.

O horizonte A tem 35 cm de espessura; geralmente com cores dominantes no matiz (7,5YR5/4) bruno; textura dominante é areia franca ou franco-argilo-arenosa; a estrutura é fraca, pequena em bloco subangular; a consistência úmida é friável ou firme e quando molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. O horizonte B tem espessura de, aproximadamente, 110 cm; as cores mais comuns são bruno-amarelado (7,5YR5/6 e 5/8) bruno forte; a textura, normalmente, é franco-argilo-arenosa, argila-arenosa ou argilosa; a estrutura é fraca, pequena e média em bloco subangular; a consistência úmida é firme e quando molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ou plástico e pegajoso. O horizonte B textural destes solos apresenta características correspondentes ao “Kandic horizon” (“Ultisols - Udults - Kandiudults, U.S.A.” 1992), com nítida diferenciação textural entre o A e B.

São solos de baixa fertilidade natural, altos percentuais de saturação com alumínio, e conseqüentemente elevados níveis de acidez.

Como variações, apresentam-se alumínicos e plínticos. Aparecem na área em caráter dominante e subdominante, associados ao Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico e Neossolo Quartzarênico, principalmente, **FIGURA 7.7.7-2**. A vegetação predominante é de floresta densa, apresentando elevados níveis de alterações. As unidades de mapeamento representativa desta classe de solos, como dominantes, estão no mapa como PAa1 a PAa4 em relevo que varia de plano a forte ondulado.



FIGURA 7.7.7-2 - Argissolo Amarelo Alumínico

c) **Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico (Paleudults, Hapludults, Hapludalfs)**

Solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, muito intemperizados, profundos, bem drenado, argila de atividade baixa por definição da classe, com horizonte B textural, resultante da acumulação de argila silicatada, devido o processo de iluviação, conforme pode ser observado pela diferença nos teores de argila, entre os horizontes A e B, apresentando seqüência de horizontes A, Bt e C.

O horizonte A possui espessura média de 30 cm; cores bruno-avermelhado(5YR5/3) e bruno (7,5YR5/4); e textura mais comum é franco-argilo-arenosa; a estrutura é fraca e moderada, pequena e média granular; a consistência úmida é firme e, se molhado, é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. A espessura do horizonte B é em média de 120 cm; com coloração vermelho-amarelada (5YR5/6 e 5/8); a textura dominante é da classe argila; a estrutura é moderada, média e em bloco subangular; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é plástico e pegajoso.

Apresentam como variação solos alumínicos, eutróficos, petroplínticos, e são encontrados, principalmente, em relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado. As unidades representativas dominantes no mapa de solos são os PVAa1 a PVAa11, **FIGURA 7.7.7-3**. Como componentes nas associações aparecem Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Nitossolo Vermelho, Nitossolo Háplico, Plintossolo Pétrico, e Neossolo Litólico.

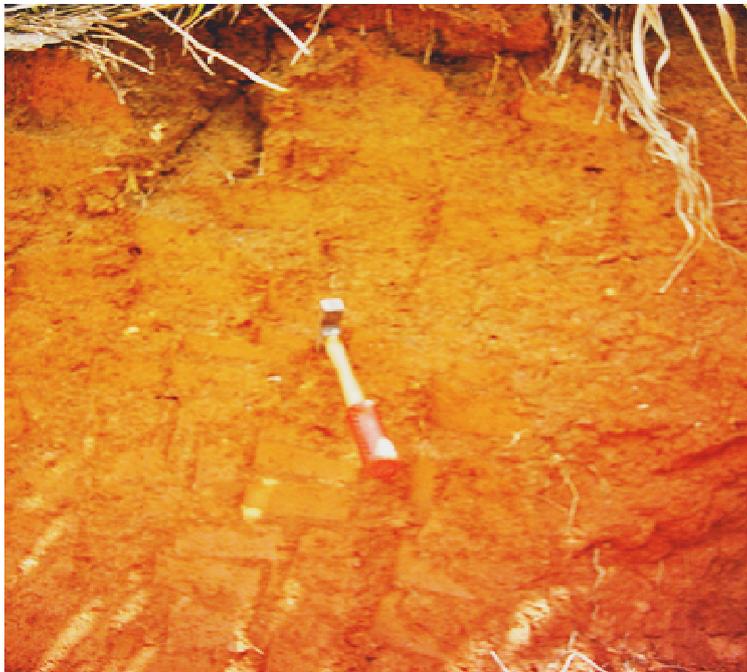


FIGURA 7.7.7-3 - Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico

d) **Argissolo Vermelho Distrófico e Eutrófico (Hapludults, Rhodudults, Kandiudalfs, Paleudalfs)**

Solos com horizonte B textural de cores avermelhadas, com tendência à tonalidade escura, normalmente de matiz 2,5YR ou mais vermelho e com valor inferior a 5, croma menor que 7, teores de Fe_2O_3 inferiores a 18%, podendo como variação apresentar valores entre 18 a 36%, o que lhe confere o caráter eutroférico. Apresentam-se bem desenvolvidos, muito intemperizados, profundos, bem drenados, argila de atividade baixa, e com sequência de horizontes A, Bt e C.

O horizonte A tem espessura média de 40 cm; a coloração dominante é, geralmente, bruno-avermelhada (2,5YR4/4); as texturas mais comuns são argila-arenosa e argilosa; a estrutura é fraca, pequena e média granular e em bloco subangular; a consistência úmida é firme e quando molhado é sempre plástico e pegajoso. O horizonte B tem espessura, normalmente, superior a 80 cm; as cores mais comuns são vermelho escuro (2,5YR3/6) ou vermelho (10R4/6); a textura é da classe argila; a estrutura é moderada, pequena e média em bloco subangular; a consistência úmida é firme e quando molhado é plástico e pegajoso (**FIGURA 7.7.7-4**).

São solos eutróficos e distróficos, textura média/ argilosa e ocorrem como subdominante em relevo suave ondulado e ondulado, associados, principalmente, a Nitossolo Vermelho e Háplico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Plintossolo Pétrico.



FIGURA 7.7.7-4 - Argissolo Vermelho Distrófico e Eutrófico

e) **Cambissolo Háptico Distrófico e Eutróficos (Distropepts)**

São solos minerais, não hidromórficos, pouco profundos, bem drenados, com algum grau de desenvolvimento, mas não o suficiente para alterar totalmente os minerais primários, mesmo aqueles de fácil intemperização. Os processos de formação já modificaram o material originário, podendo formar estruturas, quando a textura for favorável, sem apresentarem acumulação de óxidos de ferro e argila, em quantidade suficiente para classificá-los como de B textural.

Portanto, são solos que sofreram alteração mineralógica, física e química, em grau não muito avançado, porém o necessário para o desenvolvimento de cor ou estrutura, nos quais mais da metade do volume do perfil não deve existir estrutura da rocha original com 4% ou mais de minerais primários menos resistentes ao intemperismo, ou 6% ou mais de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à fração terra firme.

Possuem relação silte/argila igual ou superior a 0,7, quando a textura for média e, igual ou maior que 0,6, se for argilosa, com seqüência de horizontes A, Bi e C, além de outras características.

O horizonte A possui espessura média de 20 cm; a cor mais freqüente na área é bruno (7,5YR5/4) e bruno avermelhado(5YR5/3); a textura dominante é da classe franco argilo arenosa; a estrutura é fraca, média e granular; a consistência úmida e firme e, quando molhado é plástico e pegajoso. O horizonte Bi tem espessura média de 35 cm; a cor bastante variável; a textura é da classe argila; a estrutura é fraca, média em bloco subangular; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é plástico e pegajoso. Como variação, apresenta-se argissólico, com cores mais vermelhas e profundidade em torno de 60 cm.

São geralmente distróficos, **FIGURA 7.7.7-5**, ocorrendo também solos eutróficos, **FIGURA 7.7.7-6**, e estão associados a Neossolo Litólico e Argissolo Vermelho-Amarelo raso predominantemente na unidade de mapeamento CXbd1, CXbd2 e CXbe. A maior ocorrência desta unidade aparece ao longo do trecho da rodovia BR-230, desenvolvidos a partir de folhelhos da Formação Curuá em relevo ondulado.



FIGURA 7.7.7-5 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico



FIGURA 7.7.7-6 - Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Argissólico

f) Espodossolo Cárbico (Epiaquods)

Solos constituídos de material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E, horizonte A ou horizonte H hístico. Apresentam, usualmente, sequência de horizontes A, E, Bh, Bhs ou Bs e C, com nítida diferenciação de horizontes. A cor do horizonte A é variável, e a do horizonte E vai desde cinzenta ou acinzentada clara até praticamente branca. O horizonte Bh ou Bhs varia desde cinzenta, de tonalidade escura, até preta, apresentando-se sob a forma de "ortstein" (camada endurecida) ou "orterde".

A textura do solum é predominantemente arenosa no horizonte B. Apresentam drenagem variável em função da profundidade e grau de desenvolvimento, bem como cimentação. São solos muito pobres, fortemente ácidos, saturação de bases baixa, podendo apresentar altos teores de alumínio extraível.

São desenvolvidos de materiais arenoquartzosos em condições variável, estando na área de estudo ligados aos sedimentos da Formação Trombetas. Estão como componente dominante na unidade Eku, **FIGURA 7.7.7-7**. Apresentam-se hiperespessos e, foram correlacionados aproximadamente aos Typic Epiaquods, da classificação americana.



FIGURA 7.7.7-7 - Espodossolo Cárbico

g) Gleissolo Háplico Alumínico (Fluvaquents, Tropofluents)

Classe formada de solos minerais, hidromórficos, mal drenados, pouco profundos, originados pela deposição recente de materiais finos, com menos de 5% de matéria orgânica e horizonte glei, subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, podendo ter menos de 15% de mosqueado de plintita. A não ser que o solo seja artificialmente drenado, o horizonte é saturado com água, por influência do lençol freático ou algum impedimento, durante parte do ano ou o ano todo, apresentando evidências de processos de redução e oxidação. Estes solos possuem seqüência de horizontes A, Cg.

O horizonte A tem espessura média de 25 cm; a cor dominante é bruno-acinzentado (10Y5/2); textura mais comum é franco-argilosa ou franco-argila-arenosa; a estrutura é moderada, média e em bloco subangular; a consistência úmida é firme ou muito firme, e quando molhado varia de ligeiramente plástico a plástico e de ligeiramente pegajoso a pegajoso.

O horizonte Cg possui espessura, geralmente, de 60 cm; cor, mais usual, cinzento-claro (N7/), com mosqueados comuns, médios e distintos, bruno-amarelado (10YR5/8) e vermelho-amarelado (5YR5/8), principalmente; a textura mais freqüente é da classe argila; a estrutura é maciça; a consistência úmida é firme ou muito firme e, se molhado, é plástico e pegajoso. Como variação aparece Gleissolo com horizonte H hístico. São solos distrófico, alumínicos, de textura média e argilosa e, encontrados em relevo plano.

Distribui-se em sua maior extensão ao longo das planícies e terraços do rio Xingu e seus tributários, como dominante na unidade de mapeamento GXba1 e GXba2, **FIGURA 7.7.7-8**, associados a Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico e Plintossolo Háplico.

Também em situações de fundos de vales, das colinas de topo aplainado, inclusive nas áreas de projeção dos canais do AHE Belo Monte, aparecem em caráter subdominante associados a Argissolo Acinzentado Plíntico e Planossolo Hidromórfico.



FIGURA 7.7.7-8 - Gleissolo Háplico Alumínico

h) Latossolo Amarelo Alumínico (Kandiudox, Hapludox)

Estes solos, apresentam um horizonte B latossólico, profundo, de baixa fertilidade natural, acidez com alumínio elevada, baixos teores de Fe_2O_3 , friáveis, com seqüência de horizontes A, Bw, C, com cores brunados, bruno-amarelados e amarelos nos matizes maiores que 5 YR e com transição geralmente difusa entre os horizontes. O horizonte “B” destes solos apresenta nesta região, similaridade com o horizonte “Kandic” (“Oxisols - Udox - Kandiudox, Soil Survey Staff, Fifth Edition, 1994”).

O conteúdo de argila no perfil pode variar bastante, o que possibilita a diferenciação de solos com textura média, nos quais o conteúdo de argila no horizonte B pode variar de 15 e 35%, com textura argilosa em que o conteúdo de argila oscila entre 35 e 60% e, muito argilosa em que estes percentuais estão acima de 60%, tendo que haver, neste último caso, cuidados no manejo quanto ao uso de implementos e máquinas pesadas, para evitar a cimentação das estruturas do solo.

Os valores de soma de bases são muito baixos nos horizontes, reflexo do também baixo conteúdo de nutrientes do material de origem destes solos, em adição à intensa exposição aos agentes de intemperismo e processos de erosão e lixiviação.

Nos horizontes superficiais o carbono é levemente mais elevado, decrescendo com a profundidade, caracterizando predominantemente na região a ocorrência de A fraco (horizonte “ótrico”), embora ocorra também A moderado ou mediano.

Esta classe de solos ocorre em caráter dominante na unidade de mapeamento LAa, **FIGURA 7.7.7-9**, com textura muito argilosa e argilosa. Como subdominante aparecem associados principalmente aos Argissolos Amarelos nas unidades PAa1, PAa2, PAa3. O relevo varia de plano a forte ondulado, e a vegetação é do tipo floresta densa, porém com elevados percentuais de alterações para capoeiras e macegas.



FIGURA 7.7.7-9 -Latossolo Amarelo Alumínico

i) Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico (Hapludox)

Unidade formada por solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, altamente intemperizados, profundos e muito profundos, bem drenados, com horizonte B latossólico, contendo teores de Fe_2O_3 , proveniente do ataque sulfúrico igual ou menor que 11% e, geralmente, maior que 7% quando de textura argilosa ou muito argilosa e não petroplântico, com cor predominante vermelho-amarelo, no horizonte diagnóstico, possuindo seqüência de horizontes A, B e C.

O horizonte A possui espessura média de 40 cm; cor dominante bruno-avermelhado (5YR 4/4); a textura mais comum é franco-argilo-arenosa; a estrutura é fraca, pequena e média

granular; a consistência úmida é sempre friável e, se molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. O horizonte B tem espessura média de 120 cm; a coloração dominante é vermelho-amarelado (5 YR 5/6 e 5/8); a textura é argila; a consistência úmida é friável e, quando molhado é plástico e pegajoso.

São geralmente alumínicos, de textura média a muito argilosa, podendo apresentar variações, como petroplântico e cascalhento, e ocorrem em relevo que varia de plano a ondulado, sob vegetação de floresta densa e aberta. Estão representados predominantemente na área pelas unidades de mapeamento LVAa1 a LVAa2, **FIGURA 7.7.7-10**, em associações com Argissolo Vermelho - Amarelo e Neossolo Litólico.



FIGURA 7.7.7-10 - Latossolo Vermelho Amarelo Alumínico

j) Neossolo Flúvico Distrófico (Haplaquents, Tropofluents)

São solos pouco desenvolvidos, pouco profundos ou profundos, moderadamente drenados, formados pela deposição de sedimentos transportados pelos cursos d'água, tendo como horizonte diagnóstico apenas o A, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, de diferentes tipos de materiais, sem nenhuma relação pedogenética.

Em decorrência da grande variação no tamanho, densidade e composição mineralógica, física e química dos componentes, estes solos possuem propriedades que variam a curta distância, vertical e/ou horizontal, tornando difícil a determinação de um perfil modal. Os Neossolos Flúvicos, por terem camadas estratificadas,

FIGURA 7.7.7-11, possuem distribuição muito irregular de carbono, portanto, com teor de matéria orgânica bastante variável de um estrato para outro.

Aparecem ao longo dos diques e planícies incipientes das microbacias do rio Xingu, associados a Gleissolo Háplico e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, sob vegetação de Formação Pioneira e Floresta Densa Aluvial, em relevo plano, como dominante na unidade de mapeamento RUBd, e como subdominante na GXba2.



FIGURA 7.7.7-11 - Neossolo Flúvico Distrófico

k) Neossolo Litólico Distrófico (Udorthents, Troporthents)

Solos rasos, bem drenados, com elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e, também, possuindo blocos de rocha semi-intemperizados de diversos tamanhos.

Estes solos possuem o horizonte A sobrejacente à rocha, sendo que, em alguns casos, apresenta Bi e/ou C. A cor, textura, estrutura e consistência são bastante variáveis, dependendo da composição mineralógica e química do material originário.

Apresentam-se distróficos, de textura média, **FIGURA 7.7.7-12**, e são encontrados em relevo que varia de ondulado a forte ondulado, compondo associação com Afloramentos de Rochas, Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo, como dominante nas unidades de mapeamento RLd1 a RLd3 e como subdominante nas AR2, CXbd2, PVAa4, PVAa7 e PVAa11.

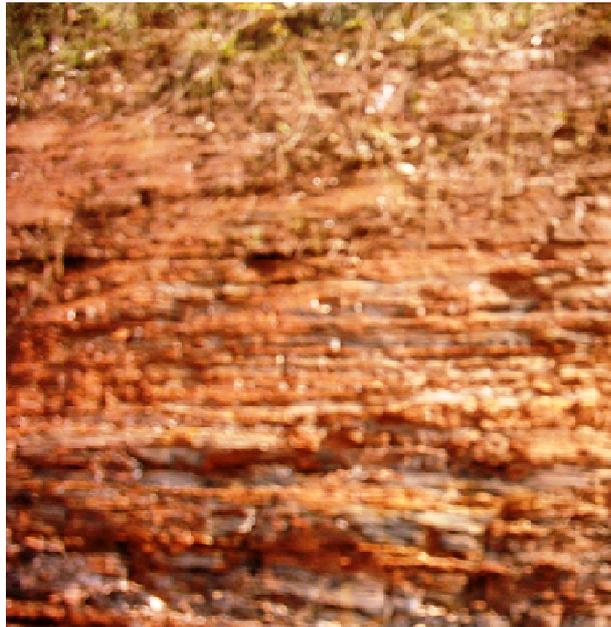


FIGURA 7.7.7-12 - Neossolo Litólico Distrófico

I) Neossolo Quartzarênico Alumínico (Quartzipsamments, Psammaquents, Fluvaquents)

Solos minerais arenoquartzosos, pouco evoluídos, pouco profundos ou profundos, contendo percentagem de argila menor que 15% até 200 cm de profundidade, sendo que mais de 95% da fração areia está representada por quartzo, possuindo seqüência de horizontes A e C.

O horizonte A possui espessura variável; cores dominantes bruno (10YR5/3) e bruno-amarelado-claro (10YR6/4); a textura é da classe areia; a estrutura é em grãos simples; a consistência úmida é solto e, quando molhado, é não plástico e não pegajoso. O horizonte C tem espessura média de 120 cm; cor mais comum é bruno (10YR7/2 e 8/2), cinzento claro e branco respectivamente; a textura é da classe areia; a estrutura é em grãos simples; a consistência úmida é solto e, se molhado, é não plástico e não pegajoso.

Apresentam-se órtico, ou hidromórfico com presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano, imperfeitamente ou mal drenados com mosqueados comuns, pequenos e distintos, amarelo (10YR7/8) e amarelo-brunado (10YR6/8);

São solos alumínicos e são encontrados em relevo plano. Quando órtico estão associados principalmente a Argissolo Amarelo na unidade Rqoa, **FIGURA 7.7.7-13**, e quando hidromórfico a Gleissolo Háptico, Neossolo Flúvico, Plintossolo Háptico e Afloramentos de Rochas nas planícies do rio Xingu, na unidade de mapeamento Rqga, **FIGURA 7.7.7-14**.



FIGURA 7.7.7-13 - Neossolo Quartzarênico Alumínico Órtico



FIGURA 7.7.7-14 - Neossolo Quartzarênico Alumínico Hidromórfico

m) Nitossolo Vermelho Eutrófico (Rhodudalfs)

São solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, profundos, com elevado grau de intemperização, sendo praticamente destituídos de minerais primários facilmente decomponíveis, bem drenados, com horizonte B nítico (reluzente) textural de pouco ou nenhum gradiente textural, argila de atividade baixa e com pequena relação silte/argila, teor de Fe_2O_3 superior a 15%, e TiO_2 maior que 1,5%.

Estes solos possuem sequência de horizontes A, B e C. O horizonte A possui espessura média de 30 cm; as cores mais comuns são bruno-avermelhado-escuro (2,5YR3/4); a textura é argilosa; a estrutura é forte, pequena e média em bloco angular; a consistência úmida é firme e, se molhado, é plástico e pegajoso. O horizonte Bt tem espessura média de 110 cm; cores dominantes são vermelho-escuro (2,5YR3/6) ou mais vermelho, a textura pertence às classes argila e muito argilosa; a estrutura é moderada ou forte, pequena e média em blocos subangular e angular cerosidade abundante e moderada; a consistência úmida é firme e, quando molhado é plástico e pegajoso ou muito plástico e muito pegajoso.

Estes solos são correspondentes a antiga denominação de Terra Roxa Estruturada e apresentam variação de cores. A maior distribuição desta unidade é na porção da BR-230, nos trechos entre Brasil Novo - Uruará e Altamira - Belo Monte, ocorrendo também nas vicinais e travessões norte e sul. São solos desenvolvidos a partir do Diabásio Penatecaua do Jurássico-Cretáceo.

São solos eutróficos, argilosos e encontram-se em relevo que varia de suave ondulado a ondulado. Estão representados predominantemente pela unidade de mapeamento Nve, **FIGURA 7.7.7-15**.



FIGURA 7.7.7-15 - Nitossolo Vermelho Eutrófico

n) Nitossolo Háplico Eutrófico (Rhodudalfs, Hapludalfs)

Solos com similaridade com a classe anteriormente descrita, porém não satisfazendo requisitos para enquadramento naquela classe. Apresentam cores menos vermelhas que 2,5YR, geralmente vermelho amarelado (5YR4/8).

Aparecem na unidade de mapeamento NXe, **FIGURA 7.7.7-16**, em caráter dominante, associados a Argissolo Vermelho, Vermelho- Amarelo e Cambissolo Háplico, em relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado.



FIGURA 7.7.7-16 - Nitossolo Háplico Eutrófico

o) Planossolo Hidromórfico Distrófico (Albaquults)

Solos minerais, hidromórficos, profundos, bem desenvolvidos, bem intemperizados, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B plânico imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta. Apresentam seqüência de horizontes A, Btg, Cg ou A, E, Btg e Cg.

É característica destes solos, que por efeito da vigência cíclica de excesso de umidade, ainda que por períodos curtos, as cores no horizonte B, e mesmo na parte inferior do horizonte sobrejacente, são predominantemente pouco vivas, tendendo a acinzentadas ou escurecidas, havendo ou não cores neutras de redução, com ou sem mosqueados conforme especificados para o horizonte B plânico. Nestas ocorrências da área, na subordem hidromórfica apresentam horizonte glei coincidindo com o horizonte plânico.

O horizonte A possui espessura média de 20 cm; a cor predominante é cinzento (7,5YR5/1); a textura é da classe franco arenosa; a estrutura é fraca, pequena e granular e grãos simples; a consistência úmida é solta e quando molhado é não plástico e não pegajoso. O horizonte E possui espessura de, aproximadamente, 35 cm; a cor mais comum é cinzento-claro (7,5YR6/1); a textura é areia ou areia-franca; a estrutura é maciça que se desfaz em grãos simples; a consistência úmida é solta e quando molhado é não plástico e não pegajoso. O horizonte Btg plânico, possui espessura média de 110 cm; a cor dominante é cinzento-claro (N7/), com mosqueado pouco, pequeno e proeminente de cor vermelho-amarelado (5YR 4/8); a textura mais usual é argila-arenosa; a estrutura é maciça; a consistência úmida é muito friável e quando molhado é não plástico e não pegajoso ou ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Apresentam-se distróficos, textura média, encontrados em relevo plano e suave ondulado. Na área, aparecem como dominantes, na unidade de mapeamento SGd (**FIGURA 7.7.7-17**), associados a Plintossolo Háptico e Gleissolo Háptico sob vegetação de Formação Pioneira Arbustiva e Floresta Densa Aluvial.



FIGURA 7.7.7-17 - Planossolo Hidromórfico Distrófico

p) Plintossolo Pétrico Concrecionário Alumínico (Hapludults, Hapludox)

Anteriormente denominados de Solos Concrecionários Lateríticos, apresentam-se bem drenados e caracterizados por possuírem concreções ferruginosas, que são formações originadas por segregação, de compostos ferrosos e, secundariamente, alumínio, além de argila, quartzo e outros elementos, pobres em matéria orgânica, formados pelo processo cíclico de umedecimento e secagem. Estas concreções, ou petroplintitas, constituem mais de 50% em volume, da massa do solo, e ocorrem próximo ou desde a superfície, ao longo do perfil, originando a denominação de Plintossolo Pétrico Concrecionário.

Possui seqüência de horizontes A, Bf e C. O horizonte A possui espessura média variável; cores bruno (7,5YR5/4) e bruno-forte (7,5YR5/6 e 5/8); as texturas pertencem às classes franco-argilo arenosa e argila-arenosa, predominantemente; a estrutura é de difícil definição, em virtude da presença de petroplintitas (concreções lateríticas); e consistência, quando molhado varia de ligeiramente plástico a plástico e de ligeiramente pegajoso a pegajoso. O horizonte B tem características morfológicas e físicas semelhantes às do A, distinguindo-se pela cor que é, geralmente, vermelho-amarelado (5YR5/8).

São solos alumínicos, de texturas argilosa e média, sendo encontrados em relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado, associados principalmente a Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho- Amarelo.

Apresenta sua maior distribuição ao longo dos pedimontes dissecados das coberturas detríticas lateríticas, nas proximidades do rio Xingu, compondo predominantemente a unidade de mapeamento FFca, **FIGURA 7.7.7-18**. São solos ácidos, de baixa fertilidade natural, devendo ser mantida a vegetação primitiva como áreas de preservação permanente, permitindo-se seu uso somente pontualmente, para exploração de material de construção.



FIGURA 7.7.7-18 – Plintossolo Pétrico Concrecionário

q) Plintossolo Háptico Alumínico (Plinthudults)

Solos minerais, com horizonte plíntico ou litoplíntico, e que não satisfazem condição para pétrico ou argilúvico. São formados sob condição de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade e, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização.

Aparecem na área em condição de fundo de vales encaixados, imperfeitamente ou mal drenados, ou em planícies e terraços de coberturas recentes. São de muito baixa fertilidade natural e ácidos, o que lhe confere o caráter alumínico. Compõem predominantemente as unidades de mapeamento FXa, **FIGURA 7.7.7-19**, associados a Gleissolo Háptico, Neossolo Litólico, Argissolo Acinzentado, e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, em relevo plano a suave ondulado.



FIGURA 7.7.7-19 - Plintossolo Háplico Aluminico

7.7.7.1.5 Caracterização Ambiental e Físico-Química-Morfológica das Unidades Pedogenéticas

A caracterização das unidades pedogenéticas levantadas em campo, com a avaliação físico-química-morfológica e ambiental dos solos é apresentada no **Apêndice 7.7.7-5 (Volume 12)**. Em algumas unidades foi realizada somente a análise de fertilidade, em decorrência de haver análises granulométricas de outros pontos dentro da mesma unidade de solo. Os dados analíticos foram processados no Laboratório da EMBRAPA/CPATU - Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental em Belém.

7.7.7.1.6 Uso Atual das Terras

A atividade de pecuária extensiva ainda representa os maiores empreendimentos na área rural destes municípios do entorno da AHE Belo Monte. Porém, é importante salientar, que apesar das tendências de intensificação dessa atividade ao longo do tempo, as tradicionais vocações extrativas e de cultivos semicomercial e de subsistência típicas da região ainda são mantidas.

Por outro lado, esse modelo de exploração, de pastagens extensivas, em áreas de relevo ondulado e até forte ondulado, nas diversas unidades pedogenéticas, principalmente nas de perfil mais desenvolvido e de melhores condições de fertilidade, vem mudando paulatinamente através do tempo, para lavouras perenes e semi-perenes, a exemplo do cacau, café, pimenta do reino, pupunha, banana e outras.

7.7.7.2 Aptidão Agrícola das Terras

O sistema desenvolvido para a avaliação da potencialidade das terras não considera fatores de ordem econômica e social, bem como de emprego de tecnologia avançada como a irrigação. As melhores terras são indicadas, basicamente, para culturas de ciclo curto, ficando implícito que são, também, para culturas de ciclo longo. É considerado um solo ideal e a partir do qual todos os demais são julgados quanto às suas limitações de deficiências de fertilidade, de água, de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Esta metodologia adotada procura atender, embora subjetivamente, a uma relação custo/benefício favorável. Ela é praticamente apropriada para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões, devendo sofrer reajustamentos no caso de ser aplicada a pequenas áreas individuais de lavouras.

A base de dados utilizada para a AID, com exceção dos detalhamentos de campo, é a mesma da AII, desta forma tanto este item, como o 7.7.7.3 e subseqüentes até o 7.7.7.3.7, repetem o que foi descrito na AII, com as adaptações necessárias, e foram aqui inseridos para facilitar a interpretação e análise das informações.

7.7.7.2.1 Condições Agrícolas das Terras e seus Graus de Limitações

Os fatores considerados para avaliar as condições agrícolas das terras são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Além das características inerentes aos solos como textura, profundidade, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, salinidade, fatores mesológicos (clima, topografia, etc.) também são considerados na avaliação da aptidão agrícola das terras. Alguns dos fatores determinantes da classe de aptidão agrícola atuam de forma mais decisiva como declividade e profundidade, que por si só já restringem certos tipos de utilização, mesmo com tecnologia avançada.

A caracterização dos graus de limitações das condições agrícolas das terras está discriminada no **QUADRO 7.7.7-2**, a seguir.

QUADRO 7.7.7-2
Caracterização dos Graus de Limitações das Condições
Agrícolas das Terras

		DEFICIÊNCIA DE FERTILIDADE	DEFICIÊNCIA DE ÁGUA	EXCESSO DE ÁGUA OU DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO	SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO	IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO
N	NULO	Terras que apresentam elevadas reservas de nutrientes. Ausência de toxidez por sais solúveis. Ausência de alumínio trocável na camada arável. Saturação por bases >80%, Soma de bases trocáveis >6mea/100g de solo (TFSA), Condutividade elétrica <4 mmhos/cm a 25°C.	Não há falta de água disponível em nenhuma época do ano. Terras com boa drenagem ou livres de estação seca. Terras com lençol freático elevado (típicas de várzeas), pertencem a este grau mesmo em climas com estação seca mais acentuada. É possível, dependendo da temperatura, umidade relativa e distribuição das chuvas, haver dois cultivos ao ano.	Não há falta de aeração por excesso d'água. Terras excessivamente drenadas.	Terras não suscetíveis à erosão. Geralmente relevo plano e com boa permeabilidade.	Geralmente topografia plana e praticamente plana com declividade inferior a 3%. Sem impedimentos relevantes à mecanização permitindo o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas em qualquer época do ano.
L	LIGEIRO	Boa reserva de nutrientes. Ausência de toxidez por sais solúveis ou sódio trocável. Apresentam saturação por alumínio <30%, soma de bases trocáveis >3meg/100g de solo (TFSA), condutividade elétrica <4mmhos/cm a 25°C e saturação por sódio < 6%	Falta de água disponível durante um período de 1 a 3 meses por ano. Solos com lençóis freáticos elevados pertencem a este grau mesmo em clima com maior período seco. É possível, dependendo da temperatura, umidade relativa e distribuição/ uniformidade da época úmida, haver dois cultivos ao ano.	Apresentam certa deficiência de aeração às culturas sensíveis ao excesso d'água, durante a estação chuvosa. Em geral são terras moderadamente drenadas.	Terras com pouca susceptibilidade à erosão. Normalmente as características físicas e morfológicas dos solos (textura, profundidade efetiva, estrutura) são favoráveis, variando os declives de 3 a 8%	Terras quase sempre em relevo suave ondulado, com declives de 3 a 8%, profundas ou pouco profundas. Podem ocorrer em áreas de relevo mais suave, tendo, porém, outras limitações de textura muito arenosa ou muito argilosa. Restrição de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão, etc. É possível o emprego da maioria das máquinas agrícolas, durante quase todo o ano.
M	MODERADO	Limitada reserva de nutrientes referente a um ou mais elementos. Presença de toxidez por sódio trocável e/ou sais solúveis. Saturação por sódio entre 6 e 15%. Condutividade elétrica entre 4 e 8 mmhos/cm a 25°C.	Ocorre uma considerável deficiência de água disponível durante um período de 3 a 6 meses por ano, de pouca disponibilidade de umidade para as plantas. Estas terras poderão eliminar as possibilidades de grande parte das culturas de ciclo longo e reduzir significativamente as possibilidades de dois cultivos anuais de ciclo curto.	Durante a estação chuvosa existe deficiência de aeração, o que condiciona o desenvolvimento não satisfatório das plantas com raízes sensíveis. Terras imperfeitamente drenadas, sujeitas a riscos ocasionais de inundação.	Terras com moderada susceptibilidade à erosão Relevo normalmente ondulado, com declives de 8 a 20% Os declives podem variar para mais, quando as características físicas e morfológicas dos solos (textura, profundidade efetiva, estrutura) forem muito favoráveis, ou para menos, quando muito desfavoráveis (solos com horizonte A arenoso e mudança textural abrupta para o horizonte B).	Terras em relevo ondulado, com declividade de 8 a 20% ou topograficamente suave, no caso de ocorrência de outros impedimentos à mecanização (pedregosidade, rochiosidade, profundidade exígua, textura muito arenosa ou muito argilosa do tipo 2:1, drenagem imperfeita, etc.) Não permitido o emprego de máquinas ordinariamente utilizadas durante todo o ano
F	FORTE	Reservas muito limitadas de um ou mais nutrientes, Baixa soma de bases trocáveis. Presença de toxidez por sódio trocável e/ou sais solúveis. Saturação por sódio >15%, Condutividade elétrica entre 8 e 15 mmhos/cm a 25°C.	Acentuada deficiência de água durante um longo período, sendo normalmente de 6 a 8 meses por ano. Precipitações irregulares oscilando de 600 a 800 mm/ano e predomínio de altas temperaturas. Inclui terras com estação seca menos marcante, porém com baixa disponibilidade de água. As culturas de ciclo longo não adaptadas à falta de água estão seriamente comprometidas e as de ciclo curto dependem da distribuição de chuvas na estação de ocorrência.	Apresentam sérias deficiências de aeração. Culturas não adaptadas somente se desenvolvem mediante trabalho de drenagem artificial, envolvendo obras ainda viáveis ao nível do agricultor. Terras normalmente mal drenadas e muito mal drenadas, sujeitas a inundações frequentes, prejudiciais à maioria das culturas.	Terras com grande susceptibilidade à erosão Relevo forte ondulado, com declives normalmente de 20 a 45%. Os declives podem ser maiores ou menores, dependendo das características físicas e morfológicas dos solos.	Declives acentuados (20 a 45%) em relevo forte ondulado. Apresentam sulcos e voçorocas, bem como pedregosidade, rochiosidade, etc., que podem constituir impedimentos ao uso de máquinas. Apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais é possível.
M/ F	MUITO FORTE	Terras mais providas de nutrientes. Baixa soma de bases trocáveis. Condutividade elétrica > 15 mmhos/cm a 25°C. Compreende solos salinos, sódicos e tiomórficos.	Severa deficiência de água durante um período que oscila de 8 a 10 meses/ano. Precipitações muito irregulares de 400 a 600 mm/ano e com altas temperaturas. Inclui terras com estação seca menos pronunciada, porém com baixa disponibilidade de água para as culturas, bem como terras com alta concentração de sais solúveis. São praticamente nulas as possibilidades de desenvolvimento de culturas de ciclo longo não adaptadas à falta de água.	Terras que apresentam praticamente as mesmas condições de drenagem do grau anterior, porém os trabalhos de melhoramento compreendem grandes obras de engenharia. Necessitam de níveis de projetos, que estão fora do alcance/ poder aquisitivo do agricultor individualmente.	Terras com severa susceptibilidade à erosão. Declives superiores a 45%. Terras não recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos.	Terras normalmente de topografia montanhosa, com declives superiores a 45%, com impedimentos muito fortes devido a pedregosidade, rochiosidade, profundidade, ou problemas de drenagem. Extrema dificuldade para uso de máquinas, mesmo implementos de tração animal.

7.7.7.2.2 Níveis de Manejo Considerados

São considerados 03 (três) níveis de manejo, de acordo com práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, numa abrangência técnica, social e econômica. A representação é feita pelas letras A, B e C, correspondendo, respectivamente, aos níveis de manejo tradicional, pouco desenvolvido e desenvolvido. As letras podem aparecer nos símbolos da classificação escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão, que apresentem as terras, em cada um dos níveis de manejo adotados. A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola indica não haver aptidão para uso mais intensivo, não excluindo necessariamente, o uso da terra com um tipo de utilização menos intensivo.

Nível de Manejo A - baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico, onde não há aplicações de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem de trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

Nível de Manejo B - baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio, caracterizado por alguma aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão ainda condicionadas principalmente ao trabalho braçal e a tração animal. Se usada máquina motorizada, será para o transporte e beneficiamento da produção.

Nível de Manejo C - baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico, caracterizado pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. A motorização é usada nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis de manejo A, B e C, que envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, não levam em conta a irrigação.

7.7.7.2.3 Grupos de Aptidão Agrícola

Os tipos de utilização mais intensivos das terras são representados pelos grupos de aptidão agrícola através de números de 1 a 6, como explicitado no **QUADRO 7.7.7-3** e no Mapa de Aptidão das Terras da AID, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-029 (Volume 26)**.

7.7.7.2.4 Alternativas de Utilização das Terras

As alternativas de utilização das terras, de acordo com os grupos de aptidão agrícola, estão representadas no **QUADRO 7.7.7-3**, de acordo com o aumento da intensidade de uso e o aumento da intensidade da limitação.

Os grupos de 1 a 3 representam as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras. Os grupos de aptidão 4, 5 e 6 são indicados para pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e, preservação da flora e da fauna, respectivamente.

QUADRO 7.7.7-3
Alternativas de Utilização das Terras de Acordo
com os Grupos de Aptidão

GRUPO DE APTIDÃO		AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →					
		PRESERVAÇÃO DA FLORA E FAUNA	SILVICULTURA E/OU PASTAGEM NATURAL	PASTAGEM PLANTADA	LAVOURAS		
Restrita	Regular				Boa		
AUMENTO DA INTENSIDADE DA LIMITAÇÃO E DIMINUIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE USO	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
		UTILIZAÇÃO DAS TERRAS = USOS X LIMITAÇÕES					

7.7.7.2.5 Classes de Aptidão Agrícola

Expressa a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com o nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Reflete o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras.

As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe poderá incluir diferentes tipos de solos, muitos requerendo tratamentos distintos.

Classe Boa - terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz a produtividade ou benefícios, expressivamente, e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável.

Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados no mapa pelos seguintes símbolos: A, B e C - Lavouras; P - Pastagem plantada; S - Silvicultura; N - Pastagem natural.

Classe Regular - terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa.

Nesta classe, os diversos tipos de utilização são representados no mapa, pelos seguintes símbolos: a, b e c - Lavouras; p - Pastagem plantada; s - Silvicultura; n - Pastagem natural.

Classe Restrita - terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.

A denominação cartográfica das unidades classificadas nesta classe é através dos símbolos: (a), (b) e (c) - Lavouras; (p) - Pastagem plantada; (s) - Silvicultura; (n) - Pastagem natural.

Classe Inapta - terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão (sem aptidão agrícola).

Ao contrário das demais, esta classe não é representada nos mapas por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado.

As terras consideradas inaptas para lavouras têm suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm a alternativa de serem indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum tipo de uso não agrícola. Tratam-se de terras ou paisagens, pertencentes ao grupo 6, nas quais devem ser estabelecidas uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para a proteção de áreas contíguas agricultáveis.

7.7.7.2.6 Avaliação das Classes de Aptidão Agrícola das Terras

A avaliação de aptidão agrícola das terras resulta da interpretação de informações obtidas nos levantamentos de solos, complementadas com dados climáticos. Para alcançar os objetivos propostos utilizam-se procedimentos metodológicos contidos no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO et al., 1983), atualizados em 1998, que terão seus parâmetros básicos sumariados a seguir.

São considerados 06 (seis) grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas das terras componentes das unidades de mapeamento, envolvendo os seguintes tipos de utilização: lavoura (ciclos curto e longo), pastagem plantada, pastagem natural e silvicultura. As áreas não recomendadas à utilização com estas atividades deverão ser indicadas para preservação da flora e da fauna. As limitações das condições agrícolas das terras aumentam do Grupo 1 para o Grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso. Sendo a classificação da aptidão agrícola das terras um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica.

A classificação da aptidão agrícola, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras e, sim, uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos, no nível de planejamento regional e nacional.

O termo terra é considerado no seu mais amplo sentido, incluindo todas as suas relações ambientais. O termo agrícola, aqui referenciado, inclui todas as formas de utilização agrônômica das terras.

Para avaliação da aptidão agrícola das classes de solos e unidades de mapeamento, apresentamos as orientações contidas na tabela de conversão ou tabela guia que se encontra no **Apêndice 7.7.7-6 (Volume 12)**.

7.7.7.2.7 Viabilidade de Melhoramento das Condições Agrícolas das Terras

A viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras em suas condições naturais, mediante a adoção dos níveis de manejo B e C, é expressa por Algarismos que acompanham as letras representativas dos graus de limitação estipulados na Tabela-Guia, **Apêndice 7.7.7-6 (Volume 12)**.

Os graus de limitação são atribuídos às terras em condições naturais, e também após o emprego de práticas de melhoramentos compatíveis com os níveis de manejo B e C. Da mesma forma, na tabela guia estão às classes de aptidão de acordo com a viabilidade ou não de melhoramento da limitação. A irrigação não está incluída nas práticas de melhoramento previstas para os níveis de manejo B e C.

De acordo com as condições específicas para os níveis de manejo B e C, são consideradas 04 (quatro) classes de melhoramentos.

Classe 1 - melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital. Estas práticas são suficientes para atingir o grau indicado na Tabela-Guia.

Classe 2 - melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas e considerável aplicação de capital. Esta classe ainda é considerada economicamente compensadora.

Classe 3 - melhoramento viável somente com práticas de grande vulto, aplicadas à projetos de larga escala que estão normalmente além das possibilidades individuais dos agricultores.

Classe 4 - sem viabilidade técnica ou econômica de melhoramento. A ausência de Algarismo acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.

7.7.7.2.8 Mapa de Aptidão Agrícola das Terras

a) Legenda

A legenda utilizada no Mapa de Aptidão Agrícola das Terras e as simbologias correspondentes às classes de aptidão, os tipos de uso e manejo indicados para cada uma delas são apresentados nos **QUADRO 7.7.7-4** e **QUADRO 7.7.7-5**.

O Mapa de Aptidão Agrícola das Terras, elaborado na escala 1:100.000 é apresentado no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-029 (Volume 26)**, na escala 1:125.000. Os quantitativos das Classes de Aptidão Agrícola da AID são apresentados na **TABELA 7.7.7-1**. Traço sob o símbolo, indica haver na associação de terras componentes subdominantes, com aptidão superior à representada no mapa, exemplo: 1(a) bc. O asterisco no símbolo indica haver terras para culturas de ciclo curto, mas inaptas para culturas de ciclos longos, e não indicadas para sivilcutura – 3 (ab)*. Estas terras poderão também, serem aptas para lavouras perenes e essências florestais climaticamente adaptadas ao ecossistema.

QUADRO 7.7.7-4

Legenda do Mapa de Aptidão Agrícola das Terras

GRUPO 1	Subgrupos
Aptidão boa para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo A, B, ou C	1 ABC - Aptidão boa nos níveis de manejo A, B e C 1 aBC - Aptidão boa nos níveis de manejo B e C 1 ABc - Aptidão boa nos níveis de manejo A e B 1 (a)bc - Aptidão boa no nível de manejo C
GRUPO 2	
Aptidão regular para lavouras, em pelo menos um dos níveis de manejo A, B, ou C	2 (a)bc - Aptidão regular nos níveis de manejo B e C 2 (a)b(c) - Aptidão regular no nível de manejo B 2 (ab)c - Aptidão regular no nível de manejo C 2(a)b- Aptidão regular no nível de manejo B
GRUPO 3	
Aptidão restrita para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo A, B, ou C	3 (abc) - Aptidão restrita nos níveis de manejo A, B e C 3 (ab) - Aptidão restrita nos níveis de manejo A e B
GRUPO 4	
Aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada, considerada como um tipo de utilização do nível de manejo B	4 P - Aptidão boa para pastagem plantada 4 p - Aptidão regular para pastagem plantada
GRUPO 5	
Aptidão boa, regular, restrita ou sem aptidão para silvicultura e/ou pastagem natural, consideradas como tipos de utilização dos níveis de manejo B e A, respectivamente	5 (sn) - Aptidão restrita para silvicultura e para pastagem natural 5 (n) - Aptidão restrita para pastagem natural
GRUPO 6	
Sem aptidão para uso agrícola, a não ser em casos especiais, indicado para preservação da flora e da fauna ou para recreação	6 - Sem aptidão agrícola

QUADRO 7.7.7-5

Simbologia das Classes de Aptidão das Terras, Tipos de Uso e Manejo

SIMBOLOGIA CORRESPONDENTE ÀS CLASSES DE APTIDÃO DAS TERRAS								
CLASSE DE APTIDÃO	TIPO DE UTILIZAÇÃO INDICADO							
	LAVOURAS			PASTAGEM PLANTADA	SILVICULTURA	PASTA-GEM NATURAL	MANEJO	EXTRATIVISMO
	NÍVEL DE MANEJO	NÍVEL DE MANEJO	NÍVEL DE MANEJO	NÍVEL DE MANEJO	NÍVEL DE MANEJO	FLORESTAL	VEGETAL	
Boa	A B C	B	B	A	-	-		
Regular	a b c	p	s	n	f	e		
Restrita	(a) (b) (c)	(p)	(s)	(n)	-	-		

TABELA 7.7.7-1
Quantitativos dos Subgrupos de Aptidão Agrícola AID

Aptidão	Área (ha)
1(a)bC	17.711,3
1(a)bC_	79.604,0
1ABc	39.894,0
1ABC	6.862,8
1aBC	13,6
2(a)b	442,1
2(a)b(c)	2.001,0
2(a)bc	72.271,6
2(a)bc_	24.269,3
2(ab)c*	3.231,1
3(ab)	4.447,7
3(ab)*	35.816,5
3(abc)	67.109,2
3(abc)*	4.508,4
3(abc)_	4.512,0
4P	30.803,7
4p_	13.819,0
5(n)	1.755,5
5(sn)	1.027,2
6	4.631,3
6_	41.655,2
Total	456.386,6

b) Descrição Aptidão Agrícola das Terras da AID

Na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte as terras com aptidão boa para lavouras no nível de manejo C (alto nível tecnológico) e regular ou restrita nos outros níveis, ocupam pouco mais de 20% da área, com maior concentração na margem direita do rio Xingu e em várias manchas isoladas na margem esquerda. O solo predominante é o Argissolo Vermelho – Amarelo Alumínico textura média a argilosa.

Terras com aptidão agrícola boa nos níveis de manejo A (baixo nível tecnológico) e B (nível tecnológico médio), correspondendo a cerca de 9% da AID, ocupam grande área a noroeste de Altamira. Nestas terras ocorre Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico textura argilosa.

As melhores terras da região com aptidão boa nos três níveis de manejo ocupam apenas 1,5% da AID, com predominância de Nitossolo Háptico Eutrófico. Estes solos são encontrados em algumas áreas junto aos Travessões dos km 18 e 23 e nas margens do rio Xingu, junto às localidades de São Vicente e Santo Antônio, a norte da BR-230.

Terras com aptidão regular para lavouras, nos níveis de manejo B (médio) e C (alto), e restrito para o nível A (primitivo) ocupam aproximadamente 20% da AID, distribuídos em grandes manchas na margem esquerda do rio Xingu. Estas terras associam-se a Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínio textura média a argilosa e a Latossolo Amarelo Alumínio textura argilosa.

Outros 25% da AID são ocupados por terras com aptidão restrita para lavouras, englobando grandes áreas na margem esquerda do rio Xingu na porção leste da AID. Nestas terras ocorrem vários solos com destaque ao Argiloso Vermelho – Amarelo Alumínio textura média argilosa.

As áreas com aptidão boa ou regular para pastagens plantadas são encontradas em menos de 10% da AID, associadas, principalmente, a Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínio Típico.

Terras com aptidão para silvicultura e/ou pastagem natural são pouco representativas na área estudada.

Finalmente, terras sem aptidão agrícola, ocupam 10% da AID, concentrando-se nas ilhas com afloramentos rochosos e algumas áreas íngremes de encostas.

7.7.7.3 Resultados e Discussões

Como resultado dos estudos desenvolvidos na área, apresenta-se os Aspectos Pedogenéticos, Unidades de Solos das Principais Microbacias Hidrográficas do Rio Xingu, cenários agroecológicos, a erodibilidade e a avaliação do uso dos solos.

7.7.7.3.1 Aspectos Pedogenéticos

O estudo da pedogênese dos solos que ocorrem na AID indica dois fatores marcantes na sua formação: o primeiro trata-se de desenvolvimento de solos sobre as litologias já bem definidas na região, pertencentes à Formação Alter do Chão, Diabásio Penatecaua, Formação Curuá, Formação Ererê, Formação Maecuru, Formação Trombetas e unidades cristalinas pré-cambrianas; a segunda é produto de retrabalhamento de materiais laterizados in situ ou de coberturas edafo-estratigráficas recentes.

Desta forma, ligadas ao primeiro fator aparecem as seguintes correlações entre unidades pedogenéticas e formações geológicas:

- Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Litólico ligados principalmente os granitos e granitóides pré-cambrianos. Apresentam fertilidade baixa e média, com a profundidade variável em função da toposequência, necessitando de corretivos e fertilizantes para viabilizar tecnicamente a maioria das culturas;
- Espodossolo Cárbico, Neossolo Quartzarênico e Argissolo Acinzentado de textura arenosa/média - correlacionados aos arenitos grosseiros da Formação Trombetas. São de fertilidade muito baixa, facilmente degradados, devendo ser mantidos como área de preservação com a cobertura nativa ou recuperados com essências florestais em áreas já alteradas. Entretanto, estes solos poderão ser úteis, principalmente como material de construção, para as mais diversificadas obras na região;
- Nitossolo Vermelho, Nitossolo Háplico e Argissolo Vermelho Eutrófico - aparecem com altas fertilidades, ligados ao Diabásio Penatecaua, são profundos e medianamente profundos, bem estruturados e, com suporte para desenvolver lavouras das mais diversificadas, devendo-se, contudo, observar os manejos adequados para as limitações decorrentes do relevo um pouco movimentado, dissecado em colinas de topo aplainado;

- Correlacionados aos folhelhos de fácil intemperização das Formações Curuá e Ererê, aparecem Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo Raso, com substratos bastante friáveis e com um alto índice de susceptibilidade à erosão e limitações para determinados tipos de lavouras devido a pouca profundidade;
- Sobre a litologia da Formação Alter do Chão, desenvolveram-se Latossolo Amarelo com cores no matiz 10 YR e Argissolo Amarelo no matiz 7,5 YR, ácidos e de baixa fertilidade natural, porém profundos e respondendo bem com corretivos ao manejo semi-desenvolvido e desenvolvido para lavouras.

Ao segundo fator estão ligadas as seguintes correlações entre as unidades pedogenéticas e o substrato rochoso:

- Ainda correlacionados ao grupo de rochas granitóides, anfibolitos e migmatitos aparecem Argissolo Vermelho e Cambissolo Argissólico como resultantes de retrabalhamento de materiais laterizados dessas rochas no período de semi-intemperização. Estas laterizações de materiais estão ligadas a flutuações de nível do lençol freático, associadas à eventos neotectônicos ou alterações climáticas. São unidades de fertilidade baixa e média, sendo bem utilizadas para lavouras através da aplicação de corretivos;
- Ligados a coberturas edafo-estatigráfica de vales pouco aprofundados em superfícies aplanadas e também das superfícies pediplanadas recobertas parcialmente por depósitos inconsolidados, aparecem Argissolos Amarelo de textura arenosa/média e média/argilosa, como se pode verificar na região a sudeste da ilha Arapujá.

7.7.7.3.2 Cenários Agroecológicos

Apresenta-se neste item, os cenários para a área de estudo com base na potencialidade das terras, nas necessidades de insumo para lavouras, na disponibilidade hídrica para irrigação e na estimativa de produtividade média de lavouras básicas para a região.

a) **Identificação da Potencialidade das Unidades de Mapeamento de Solos, e Classificação dos Níveis de Exigência das Terras e Possibilidades de Mecanização**

Os principais grandes grupos de solos identificados na área foram: Argissolos, Nitossolos, Cambissolos, Latossolos, Plintossolos, Espodossolos, Planossolos, Neossolos e Gleissolos, estando bem caracterizados em amostragens e observações no relatório de campo em anexo a este documento.

A maioria dos solos apresentou potencial regular no subgrupo 2(a)bc, sendo as melhores terras enquadradas no subgrupo 1ABC, 1aBC, 1aBc, 1(a)bc como boas nos respectivos sistemas e, as menos favorecidas no 6 como inaptas.

Apresenta-se no **QUADRO 7.7.7-6** a relação entre grupos, classes de aptidão agrícola (subgrupos) e unidades de mapeamento de solos, níveis de exigência das terras (F, C) e possibilidades (M) de mecanização.

Os níveis de exigências das terras, compatíveis com a aptidão agrícola com base nas condições naturais, para a aplicação de insumos e práticas conservacionistas (F;C) e as possibilidades de mecanização (M), são identificados no **QUADRO 7.7.7-6** com letras e números que significam o seguinte:

- **F - Fertilizantes e corretivos correlacionados com os níveis de manejo B e C.**

F1 – Baixo – exigências mínimas para a manutenção de seu estado nutricional.

F2 – Médio – moderada exigência de fertilizantes e baixa necessidade de calagem para a manutenção e correção de seu estado nutricional.

F3 – Alto – altas exigências de fertilizantes e moderada necessidade de calagem.

F4 – Muito Alto – altas exigências de fertilizantes e necessidades de calagem para a manutenção e correção do seu estado nutricional

- **C – Práticas conservacionistas necessárias sob os níveis de manejo B e C**

C1 – Baixo – limitação nula a ligeira quanto à erosão, necessitando de medidas simples para a sua conservação mediante o emprego de práticas culturais e de manejo.

C2 – Médio – limitação ligeira a moderada quanto à susceptibilidade à erosão, necessitando de medidas intensivas para a sua conservação, incluindo práticas de engenharia de solos e de água.

C3 – Alto – limitação moderada a forte quanto à erosão, necessitando de medidas intensivas e complexas, incluindo práticas onerosas de engenharia de solos e de água.

C4 – Muito alto – limitação muito forte quanto à erosão, necessitando de práticas técnica e economicamente pouco viáveis, que não justificam a sua aplicação.

- **M - Os níveis de possibilidades de mecanização das terras baseiam-se nas restrições que apresentam para serem utilizadas sob o nível de manejo C**

M1 – Baixo – terras praticamente sem limitação quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas, nas quais a declividade não ultrapassa 6%.

M2 – Médio – limitação ligeira a moderada quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas, nas quais a declividade situa-se entre 6 a 12%.

M3 – Alto – limitação moderada a forte quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas ordinariamente utilizados. A declividade está normalmente entre 12 e 20%

M4 – Muito alto – terras com impedimentos muito fortes quanto à mecanização, onde os declives ultrapassam 20%.

O detalhamento referente aos níveis de exigências das terras e às possibilidades de mecanização encontram-se no **Apêndice 7.7.7-7 (Volume 12)**.

QUADRO 7.7.7-6

Identificação da Potencialidade das Unidades de Mapeamento de Solos e Classificação dos Níveis de Exigência das Terras e Possibilidades de Mecanização

GRUPOS	CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA (SUBGRUPOS)	UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS	NÍVEIS DE FERTILIZANTES E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (F, C) E POSSIBILIDADES DE MECANIZAÇÃO(M)
GRUPO 1	1ABC	Nxe	F1-C1-M1
	1ABc	NVe	F1-C2-M2
	1aBC	Pvae	F1-C2-M1
	1(a)bC	PAa1, PVAA1, LVAA1	F2-C2-M1
	<u>1(a)bC</u>	PVAa5	F2-C2-M1
GRUPO 2	2(a)bc	LAa2, PAa2, PAa5, PVAA2, PVAA6, PVAA9, PVAA11	F3-C2-M1
	<u>2(a)bc</u>	PVAa10	F3-C2-M1
	2(a)b(c)	LAa1	F3-C2-M3
	2(ab)c*	SGd	F3-C2-M4
	2a(b)	CXbe	F2-C3-M4
GRUPO 3	3(abc)	PAa3, PVAA4, PVAA8, FXa	F3-C3-M3
	<u>3(abc)</u>	PVAa3	F3-C3-M3
	3(ab)*	GXba1, GXba2, RUBd	F2-C1-M4
	3(ab)	PAa4	F2-C3-M4
	3(abc)*	PACa	F3-C3-M3
GRUPO 4	4P	PVAa7, LVAA2	F3-C3-M2
	<u>4P</u>	CXbd2	F3-C3-M2
	<u>4p</u>	CXbd1, FFca	F3-C4-M4
GRUPO 5	5(sn)	RQoa	F4-C3-M3
	5(n)	RQga	F4-C3-M3
GRUPO 6	6	RLd1, AR2	F4-C4-M4
	<u>6</u>	EKu, RLd2, RLd3, AR1	F4-C4-M3

b) **Quantitativos de Unidades Pedogenéticas (Solos) Mapeadas na AID**

A seguir é apresentado na **TABELA 7.7.7-2** com a medida dos quantitativos de solos e suas potencialidades.

TABELA 7.7.7-2
Quantitativos de Unidades Pedogenéticas - AID

Solos	Aptidão	Área (ha)
AR1	6_	31.451,9
AR2	6	2.805,1
CXbd1	4p_	5.140,9
CXbd2	4P_	8.149,2
CXbe	2(a)b	442,1
EKu	6_	547,8
FFca	4p_	528,9
FXa	3(abc)	1.238,4
GXba1	3(ab)*	2.717,5
GXba2	3(ab)*	4.390,8
LAA1	2(a)b(c)	2.001,0
LAA2	2(a)bc	17.543,4
LVAa1	1(a)bC	5.456,0
LVAa2	4P	8.269,2
NVe	1ABc	39.894,0
NXe	1ABC	6.862,8
PAa1	1(a)bC	8.187,4
PAa2	2(a)bc	3.217,1
PAa3	3(abc)	3.739,2
PAa4	3(ab)	4.447,7
PAa5	2(a)bc	13.856,2
PACa	3(abc)*	4.508,4
PVAa1	1(a)bC	4.067,9
PVAa2	2(a)bc	732,1
PVAa3	3(abc)_	4.512,0
PVAa4	3(abc)	54.933,5
PVAa5	1(a)bC_	79.604,0
PVAa6	2(a)bc	868,8
PVAa7	4P	22.534,5
PVAa8	3(abc)	7.198,1
PVAa9	2(a)bc	13.650,6
PVAa10	2(a)bc_	24.269,3
PVAa11	2(a)bc	22.403,4
PVAe	1aBC	13,6
RLd1	6	1.826,2
RLd2	6_	1.448,5
RLd3	6_	8.207,1
RQga	5(n)	1.755,5
RQoa	5(sn)	1.027,2
RUbd	3(ab)*	28.708,2
SGd	2(ab)c*	3.231,1
Total		456.386,6

c) **Prognóstico de Insumos para Lavouras Básicas e Especiais**

Com base nos dados analíticos dos pontos amostrados na região compreendida pelos municípios do entorno do futuro AHE Belo Monte, elaborou-se a Tabela de Interpretação da Análise de Solo, bem como as recomendações de adubação e calagem para lavouras de milho, soja, arroz e cacau, para 21 Unidades Pedogenéticas (Laboratório CPATU/EMBRAPA-Amazônia Oriental). Essas informações encontram-se no **Apêndice 7.7.7-8 (Volume 12)**, e a localização das Unidades Pedogenéticas está indicada no Mapa de Solos - **Desenho 6365-EIA-DE-G91-028 (Volume 26)**.

d) **Disponibilidade Hídrica na Área de Estudo**

Considerando as possibilidades e limitações climáticas para o uso dos solos em diversos períodos, torna-se necessário levar em consideração a disponibilidade de água no solo oriunda de várias fontes, para a utilização na agricultura. Verifica-se que a textura do solo também tem peso expressivo no comportamento da água armazenada durante o período de oito dias, conforme percentuais de perda apresentados na **TABELA 7.7.7-3**. Assim sendo, apresenta-se a seguir dados bibliográficos da situação de águas pluviais e fluviais, não se levando em consideração as águas subterrâneas para o uso agrícola, por ainda não ser utilizada na maioria dos projetos de lavouras da região.

TABELA 7.7.7-3
Comportamento da Água no Solo para um período de oito dias

Textura do Solo	Primeiro Dia (mm)	Oitavo Dia (mm)	Percentual de Perda no Período
Arenoso (15% de argila)	20,0	4,3	78,5
Areno-argiloso (15-35% de argila)	40,0	18,4	54,0
Argilo-arenoso (+35% argila)	60,0	35,7	40,5
Muito Argiloso (+60% argila)	100,0	73,2	26,8

Fonte: INMET

- **Águas pluviais**

Pelo balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955) pode-se estimar a disponibilidade hídrica, considerando a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração. Analisando-se os dados dos balanços hídricos da área de estudo, verifica-se a seguinte situação com base no Balanço Hídrico Climático da Estação Altamira (Latitude: 3° 12' S Longitude: 51° 12' W, Altitude: 74,04 m), segundo a publicação “Balanço Hídrico do Brasil” (INMET – 1972), conforme representado a seguir, nos **GRÁFICO 7.7.7-1** e **GRÁFICO 7.7.7-2**.

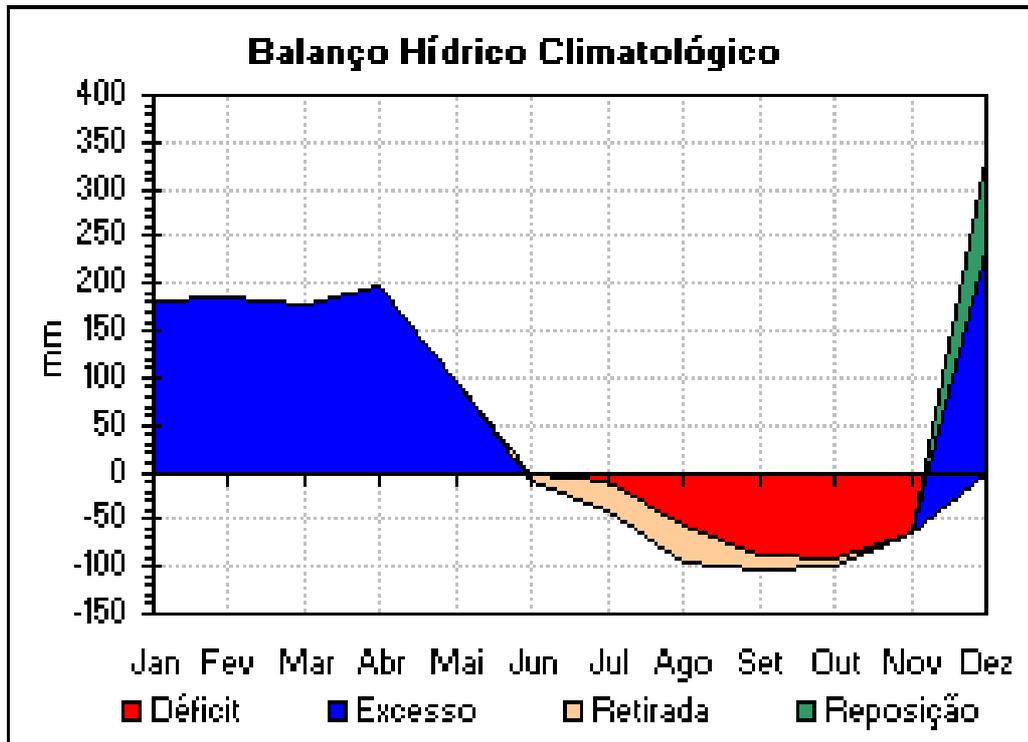


GRÁFICO 7.7.7-1 - Balanço Hídrico Climatológico

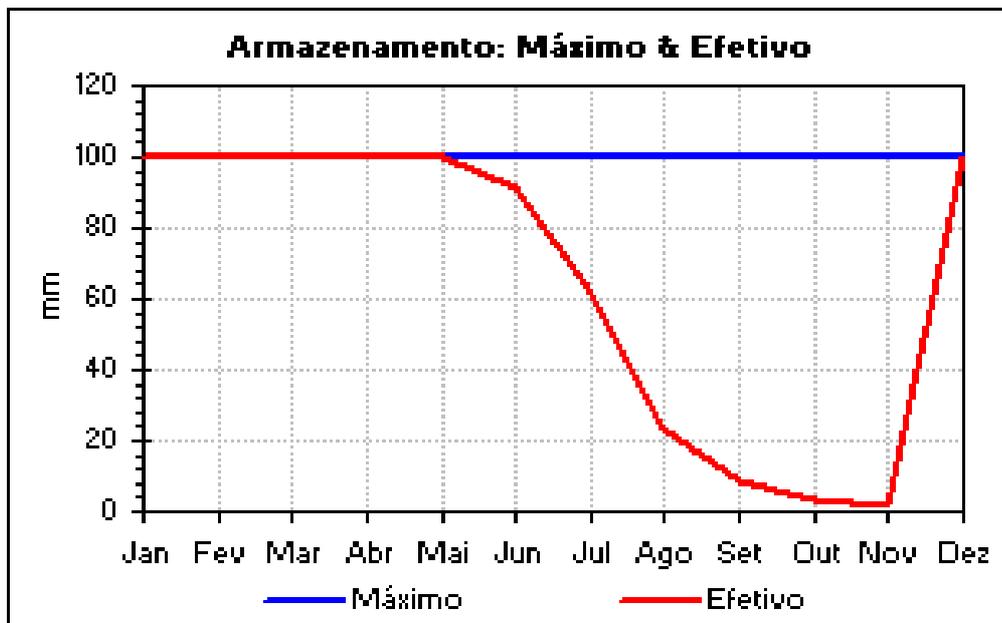


GRÁFICO 7.7.7-2 - Armazenamento: Máximo e Efetivo

- **Águas fluviais**

Considerando-se que as águas provenientes dos mananciais são de fundamental importância para uso na lavoura para suplemento dos déficits, a disponibilidade desses recursos, na área da Volta Grande, é representada pela rede hidrográfica do rio Xingu e seus principais afluentes, que formam as seguintes microbacias: rio Bacajá, rio Lau-Labu, rio Bacajá, igarapé do Ambé, igarapé do Rabino, igarapé Cama de Vara, igarapé Costa Junior, igarapé Madeira Verde, igarapé Salvaterra, igarapé Jabuti, igarapé Tapuama, igarapé Bom Jardim, igarapé Babaquara, rio Itata, rio Ituna.

A seguir são apresentados os dados comparativos de disponibilidade e consumo atual estimado para o Estado do Pará, em totais e por hectare, **TABELA 7.7.7-4**.

TABELA 7.7.7-4
Dados Comparativos de Disponibilidade e Consumo Atual da Água dos Mananciais

Discriminação	Água Derivada dos Mananciais (mil m ³ /ano)	Água Consumida pelos cultivos (Demanda) mil m ³ /ano	Água Derivada dos Mananciais m ³ /ha/ano	Água Consumida pelos cultivos (Demanda) m ³ /ha/ano	Área Irrigada Atual (ha)
Brasil	33.777.297	21.039.159	11.768	7.330	2.870.204
Região Norte	836.900	461.320	9.657	5.323	86.660
Estado do Pará	86.461	46.169	12.622	6.740	6.850

Fonte: Christofidis, D.,1999.

e) **Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas**

A fim de ilustrar a perspectiva de lavouras de grãos para a área, a **TABELA 7.7.7-5**, apresenta a Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas com irrigação, em toneladas/hectare.

TABELA 7.7.7-5
Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas

CULTURA	INICIAL (t/ha)	ESTABILIZADA (t/ha)
Soja	1,8	2,3
Arroz	2,8	3,0
Milho	4,2	5,6

Fonte: EMBRAPA

7.7.7.3.3 Áreas Selecionadas para Detalhamento como Suporte para Futura Relocação e Assentamento Rural

As áreas selecionadas para detalhamento como suporte para a futura relocação da população rural atingida pelo empreendimento estão vinculadas, política-administrativamente, ao Estado do Pará, região norte do Brasil. Os meios de transporte da malha rodoviária, como a BR-230 e estradas vicinais, bem como os rios navegáveis, que cumprem uma função preponderante na região, por se constituírem em eixos de comunicação como verdadeiras vias naturais, proporcionam custos mais compatíveis, contribuindo desta forma, para a viabilização de planos e projetos de desenvolvimento rural.

A configuração do cenário atual é de maior pressão antrópica se processando nas margens dos eixos das principais rodovias e travessões, tendo sido estas áreas alteradas selecionadas para subsidiar os planos de assentamento rural. Com base nesta perspectiva, foram caracterizados os atributos das terras, referentes a sua potencialidade, com eleição das melhores classes de aptidão agrícola. Estas terras encontram-se espacializadas no mapa da área de influência direta, **Desenho 6365-EIA-DE-G91-028 (Volume 26)**, na escala 1:125.000, e sua avaliação está explicitada no **QUADRO 7.7.7-6** de identificação da potencialidade das unidades de mapeamento de solos e, classificação dos níveis de exigência das terras e possibilidades de mecanização.

As áreas de solos que serão inundadas pelo reservatório dos canais são, predominantemente, de Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico de textura média/argilosa em relevo ondulado a forte ondulado, associado a solos rasos como Neossolos Litólicos, Cambissolos e Afloramentos, com uso atual para cacau, café e teca (árvore de grande porte, originária da Ásia, de madeira clara e durável), além de grande parcela com pastagem que se encontra parcialmente abandonada/degradada.

As novas áreas indicadas para relocação estão nas áreas de influência, apresentando-se predominantemente com Argissolo Amarelo Alumínico de textura média/argilosa e Latossolo Amarelo Alumínico de textura argilosa em relevo plano e suave ondulado, podendo também incluir áreas com Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso atual é de agricultura familiar/subsistência e lavouras comerciais de cacau e pupunha para palmito. São áreas em condições fundiárias mais disponíveis, menos onerosas e se encontram de um modo geral, com o ecossistema já parcialmente impactado.

Com base nos estudos realizados, procedeu-se à eleição das melhores terras, em condição de acessibilidade ao longo dos principais eixos viários. Essas terras correspondem às seguintes Unidades Pedogenéticas identificadas como ambientes OBM, isto é “Observados em Belo Monte”:

- No eixo da Rodovia BR-230, Altamira-Brasil Novo – OBMs 5 e 9.
- No eixo da Rodovia PA-167, Belo Monte-Senador José Porfírio - OBMs: 57, 58, 59, 60 e 61.
- No eixo da Rodovia PA-415 Altamira-Vitória do Xingu - OBMs: 43, 44, 45 e 46.
- No eixo da Rodovia BR-230 Altamira-Princesa do Xingu, trecho do Travessão do Km 27 - OBMs: 74, 75 e 76.

- No eixo da Hidrovia do rio Xingu, trecho do Travessão do Km 32, rumo norte (Vitória do Xingu), Rodovia BR-230 - OBM: 68, 69, 70, 71 e 72 .

A caracterização e a localização georreferenciada das terras selecionadas e das demais unidades amostradas e/ou identificadas em campo encontram-se no **Apêndice 7.7.7-9 (Volume 12)**, no item “Caracterização de Ambientes (Usos) das Unidades Pedogenéticas e Amostragens de Campo”, identificadas como OBM e numeradas de 1 a 93.

A seleção das áreas com potencial para lavouras deverá ter como princípios básicos as condições de acesso a terra, a possibilidade de obtenção dos insumos minerais necessários na própria região, de forma economicamente viável, bem como a proximidade dos eixos de desenvolvimento. Ou seja, a BR-230, suas vicinais e travessões, que interligam o interior com as sedes dos municípios e, possivelmente, com a capital Belém e o sul do país. Outros critérios também devem ser considerados e estão abaixo relacionados:

- Áreas alteradas em situações de pastagem ativa e pastagem abandonada, capoeira de primeiro ciclo, macegas, e formações pioneiras, semidegradadas, e áreas já utilizadas com lavouras em geral;
- Potencialidade das terras, com base no mapa de avaliação da aptidão agrícola;
- Possibilidades de remoção das condições limitantes das terras (fertilidade, relevo, erosão, disponibilidade hídrica, etc), para manejo com culturas altamente tecnificadas;
- Proximidades de portos e aeroportos, para entrepostos e escoamentos de produtos da lavoura;
- Caracterização de campo das unidades pedogenéticas e uso do solo (**Apêndice 7.7.7-9**);
- Dados analíticos representativos;
- Prognóstico de insumos para lavouras básicas e especiais.

7.7.7.4 Conclusões

Através da interpretação das propriedades físicas, químicas e morfológicas dos solos, assim como pelas condições do meio ambiente, foram estabelecidos os níveis dos fatores limitantes para seu uso. Assim sendo, é possível concluir que, com a implantação do projeto, um incremento de desenvolvimento do setor local deverá acontecer. Com a projeção deste cenário, é necessário que se avaliem os problemas voltados para os seguintes condicionantes relacionados com o uso e conservação dos solos:

- As principais unidades pedogenéticas em extensão na área de influência direta são os Argissolo Vermelho-Amarelo, seguidos pelos Argissolo Amarelo, Nitossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo. Em algumas situações estas unidades pedogenéticas apresentam relevos mais movimentados, merecendo alguns cuidados referentes à questão de erodibilidade dos solos e as medidas conservacionistas propostas. Pelas condições morfológicas e físicas, estes solos apresentam bons resultados para empreendimentos agropecuários.

- Em consequência de vários fatores, como material de origem, grande parte dos solos se caracteriza por apresentar altas saturações com alumínio.
- A maior parte das classes de solos que ocorrem na área apresenta fertilidade natural baixa, fato este que torna restrito o uso das terras em atividades agrícolas relacionadas ao sistema de manejo A (Tradicional).
- As limitações mais evidenciadas de alguns dos solos são por deficiência de fertilidade natural, facilmente removível em sistemas avançados de manejo, porém limitante no tradicional, tendo que considerar as áreas com limitações também por susceptibilidade à erosão e possibilidades de mecanização.
- Na classificação das terras, as classes com melhores potencialidades (grupo 1) – 1ABC, 1ABc 1aBC, 1(a)bC – ficaram no subgrupo boas para lavoura em pelo menos um dos três níveis de manejo (A – Tradicional, B – Pouco Desenvolvido ou C – Desenvolvido). O grupo 1 tem maior percentual de terras na AID que o grupo 2 (terras regulares para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo). Entre as terras do grupo 2 se destacam as do subgrupo 2(a)bc, com aptidão regular para lavouras nos níveis pouco desenvolvido e desenvolvido e restrita no nível tradicional.
- As terras que apresentam classes de aptidão agrícola para uso com lavouras, com qualidades boas para culturas de ciclo curto e ciclo longo com manejo tradicional e pouco desenvolvido, são: classe 1ABC (boas nos três níveis de manejo), 1ABc (boas nos níveis tradicional e pouco desenvolvido e regular no desenvolvido).
- As terras que compõem as classes de aptidão agrícola 1(a)bC (boas para lavouras no nível de manejo desenvolvido, regular no pouco desenvolvido e restrita no nível tradicional), 1aBC (boas para lavouras nos níveis de manejo desenvolvido e pouco desenvolvido e regular no nível tradicional) e 2(a)bc (regular para lavouras nos níveis de manejo desenvolvido e pouco desenvolvido e restrita no nível tradicional) necessitam da aplicação de fertilizantes organo-minerais e corretivos da acidez para elevar o nível de fertilidade e conseqüentemente, aumentar a produtividade.
- As unidades de solos classificadas como restritas nos diversos grupos e sistemas de manejo, para lavouras, são mais aconselháveis para usos menos intensivos, em decorrência das limitações que os solos apresentam quanto ao relevo, além da fertilidade baixa.
- As terras com qualidade boa para uso com lavouras são também aptas para outros usos menos intensivos como: pastagens plantadas, regeneração florestal, reflorestamento e áreas para preservação ambiental.
- Com base no exposto sobre as condições dos solos sugere-se, durante a fase de monitoramento, estudos mais detalhados nas áreas com maior fragilidade ambiental e, que possam embasar os planos de gestão para a região e o planejamento de ações, que estimulem o enriquecimento com espécies florestais nativas e lavouras perenes.

7.7.8 SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DAS TERRAS

7.7.8.1 Aspectos Gerais

A caracterização da susceptibilidade à erosão das terras permite identificar onde ocorrem as áreas mais frágeis e sujeitas à degradação, que devem, portanto, serem utilizadas e manejadas com maior cuidado, ou mesmo preservadas ou mantidas sem utilização. O clima, o relevo, o solo, a vegetação e a interação entre eles são os fatores condicionantes naturais da intensidade da erosão em dado local. Comumente, a interferência humana acelera em muito o processo, tornando-o de difícil controle.

A erosão é um processo contínuo que engloba a desagregação ou destacamento de uma massa de solo de um local, seu transporte e deposição em outro local (HOLY, 1980). No caso da erosão hídrica, são considerados dois subtipos: erosão areolar e erosão linear (LAFLEN e ROSE, 1998). A erosão areolar é também chamada de entressulcos ou laminar e a erosão linear pode ser referida por erosão em sulcos. A erosão areolar inicia com o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo descoberto, desagregando-o. Após a saturação da camada superficial do solo, forma-se um filme líquido à superfície em que as partículas em suspensão podem ser mais facilmente transportadas. Com a continuidade da precipitação, aumentando o volume de água à superfície do solo, esta pode alcançar os caminhos preferenciais de escoamento do terreno, formando-se a enxurrada ou “*runoff*”. A depender do volume e energia da enxurrada, dá-se o destacamento do solo nos sulcos, que é transportado para as áreas mais baixas, ocorrendo então o sub-tipo de erosão referido por linear ou em sulcos (WEILL e PIRES NETO, 2007).

No diagnóstico da erosão, a determinação das perdas de solo por erosão pode ser feita por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos incluem determinações efetuadas no terreno (erosão linear) ou por meio da coleta do material erodido em sistemas coletores (erosão areolar). Embora mais precisos, os métodos diretos de estimativa de erosão são, no entanto, muito caros e morosos, tendo em vista a pluralidade de situações a ensaiar. Por tais razões, foram desenvolvidos métodos indiretos ou modelos de predição de erosão, que permitem estimar as perdas de solo em locais não contemplados com pesquisas sobre erosão. Entretanto, mesmo os modelos mais simples requerem uma grande quantidade de dados básicos para serem aplicados em dada área. Na ausência ou insuficiência de dados de entrada dos modelos, as estimativas não são confiáveis.

Em estudos regionais, de natureza mais qualitativa, o diagnóstico da erosão se baseia na caracterização indireta da susceptibilidade das terras ao processo erosivo, com base na análise dos fatores condicionantes do processo. Em uma área que se possa considerar homogênea quanto às condições climáticas, ou mais especificamente quanto à erosividade das chuvas ou seu potencial para causarem erosão, as variações locais da geologia, do relevo e do solo é que poderão definir o potencial natural ou susceptibilidade das terras ao processo erosivo.

Por outro lado, a disponibilidade de geotecnologias, em especial dos sistemas de informações geográficas (SIGs), que permitem entrada, armazenamento, análise, cruzamento, e exibição de dados e informações, inclusive espaciais, em ambiente digital, facilitam em muito a integração e análise conjunta dos diferentes fatores condicionantes do processo erosivo.

Com base nas considerações precedentes, a caracterização da susceptibilidade à erosão das terras da Área de Influência Direta do AHE Belo Monte foi realizada empregando sistema de

informações geográficas, com integração dos condicionantes geológico-geomorfológico e pedológico, partindo das informações temáticas (mapas e relatórios) de Geologia (item 7.7.4), Geomorfologia (item 7.7.6) e Solos e Aptidão Agrícola das Terras (item 7.7.7) da área de estudo.

Neste item será abordada somente a susceptibilidade à erosão areolar (laminar) e em sulcos, os processos erosivos decorrentes de movimentos de massa são discutidos no item 7.7.9 – Estabilidade de Encostas Marginais.

7.7.8.2 Procedimentos Metodológicos Específicos

A metodologia utilizada na caracterização qualitativa da susceptibilidade a erosão das terras da AID foi desenvolvida com base nos conceitos, critérios e esboço metodológico preconizado nos trabalhos da FAO (1978, 1993) que tratam da avaliação de terras e do planejamento do uso das terras em bases sustentáveis. Por tal aproximação, primeiramente são definidos os fatores condicionantes da erosão que serão empregados na diferenciação da qualidade das terras. Sendo assim, foram atribuídos graus de susceptibilidade aos condicionantes físicos do processo representados por geologia-geomorfologia (tratados em conjunto) e pedologia. Do menos susceptível ao mais susceptível, os graus de susceptibilidade foram diferenciados em nulo (N), ligeiro (L), moderado (M), forte (F) e muito forte (MF), bem como às gradações possíveis entre eles, tais como nulo a ligeiro (N/L), ligeiro a moderado (L/M) e moderado a forte (M/F). As informações básicas de geologia, geomorfologia e solos foram tratadas empregando técnicas de geoprocessamento para integração das informações temáticas, duas a duas.

7.7.8.2.1 Definição dos Graus de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Geológico-Geomorfológico

O mapa geológico da Área de Influência Direta (AID), à semelhança do que foi realizado para a AII, foi reclassificado de maneira a agrupar as rochas consideradas similares quanto ao comportamento ou susceptibilidade ao processo erosivo. O **QUADRO 7.7.8-1** ilustra a correspondência entre a classe litológica considerada (mapa reclassificado) e as respectivas rochas representativas conforme mapa geológico original (item 7.7.4 – Geologia).

No que tange às rochas, as metamórficas e magmáticas ou ígneas são mais resistentes ao processo erosivo do que as sedimentares. Dentre estas, é conhecido que em termos gerais as de granulometria grosseira, como os arenitos, são mais susceptíveis do que as de granulometria fina, como os argilitos e folhelhos. Em um mesmo tipo de rocha, a composição mineralógica ou conjunto dos principais minerais presentes, e a ocorrência ou não de cimentação entre os grânulos dos minerais, também definem o grau de susceptibilidade à erosão. Tais relações foram consideradas na atribuição dos graus de susceptibilidade à erosão por condicionamento geológico-geomorfológico (fator condicionante 1).

QUADRO 7.7.8-1

Descrição das classes litológicas empregadas na reclassificação do mapa geológico da AID.

Classe Litológica Descrição	Rochas ou Sedimentos Representativos	Símbolo Mapa Geológico
Depósitos Aluvionares	Depósitos aluvio-coluvionares	Qa
Coberturas Lateríticas	Cobertura detrito-laterítica	Endl
Rochas sedimentares de granulometria grosseira	Arenito grosso: Formação Alter do Chão	K2ac
	Arenito finos a médios; Formação Maecuru	Dm
Diabásio	Diabásio Penatecaua	JKp
Rochas sedimentares de granulometria média a fina	Folhelhos: Formação Curuá	Dc
	Siltitos e folhelhos: Formação Ererê	De
	Ritimitos e folhelhos: Formação Trombetas	St
Rochas ígneas, metamórficas e metassedimentares	Granitóides, migmatitos, anfibolitos, gnaisses, granulitos, seqüências metavulcano-sedimentares, etc.	Axr, Ax

Com relação ao relevo, seu papel no processo erosivo se relaciona com a amplitude (desnível em relação ao nível de base local) e com a inclinação (declividade) das encostas, atributos que caracterizam os diferentes tipos de relevo, a exemplo das colinas, morrotes, morros, montanhas, e outros. A interferência da amplitude das formas de relevo no processo erosivo se relaciona ao fato de que ela determina a energia potencial atuante e a capacidade do agente erosivo de realizar trabalho (destacamento e transporte do material erodido). A energia atuante é maior sobre os solos dos relevos com maior amplitude, como os morros, do que nos solos que ocorrem em relevos de menor amplitude, como as colinas. Em relação à inclinação das encostas, os relevos podem ser classificados em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, segundo grau crescente de inclinação das encostas (WEILL e PIRES NETO, 2007). Assim, formas de maior amplitude, mais inclinadas e de vertentes mais longas favorecem o processo erosivo, ao contrário daquelas mais baixas e de menor declividade. O escoamento das águas superficiais torna-se mais acelerado, com o aumento da inclinação e com o comprimento da encosta, o que resulta em maior efetividade dos processos erosivos. O **QUADRO 7.7.8-2** ilustra a classificação das formas de relevo segundo a amplitude e a inclinação, de acordo com o descrito no item 7.7.6 – Geomorfologia.

QUADRO 7.7.8-2

Classificação das formas de relevo segundo a amplitude e a inclinação

Amplitude Local	Inclinação Predominante	Formas de Relevo
< 100 m	< 5 %	Rampas
	5 a 15 %	Colinas
	> 15 %	Morrotes
100 a 300 m > 300 m	5 a 15%	Morros com encostas suaves
	> 15%	Morros
	> 15%	Montanhas

De acordo com o estudo geomorfológico efetuado na AID (item 7.7.6) ocorrem cinco unidades e sete tipos de relevo, conforme descritos no **QUADRO 7.7.8-3**. Para fins de definição dos graus de susceptibilidade à erosão devida à influência do relevo, foi considerado que o aumento da amplitude local e da declividade ao imprimir maior energia ao relevo condiciona maior susceptibilidade à erosão. Assim, em uma primeira aproximação, os relevos de terraço foram considerados menos propensos à erosão do que os de colinas, por sua vez menos susceptíveis do que os de morrotes, e estes menos do que os de morros. Outros tipos de relevo incluem as planícies, mais sujeitas aos processos de deposição que de erosão, e as escarpas, as formas mais susceptíveis à erosão.

Por outro lado, a litologia ou conjunto de rochas ocorrendo em dada área também influencia a intensidade do processo erosivo, devido à existência de rochas mais ou menos resistentes. Assim, um mesmo tipo de relevo desenvolvendo-se sobre uma rocha resistente deverá ser menos susceptível do que se ocorresse sobre uma rocha pouco resistente, como já explorado no segundo parágrafo deste item. Daí a proposição de se considerar conjuntamente os dois fatores, geologia e geomorfologia, definindo-se um condicionante geológico-geomorfológico. Mas como as características das rochas geralmente definem as características dos solos, na atribuição dos graus de susceptibilidade à erosão pelo fator 1 (geológico-geomorfológico) o condicionamento do relevo foi o aspecto preponderante considerado, mas se a rocha era mais frágil, então o grau de susceptibilidade foi agravado em um nível. Por exemplo, se o tipo de relevo condicionava grau ligeiro (L) de susceptibilidade à erosão, no caso de ocorrer sobre uma litologia mais susceptível foi atribuído grau pouco mais restrito, ou L/M (ligeiro a moderado).

Para avaliação integrada desses dois fatores, primeiramente foi efetuado o cruzamento em ambiente de sistema de informação geográfica do mapa geológico reclassificado, conforme os critérios definidos no **QUADRO 7.7.8-1**, com o mapa geomorfológico. As combinações resultantes desse cruzamento foram então novamente reclassificadas de acordo com os graus de susceptibilidade à erosão do **QUADRO 7.7.8-4**, constituindo o mapa do fator condicionante 1 de susceptibilidade à erosão das terras por condicionamento geológico-geomorfológico, ilustrado na **FIGURA 7.7.8-1**. Como as ilhas do rio Xingu são inundadas periodicamente nas cheias, estas áreas estão submetidas a uma dinâmica superficial especial onde se alteram processos erosivos e deposicionais relacionados com as variações do escoamento fluvial. Sendo assim foi incluída uma Classe Especial, referente às ilhas, onde a susceptibilidade à erosão superficial é sobrepujada pelos processos fluviais.

Em vista de que não há uma perfeita concordância entre os delineamentos das unidades de mapeamento dos mapas básicos de geologia e de geomorfologia, embora em alguns casos ocorra uma estreita correlação entre ambos, o delineamento dos tipos de relevo foi tomado como referência, uma vez que o relevo contribui de maneira ativa na intensidade do processo erosivo, por definir as relações de infiltração-deflúvio das águas pluviais, enquanto que a geologia atua como um fator passivo, que sofre a ação dos agentes de erosão, no caso das chuvas.

QUADRO 7.7.8-3

Unidades e tipos de relevo da Área de Influência Direta do AHE Belo Monte.

Unidade de Relevo	Símbolo	Tipos de Relevo
Planícies Fluviais	Pf	Planícies fluviais
	Te	Terraços
Depressão do Amazonas	Cm	Colinas médias
	Cm	Colinas médias
Planalto Marginal do Amazonas	MtM	Morrotes e Morros
	Ed	Escarpas dissecadas
Depressão da Amazônia Meridional	Cmp	Colinas médias e pequenas
Planaltos Residuais do Sul da Amazônia	MtM	Morrotes e Morros
	Mt	Morrotes

QUADRO 7.7.8-4

Graus de susceptibilidade à erosão atribuídos às combinações geologia-geomorfologia para constituição do mapa do fator condicionante 1.

Tipo de relevo	Classe Litológica	Grau	Símbolo
Planícies fluviais	Depósitos aluvionares	Nulo	N
Terraços	Depósitos aluvionares	Nulo a Ligeiro	N/L
Colinas médias	Diabásio	Ligeiro	L
Colinas médias	Rochas sedimentares ou ígneas ou metamórficas ou metassedimentares	Ligeiro a moderado	L/M
Colinas médias e pequenas	Diabásio	Ligeiro a moderado	L/M
Colinas médias e pequenas	Rochas sedimentares ou ígneas ou metamórficas ou metassedimentares	Moderado	M
Morrotes e Morrotes e Morros	Diabásio, ou rochas sedimentares de granulometria média ou fina, ou rochas ígneas, metamórficas ou metassedimentares	Forte	F
Escarpas dissecadas	Diabásio ou rochas ígneas, metamórficas ou metassedimentares	Forte	F
Morrotes e Morrotes e Morros	Rochas sedimentares de granulometria grosseira	Muito Forte	MF
Escarpas dissecadas	Rochas sedimentares ou rochas ígneas, metamórficas ou metassedimentares	Muito Forte	MF

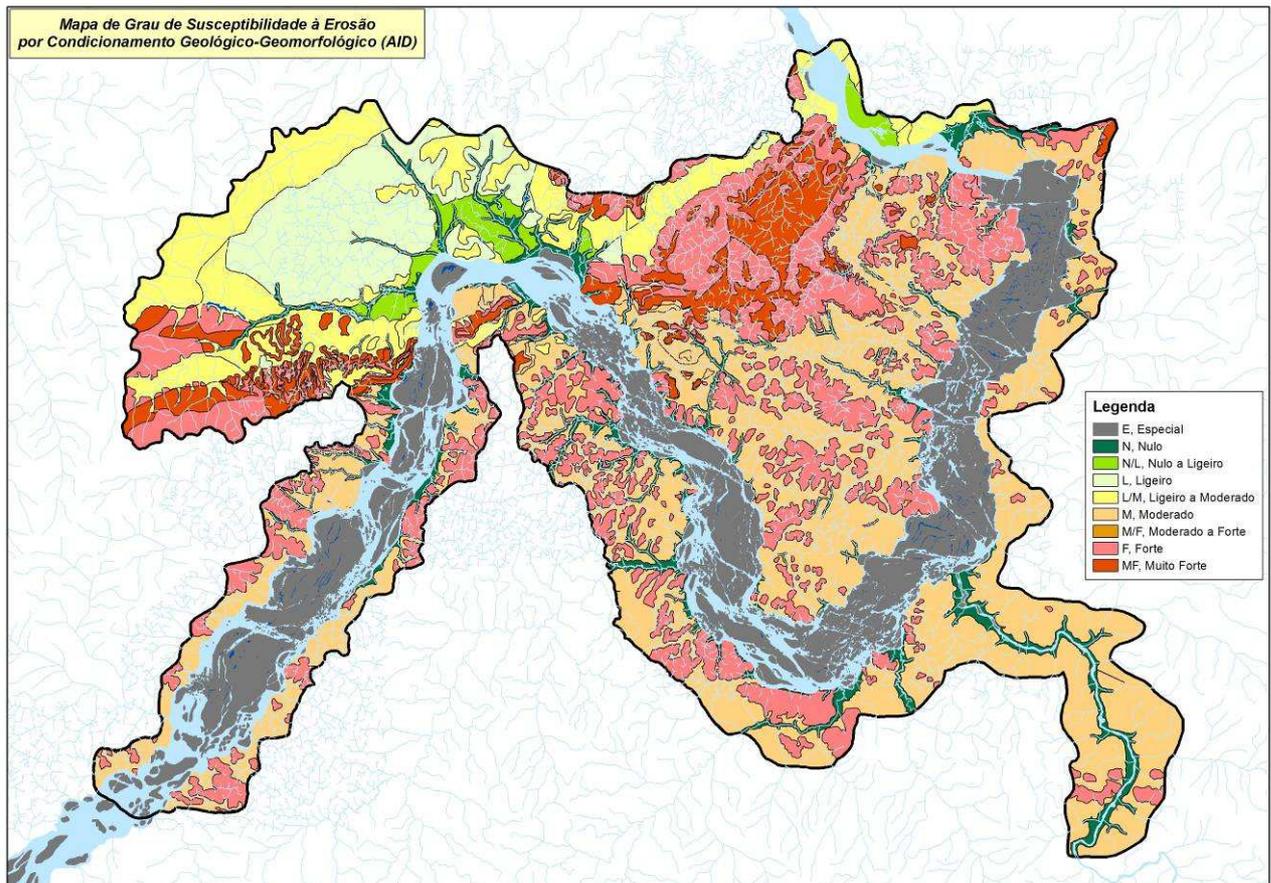


FIGURA 7.7.8-1 - Mapa Esquemático de Grau de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Geológico-Geomorfológico (AID)

7.7.8.2.2 Definição dos Graus de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Pedológico

No caso dos solos, a erodibilidade é a recíproca de sua resistência à erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 1999), sendo uma qualidade intrínseca do solo a ser considerada na definição da susceptibilidade ao processo erosivo.

Entretanto, a erodibilidade (ou fator K da equação universal de perda de solo) é um atributo complexo do solo, tendo sido definida por Wischmeier e Smith (1978) como sendo “a taxa de solo perdida por unidade de índice de erosividade da chuva em parcela unitária considerada padrão”. Nas condições-padrão, o valor calculado pela razão de perda de solo é considerado como o real valor de K. No entanto, pelas dificuldades experimentais para obtenção desse fator para todos os tipos de solo e condições climáticas possíveis, ele é geralmente estimado por equações matemáticas empíricas, conhecidas como funções de pedotransferência, com base em atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos. O método nomográfico de avaliação indireta da erodibilidade do solo, descrito por Wischmeier et al. (1971), vem a ser um dos mais conhecidos e adaptados em todo mundo, mas mesmo sendo relativamente simples, requer a disponibilidade de dados analíticos para ser convenientemente aplicado.

Comumente em trabalhos regionais, de caráter qualitativo, não se chega à determinação mesmo que indireta da erodibilidade dos diferentes tipos de solos presentes na área de estudo. Pode-se, entretanto, interpretar essa qualidade complexa do solo. Isto é possível porque a

erodibilidade é primeiramente uma função do tipo de solo (classe taxonômica), e para dado tipo de solo, varia com a granulometria, estrutura, agregação, teor de matéria orgânica e permeabilidade do perfil. Uma vez que grande parte dessas informações pode ser extraída dos mapas e relatórios dos levantamentos de solos, é possível a avaliação qualitativa da erodibilidade, expressando-a em termos de alta, média ou baixa, e relacionando com os graus de susceptibilidade à erosão. De modo geral, um solo de alta erodibilidade se relaciona com grau forte a muito forte de susceptibilidade à erosão, um de média erodibilidade com grau moderado de susceptibilidade à erosão, e um de baixa erodibilidade com grau nulo a ligeiro de susceptibilidade à erosão. Outras informações disponíveis para análise se referem aos valores de erodibilidade determinados experimentalmente para as principais classes de solo, que podem ser obtidos a partir da literatura, como no trabalho de Bertoni e Lombardi Neto (1999), para os solos do estado de São Paulo.

Assim, Latossolos, solos bem desenvolvidos, homogêneos e profundos, são considerados de baixa erodibilidade, pouco susceptíveis à erosão. Já os Argissolos, solos profundos a moderadamente profundos, são de média a alta erodibilidade devido à presença de gradiente textural entre os horizontes A ou E e o B textural, que diminui a permeabilidade do perfil e restringe sua capacidade de infiltração de água. No caso dos solos com gradiente textural abrupto, como nos Planossolos e em parte dos Argissolos, a erodibilidade é alta e grande a susceptibilidade à erosão. Neossolos Litólicos são de alta erodibilidade e muito susceptíveis à erosão pela presença de contato lítico próximo à superfície. Já os Neossolos Quartzarênicos, de textura arenosa por definição, possuem a vantagem de apresentar permeabilidade elevada, mas a estrutura em grãos simples condiciona baixa resistência à energia das águas, conferindo erodibilidade moderada a alta à classe de solo. Nos Espodossolos, a presença de “orstein” ou “orterde”, indicativo da cimentação do horizonte espódico, aliado à textura arenosa condicionam susceptibilidade à erosão de grau forte, especialmente quando a camada cimentada ocorre mais próxima à superfície. Cambissolos, solos jovens, pouco profundos e com desenvolvimento incipiente dos atributos pedogenéticos, em especial da estrutura do horizonte B, são de moderada a alta erodibilidade, que se acentua, quando apresentam caráter argissólico. De modo geral, solos de textura arenosa e média são mais susceptíveis à erosão do que solos de textura argilosa ou muito argilosa, mais ricos em matéria orgânica, pelo efeito agregador exercido pela argila e pela matéria orgânica, importantes agentes cimentantes das partículas do solo em conjunto com os óxidos de ferro e os materiais orgânicos. Quanto mais desenvolvida a estrutura e agregação do solo maior a resistência à desagregação. Ainda, nos Plintossolos, a presença de plintita, petroplintita e/ ou caráter concrecionário no solo, condiciona moderada a alta susceptibilidade à erosão em virtude desses atributos serem indicadores de drenagem deficiente no perfil e comumente ocorrerem associados às quebras de relevos de rampas ou de terraços fluviais.

Os graus de susceptibilidade à erosão das diferentes classes de solos que compõem o mapa pedológico da Área de Influência Direta foram atribuídos com base na classe taxonômica, textura, e presença de feições pedológicas indicativas de restrições à permeabilidade do perfil. Na definição dos graus de susceptibilidade à erosão da classe de solo não foram consideradas as fases de relevo, uma vez esse fator ter sido avaliado previamente em conjunto com a geologia (fator condicionante 1 geologia-geomorfologia). Definidos os graus de limitação das diferentes unidades de mapeamento, conforme relacionados no **QUADRO 7.7.8-5**, o mapa pedológico foi reclassificado, compondo o mapa do fator condicionante 2 (pedológico), como pode ser observado na **FIGURA 7.7.8-2**. No caso das unidades de mapeamento de solos compostas de dois ou mais componentes, o grau de susceptibilidade à erosão, utilizado na

especialização e composição do mapa do fator condicionante 2 (pedológico), corresponde ao do primeiro componente de cada unidade de mapeamento.

Os solos das ilhas foram englobados numa classe especial onde a susceptibilidade à erosão superficial é sobrepujada pelos processos fluviais.

QUADRO 7.7.8-5

Graus de susceptibilidade à erosão por condicionamento pedológico (fator condicionante 2).

Unidade de Mapeamento	Componente Principal	Observações	Grau	Símbolo
LVAa2	Latossolo Vermelho-Amarelo	textura argilosa	Nulo a Ligeiro	N/L
LAA1	Latossolo Amarelo	textura muito argilosa	Nulo a Ligeiro	N/L
LAA2	Latossolo Amarelo	textura argilosa	Nulo a Ligeiro	N/L
GXba1	Gleissolo Háptico	textura média	Ligeiro	L
GXba2	Gleissolo Háptico	textura média	Ligeiro	L
LVAa1	Latossolo Vermelho-Amarelo	textura média	Ligeiro	L
NVe	Nitossolo Vermelho	textura argilosa	Ligeiro	L
NXe	Nitossolo Háptico	textura argilosa	Ligeiro	L
RUBd	Neossolo Flúvico	textura arenosa e média	Ligeiro a moderado	L/M
CXbe	Cambissolo Háptico	textura argilosa	Moderado a Forte	M/F
PAa3	Argissolo Amarelo	textura média/ argilosa	Moderado a Forte	M/F
PAa5	Argissolo Amarelo	textura média/ argilosa	Moderado a Forte	M/F
PVAa1; PVAa2	Argissolo Vermelho-Amarelo	textura média/ argilosa	Moderado a Forte	M/F
PVAa4 a PVAa11	Argissolo Vermelho-Amarelo	textura média/ argilosa	Moderado a Forte	M/F
PVAe	Argissolo Vermelho-Amarelo	textura média/ argilosa	Moderado a Forte	M/F
RQga	Neossolo Quartzarênico	textura arenosa, hidromórfico	Moderado a Forte	M/F
RQoa	Neossolo Quartzarênico	textura arenosa	Moderado a Forte	M/F
CXbd1	Cambissolo Háptico	textura argilosa; caráter argissólico	Forte	F
CXbd2	Cambissolo Háptico	textura argilosa; caráter argissólico	Forte	F
EKu	Espodossolo	"orstein" e "orterde"	Forte	F
FFca	Plintossolo Pétrico	caráter concrecionário	Forte	F
FXa	Plintossolo Háptico	textura média	Forte	F
PAa1	Argissolo Amarelo	textura arenosa/ média	Forte	F
PAa2	Argissolo Amarelo	textura arenosa/média	Forte	F
PAa4	Argissolo Amarelo	textura arenosa/média	Forte	F
PACA	Argissolo Acinzentado	textura arenosa/média	Forte	F
PVAa3	Argissolo Vermelho-Amarelo	textura média/ argilosa; petroplíntico	Forte	F
RLd1	Neossolo Litólico	textura média; contato lítico	Muito Forte	MF
RLd2	Neossolo Litólico	textura média; contato lítico	Muito Forte	MF
RLd3	Neossolo Litólico	textura média; contato lítico	Muito Forte	MF
SGd	Planossolo Hidromórfico	textura arenosa/argilosa; abruptico	Muito Forte	MF
AR1	Afloramento rochoso	tipo de terreno	Muito Forte	MF
AR2	Afloramento rochoso	tipo de terreno	Muito Forte	MF

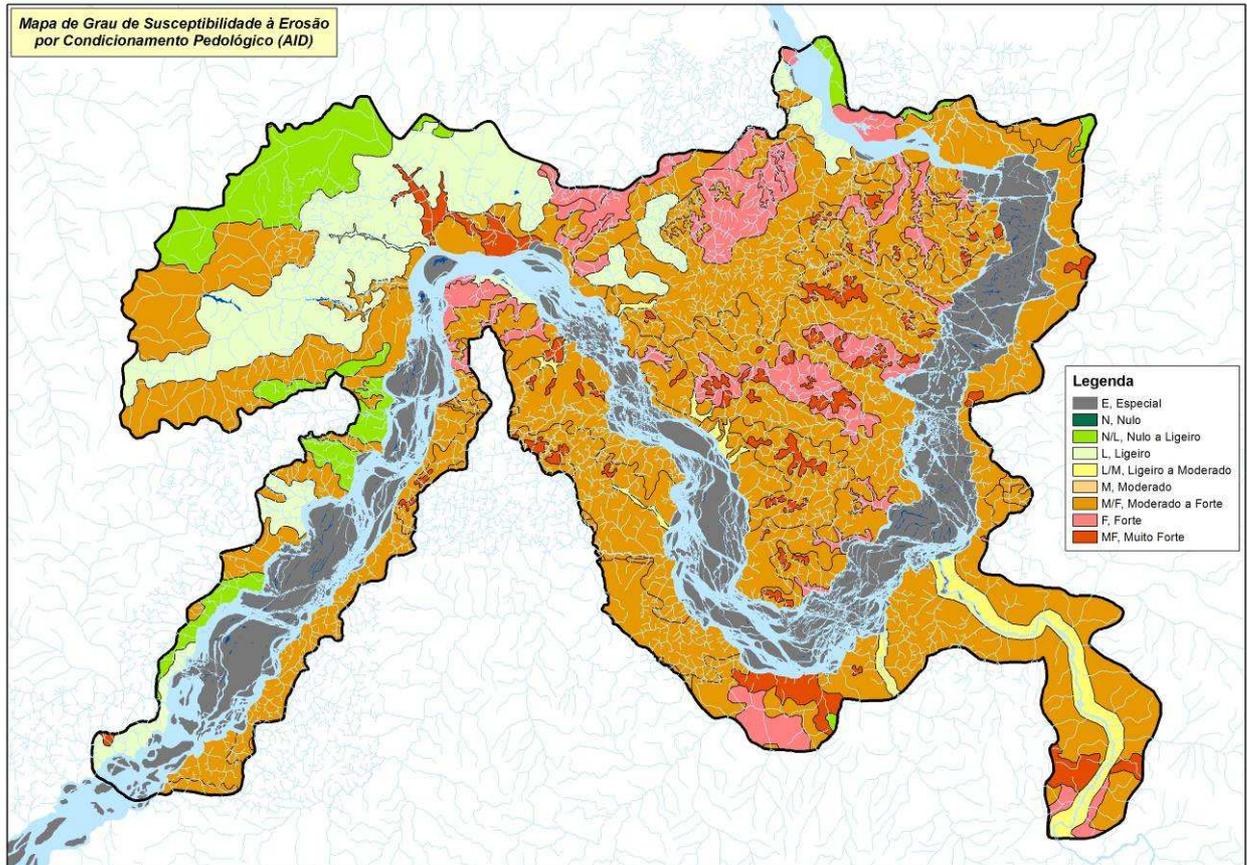


FIGURA 7.7.8-2 - Mapa Esquemático de Grau de Susceptibilidade à Erosão por Condicionamento Pedológico (AID)

7.7.8.2.3 Avaliação Integrada da Geologia, Geomorfologia e Solo na Definição da Susceptibilidade à Erosão das Terras

Para caracterização da susceptibilidade à erosão das terras da AID, procedeu-se ao cruzamento dos mapas do fator condicionante 1 (geológico-geomorfológico) e do fator condicionante 2 (pedológico), novamente em ambiente de sistema de informação geográfica.

No mapa resultante, cada polígono ficou sendo caracterizado por dois graus de susceptibilidade à erosão, por exemplo, N-N/L, significando grau nulo por condicionamento geológico-geomorfológico e nulo a ligeiro por condicionamento pedológico, respectivamente. A classificação final foi definida com base no grau mais restritivo; no caso do exemplo acima, na reclassificação final o polígono recebeu o N/L 2 (nulo a ligeiro por condicionamento pedológico). Outro exemplo, um polígono caracterizado pela combinação de graus de susceptibilidade F-M, forte por condicionamento geológico-geomorfológico e moderado por condicionamento pedológico, recebeu a classificação final de grau F 1 (forte por condicionamento geológico-geomorfológico). Os índices 1 e 2 associados aos símbolos designativos dos graus de limitação indicam respectivamente condicionamento geológico-geomorfológico e condicionamento pedológico.

Resultantes do cruzamento matricial entre os mapas foram observados alguns tipos de associações teoricamente não possíveis de ocorrer ou não válidas. Diversos fatores podem explicar esse fato, citando-se que os mapas temáticos (geológico, geomorfológico e pedológico) provêm de bases cartográficas diferentes, o que pode provocar deslocamentos, os objetos de mapeamento guardam relações entre si de causa e efeito, mas são distintos e não totalmente coincidentes, assim como os critérios de mapeamento de cada tema, fazendo com que não haja correspondência total entre as manchas. Tanto quanto possível, dado o elevado número de manchas, tais distorções foram corrigidas caso a caso.

No caso de coincidência dos graus de limitação relativos aos dois fatores condicionantes, na classificação final foi privilegiado o condicionamento geológico-geomorfológico. Tal procedimento foi adotado por se considerar que o fator “ativo” no caso é o relevo, uma vez que o solo é que sofre erosão. A título de exemplo, um polígono que tenha sido caracterizado pelos graus M/F-M/F, na classificação final recebeu o grau M/F 1 (moderado a forte por condicionamento geológico-geomorfológico).

No entanto, o solo em si pode ser mais ou menos erodível, ou possuir maior ou menor erodibilidade, o que explica porque em certos locais o grau de susceptibilidade à erosão por condicionamento geológico-geomorfológico é baixo ou moderado, mas a classificação final é de grau alto de susceptibilidade à erosão em virtude do solo ser muito erodível. É o caso dos Planossolos, altamente erodíveis em função da presença de caráter abrupto entre os horizontes superficiais e o horizonte plânico, embora como o próprio nome sugira ocorram em áreas de relevo plano a suave ondulado.

As ilhas do rio Xingu foram incluídas em uma Classe Especial, com predominância de processos fluviais, dependentes da alternância entre períodos de cheia e de estiagem, que sobrepujam em importância a susceptibilidade à erosão superficial.

Para melhor compreensão do mapa é feita referência na legenda ao tipo de relevo ou classe de solo em questão que justifica o grau de susceptibilidade à erosão indicado. O **QUADRO 7.7.8-6** ilustra a legenda expandida que acompanha o mapa de susceptibilidade à erosão das terras da AID.

QUADRO 7.7.8-6

Legenda Descritiva do Mapa de Susceptibilidade à Erosão das Terras da Área de Influência Direta AHE Belo Monte

Continua

Susceptibilidade à Erosão Nula (N)
N1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico e Pedológico Terras de relevo de planícies fluviais e de inundação com ocorrência de solos de baixa erodibilidade.
Susceptibilidade à Erosão Nula a Ligeira (N/L)
N/L 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevo de terraços com ocorrência de solos de baixa erodibilidade da classe de Latossolos Amarelos Alumínicos de textura muito argilosa e argilosa.
Susceptibilidade à Erosão Ligeira (L)
L 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de colinas médias com ocorrência de solos de baixa erodibilidade das classes de Nitossolos Vermelhos Eutróficos e Latossolos Amarelos Alumínicos de textura argilosa.
L 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevo de planície fluvial e de terraços com ocorrência de solos de baixa erodibilidade das classes de Gleissolos Háplicos Tb Alumínicos e Nitossolos Vermelhos Eutróficos.
Susceptibilidade à Erosão Ligeira a Moderada (L/M)
L/M 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de colinas médias e de colinas médias e pequenas com ocorrência de solos de baixa erodibilidade das classes de Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos e Nitossolos Vermelhos Eutróficos, todos textura argilosa.
L/M 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevo de planície fluvial com ocorrência de solos de erodibilidade baixa a média da classe de Neossolos Flúvicos Tb Distrofícos textura arenosa e média.
Susceptibilidade à Erosão Moderada (M)
M 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de colinas médias e pequenas com ocorrência de solos de erodibilidade baixa a média das classes de Latossolos Vermelho-Amarelos Alumínicos textura média e argilosa, Latossolos Amarelos Alumínicos textura argilosa e Nitossolos Háplicos Eutróficos textura argilosa.
Susceptibilidade à Erosão Moderada a Forte (M/F)
M/F 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos de terraços, de colinas médias e de colinas médias e pequenas, com ocorrência generalizada de solos de erodibilidade média a alta das classes de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos, todos textura média/ argilosa.
Susceptibilidade à Erosão Forte (F)
F 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de escarpa dissecada, de morrotes e de morrotes e morros com ocorrência de solos de média a alta erodibilidade das classes de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, ambos Alumínicos, textura arenosa/ média, mais frequentemente média/ argilosa, de Cambissolos Háplicos Tb Distrofícos argissólicos ou Eutróficos, de Espodossolos Cárnicos Hiperssecos e de Neossolos Litólicos Distrofícos.

QUADRO 7.7.8-6

Legenda Descritiva do Mapa de Susceptibilidade à Erosão das Terras da Área de Influência Direta AHE Belo Monte

Continuação

<p>F 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos variados com ocorrência de solos de erodibilidade alta e média das classes de Plintossolos Háplicos Alumínicos, Cambissolos Háplicos Tb Distróficos argissólicos e Argissolos Acinzentados Alumínicos plínticos.</p>
<p>Susceptibilidade à Erosão Muito Forte (MF)</p>
<p>MF 1 – Por Condicionamento Geológico-Geomorfológico Terras de relevos de escarpas dissecadas e de morrotes e morros com ocorrência de solos de erodibilidade média a alta das classes de Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, ambos Alumínicos textura média/ argilosa, de Espodossolos Cárbicos Hiperespessos, de Neossolos Litólicos Distróficos, de Neossolos Quartzarênicos e de Plintossolos Pétricos Concrecionários.</p>
<p>MF 2 – Por Condicionamento Pedológico Terras de relevos variados com ocorrência de afloramentos de rocha e solos de alta erodibilidade das classes de Neossolos Litólicos Distróficos e Planossolos Hidromórficos Distróficos.</p>
<p>Susceptibilidade à Erosão – Outras Áreas</p>
<p>E - Classe Especial Terras das ilhas da Volta Grande do rio Xingu, de relevos de planícies fluviais e morrotes, com afloramentos rochosos e extensos “pedrais” em corredeiras e cachoeiras, submetidas a uma dinâmica erosiva e deposicional, com predominância de processos fluviais, dependentes da alternância entre períodos de cheia e de estiagem, que sobrepujam em importância a susceptibilidade à erosão superficial.</p>

7.7.8.3 Caracterização da Susceptibilidade à Erosão das Terras da AID

O **Desenho 6365-EIA-DE-G91-030** mostra o Mapa de Susceptibilidade à Erosão das Terras da Área de Influência Direta.

À semelhança do relatado para a Área de Influência Indireta, grau moderado a forte de susceptibilidade à erosão por condicionamento pedológico (M/F 2) é o que ocorre em maior proporção, tendo sido caracterizado em 32% da área avaliada, correspondentes a uma área de 146.013,8 ha (**QUADRO 7.7.8-7**). Em sua maior parte, essas terras ocorrem associadas à unidade de relevo Depressão da Amazônia Meridional, extensa superfície de aplanamento, com relevos de colinas médias e pequenas, caracterizados por amplitude variando de 20 a 60m, altitudes entre 50 e 200m e inclinação inferior a 10%. Os solos pertencem predominantemente às classes dos Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos de textura média/ argilosa, com erodibilidade moderada a alta devido ao gradiente textural entre o horizonte superficial (A ou E) e o horizonte B textural.

Em segundo lugar em termos de área de ocorrência, foi caracterizada susceptibilidade à erosão de grau forte por condicionamento geológico-geomorfológico (F 1) em 19% da área da AID (88.019,9 ha). Compreendem terras que se distribuem pelos Planaltos Residuais do Amazonas e pelo Planalto Marginal do Amazonas sobre relevos de escarpas dissecadas, de morrotes e de morrotes e morros, com inclinações variando entre 15 e 30%, altitudes superiores a 100m e até 300m, e amplitudes desde 20 até 150m. Os solos de ocorrência

incluem Cambissolos Háplicos argissólicos, Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos textura média/ argilosa, e Neossolos Litólicos.

QUADRO 7.7.8-7

Classificação final dos graus de susceptibilidade à erosão das terras da AID e as áreas de ocorrência em hectares.

Classificação Final		Fator Condicionante	Área	
Grau	Símbolo		ha	%
Nulo	N1	Geológico-Geomorfológico-Pedológico	16.913,9	3,7
Nulo a Ligeiro	N/L 1	Geológico-Geomorfológico	471,7	0,1
Ligeiro	L 1	Geológico-Geomorfológico	23.930,9	5,2
Ligeiro	L 2	Pedológico	5.019,8	1,1
Ligeiro a Moderado	L/M 1	Geológico-Geomorfológico	28.925,1	6,3
Ligeiro a Moderado	L/M 2	Pedológico	4.347,8	1,0
Moderado	M 1	Geológico-Geomorfológico	13.847,2	3,0
Moderado a Forte	M/F 2	Pedológico	146.013,8	32,0
Forte	F 1	Geológico-Geomorfológico	88.019,9	19,3
Forte	F 2	Pedológico	19.412,5	4,3
Muito Forte	MF 1	Geológico-Geomorfológico	26.961,3	5,9
Muito Forte	MF 2	Pedológico	17.452,6	3,8
Classe Especial	E		65.024,01	14,3
Totais			456.340,6	100,0

Grau ligeiro a moderado por condicionamento geológico-geomorfológico (L/M 1) foi caracterizado em aproximadamente 6% da área, englobando 28.925,1 ha (QUADRO 7.7.8-7). A maior parte dessas terras ocorre em relevos de colinas médias do Planalto Marginal do Amazonas, caracterizado por amplitude entre 30 e 80m, inclinação entre 3 e 5% e altitude entre 60-200m. Os solos predominantes correspondem aos Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa, e Nitossolos Vermelhos Eutróficos, todos de baixa erodibilidade.

Em outros 6 % da área avaliada (26.961,3 ha), a susceptibilidade à erosão é de grau muito forte por condicionamento geológico-geomorfológico (MF 1). Essas terras incluem os relevos de escarpas dissecadas do Planalto Marginal do Amazonas, e de morrotes e morros associados a rochas sedimentares de granulometria grosseira dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia. Os solos pertencem às classes dos Argissolos Vermelho-Amarelos textura média/ argilosa, Cambissolos Háplicos argissólicos, Neossolos Litólicos e Espodossolos Cárbcicos, de erodibilidade média a alta.

Susceptibilidade à erosão de grau muito forte por condicionamento pedológico (MF 2) foi caracterizada em quase 4% da área avaliada (17.452,6 ha). Ocorrendo em relevos variados, essas terras incluem afloramentos rochosos, Neossolos Litólicos e Planossolos Hidromórficos, de alta erodibilidade.

Grau ligeiro de susceptibilidade à erosão por condicionamento geológico-geomorfológico (L 1) foi caracterizado em aproximadamente 5% da área (23.930,9 ha), em relevos de colinas médias do Planalto Marginal do Amazonas, ocorrendo sobre diabásio. Os solos pertencem às classes dos Nitossolos Vermelhos e Nitossolos Háplicos, além de Latossolos Vermelho-Amarelos textura argilosa. Cerca de 1% da área (5.019,8 ha) foi caracterizado como sendo de grau ligeiro, mas por condicionamento pedológico (L 2), incluindo terras com relevos de planícies fluviais e de terraços em área de Gleissolos Háplicos. Mais 1% da área (4.347,8 ha) inclui terras de grau ligeiro a moderado de susceptibilidade à erosão por condicionamento pedológico (L/M 2), ocorrendo em relevos de planície fluvial com solos pertencentes à classe dos Neossolos Flúvicos textura média e arenosa.

Grau forte de susceptibilidade à erosão por condicionamento pedológico (F 2) foi caracterizado em 4% da área (19.412,5 ha), a maior parte das terras ocorrendo em relevos de colinas médias e de colinas médias e pequenas, onde os solos são de alta erodibilidade, a exemplo dos Plintossolos Pétricos Concrecionários, Plintossolos Háplicos textura média e média/ argilosa e Cambissolos Háplicos argissólicos.

Na classe de grau moderado de susceptibilidade à erosão por condicionamento geológico-geomorfológico (M 1), enquadram-se 3% da área (13.847,2 ha) em relevos de colinas médias e pequenas sobre litologias variadas, cujos solos representativos são Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos textura argilosa, e Nitossolos Háplicos.

O grau nulo de susceptibilidade à erosão (N 1) foi caracterizado em menos de 4% da área (16.913,9 ha), em terras de relevo de planícies fluviais. As terras com relevos de terraços e solos de baixa erodibilidade da classe dos Latossolos Amarelos textura muito argilosa foram caracterizadas como sendo de susceptibilidade nula a ligeira (N/L 1) por condicionamento geológico-geomorfológico, ocorrendo em muito menos de 1% da área (471,7 ha).

Finalmente, 14% da AID, num total de pouco mais de 65.000 ha, foram enquadrados em uma classe especial, incluindo as ilhas e pedrais da Volta Grande do Xingu, submetidas a uma dinâmica erosiva e deposicional com predominância de processos fluviais. Esses processos dependem da alternância entre períodos de cheia e de estiagem e sobrepõem em importância, neste local, a susceptibilidade à erosão superficial.

7.7.8.4 Conclusões

A grande heterogeneidade de relevo, substrato rochoso e solos, da Área de Influência Direta (AID) do AHE Belo Monte, resultou em terras, também, bastante variadas em termos de susceptibilidade à erosão.

Em cerca de um terço da AID a susceptibilidade à erosão é de grau moderado a forte por condicionamento pedológico, devido à ocorrência principal de Argissolos textura média/ argilosa.

Outro um terço das terras AID são de grau forte e muito forte de susceptibilidade à erosão em virtude da ocorrência de relevos de morrotes, de morrotes e morros e de escarpas dissecadas, associados a solos de alta erodibilidade representados por Argissolos textura arenosa/ média, Cambissolos Háplicos argissólicos e Plintossolos, Pétricos ou Háplicos, concrecionários ou não.

Em conjunto, graus nulo, ligeiro e no máximo moderado de susceptibilidade à erosão das terras foram caracterizados em pouco mais de 20% das terras da AID.

O restante da área mapeada (14%) corresponde às ilhas e aos pedrais da Volta Grande do Xingu, onde predominam processos fluviais de erosão e deposição.

7.7.9 ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS

7.7.9.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

O desenvolvimento do presente tema tem por objetivo identificar e caracterizar os processos e mecanismos potenciais de instabilização das encostas marginais dos reservatórios do AHE Belo Monte, bem como avaliar o grau de suscetibilidade dessas encostas aos referidos processos. São considerados os principais condicionantes, aqueles geomorfológicos, geológicos, incluindo as unidades geológicas, unidades geológico-geotécnicas e estruturas e o uso do solo e cobertura vegetal.

A caracterização apresentada está fundamentada nos mapas e estudos geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos e de uso do solo e cobertura vegetal da Área de Influência Direta (AID). A declividade das encostas marginais foi contemplada através do mapa e estudos geomorfológicos que consideraram mapas topográficos e modelos digitais do terreno. Foram também considerados os estudos geológico-geotécnicos dos locais das obras apresentados nos estudos de viabilidade referentes aos projetos de engenharia.

Foram agrupadas em conjuntos individualizados aquelas encostas situadas no Reservatório do Xingu, no Reservatório dos Canais e na região de jusante da Casa de Força Principal.

Foi considerado o posicionamento dos diversos setores das encostas (trechos caracterizados por diferentes condicionantes, processos, mecanismos e graus de suscetibilidade), se na margem direita, esquerda ou ilhas e, no caso do Reservatório do Xingu, também a localização desses setores em relação aos compartimentos do meio físico e do empreendimento (B5- Ilha Babaquara/Montante Ilha Grande, B4 - Paratizinho/Ilha Babaquara, B3 – Ilha da Taboca/Paratizinho, B2 – Barragem/Ilha da Taboca), conforme apresentado em Descrição do Empreendimento.

No **Desenho 6365-EIA-DE-G91-031** foram indicados e destacados por números os setores das encostas que apresentam suscetibilidade aos processos de instabilização a partir do grau médio. Aqueles não destacados são considerados de baixo grau ou desprovidos de suscetibilidade para os processos de instabilização analisados.

A avaliação do grau de suscetibilidade dos diversos setores das encostas marginais foi efetuada com base na relevância dos condicionantes geológicos, geológico-geotécnicos e geomorfológicos para os diversos processos visualizados durante os levantamentos de campo e para aqueles processos potenciais. O uso do solo e cobertura vegetal não apresentou significativa influência na avaliação do grau de suscetibilidade, uma vez que as encostas marginais estão bastante degradadas nos diversos setores, apresentando-se com características similares e ou com diferenças pouco significativas. Os diversos processos e seus condicionantes identificados nos itens 7.7.9.2 e 7.7.9.3, apresentam os seguintes graus de suscetibilidade:

Suscetibilidade alta aos movimentos de massa e aos processos erosivos: escarpas dissecadas, morros e morrotes com escarpas dissecadas, nos domínios de rochas cristalinas e sedimentares e seus produtos de alteração;

Suscetibilidade média aos movimentos de massa e aos processos erosivos: encostas íngremes, morrotes e morros no domínio de rochas cristalinas e seus produtos de alteração;

Suscetibilidade baixa a média aos movimentos de massa: morros e morrotes e encostas íngremes no domínio do Diabásio Penatecaua e seu solo de alteração;

Suscetibilidade alta a erosão subterrânea (*piping*) e a processos erosivos superficiais: encostas íngremes, morrotes e morros, morrotes e morros com escarpas dissecadas, impressos nos arenitos da Formação Maecuru;

Suscetibilidade alta a erosão: morrotes e morros com escarpas dissecadas nos arenitos friáveis da Formação Alter do Chão;

Suscetibilidade média aos processos de desagregação superficial ligados à presença de minerais expansivos e aos movimentos de massa associados: encostas íngremes, morrotes e morros nos domínios das formações Trombetas e Curuá;

Suscetibilidade média aos processos de colapso de solos insaturados (processos potenciais para a saturação com o reservatório): depósitos de colúvios associados à morrotes e morros com encostas íngremes e morrotes e morros com escarpas dissecadas;

Suscetibilidade alta aos processos de inundação, surgimento de áreas úmidas e alagadas, adensamento dos solos moles e instabilizações de pavimentos, edificações e instalações sobre aterros e aluviões: terraços a planícies fluviais com aluviões e aterros na cidade de Altamira;

7.7.9.2 Processos e Mecanismos de Instabilização das Encostas Marginais e seus Condicionantes

A caracterização sobre a estabilidade das encostas marginais está sintetizada no **Desenho 6365-EIA-DE-G91-031** e nos quadros do **Apêndice 7.7.9-1**, considerando o Reservatório do Xingu, Reservatório dos Canais e jusante da Casa de Força Principal.

7.7.9.2.1 Condicionantes

Os condicionantes identificados e avaliados para os processos de instabilização das encostas marginais foram aqueles geomorfológicos, geológicos e o uso do solo e cobertura vegetal. Quanto aos condicionantes geomorfológicos foram destacados os morrotes, morrotes e morros, encostas íngremes e escarpas dissecadas.

Os condicionantes geológicos incluem aqueles associados às unidades geológicas, unidades geológico-geotécnicas e estruturas.

As unidades geológicas e geológico-geotécnicas são aquelas das rochas cristalinas do Complexo Xingu, das rochas sedimentares e do Diabásio Penatecaua da Bacia do Amazonas e aquelas referentes aos solos transportados, aluviões das planícies fluviais e dos terraços e os depósitos de coluviões, além da ocorrência de aterros, especialmente no caso da cidade de Altamira. Na região de jusante da barragem Pimental, ocorrem os maciços da Unidade AxII (Suíte Três Palmeiras) com rochas metavulcânicas e metassedimentares. Esses maciços não ocorrem às margens dos reservatórios do Xingu e nem dos Canais.

Os maciços rochosos cristalinos do Complexo Xingu incluem os migmatitos, gnaisses e granitóides e apresentam-se recobertos por seus produtos de alteração, principalmente solos

residuais, solos eluvial (SE) e de alteração (SA) e/ou solo de alteração com blocos (SA-BI). Os solos de alteração apresentam estruturas da rocha matriz preservadas que normalmente condicionam os processos de movimentos de massa. São constituídos, de maneira geral, por siltes argilo-arenosos e areias siltosas de baixa coesão e francamente erodíveis. Os solos eluviais recobrem os solos de alteração, são desprovidos de estruturas da rocha, normalmente são argilosos e pouco erodíveis.

Os maciços rochosos ígneos da Bacia do Amazonas correspondem ao Diabásio Penatecaua que se apresenta recoberto por solo de alteração (SA) constituído predominantemente por argila siltosa.

Os maciços rochosos sedimentares correspondem às diversas fácies das Formações Maecuru, Ererê, Curuá e Alter do Chão, predominantemente pelíticas, classificados como medianamente coerente (C2), pouco coerente (C3) e incoerente (C4), no caso das Formações Trombetas e Curuá e correspondentes a arenitos friáveis, com graus de coerência C3/C4, no caso das Formações Maecuru e Alter do Chão. No caso da Formação Ererê, os níveis arenosos friáveis intercalam-se a níveis de siltitos e folhelhos.

As estruturas geológicas condicionantes dos processos de instabilização das encostas referem-se à foliação N50W/75SW para as rochas do embasamento cristalino e aos principais falhamentos e fraturas associadas, cujas principais direções são as seguintes: N55-65W; N30-40W; N55-65E; N30-40E; N5-15E; N20-25E; N5-25W; N85E - S85E. Além dessas estruturas, ocorrem ainda os sistemas horizontal e subhorizontal, possivelmente relacionados a alívio de carga. Destaca-se a importância individual daquelas feições que se apresentam com direções paralelas às encostas. Assim, nos trechos das margens do rio Xingu e dos reservatórios com direção NW, assumem importância individual a foliação e/ou as falhas NW-SE e fraturas associadas. Além dessas estruturas paralelas ou subparalelas às encostas, é reconhecida também a influência das outras estruturas anteriormente citadas e das suas intersecções, principalmente para os processos de movimentos de massa.

As áreas de estudo apresentam-se bastante desmatadas com predomínio de pastagem, pasto sujo, capoeira e floresta ombrófila aberta com palmeiras. Quanto à ocupação urbana, destaca-se a cidade de Altamira, sobre os terraços de aluviões antigos às margens do rio Xingu e avançando sobre as áreas de ocorrência do Diabásio Penatecaua e sobre as planícies fluviais com aluviões recentes dos igarapés Ambé, Altamira e Panelas, sujeitas às inundações periódicas. As instalações da infraestrutura urbana nessas áreas de planície sujeitas a inundações resultaram na implantação de aterros de características diversas. Além dessas inundações periódicas, as planícies dos igarapés Ambé e Panelas estão degradadas pela extração de argila. São observadas também obras viárias, como a rodovia Transamazônica e atividades minerárias relativas a ouro, essas na região da Ressaca, a jusante da barragem Pimental e dos reservatórios em estudo, que envolvem movimentos de terra e alterações na circulação das águas superficiais, intervenções que podem induzir processos de instabilização das encostas e assoreamento das drenagens.

7.7.9.2.2 Processos e Mecanismos

Os principais processos de instabilização das encostas marginais identificados e avaliados a partir dos principais condicionantes estão indicados abaixo:

- Processos erosivos por solapamento e desbarrancamento de margens de rios e igarapés;

- Processos erosivos principalmente por sulcos e ravinas;
- Movimentos de massa no domínio de rochas cristalinas. Esses processos referem-se principalmente a escorregamentos em solos de alteração e a queda e rolamento de blocos. Localmente referem-se à rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e subordinadamente podem ocorrer escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas do maciço rochoso;
- Movimentos de massa no domínio de rochas sedimentares. Esses processos referem-se principalmente a rastejo e escorregamento em solos de alteração e em rochas de baixa coerência (graus C3, C3/C4 e C4) e localmente em depósitos de tálus/colúvio;
- Processos de *piping* (erosão subterrânea) nas escarpas dos arenitos da Formação Maecuru, similares àqueles que permitiram o desenvolvimento de cavidades subterrâneas;
- Desagregação superficial das encostas das Formações Trombetas e Curuá com posterior escorregamento/erosão, expondo nova superfície a esse processo de intemperismo;
- Colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis;
- Instabilizações de pavimentos viários, edificações e instalações de obras de infraestrutura, envolvendo aterros e aluviões principalmente na cidade de Altamira;
- Adensamento de solos moles (aterros e aluviões) e conseqüentes recalques excessivos e/ou diferenciais envolvendo fundações de edificações e de outras obras de infraestrutura, principalmente na cidade de Altamira;
- Inundação de planícies fluviais e surgimento de áreas úmidas e alagadas, principalmente na cidade de Altamira.

Os processos de erosão e de movimento de massa são desencadeados principalmente pela ação do escoamento das águas superficiais (pluviais, dos rios e igarapés), quando de eventos pluviométricos de grande intensidade, nas encostas e margens dos rios e igarapés cuja cobertura vegetal encontra-se bastante alterada, com predomínio de pastagem, pasto sujo, capoeira e floresta ombrófila aberta com palmeiras e naquelas cujas características geomorfológicas e geológicas também são favoráveis à instalação e desenvolvimento desses processos.

As cavidades subterrâneas desenvolvidas nas escarpas dos arenitos da Formação Maecuru estão ligadas a mecanismos de *piping* (erosão subterrânea) e de circulação das águas subterrâneas.

A desagregação superficial das encostas caracterizadas por pelitos das Formações Trombetas e Curuá é conseqüência de mecanismos de expansão/contração dos solos devido à variação volumétrica por saturação e/ou perda de umidade de argilominerais expansivos.

Adensamento de solos moles, instabilizações e/ou degradação de pavimentos viários, edificações e instalações de obras de infraestrutura sobre aterros e aluviões, bem como inundação de planícies fluviais e surgimento de áreas úmidas e alagadas na cidade de Altamira estão associados à cheias do rio Xingu e à elevação do lençol freático.

O colapso de solos associados a depósitos de colúvios é devido à redução brusca no volume de vazios quando submetido a umedecimento e saturação devido à elevação do lençol freático. Esse processo em particular pode ser deflagrado com a elevação do lençol freático, na situação com os reservatórios.

Os processos de instabilização podem ser deflagrados por causas naturais, como o escoamento de águas pluviais e de rios, mas também a partir de ações antrópicas como desmatamentos, cortes de encostas, movimentos de terra e alterações no escoamento das águas de superfície a partir de obras viárias (rodovia Transamazônica) e atividades minerárias (garimpos da Ressaca).

Os futuros reservatórios favorecem a reativação, propagação e/ou instalação de novos processos erosivos e de instabilização das encostas marginais de uma maneira geral, devido ao embate de ondas, submersão parcial de unidades geológico-geotécnicas susceptíveis às instabilizações e também devido à elevação da superfície freática. A jusante a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido às características das águas efluentes, desprovidas de carga sólida.

A direção preferencial dos ventos, conforme diagnóstico sobre o clima, é NE e, nesse caso, o embate de ondas poderá atuar, de maneira geral, com maior intensidade na margem direita do Reservatório do Xingu, no trecho a montante da cidade da Altamira, enquanto que no trecho a jusante da mesma cidade, em sua margem esquerda. No Reservatório dos Canais, a maior intensidade das ondas, de maneira geral, deverá ocorrer na margem esquerda, na região próxima aos Canais de Derivação e na margem direita, na região de jusante. Destaca-se a substancial variação nas direções das margens dos reservatórios.

7.7.9.3 Reservatório do Xingu

7.7.9.3.1 Compartimento - B5- Ilha Babaquara/Montante Ilha Grande

Nesse compartimento foram identificados e destacados os setores 1, 2, 3, 4, 5, e 6 na margem direita, os setores 7, 8, 9, 10 e 16 na margem esquerda e o setor 11 em ilha do leito do rio Xingu.

São caracterizados por encostas íngremes, morrotes e morros, morrotes e escarpas dissecadas onde se apresentam maciços de rochas cristalinas, recobertos por seus produtos de alteração, principalmente solos residuais, solos eluviais e de alteração (SE e SA) e/ou solo de alteração com blocos (SA - B1). Localmente podem ocorrer corpos de coluviões e/ou tálus. Quanto às estruturas são destacadas a foliação com atitude N50W/ 75SW, Lineamento Xingu com direção NE, paralelo ao rio (N20E) e falhas transversais ao rio (N50-70W e algumas NE e E-W). A cobertura vegetal é de pastagem, pasto sujo, capoeira e floresta ombrófila aberta com palmeiras.

Os processos de instabilização referem-se a erosão por solapamento e desbarrancamento das margens de rios e igarapés, erosão das encostas marginais principalmente por sulcos e ravinas

e movimentos de massa. Os movimentos de massa referem-se principalmente a escorregamentos em solos de alteração e queda e rolamento de blocos. Localmente ocorrem rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio (quando esses depósitos estão presentes) e, subordinadamente, escorregamentos e deslocamentos rochosos, condicionados por estruturas do maciço rochoso. A suscetibilidade aos processos é de grau médio para todos os setores, exceto para o de número 16. O setor 16 difere dos demais por ser o único com escarpa dissecada e por apresentar a Formação Trombetas disposta sobre granitóides. A esse setor foi atribuída suscetibilidade alta aos processos de instabilização.

Nesse compartimento o reservatório está restrito à calha do rio e, portanto, a sua influência será mínima ou praticamente ausente sobre os processos de instabilização das encostas. Observa-se que os setores 1, 2 e 3 da margem direita e os setores 7 e 8 da margem esquerda situam-se a montante do limite dos reservatórios para as cheias média anual e excepcional.

7.7.9.3.2 Compartimento B4 - Paratizinho/Ilha Babaquara

Nesse compartimento foram identificados e destacados os setores 12, 13 e 14 (subdividido em 14A, 14B e 14C, de acordo com a unidade geológica) na margem direita e os setores 17, 18, 19, 20 e 21 na margem esquerda (os setores 18 e 21 foram subdivididos em 18A e 18B, 21A e 21B, de acordo com a unidade geológica).

São caracterizados por encostas íngremes, por morrotes e morros com encostas íngremes e apenas o setor 17, correspondente à Altamira, é caracterizado por planícies fluviais e terraços. Apresentam as unidades geológicas e geológico-geotécnicas das Formações Trombetas, Maecuru, Diabásio Penatecaua e dos depósitos aluvionares. Apenas o setor 14B é caracterizado por unidades de granitóides da unidade AxrV. Quanto às estruturas são destacadas a foliação com atitude N50W/ 75SW, falhamentos NE (Paratizinho), falhamentos N35W, NS e EW, enquanto as direções do rio Xingu são NS, EW e NW. A cobertura vegetal é composta predominantemente de pastagem, além de capoeira e floresta ombrófila aberta com palmeiras. Nesse compartimento encontra-se a área urbana de Altamira.

Nesse compartimento podem ocorrer praticamente todos os processos de instabilização das encostas indicados no item 7.7.9.2.2:

- Processos erosivos por solapamento e desbarrancamento de margens de rios e igarapés;
- Processos erosivos principalmente por sulcos e ravinas;
- Movimentos de massa no domínio de rochas cristalina e das rochas sedimentares;
- Localmente rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio;
- Processos de *piping* (erosão subterrânea) nas escarpas dos arenitos da Formação Maecuru, similares àqueles que permitiram o desenvolvimento de cavidades subterrâneas;
- Desagregação superficial devido a presença de minerais expansivos das encostas das Formações Trombetas e Curuá;

- Adensamento de solos moles, instabilizações de pavimentos viários, edificações e instalações de obras de infraestrutura, envolvendo aterros e aluviões principalmente na cidade de Altamira;
- Inundação de planícies fluviais e surgimento de áreas úmidas e alagadas principalmente na cidade de Altamira.

A suscetibilidade aos processos é de grau baixo/médio, médio e alto. Aqueles de grau baixo/médio foram atribuídos aos setores 12 e 18A, relacionados aos processos de movimentos de massa da unidade do Diabásio Penatecaua. Aqueles de grau médio foram associados aos setores 14B, 14C, 18B, 19 e 21B, referentes aos processos das unidades da Formação Trombetas (desagregação das encostas relacionada a minerais expansivos e movimentos de massa) e dos granitóides (erosões e movimentos de massa). Finalmente aqueles de grau alto foram associados aos setores 13, 14A, 20 e 21A, relacionados aos processos das litologias da Formação Maecuru (erosões superficiais e processos de *piping*) e ao setor 17, relacionados aos processos de depósitos aluvionares de Altamira (adensamento de solos moles e outras instabilizações envolvendo aterros e aluviões, inundação de planícies fluviais e surgimento de áreas úmidas e alagadas).

Nesse compartimento o reservatório está restrito à calha do rio e, portanto, a sua influência será mínima ou praticamente ausente. Constitui exceção o setor 17, correspondente à área sobre aluviões da cidade de Altamira, onde deverá ocorrer a elevação em caráter permanente dos níveis de água subterrânea, acarretando inundação, formação e acréscimo de áreas úmidas e alagadas, em caráter também permanente e possíveis instabilizações nos casos de solos de baixa resistência e não saturados.

7.7.9.3.3 Compartimento B3 – Ilha da Taboca/Paratizinho

Nesse compartimento foram identificados e destacados os setores 15, 22, 23, 24, 25, 26 e 27 (subdividido em 27A, 27B, 27C e 27D, de acordo com o uso do solo e cobertura vegetal) na margem direita, o setor 33 na margem esquerda e o setor 34 em ilha do leito do rio Xingu.

São caracterizados por encostas de morrotes e de morros onde se apresentam maciços de rochas cristalinas, recobertos por seus produtos de alteração, principalmente solos residuais, solos eluviais e de alteração (SE e SA) e/ou solo de alteração com blocos (SA - B1). Localmente podem ocorrer corpos de coluviões e/ou tálus. Quanto às estruturas, são destacadas a foliação com atitude N50W/75SW e falhas NW-SE, NE-SW e E-W, enquanto a direção do rio é N30-40W. A cobertura vegetal é de pastagem, floresta ombrófila aberta com palmeiras predominante, sendo que na margem direita, predominam capoeira e pasto sujo.

Os processos de instabilização referem-se a erosão por solapamento e desbarrancamento das margens de rios e igarapés, erosão das encostas marginais principalmente por sulcos e ravinas e movimentos de massa. Os movimentos de massa referem-se principalmente a escorregamentos em solos de alteração e queda e rolamento de blocos. Localmente ocorrem rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e subordinadamente, escorregamentos e deslocamentos rochosos, condicionados por estruturas do maciço rochoso. A suscetibilidade aos processos é de grau médio para todos os setores. Pode ocorrer também colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis, particularmente na situação com os reservatórios.

Nesse compartimento o reservatório se afasta um pouco da calha do rio e atinge as encostas marginais. Assim, o reservatório poderá apresentar influência sobre os processos de instabilização dessas encostas. Ressalta-se a possibilidade de localmente ocorrer colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis, devido à elevação do lençol freático, além da reativação, propagação e/ou instalação de novos processos erosivos e de movimentos de massa.

7.7.9.3.4 Compartimento B2 – Barragem/Ilha da Taboca

Nesse compartimento foram identificados e destacados os setores 28 a 32 na margem direita e os setores 35 a 44 (incluindo as subdivisões 44A, 44B e 44C, de acordo com o uso do solo e cobertura vegetal) na margem esquerda.

São caracterizados por encostas de morrotes, de morrotes e morros e por encostas íngremes, onde se apresentam maciços de rochas cristalinas, recobertos por seus produtos de alteração, principalmente solos residuais, solos eluviais e de alteração (SE e SA) e/ou solo de alteração com blocos (SA - BI). Localmente podem ocorrer corpos de coluviões e/ou tálus. Quanto às estruturas, são destacadas a foliação com atitude N50W/75SW e falhas NW-SE, NE-SW e E-W, enquanto a direção do rio é N40-50W. A cobertura vegetal é de pastagem, floresta ombrófila aberta com palmeiras predominante na margem direita, capoeira, pasto sujo e associação de capoeira com área cultivada.

Os processos de instabilização referem-se a erosão por solapamento e desbarrancamento das margens de rios e igarapés, erosão das encostas marginais principalmente por sulcos e ravinas e movimentos de massa. Os movimentos de massa referem-se principalmente a escorregamentos em solos de alteração e queda e rolamento de blocos. Localmente ocorrem rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e subordinadamente, escorregamentos e deslocamentos rochosos, condicionados por estruturas do maciço rochoso. A suscetibilidade aos processos é de grau médio para todos os setores. Pode ocorrer também colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis, particularmente na situação com reservatório.

Nesse compartimento o reservatório se afasta um pouco da calha do rio e atinge as encostas marginais. Assim, reservatório poderá apresentar influência sobre os processos de instabilização dessas encostas. Ressalta-se a possibilidade de localmente ocorrer colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis, devido à elevação do lençol freático, além da reativação, propagação e/ou instalação de novos processos erosivos e de movimentos de massa.

7.7.9.4 Reservatório dos Canais

Nesse compartimento foram identificados e destacados os setores 1 a 12 na margem direita (incluindo as subdivisões 1A, 1B e 1C, de acordo com o uso do solo e cobertura vegetal e 10A e 10B de acordo com a unidade geológica), os setores 13 a 30 na margem esquerda e os setores 31 a 40 em ilhas no reservatório.

São caracterizados por encostas de morrotes, de morrotes e morros e de morrotes e morros com escarpa dissecada. Apresentam as unidades geológicas e geológico-geotécnicas das rochas cristalinas e das rochas sedimentares, principalmente das Formações Trombetas, Maecuru e Alter do Chão. Os maciços de rochas cristalinas apresentam-se recobertos por seus

produtos de alteração, principalmente solos residuais, solos eluviais e de alteração (SE e SA) e/ou solo de alteração com blocos (SA - BI). Localmente podem ocorrer corpos de coluviões e/ou tálus. Quanto às estruturas, são destacadas a foliação com atitude N50W/75SW e falhas N55-65W, N30-40W, N55-65E, N30-40E, N5-15E, N20-25E, N5-25W e N85E-S85E, enquanto a direção dos setores localizados nesse reservatório é variável. A cobertura vegetal é de pastagem e floresta ombrófila aberta com palmeiras predominantemente e secundariamente constituída de capoeira e associação de capoeira com área cultivada.

Nesse compartimento podem ocorrer principalmente os processos de instabilização de encostas indicados a seguir e a suscetibilidade dos processos é de grau médio e alto:

- Processos erosivos principalmente por sulcos e ravinas;
- Processos erosivos por solapamentos e desbarrancamentos das margens dos rios e igarapés;
- Movimentos de massa no domínio de rochas cristalinas e das rochas sedimentares;
- Localmente rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e localmente colapso de solos associados a depósitos de colúvios;
- Processos de *piping* (erosão subterrânea) nas escarpas dos arenitos da Formação Maecuru, similares àqueles que permitiram o desenvolvimento de cavidades subterrâneas;
- Desagregação superficial devido a presença de minerais expansivos das encostas da Formação Trombetas;

Foi atribuído o grau médio aos setores 1 a 10 (incluindo as subdivisões 1A, 1B, 1C, 10A e 10B) da margem direita, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 23 e 28 da margem esquerda e 31 a 40 das ilhas do reservatório, associados aos processos erosivos e de movimentos de massa no domínio das rochas cristalinas (escorregamentos em solos de alteração e queda e rolamento de blocos), rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e colapso de solos associados a depósitos de colúvios. Foi atribuído o grau médio aos setores 11 e 12 (margem direita) e 30 (margem esquerda), associados à desagregação superficial devido a presença de minerais expansivos nas encostas da Formação Trombetas.

O grau alto foi atribuído aos setores dos arenitos das Formações Maecuru e Alter do Chão, 14, 22, 24, 25, 26, 29 (margem esquerda), associados aos processos erosivos superficiais e de *piping*. Foi associado também o grau de suscetibilidade alto aos setores 17, 20, 27 (margem esquerda) com encostas de morrotes e morros com escarpa dissecada, associados a processos erosivos e de movimentos de massa no domínio das rochas cristalinas (escorregamentos em solos de alteração e queda e rolamento de blocos), rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio e colapso de solos associados a depósitos de colúvios

O Reservatório dos Canais apresentará influência sobre os processos de instabilização das suas encostas marginais, pois essas encostas estarão em contato direto com as águas do reservatório a ser implantado. Ressalta-se a possibilidade de localmente ocorrer colapso de solos associados a depósitos de colúvios não saturados, com alto índice de vazios e altamente compressíveis, devido à elevação do lençol freático, além da reativação, propagação e/ou

instalação de novos processos erosivos, de movimentos de massa e de desagregação superficial devido a minerais expansivos da Formação Trombetas. Um aspecto de importância é a possibilidade de influência da caverna Kararaô sobre a estanqueidade do reservatório, tópico objeto de abordagem nos temas Espeleologia e Investigações e Avaliação de Risco Geológico-Geotécnico e Fugas d'Água.

7.7.9.5 Jusante da Casa de Força Principal

Nessa região foram identificados e destacados os setores 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A região é caracterizada por ilha fluvial e por encostas de terraços, colinas médias e colinas médias e pequenas, onde se apresentam aluviões recentes e antigos e maciços das Formações Maecuru, Ererê, Curuá e Alter do Chão. A cobertura vegetal é de pastagem, pasto sujo e capoeira, floresta ombrófila aluvial periodicamente inundada, floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta com palmeiras.

Os aluviões são inconsolidados, os arenitos das Formações Maecuru, Ererê e Alter do Chão são friáveis e altamente erodíveis e, além disso, na região de jusante, a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido às características das águas efluentes, desprovidas de carga sólida. Assim é considerada a possibilidade de reativação e/ou instalação de processos erosivos, junto às margens do rio Xingu e ilhas, pela ação das águas efluentes sobre os depósitos aluviais inconsolidados e sobre os arenitos friáveis.

7.7.9.6 Conclusões

Foram identificados e caracterizados os processos e mecanismos potenciais de instabilização das encostas marginais dos reservatórios do AHE Belo Monte. Foi também avaliado o grau de suscetibilidade dessas encostas aos referidos processos. Nos estudos efetuados foram considerados os principais condicionantes dos processos de instabilização, aqueles geomorfológicos, geológicos e o uso do solo e cobertura vegetal.

Os principais processos de instabilização das encostas marginais identificados e avaliados foram os seguintes:

- Processos erosivos por solapamento e desbarrancamento de margens de rios e igarapés;
- Processos erosivos principalmente por sulcos e ravinas;
- Movimentos de massa no domínio de rochas cristalinas, principalmente escorregamentos em solos de alteração e a queda e rolamento de blocos;
- Subordinadamente podem ocorrer escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas do maciço rochoso;
- Movimentos de massa no domínio de rochas sedimentares, principalmente rastejo e escorregamento em solos de alteração e em rochas de baixa coerência (graus C3, C3/C4 e C4);
- Rastejos e escorregamentos associados a depósitos de tálus/colúvio;

- Processos de *piping* (erosão subterrânea) nas escarpas dos arenitos da Formação Maecuru, similares àqueles que permitiram o desenvolvimento de cavidades subterrâneas;
- Desagregação superficial das encostas das Formações Trombetas e Curuá devido presença de minerais expansivos;
- Colapso de solos associados a depósitos de colúvios;
- Adensamento de solos moles, instabilizações de pavimentos viários, edificações e instalações de obras de infraestrutura, envolvendo aterros e aluviões principalmente na cidade de Altamira;
- Inundação de planícies fluviais e surgimento de áreas úmidas e alagadas principalmente na cidade de Altamira;

Os mecanismos dos processos de instabilização resultam da ação do escoamento das águas superficiais (pluviais, dos rios e igarapés), quando de eventos pluviométricos de grande intensidade, do embate de ondas, elevação e rebaixamento do lençol freático, *piping* e circulação das águas subterrâneas, expansão/contração de argilominerais expansivos, redução brusca no volume de vazios dos solos devido à elevação do lençol freático, cheias do rio Xingu e elevação do lençol freático. Além da atuação de agentes naturais na deflagração de processos de instabilização, são destacadas também as ações antrópicas como desmatamentos, cortes de encostas, movimentos de terra e alterações no escoamento das águas de superfície a partir de obras viárias e atividades minerárias.

Os futuros reservatórios favorecem a reativação, propagação e/ou instalação de novos processos erosivos e de instabilização das encostas marginais de uma maneira geral, devido ao embate de ondas, submersão parcial de unidades geológico-geotécnicas susceptíveis às instabilizações e também devido à elevação da superfície freática. A jusante da Casa de Força Principal, a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido a ação das águas efluentes desprovidas de carga sólida sobre os depósitos aluviais inconsolidados e sobre os arenitos friáveis.

Nas encostas do Reservatório do Xingu foram caracterizados como de suscetibilidade alta aos processos de instabilização os seguintes setores:

- Setor 16 (margem esquerda do rio Xingu, próximo à ilha Babaquara): Suscetibilidade a processos de erosão e movimentos de massa;
- Setor 17 (área urbana e entorno de Altamira): Suscetibilidade para surgimento de áreas úmidas e alagadas, adensamento de solos moles e instabilizações de aterros;
- Setores 13 e 14A (margem direita do rio Xingu, próximo a Altamira) e Setores 20 e 21A (margem esquerda do rio Xingu, cerca de 16 km a jusante de Altamira): Suscetibilidade a processos associados à Formação Maecuru (erosão subterrânea e erosões por solapamento, desbarrancamento, em sulcos e ravinas).

Nas encostas do Reservatório dos Canais foram caracterizados como de suscetibilidade alta aos processos de instabilização os seguintes setores da margem esquerda:

- Setores 17 (cabeceira do igarapé Ticaruca), 20 (cabeceira do igarapé Cobal) e 27 (cabeceira do igarapé Santo Antônio): Susceptibilidade a processos de erosão e movimentos de massa;
- Setores 14 (próximo à confluência dos canais de derivação), 22, 24 e 26 (cabeceira do igarapé Cobal) e 29 (próximo ao sitio Belo Monte): Susceptibilidade a processos associados à Formação Maecuru (erosão subterrânea e erosões por solapamento, desbarrancamento, em sulcos e ravinas).
- Setor 25 (cabeceira do igarapé Cobal): Susceptibilidade a processos associados à Formação Alter do Chão (erosões em sulcos e ravinas).

7.7.10 INVESTIGAÇÕES E AVALIAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E FUGAS D'ÁGUA

7.7.10.1 Procedimentos Metodológicos Específicos

Efetuu-se uma análise das investigações geológico-geotécnicas disponíveis para os sítios Pimental, Belo Monte, Bela Vista, áreas dos Canais e Diques, constantes do Apêndice 3 dos Estudos de Viabilidade apresentados pela ELETRONORTE em 2002. Referem-se a mapeamentos de superfície, investigações geofísicas e investigações geológico-geotécnicas de subsuperfície, além de ensaios de laboratório. A apresentação dos trabalhos efetuados feita pela ELETRONORTE (2002) foi integralmente aproveitada nos estudos atuais.

Foi efetuada uma avaliação da suficiência das investigações e identificados possíveis condicionantes e processos geológico-geotécnicos para cada um dos sítios do AHE Belo Monte (Pimental, Canais de Adução, Belo Monte, Bela Vista e Diques) eventualmente relacionados a risco. Foram utilizados os desenhos e relatórios do estudo de viabilidade, apresentados pela ELETRONORTE (2002), incluindo os desenhos gerais de arranjos e seções típicas, plantas de localização das investigações, mapas geológico-geotécnicos, seções geológico-geotécnicas e geofísicas, estereogramas estruturais e modelos das fundações. Foram analisados e apresentados os tratamentos de fundação previstos em projeto, com base no Capítulo Caracterização do Empreendimento do presente EIA/RIMA.

No **Apêndice 7.7.10.1** são apresentadas as investigações geológico-geotécnicas efetuadas e feita a avaliação de cada um dos sítios, de forma abrangente e detalhada, enquanto no item 7.7.10.2.3 é apresentada a avaliação de forma sintetizada, considerando:

- Suficiência das investigações;
- Aspectos geológico-geotécnicos;
- Possíveis condicionantes e processos geológico-geotécnicos relacionados a risco;
- Tratamentos de fundação previstos em projeto.

Nas avaliações apresentadas foi também considerado o tema sismicidade, com base no Capítulo Sismicidade Natural e Induzida da Área de Influência Indireta.

7.7.10.2 Risco geológico-geotécnico

Os riscos geológico-geotécnicos são dependentes da suficiência das investigações e dos condicionantes geológico-geotécnicos que podem responder pela possível deflagração de processos aos quais podem estar associados impactos negativos e/ou perdas devido ao empreendimento.

Esses riscos devem-se ao desconhecimento ou incertezas sobre o modelo geológico e conseqüentemente sobre os condicionantes geológico-geotécnicos devido a investigações insuficientes ou inexistentes. Essas incertezas diminuem à medida que se inclui investigações adicionais e complementares, paralelamente ao detalhamento e avanço do projeto a partir da etapa de viabilidade, básico e até o executivo. Os tipos e quantitativos das investigações

necessárias para serem consideradas suficientes e adequadas dependem também da complexidade geológica e estrutural da área, além do tipo de obra que está sendo projetada.

Em etapas mais avançadas do projeto, à medida que o modelo geológico é aperfeiçoado, é possível adotar soluções de projeto, medidas de controle, tratamentos de fundação, além de instrumentação e monitoramento, todos dirigidos para os condicionantes geológico-geotécnicos que diminuem a relevância dos prováveis riscos.

Além dos condicionantes e processos geológico-geotécnicos associados a risco, apresentados especificamente para cada um dos sítios do empreendimento no **Apêndice 7.7.10.1** e no item 7.7.10.2.3, assinalam-se os condicionantes representados pelos quantitativos e tipos de investigações geológico-geotécnicas que caracterizam os estudos de viabilidade e pela possibilidade de sismicidade natural e induzida.

7.7.10.2.1 Suficiência das investigações

Quanto às investigações, observa-se que foram efetuados mapeamentos geológico-geotécnicos de superfície e extensas campanhas de sísmica de refração abrangendo todos os sítios, 50 Km de seções de sísmica de reflexão no Sítio Pimental, concentradas nos maiores canais do rio Xingu ao redor da Ilha da Serra, com a finalidade de investigar a superfície do leito do rio e o aluvião, além de sondagens elétricas verticais nos sítios Belo Monte e Diques e caminhamento elétrico no Sítio Belo Monte. Esses tipos de investigações são adequados e aqueles recomendados para estudos de viabilidade, especialmente no caso do AHE Belo Monte onde muitos locais e extensas áreas tiveram que ser investigados.

Além das investigações indiretas, foram efetuadas sondagens manuais representadas por sondagens a trado e poços de inspeção, cujos quantitativos são significativos em todos os sítios. Nos sítios Pimental, Bela Vista e Belo Monte foram efetuadas sondagens mecânicas, representadas por sondagens a percussão e por sondagens rotativas, acompanhadas de ensaios de infiltração em solo e de perda d'água em rocha, além de orientação de testemunhos (sítios Pimental e Belo Monte), ensaios com Sonda Hidráulica Multiteste e obturador de impressão e instalação de medidores de nível d'água e piezômetros (Sítio Belo Monte). Nos Canais de Adução, além das noventa seções de sísmica de refração, foram efetuadas sondagens a percussão em alguns trechos, contando ainda com a instalação de alguns medidores de nível d'água. Para alguns dos diques, também estão disponíveis sondagens a percussão e sondagens rotativas, acompanhadas de ensaios de infiltração em solo e de perda d'água em rocha.

Além das investigações *in situ*, foram efetuadas coletas de amostras deformadas e indeformadas para ensaios de laboratório em solos, de caracterização e ensaios especiais, no Sítio Belo Monte e em alguns dos diques e, em rochas, no Sítio Belo Monte.

No sítio Belo Monte, onde os trabalhos de investigações foram feitos na 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade, entre 1981 a 1987, os quantitativos e tipos de investigação efetuados ultrapassam, em muito, aqueles que normalmente são efetuados em estudos de viabilidade de empreendimentos de natureza e condições geológicas similares. Em alguns sítios, correspondentes a alguns trechos dos Canais de Adução e Bota-foras e a alguns diques, as sondagens mecânicas deverão ser intensificadas nas próximas etapas de projeto e serão necessárias coleta de amostras e execução de ensaios de laboratório para a caracterização de algumas unidades geológico-geotécnicas, para as quais foram adotados parâmetros com base na consideração de origem geológica semelhante.

As investigações efetuadas foram suficientes para a apresentação de mapas geológico-geotécnicos e de seções geológico-geotécnicas para todos os sítios, elaboração de análises estruturais com a apresentação da caracterização e das atitudes da foliação e das principais famílias de falhas, fraturas e descontinuidades em diagramas polares e estereogramas, elaboração de mapas de contorno estruturais de topo rochoso e de modelos geológicos e geomecânicos, quando requeridos. As investigações geológico-geotécnicas e respectivas análises foram suficientes para os estudos de engenharia conduzidos na etapa de Viabilidade e permitiram as definições de cotas de fundação, análises de estabilidade, estudos de soluções de projeto e de tratamento de fundação.

Assim, eventuais riscos decorrentes de quantitativos e tipos de investigações que caracterizaram a etapa de viabilidade, são praticamente inexistentes ou de pouca relevância, que ainda deverá ser reduzida com as campanhas a serem desenvolvidas nas próximas etapas de projeto básico e executivo, além do acompanhamento geológico durante a implantação da obra.

7.7.10.2.2 Possibilidade de sismicidade natural e induzida

O levantamento e caracterização da sismicidade apresentados no Capítulo Sismicidade Induzida da Área de Influência Indireta mostrou, em uma área circular com raio de 350 km a partir do local do futuro AHE de Belo Monte, um total de 258 eventos sísmicos, sendo 134 induzidos pelo reservatório da UHE Tucuruí e 124 eventos naturais. Apenas 18 eventos naturais foram detectados em outras regiões diferentes daquela de Tucuruí. O único evento histórico ocorrido na região foi aquele de Monte Alegre/PA. Os maiores eventos observados no período com observação instrumental alcançaram a magnitude 3,9 m_R e aconteceram em Almeirim e em Serra dos Carajás/PA, a distâncias de 236 e 265 km, respectivamente do ponto central. A 200 km do futuro empreendimento constam nove eventos, enquanto a aproximadamente 7 km do ponto de busca, foram registrados cinco eventos com magnitudes entre 2,0 e 2,8 m_R .

A região de interesse ao projeto de implantação do AHE Belo Monte faz parte de uma região com atividade sísmica de baixa a média magnitude, destacando-se os cinco eventos locais com magnitudes entre 2,0 e 2,8 m_R e aqueles mais afastados, com magnitudes de 3,9 m_R . Para os sismos locais foi associado grau III da escala Mercalli Modificada. Sismos com essa intensidade são sentidos por várias pessoas, objetos suspensos oscilam e a vibração é semelhante à passagem de caminhões leves. Para os sismos ocorridos a maiores distâncias do empreendimento e que apresentaram magnitudes maiores não estão associadas intensidades da escala Mercalli Modificada, que podem ser da ordem de grau IV ou V e, conseqüentemente, os efeitos podem ser de intensidade ligeiramente maior. Sismo com intensidade V é sentido por pessoas fora de casa, objetos suspensos oscilam, pessoas acordam, líquidos em recipientes sofrem perturbações, pequenos objetos deslocam-se, portas abrem e fecham e quadros em paredes movem-se.

Regionalmente, os maiores eventos registrados por sismógrafos apontaram valores de 4,8 e 4,7 m_R , respectivamente nas localidades de Ilha de Marajó/PA e Redenção/PA, a distâncias superiores a 600 km do local de implantação do AHE Belo Monte. Como sismo de projeto, foi recomendado considerar sismos com intensidades V-VI MM e acelerações entre 0,04 e 0,06g.

A sismicidade induzida pela formação do reservatório resulta das tensões que se superpõem ao regime de tensões tectônicas pré-existent, diminuindo a resistência e provocando acomodações nos maciços rochosos. Na maioria dos casos de sismos induzidos por reservatórios, considera-se que os maciços rochosos já se encontram com tensões próximas às de ruptura, antes do enchimento, pois as tensões provocadas pelo enchimento mostram-se pequenas quando comparadas às tensões liberadas pelos sismos naturais. No Brasil, em geral, tais sismos têm baixa a média intensidade e magnitude, não havendo registros de maiores danos às estruturas dos aproveitamentos. Ocorrem, com maior frequência, logo após o enchimento do reservatório, mas também com tempo de retardo em relação àquele do enchimento.

Os reservatórios com sismos induzidos no Brasil apresentam volumes variáveis entre aproximadamente $0,04 \times 10^9$ e $54 \times 10^9 \text{ m}^3$ e suas barragens mostram alturas variáveis entre 23 e 158 m. A maioria dos eventos se manifestaram em até 3 anos após o enchimento do lago, com ciclos repetitivos ao longo do tempo. A exceção é Carmo do Cajuru e Açú, onde os maiores eventos foram registrados apenas após 18 e 9 anos do enchimento respectivamente. Os sismos induzidos não provocaram danos materiais consideráveis, mas apresentaram efeitos macrossísmicos, sendo sentidos pela população. Considerando os reservatórios do Xingu e dos Canais, o AHE de Belo Monte apresenta $3,77 \times 10^9 \text{ m}^3$ e altura máxima de 36 e 87 m.

Os sismos induzidos por reservatórios localizados na região amazônica, aqueles de Tucuruí e Balbina, mostraram magnitudes máximas de $3,6 m_R$ e de $3,7 m_b$, próximas das magnitudes máximas registradas no país, com intensidades na faixa de IV-V na escala Mercalli Modificada.

Prognosticar a ocorrência da sismicidade induzida e a sua magnitude depende de monitoramento contínuo da sismicidade local, com estações locais. Como os sismos induzidos por reservatórios no Brasil, de maneira geral, não ultrapassam os valores da sismicidade natural, o monitoramento continuado na área do empreendimento e abrangendo um longo período antes do enchimento dos reservatórios poderá esclarecer aspectos importantes da sismicidade natural e induzida da área.

O Programa de Monitoramento da Sismicidade proposto deverá caracterizar a sismicidade natural, os esforços atuantes, a sismicidade induzida e o risco sísmico, com base em dados instrumentais, obtidos no local e nas áreas de influência do empreendimento AHE Belo Monte. Entretanto, considerando o conhecimento sobre a sismicidade natural já disponível e o prognóstico sobre sismicidade induzida, os riscos relativos a esse tema, para as estruturas a serem implantadas, são avaliados como de pouca relevância.

7.7.10.2.3 Possíveis condicionantes e processos geológico-geotécnicos relacionados a riscos nos sítios do empreendimento

Conforme constatado por ensaios efetuados, os diversos tipos litológicos que caracterizam o Complexo Xingu, presentes nas fundações das estruturas de concreto e em muitas das obras de terra ou em trechos dessas obras, apresentam características geomecânicas excelentes. Os principais condicionantes geológico-geotécnicos desses maciços rochosos referem-se à estruturas geológicas, tais como foliação, falhas e fraturas associadas, às quais estão relacionados presença de milonito, cataclasto, aumento do grau de alteração e fraturamento e conseqüente diminuição de resistência, aumento de deformabilidade e efeitos indesejáveis de percolação de água, como concentração de fluxo, cargas hidráulicas elevadas, subpressão,

possibilidades de piping. Essas estruturas condicionam também a presença de irregularidades no topo rochoso e a presença de zonas de elevada condutividade hidráulica concentradas na região de contato solo de alteração/topo rochoso. Observa-se que foram determinadas seis famílias dessas descontinuidades, além da foliação, sendo a maioria das famílias subverticais e uma subhorizontal, além de algumas inclinadas.

Ainda quanto ao Complexo Xingu, é assinalada a presença de solos de alteração espessos associados a blocos de rocha e com estruturas da rocha preservadas, condição que poderá ocorrer nos taludes dos Canais de Adução, Sítio Bela Vista e em muitos locais dos diques do Reservatório dos Canais.

Quanto às rochas sedimentares, os principais condicionantes geológico-geotécnicos referem-se às características de expansão e contração, responsáveis por desagregação e erosão, e àquelas de baixa resistência ao cisalhamento, responsáveis por deslizamentos e escorregamentos, nos folhelhos e ritmitos da Formação Trombetas. Essas unidades ocorrem nas fundações da Barragem Lateral Direita, na ombreira esquerda da Barragem Lateral Esquerda, na ombreira direita da Barragem Santo Antonio, além de estarem presentes no talude esquerdo do Canal de Fuga e nas fundações dos diques 3 e 4 e 6A e 6B (apenas ritmitos).

Quanto às rochas sedimentares, as características de condutividades hidráulicas elevadas dos arenitos da Formação Maecuru e a alta suscetibilidade a processos de erosão subterrânea (piping), que inclusive originaram as cavidades subterrâneas que ocorrem nessa Formação, são condicionantes geológico-geotécnicos da ombreira esquerda da Barragem Santo Antonio.

Quanto aos solos transportados, os principais condicionantes são aqueles relacionados a aluviões arenosos com altas permeabilidades, presentes em canalões (associados ou não a blocos), ilhas e leitos de igarapés, na região das enseadeiras, barragens e diques; a aluviões argilosos moles e de baixa resistência eventualmente presentes em ilhas e leitos de igarapés, na região das barragens e diques e a colúvios insaturados e possivelmente colapsíveis, eventualmente com ocorrência sob a forma de depósitos espessos.

Como se observa no **Quadro 7.7.10.1** foram previstos em projeto, já nessa etapa de viabilidade, soluções e tratamentos de fundação que contemplam possíveis condicionantes e processos geológico-geotécnicos relacionados a risco. Considera-se, ainda, que:

- As campanhas de investigações das próximas etapas de projeto (básico e executivo), além do acompanhamento geológico durante a implantação da obra, permitirão um melhor conhecimento dos condicionantes e de processos associados a risco e, portanto, as soluções de projeto e os tratamentos de fundação serão adequados de forma a eliminar ou reduzir a relevância dos eventuais riscos a níveis desprezíveis.
- Muitos dos condicionantes e processos relacionados a risco identificados para o AHE Belo Monte são usuais e requerem intervenções, soluções de projeto e de tratamento de fundação também usuais e já empregadas em outros aproveitamentos hidrelétricos.
- Para alguns condicionantes e processos geológico-geotécnicos que possam demandar investigações mais detalhadas e, conseqüentemente, também detalhamentos, ajustes e alterações nas soluções de projeto e de tratamento de fundação, avaliam-se a necessidade de soluções usuais e a possibilidade de utilizar experiências prévias,

amplamente conhecidas e empregadas em outros aproveitamentos hidrelétricos brasileiros.

Assim, riscos decorrentes dos condicionantes e processos geológico-geotécnicos identificados na avaliação dos diversos sítios do AHE Belo Monte são, de maneira geral, de pouca relevância. Uma exceção é a possibilidade de fuga de água dos reservatórios, abaixo apresentada, à qual está associado um risco de maior relevância comparativamente com os demais condicionantes e processos relacionados a risco.

A faixa de rochas sedimentares da Bacia Amazonas aflorante nas escarpas entre os igarapés Santo Antonio e Santa Elena, na margem esquerda do Reservatório dos Canais, com comprimento de 9,2 Km, o que representa uma porcentagem de 3,37 % em relação ao comprimento da margem do reservatório, apresenta a Formação Maecuru portadora de cavidades subterrâneas e de feições desenvolvidas a partir de processos de piping. Observa-se que, a princípio, a Caverna Kararaô e outras cavidades menores existentes nas proximidades além de outras feições de piping menores, são aquelas com possibilidades de fuga d'água do reservatório e que deverão ser objeto de estudos complementares com ações preventivas, de monitoramento e/ou de mitigação. Essas feições estão em áreas localizadas dentro do setor de 9,2 Km da faixa de rochas sedimentares.

Os reservatórios devem ser necessariamente estanques e não devem apresentar fugas de água significativas. Assim, o projeto de engenharia deverá contemplar um sistema de controle para prevenir a possibilidade ou para reduzir o risco de ocorrência desse processo a níveis desprezíveis, com base no desenvolvimento do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Várias alternativas são visualizadas, entre elas, tapetes de argila e outros dispositivos de impermeabilização comumente empregados em soluções para condicionantes de percolação através de fundação de barragens, além de diques com fundação em solos de alteração de rochas cristalinas/rochas cristalinas do Complexo Xingu e/ou da Formação Trombetas.

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continua

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Pimental Vertedouro Principal, Muros, Tomada D'água e Casa de Força Complementar.	Mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:25.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão e orientação de testemunhos; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração e lavagem por tempo; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Sísmica de reflexão (50,0Km); Sísmica de refração (12,4Km).	Irregularidades no topo de rocha e zonas de maior alteração e/ou fraturamento concentradas junto ao topo rochoso.		<ul style="list-style-type: none"> • Cortina de injeção com duas linhas inclinadas para montante e cortina de drenagem em galeria de montante; • Cortina de drenagem em galeria de jusante; • Drenagem superficial sob a laje da bacia de dissipação e ancoragem da laje; • Tratamento superficial; • Escavação com a remoção de materiais alterados e/ou muito fraturados.
		Descontinuidades sub-horizontais relacionadas a alívio de carga, associadas a fraturamento e/ou alteração.	Deformações/instabilidade das estruturas, efeitos indesejáveis de percolação e subpressão	
		Foliação, falhas e fraturas associadas NW, subparalelas ao eixo das estruturas e descontinuidades NE, perpendiculares ou sub-perpendiculares, predominantemente subverticais e zonas alteradas e/ou extremamente fraturadas.	Tombamentos, deslizamentos planares e em cunha nos taludes laterais de escavação	

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Pimental Ensecadeiras		Canais profundos preenchidos por areia, de elevada condutividade hidráulica, e eventualmente blocos de rocha associados (aluvião).		<ul style="list-style-type: none"> • Dragagem do leito do rio para remoção do aluvião.
Sítio Pimental Ensecadeiras, Barragem do Canal Direito, Barragem de Ligação, Barragem Lateral Esquerda	<p>Mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:25.000);</p> <p>Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão e orientação de testemunhos;</p> <p>Sondagens a percussão com ensaios de infiltração e lavagem por tempo;</p> <p>Sondagens a trado;</p> <p>Poços de inspeção;</p> <p>Sísmica de reflexão (50,0 Km);</p> <p>Sísmica de refração (12,4 Km).</p>	<p>Irregularidades no topo de rocha e zonas de maior alteração e/ou fraturamento concentradas junto ao topo rochoso.</p> <p>Descontinuidades sub-horizontais relacionadas a alívio de carga, associadas a fraturamento e/ou alteração.</p> <p>Foliação NW, falhas e fraturas associadas NW, ENE, NE, NNE, predominantemente subverticais.</p> <p>Argilas muito moles e/ou moles e areias fofas nos aluviões com características de alta deformabilidade e baixa resistência.</p>	<p>Efeitos indesejáveis de percolação, como concentração de fluxo, cargas hidráulicas elevadas e eventual piping.</p> <p>Instabilizações nas barragens</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos drenantes e filtrantes; • Remoção do aluvião; • Concreto dental nos taludes negativos e depressões; • Linha de injeção exploratória que pode evoluir para cortina de injeção; • Trincheira de vedação; • Trincheira exploratória.

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Canais de Adução	Mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:25.000); Sondagens a percussão com ensaios de infiltração e lavagem por tempo em alguns trechos dos canais; Instalação de medidores de nível d'água; Sondagens a trado; Sísmica de refração (88,7 Km).	Eventual presença de solos não saturados espessos e de baixa resistência.	Fenômenos de colapso quando saturados	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimento dos canais com concreto associado a sistema de drenagem; • Revestimento com enrocamento. • Canal para drenagem no fundo das escavações.
		Zonas de alta condutividade hidráulica junto ao topo rochoso.	Efeitos indesejáveis como infiltrações	
		Alterações dos volumes das diferentes classes de materiais escavados.	Aumento das áreas de bota-fora	
Áreas de Bota Fora		Materiais essencialmente silto-argilosos e silto-arenosos nas pilhas de bota-fora.	Erosões no talvegue devido à ação das águas superficiais	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de controle do escoamento superficial; • Implantação de cobertura vegetal; • Inclinação dos taludes compatíveis com as características de resistência ao cisalhamento dos materiais de bota-fora e de fundação e com o novo regime hidrogeológico; • Adoção de critérios de transicionamento granulométrico para evitar erosão interna, quando da disposição.
		Saturação dos bota-foras e eventual presença de materiais de baixa resistência na fundação.	Instabilizações	

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Belo Monte Casa de Força Tomada D'água Muros de Transição	4 campanhas distintas; Mapeamento geológico – geotécnico (escala 1:10.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão, sonda hidráulica multiteste, obturador de impressão e orientação de testemunhos; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração; Instalação de medidores de nível d'água e piezômetros; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Coleta de amostras deformadas e indeformadas; Sísmica de refração (83,4 Km); Sondagens elétricas verticais; Caminhamento elétrico; Ensaio de laboratório: -Solos: caracterização e ensaios especiais; -Rocha: lâminas petrográficas, índices físicos, RCU, tração, cisalhamento direto, expansão e abrasão Los Angeles.	Irregularidades no topo de rocha e zonas de maior alteração e/ou fraturamento concentradas junto ao topo rochoso.	Deformações/instabilidade das estruturas e efeitos indesejáveis de percolação e subpressão	<ul style="list-style-type: none"> • Cortina de injeção com duas linhas inclinadas para montante e para ombreira esquerda na Tomada D'Água; • Drenagem profunda constituída por furos e túnel de drenagem na Tomada D'água. • Linha de injeções na porção de jusante da Casa de Força e cortina de drenagem na galeria da porção de montante da Casa de Força. • Drenagem superficial por meias-canas sobre o concreto de regularização e furos verticais até a rocha; • Escavação dos materiais alterados e/ou muito fraturados.
		Descontinuidades sub-horizontais relacionadas a alívio de carga, associadas a fraturamento e/ou alteração.		
		Foliação, falhas e fraturas associadas, predominantemente subverticais e inclinadas com zonas alteradas e/ou extremamente fraturadas.		
Sítio Belo Monte Talude Esquerdo do Canal de Fuga		Comportamento heterogêneo, anisotrópico e descontínuo.	Tombamentos/deslizamentos planares e em cunha nos taludes de escavação	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção com enrocamento.
		Foliação, falhas e fraturas associadas, predominantemente subverticais e inclinadas.		

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Belo Monte Barragem Santo Antonio	4 campanhas distintas; Mapeamento geológico – geotécnico (escala 1:10.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão, sonda hidráulica multitemperatura, obturador de impressão e orientação de testemunhos; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração; Instalação de medidores de nível d'água e piezômetros; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Coleta de amostras deformadas e indeformadas; Sísmica de refração (83,4 Km); Sondagens elétricas verticais; Caminhamento elétrico; Ensaio de laboratório: -Solos: caracterização e ensaios especiais; -Rocha: lâminas petrográficas, índices físicos, RCU, tração, cisalhamento direto, expansão e abrasão Los Angeles.	Arenitos friáveis da Formação Maecuru e solos residuais com elevadas permeabilidades.	Efeitos indesejáveis de percolação como concentração de fluxo, cargas hidráulicas elevadas e eventual piping. Possibilidade de fuga d'água no Reservatório dos Canais, na região entre a ombreira esquerda da Barragem Santo Antonio e a montante da Caverna Kararaô, associada à Formação Maecuru	<ul style="list-style-type: none"> Escavação até exposição do solo residual com resistência elevada; Execução de trincheira de 3m de profundidade por 10m de largura, a montante do eixo; Se necessário, implantação de cortina de injeção até o contato arenito/folhelho; A jusante, instalação de drenos e medidores de nível d'água.
		Presença de milonitos, cataclasitos em zonas de falha.	Expansão e contração das rochas e seus solos de alteração quando expostos, ocasionando desagregação	<ul style="list-style-type: none"> Trincheira exploratória e de tratamento com 10m de largura e 4m de profundidade; Injeções de calda de cimento na rocha na trincheira; Poços de alívio no pé de jusante.
		Folhelhos e ritmitos pouco coerentes e incoerentes e seus solos residuais e descontinuidades sub-horizontais associadas ao acamamento e às lâminas de folhelho.	Instabilizações na barragem	<ul style="list-style-type: none"> Proteção imediatamente após a escavação, com colocação de solo compactado de 1m de espessura. Seções de barragem com taludes abatidos e bermas estabilizantes; Escavações para apoio da barragem em superfície horizontalizada.
		Eventuais coluviões espessos e colapsíveis.	Fenômenos de colapso quando saturados	<ul style="list-style-type: none"> Remoção dos colúvios nas ombreiras. Elementos filtrantes e drenantes na barragem.

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Belo Monte Barragem Lateral Esquerda	4 campanhas distintas; Mapeamento geológico – geotécnico (escala 1:10.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão, sonda hidráulica multiteste, obturador de impressão e orientação de testemunhos; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração; Instalação de medidores de nível d'água e piezômetros; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Coleta de amostras deformadas e indeformadas; Sísmica de refração (83,4 Km); Sondagens elétricas verticais; Caminhamento elétrico; Ensaio de laboratório: -Solos: caracterização e ensaios especiais; -Rocha: lâminas petrográficas, índices físicos, RCU, tração, cisalhamento direto, expansão e abrasão Los Angeles.	Folhelhos e ritmitos pouco coerentes e incoerentes e seus solos residuais e descontinuidades sub-horizontais associadas ao acamamento e às lâminas de folhelho.	Expansão e contração das rochas e seus solos de alteração quando expostos, ocasionando desagregação	<ul style="list-style-type: none"> Proteção imediatamente após a escavação, com colocação de solo compactado de 1m de espessura.
			Instabilizações na barragem	<ul style="list-style-type: none"> Seções de barragem com taludes abatidos e bermas estabilizantes; Escavações para apoio da barragem em superfície horizontalizada.
		Presença de milonitos, cataclasitos em zonas de falha e contato solo de alteração / topo rochoso com altas condutividades hidráulicas.	Efeitos indesejáveis de percolação como concentração de fluxo, cargas hidráulicas elevadas e eventual piping.	<ul style="list-style-type: none"> Trincheira exploratória e de tratamento com 10m de largura e 4m de profundidade.
		Eventuais coluviões espessos e colapsíveis.	Fenômenos de colapso quando saturados	<ul style="list-style-type: none"> Remoção dos colúvios nas ombreiras. Nas regiões de ligação com os muros de transição, tratamento superficial com preenchimento de fraturas com calda de cimento e regularização de depressões com concreto dental; Cortina de injeção interligada àquela da Tomada D'água e Muro de Transição Esquerdo. Elementos filtrantes e drenantes na barragem.

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Belo Monte Barragem Lateral Direita	4 campanhas distintas; Mapeamento geológico – geotécnico (escala 1:10.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão, sonda hidráulica multiteste, obturador de impressão e orientação de testemunhos; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração; Instalação de medidores de nível d'água e piezômetros; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Coleta de amostras deformadas e indeformadas; Sísmica de refração (83,4 Km); Sondagens elétricas verticais; Caminhamento elétrico; Ensaios de laboratório: -Solos: caracterização e ensaios especiais; -Rocha: lâminas petrográficas, índices físicos, RCU, tração, cisalhamento direto, expansão e abrasão Los Angeles.	Folhelhos e ritmitos pouco coerentes e incoerentes e seus solos residuais e descontinuidades sub-horizontais associadas ao acamamento e às lâminas de folhelho.	Expansão e contração das rochas e seus solos de alteração quando expostos, ocasionando desagregação.	<ul style="list-style-type: none"> Proteção imediatamente após a escavação, com colocação de solo compactado de 1m de espessura.
			Instabilizações na barragem	<ul style="list-style-type: none"> Seção de barragem com taludes abatidos; Remoção de solos de folhelho e migmatito para construção de chavetas de enrocamento; Remoção até o topo rochoso do migmatito junto ao Muro de Transição Direito; Escavações para apoio da barragem em superfície horizontalizada.
		Eventuais coluviões espessos e colapsíveis.	Fenômenos de colapso quando saturados	<ul style="list-style-type: none"> Remoção dos colúvios nas ombreiras. Nas regiões de ligação com os muros de transição, tratamento superficial com preenchimento de fraturas com calda de cimento e regularização de depressões com concreto dental; Cortina de injeção interligada àquela da Tomada D'água e Muro de Transição Direito, Elementos filtrantes e drenantes na barragem.

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

continuação

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação
Sítio Bela Vista Vertedouro Complementar, Muros e Barragens	Mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:25.000); Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão; Sondagens a percussão com ensaios de infiltração; Sondagens a trado; Sísmica de refração (11,54 Km).	Irregularidades no topo de rocha e zonas de maior alteração e/ou fraturamento concentradas junto ao topo rochoso.		<ul style="list-style-type: none"> • Tratamentos superficiais nos muros; • Cortina de injeção com duas linhas inclinadas para montante e cortina de drenagem em galeria de montante do vertedouro; • Aplicação de concreto dental para as irregularidades e injeção de feições permeáveis na fundação das barragens.
		Descontinuidades sub-horizontais relacionadas a alívio de carga, associadas a fraturamento e/ou alteração.	Deformações/instabilidade das estruturas e efeitos indesejáveis de percolação e subpressão	
		Foliação, falhas e fraturas associadas, predominantemente subverticais e inclinadas e zonas alteradas e/ou extremamente fraturadas.		
		Foliação, falhas e fraturas associadas, predominantemente subverticais.	Tombamentos, deslizamentos planares e em cunha nos taludes em solo de alteração de grande altura	

QUADRO 7.7.10-1

Possíveis Condicionantes e Processos Geológico-Geotécnicos Relacionados a Risco e Tratamentos de Fundação.

Sítios Construtivos/Estruturas	Investigações Realizadas	Possíveis Condicionantes	Possíveis Processos	Tratamentos de Fundação	conclusão
Diques Belo Monte ME: 3, 4.		Folhelhos e ritmitos pouco coerentes e incoerentes e seus solos residuais e descontinuidades sub-horizontais associadas ao acamamento e às lâminas do folhelho.	Instabilizações nos diques	<ul style="list-style-type: none"> Seções dos diques com taludes abatidos e bermas estabilizantes; Escavação do arenito até exposição do solo residual com resistência elevada; Sistemas de drenagem interna, filtro horizontal e tapete drenante; Execução de trincheira (cut-off) com largura de base entre 5 a 10m conforme a altura do dique e base em solo residual ou de alteração; Remoção total dos blocos soltos e no caso de concentração dos blocos remoção em profundidade ou injeção; Remoção do colúvio entre 0,5 e 3m, conforme altura do dique. 	
Belo Monte MD: 6A, 6B	Mapeamento geológico-geotécnico (escala 1:5.000);	Ritmitos			
Diques Belo Monte MD: 6C e 7A	Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água sob pressão em alguns diques;	Arenitos nas ombreiras dos diques.			
Diques Belo Monte MD: 6A, 6B, 6C, 7A, 7B, 7C, 7D, 10A, 11, 12, 13, 14A, 14B, 14C, 14D, 14E, 18, 19 E 20. Bela Vista: 19A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 26, 27, 28 E 29	Sondagens a percussão com ensaios de infiltração em alguns diques; Sondagens a trado; Poços de inspeção; Coleta de amostras deformadas e indeformadas; Sísmica de refração; Sondagens elétricas verticais; Ensaio de laboratório: -Solos: caracterização e ensaios especiais.	Solos de alteração de migmatito espessos nas ombreiras predominantemente e em alguns casos na porção central, muitas vezes associados a blocos de rocha. Milonitos, cataclasitos e zonas de falha no maciço rochoso e contato solo de alteração/topo rochoso com altas condutividades hidráulicas. Canalículos de origem radicular e termítica no colúvio, solos residual e de alteração.	Efeitos indesejáveis de percolação como concentração de fluxo, cargas hidráulicas elevadas e eventual piping.		
Diques		Eventuais coluviões espessos e colapsíveis.	Fenômenos de colapso quando saturados		

7.7.10.3 Conclusões

Foram analisadas as investigações geológico-geotécnicas efetuadas *in situ* e em laboratório para os diversos sítios do AHE Belo Monte. De uma maneira geral, foram contemplados os tipos de investigação e metodologias que normalmente devem ser utilizados em empreendimentos de natureza similar àquela do AHE Belo Monte. No sítio Belo Monte, os quantitativos e tipos de investigação efetuados ultrapassam, em muito, aqueles que normalmente são efetuados em estudos de viabilidade de empreendimentos de natureza e condições geológicas similares. Em alguns sítios, correspondentes a alguns trechos dos Canais de Adução e Bota-foras e a alguns diques, as sondagens mecânicas deverão ser intensificadas nas próximas etapas de projeto e serão necessárias coleta de amostras e execução de ensaios de laboratório para a caracterização de algumas unidades geológico-geotécnicas, para as quais foram adotados parâmetros com base na consideração de origem geológica semelhante.

Eventuais riscos decorrentes de quantitativos e tipos de investigações que caracterizaram a etapa de viabilidade são praticamente inexistentes ou de pouca relevância, que deverá ser ainda reduzida com as campanhas a serem desenvolvidas nas próximas etapas de projeto básico e executivo e também com o acompanhamento geológico durante a implantação da obra.

Considerando o conhecimento sobre a sismicidade natural disponível e o prognóstico sobre sismicidade induzida da área, os riscos relativos a esse tema, para as estruturas a serem implantadas, são avaliados como de pouca relevância. O monitoramento sísmológico deverá ser iniciado logo no início de implantação do empreendimento para a compreensão dos processos, mecanismos e eventuais associações com estruturas geológicas, além de permitir a adoção de eventuais medidas, caso sejam necessárias.

Riscos decorrentes dos condicionantes e processos geológico-geotécnicos identificados a partir da avaliação dos diversos sítios do empreendimento são, de maneira geral, de pouca relevância. Uma exceção é a possibilidade de fuga de água dos reservatórios, à qual está associado um risco de maior relevância comparativamente com os demais condicionantes e processos relacionados a risco.

A faixa de rochas sedimentares da Bacia Amazonas aflorante nas escarpas entre os igarapés Santo Antonio e Santa Elena, na margem esquerda do Reservatório dos Canais, a partir da ombreira esquerda da Barragem Santo Antonio e até a montante da Caverna Kararaô, com comprimento de 9,2 Km (3,37 % em relação ao comprimento da margem do reservatório) apresenta a Formação Maecuru portadora de cavidades subterrâneas e de feições desenvolvidas a partir de processos de *piping*. Observa-se que, a princípio, a Caverna Kararaô e outras cavidades menores existentes nas proximidades, além de outras feições de *piping* menores, são aquelas com possibilidades de fuga d'água do reservatório e que deverão ser objeto de estudos complementares com ações preventivas, de monitoramento e/ou de mitigação.

O projeto de engenharia deverá apresentar um sistema de controle para prevenir a possibilidade ou para reduzir o risco de ocorrência desse processo a níveis desprezíveis, com base no desenvolvimento do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Várias alternativas são visualizadas, entre elas, tapetes de argila e outros dispositivos de impermeabilização comumente empregados em soluções para condicionantes de percolação



através de fundação de barragens, além de diques com fundação em solos de alteração de rochas cristalinas/rochas cristalinas do Complexo Xingu e/ou da Formação Trombetas.

7.7.11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a) Recursos Hídricos Superficiais

AHE BELO MONTE. Modelo de Remanso. 2008– Volta Grande nº 6673-01-GL-810-RT-00028-R0A.

CHOW, Ven Te. Open Channel Hydraulics. MacGraw-Hill. Ingles, 1959. 680 p.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT. 1998.

DNOS. Engº Otto Pfafstetter. Chuvas Intensas no Brasil.1957.

ELETROBRÁS. IT 014/2007 – Impactos das Vazões Remanescentes do Estirão de Jusante à Energia Gerada no AHE Belo Monte. 2007.

ELETROBRÁS. Impacto das Vazões Remanescentes do Estirão de Jusante à Energia Gerada no AHE Belo Monte. Rio de Janeiro, julho de 2006.

ELETRONORTE Estudo de Remanso do Reservatório. Junho, 2001. BEL-V-10-109-0007-RE-R0.

____. CHE Belo Monte. Estudos de Viabilidade. Rio Principal. Avaliação do Escoamento a Jusante do Eixo de Barramento para Vazões Baixas. Julho, 2006. BEL-V-RPR-109-0001-RI-R0.

____. CNEC. Estudos de Inventário da Bacia Hidrográfica do rio Xingu. Volume 3 Estudos Geológicos Geotécnicos. Geomorfologia dos Locais Inventariados. 1980. Ilustração 6-8.

PORTO R. L. e outros. Tentativa de Avaliação do Escoamento Superficial de acordo com o Solo nas Condições do Estado de São Paulo. Boletim Técnico DAEE. 1979. Vol 2 nº 2.

Restituição 1:25.000- ELETRONORTE- (1977/1978), Vão 1:60.000 (1976/1977).

Saint GermainRelatório Técnico. Serviços de Hidrometria. Rio Xingu. Área de Influência do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte. Nov. 2000 a Dez. 2001.

SEMASA – Plano Municipal de Drenagem de Santo André 1999.

TOPOCART Levantamento de Seção Topobatimétrica e Medição de Nível d'água no rio Xingu na Área da AHE Belo Monte. Relatório Técnico Parcial. Janeiro, 2008.

TORRICO J.J.T. Práticas Hidrológicas, Rio de Janeiro, Transcon, 1974. 120 p.

TUCCI A.C. Organizador Hidrologia Ciência e Aplicação. UFRGS – EPUSP, ABRH, editora Universidade/EPUSP/ABRH. Porto Alegre, 1993.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. “Limnologia”. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

US. Army Corps of Engineers. HEC-HMS Version 3.0.0. Hydrologic Modeling System. 2005.

_____. HEC-RAS Version 4. Beta . River Analysis System. 2006.

b) Águas Subterrâneas

ABREU, F. A. M.; M.D.A.; ARAÚJO, J. R. M. Alter do Chão: O maior aquífero do mundo?. In: IX Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém (PA). 2006.

ANA (Agência Nacional de Águas). Águas subterrâneas. Brasília. 2002.

_____. Cadernos de Recursos Hídricos – Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília. 2005a.

_____. Cadernos de Recursos Hídricos – Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília. 2005b.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association. 1998.

CORSEUIL, H. X. Enhanced degradation of monoaromatic hydrocarbons in Sandy aquifer materials by inoculation using biologically active carbon reactors. Phd dissertation, Ann Arbor, MI, EUA. 1992.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave? Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997. 2:50-54.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas: <<http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice.asp>> Acesso: maio de 2008.

ELETRONORTE. Convênio FADESP/ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudo de Impacto Ambiental – EIA. 2001.

_____. Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudos de Viabilidade- Relatório Final. 2002.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Edit. Interciência / Finep. 1988. 575 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004.

MMA-SRH (Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Recursos Hídricos). 2005. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Estudo regional da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia (Minuta do Caderno Regional) – Relatório Parcial RT 3. Brasília.

MME/SGMTM/CPRM. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil. 2005. Disponível em: <www.cprm.gov.br/publique/media/RecHidSub.pdf>. Acesso em: maio de 2008.

MP-PA. Ministério Público do Estado do Pará. Assessoria de Imprensa. <http://www.mp.pa.gov.br/not08012500.php>. Acesso em: julho de 2008.

REBOUÇAS, A. C. Água subterrânea no novo modelo do saneamento básico. São Paulo. 1997.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil - Capital ecológico, uso e conservação. 1999. 717p., IEA/USP-ABC, São Paulo.

SILVA, R. C. A; ARAUJO, T. M.. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciências; Saúde Coletiva. 2003. 8 (4):1019-1028.

SOUZA, L.S.; VERMA, O.P. Mapeamento de aquíferos na cidade de Manaus / AM (zonas norte e leste) através da perfilagem geofísica de poço e sondagem elétrica vertical. In Revista de Geologia, 2005. Vol. 18, nº 2. 227-243.

c) **Geologia e Recursos Minerais**

CAPUTO, M. V.; ANDRADE, F.G. Geologia em semi detalhe do flanco sul da Bacia Amazônica, entre os rios Cupari e Abacaxis, 149 p: Relatório Interno 589-A . PETROBRÁS, Belém, 1968.

CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. N. Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas. [S. l.]: PETROBRÁS/RENORX. 92 p. Inédito, 1971.

CAPUTO, M. V. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology, paleogeography of northern basins of Brazil. (Dissert., Doctor of Philosophy in Geology) Santa Barbara, University of California, p. 168-271, Feb. 1984.

CNEC/ELETRONORTE. Estudos de Viabilidade da UHE Kararaô, 1987.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; BORGES, M. S.; FERREIRA JÚNIOR, C.R.P.; BEZERRA, P. E.; COSTA, M.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da Região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. GEONOMOS, Revista de Geociências - Belo Horizonte, 1996. 4(2):23-44.

DNPM, Brasil, Sistema Cadastro Mineiro. Disponível em: <<https://sistemas.dnpm.gov.br/sicom.asp>>.

ELETRONORTE (Convênio FADESP – ELETRONORTE). Complexo Hidrelétrico Belo Monte - Estudo de Impacto Ambiental - EIA, 2001

ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte - Estudos de Viabilidade – Relatório Final, 2002.

GRAHN, Y. Silurian and Lower Devonian chitinozoan taxonomy and lithostratigraphy of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Northern Brazil, Bulletin of Geosciences, vol. 80, nº 4, p.245-276, 2005.

ISSLER, R. S.; ANDRADE, A. R. E.; MONTALVÃO, R. M. G. et al. Geologia. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. PROJETO RADAMBRASIL. Folha SA.22 – Belém. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Minerais, 5), 1974.

JORGE JOÃO, X. S.; VALE, A. G.; LOBATO, T. A. M. Altamira, Folha SA.22-Y-D: Estado do Pará. Brasília: CPRM, 31p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, 1987.

RODRIGUES, S. K. Neotectônica e Sedimentação Quaternária na Região da “Volta Grande” do Rio Xingu, Altamira, PA. Dissertação de Mestrado, 1993.

SANTOS, M.V.dos; SOUSA Fº, E. E; TASSINARI, C. C. G.; TEIXEIRA, W.; RIBEIRO, A. C. O; PAYOLLA, B. L.; VASCONI, A. V. Litoestratigrafia das rochas Pré-Cambrianas na Bacia do Médio Rio Xingu - Altamira-PA. In: VII Congresso Latino – Americano de Geologia, Belém, Anais, v.1, p.363-369, 1988.

SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O.S.; ABRAM, M. B.; NETO R.L.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas – SIG e 46 folhas na escala 1:1.000.000. CPRM, Brasília. 41 CD-ROMs. ISBN: 85-7499-099-4, 2004.

SILVA, G. G.; LIMA, M. I. C.; ANDRADE, A. R. F. et al. Folha SB.22 - Araguaia e parte da Folha SC.22 - Tocantins. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. PROJETO RADAMBRASIL. Folha SB.22 - Araguaia e parte da Folha SC.22 - Tocantins. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 4), 1974.

SOUZA FILHO, E. E.; SANTOS, M. V.; BORDUQUE, M.; RIBEIRO, A. C. O.; PAYOLLA, B. L. A Formação Trombetas nas proximidades de Belo Monte, Pará, sítio da UHE Kararaô. In: XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, 1988, Belém. XXXV Congresso Brasileiro de Geologia. Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2. p. 713-724, 1988.

VASQUEZ, M. L. Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da Província Maroni-Itacaiúnas – sudeste do Cráton Amazônico. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2006.

d) Espeleologia

AULER, A. S. Karst areas in Brazil and the potential for Major Caves – an Overview. Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología. 2002. 36: 29-35p.

AULER, A.; RUBBIOLI E.; BRANDI, R., (org.). As Grandes Cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001. 228 p.

CECAV (Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas). Base de Dados. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/cecav>>. Acesso: novembro de 2007.

CNEC/ELETRONORTE. 1987. Estudos de Viabilidade UHE Kararaô - Estudos Ambientais Cavernas. Tomos I e II. IHX-98V-7546-RE.

ELETRONORTE. 2001. Convênio Fadesp/ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudo de Impacto Ambiental –EIA.

ISSLER, R. S.; ANDRADE, A.R.F.; MONTALVÃO, R.M.G.; GUIMARÃES, G.; SILVA, G.G.; LIMA, M. I. C. Projeto Radambrasil. Folha S.A 22 Belém. Rio de Janeiro. 1974.DNPM (Levantamento de Recursos Naturais).

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Distribuição das Rochas Carbonáticas e Províncias Espeleológicas do Brasil. Espeleo-Tema. 1979. 13: 105-167p.

MACAMBIRA, E. M. B.; REZENDE, N. G. B.; JORGE JOÃO, X. S.; ASSIS N. P.; CALDERARO. R.C.B., Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba. Relatório Final. DNPM/CPRM, 1977. Belém -Volume 7.

MARTINI, J., 1984. Speleology of the Magoto System. Bull. South. African Speleology Ass., 24: 37-46p.

MONTEIRO, R. C.; RIBEIRO, L. F. B. Espeleogênese de Cavernas Areníticas: Algumas considerações aplicadas à província espeleológica da Serra de Itaqueri, Estado de São Paulo, Brasil. Boletín Informativo de la Comisión de Geospeleología. Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe-FEALC. 2001.

MOREIRA, J.R. A.; PINHEIRO, R. V.; MAURITY, C. Breve Prospecção Espeleológica na Região de Altamira, Pará. GEP – Grupo Espeleológico Paraense. 1987. 19p.

OGDEN, A.E. Pseudo karst caves of Arkansas. Proc. of the Eughth International Cong. Spel., 1981. VOL. I; II.766-767p.

REDESPELEO. CODEX: Cadastro Nacional de Cavernas. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.redespeleo.org.br>>. Acesso: novembro de 2007.

RODRÍGUEZ, S.K. Processo genético de evolução de grutas areníticas. UFPr, Curitiba Paraná, Texto inédito. 1983. 7p.

RÓS, L.F.; MORAES, M.A.S. Seqüência Diagenética em Arenitos; Uma discussão inicial. Anais do XXXIII Cong. Bras. Geologia, Rio de Janeiro, 1984. 894-906p.

SBE. CNC-Brasil: Cadastro Nacional de Cavernas. Banco de dados, SBE. Disponível em: <<http://www..sbe.com.br>>. Acesso: novembro de 2007.

TRAJANO, E.; J. R. A. MOREIRA. "Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará." Revista Brasileira de Biologia 1991. 51(1): 13-29p.

TRAJANO, E.; L. E. SÁNCHEZ. Brésil._Encyclopaedia Biospeologica. C. D. uberthie, V. Moulis, Société de Biospéologie. 1994. 1: 527-540p.

URBANI, F. Karst Development in Limestone Rocks, Venezuelan Guiana Shield. Proc. 8th Internat. Cong. Speleology, 1981. 2: 58-64p.

WIEGAND, J., FEY, M., HAUS, N. Geochemical and hydrochemical investigation on the genesis of sandstone and quartzite karst of the Chapada Diamantina and the Iron Quadrangle (Brazil). 2004. ZEITSCHRIFT-DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT: 61-90p.

e) Geomorfologia

AB'SABER, A.N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. Geomorfologia, Instituto de Geografia, São Paulo, USP, 1973. 41.

DEMEK J. Generalization of Geomorphological Maps in: Proceedings of the Meeting of the IGU. COMMISSION ON APPLIED GEOMORPHOLOGY. SUB-COMMISSION ON GEOMORPHOLOGICAL MAPPING BRNO and Bratislava. Progress made in Geomorphological Mapping, BRNO, 1967 p. 36-72.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – (IBGE). Mapas de Unidades de Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000. 1993.

_____. Mapas de Unidades de Relevo do Brasil. Escala 1: 5.000.000. 2006.

PIRES NETO, A.G. As abordagens sintético – histórica e analítico – dinâmica, uma proposição metodológica para a geomorfologia. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo/SP. 1992. 302 p.

PONÇANO et al. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - IPT - Publicação no 1183 - São Paulo. 1981.

RADAM. Folha SB.22 Belém - Levantamento de Recursos Naturais - Vol. 5 Min. das Minas e Energia - Rio de Janeiro, 1974.

f) Pedologia

BENNEMA, J. Report to the government of Brazil on classification of Brazilian soils. FAO-EPTA, 1966 (Report,2127).

BRASIL, MME-SE. MAPAS DAS ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS DO BRASIL, Brasília, 1993.

BRASIL, SAE/CCZEE. Diretrizes metodológicas e patamar mínimo para o zoneamento ecológico-econômico do território nacional. Brasília. 1991. SAE/PR.

BROOKS, R.R. Geobotany and Biogeochemistry in Mineral Exploration. New York, Harper and Row, 1972.

CAMARGO, M.N., KLANT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil B.Inf., Soc. Bras. Ci Solo, Campinas, 1987.12(1)p. 11-13.

CREPANI, E. et al. Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico – Econômico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. San José dos Campos, Brasil. 1996. 18 p.

DE BIASI, M.A. CARTA CLINOGRÁFICA: Os Métodos de Representação e sua Confecção. São Paulo, Geografia 1992. (6) 45-60.

DE PLOEY, J, The Ambivalent Effectc, of Some Factors of Erosion, Louvain, Mém. Inst. Geologia. Univ. Louvain. T. Xxxxxxi, 1981. p. 171-181.

ELBERSEN. G. W. W., BENAVIDES, S.T.; BOTERO, P.J. Metodologia para levantamentos edafológicos (Especificaciones Y Manual de Procedimientos). Centro Interamericano de Fotointerpretacion. Unidad de suelos, Bogotá, D.E., 1974.

ELETRONORTE - Ministério de Minas e Energia. Classificação dos Solos e Aptidão Agrícola da Área do Reservatório- Estudo de Viabilidade da UHE Kararaô. Hidrosolo- Brasília (DF), 1987.

ELETRONORTE/ELETOBRÁS - Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, 2001.

EMBRAPA- Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SPI 5ª edição). Brasília(DF). 1999. 412p.

____- Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos- SNLCS. Normas e critérios para levantamentos pedológicos. Rio de Janeiro, 1989.

____- Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos- SNLCS. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de alta intensidade e aptidão agrícola dos solos da Santarém- Cuiabá e Rio Curuá- Una, Rio de Janeiro, 1980.

____, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro- RJ. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, EMBRAPA- SNLCS, 1988. (Documentos, 11).

ESTADOS UNIDOS. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil survey manual Washington. D.C., USDA, 1951, 503p. (USDA. Agriculture Handbook, 18).

FAO - (Roma- Itália). Soil map of the world: 1:5.000.000 legendas. Paris, Unesco, 1974. V.1.

HOFBAUER, R. et al. Acumulação de Metais Pesados em alguns Liquens do Rio Grande do Sul. Acad. Bras. CI, s.d., 1988.

IBGE. Levantamento de Reconhecimento de Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. Núcleo Santa Inês. Projeto Carajás. Rio de Janeiro, 1988.

____. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Uso de Agrotóxicos no Município de Pati do Alferes: Um Estudo de Caso. Cad. Geoc., Rio de Janeiro, N. 10:23-31, Janeiro, 1994.

_____. Levantamento Exploratório de Solos. Série Levantamento de Recursos Naturais. V. 33,38. Rio de Janeiro,

IBGE/SEICOM. Plano Diretor de Mineração em Áreas Urbanas. Convênio Governo do Estado do Pará - Ministério do Planejamento e Orçamento. Belém-PA, 1995.

IDESP, Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará. Sistema Estadual de Planejamento. Polomazônia, EMBRAPA/IDESP. Levantamento de Solos do Polo Marajó. Belém (PA), 1977.

INMET – Balanço Hídrico do Brasil, 1972.

INPE/SAE, Tabela de Características Físicas e Valores de Estabilidade Ecodinâmica das Unidades. São Paulo, 1996.

INSTITUTO GEOGRÁFICO “AGUSTIN CODAZZI”, Zonificación Agropecuária de Colombia. Subdirección Agrológica. Bogotá, 1985.

IPEAN (EMBRAPA) Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do Norte. Solos de Monte Alegre. Série “Solos da Amazônia” Vol. 2. Belém/PA, 1970.

JAROSIEK, J.; KLYS, B. Pesquisas do Conteúdo de Estanho nas Plantas e Solos dos Sudetos. Acta. Sociedade Botânica Pol., 31 (4), 1962.

LAGET/UFRJ, Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Rio de Janeiro/Brasília, SAE-MMA, 1996.

LEMOS, R. C. de, SANTOS, R.D. dos, Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 2 ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Comissão de Método de Trabalho de Campo, Rio de Janeiro, EMBRAPA_SNLCS. 1984. 46p.

LEPSCH, I. F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. (4ª Aproximação). Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

MUNSELL Soil Color Charts. Baltimore, Munsell Color Company. Munsell Soil Color Charts, Kollmorgen Instruments- Macbeth Division, U.S.A. 1994", tab.

PROJETO RADAMBRASIL. Série Levantamento de Recursos Naturais, volumes 1 a 32. Levantamento exploratório de solos.

RAMALHO FILHO, A., PEREIRA, E. G., BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 2 ed. Rev., SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS. Rio de Janeiro, 1983. 57p.

RAMALHO FILHO, A. et al . Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Edição atualizada. EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1994.

REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., Rio de Janeiro, 1979. Súmula. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, Sér. Miscelânea, 1.

SERRUYA, N. M. et al. Aptidão Agrícola. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Folha Rio Branco. RADAMBRASIL. Vol. 12, Rio de Janeiro RJ, 1976.

____. Levantamento de Solos e Aptidão Agrícola da Folha. Bragança-Vizeu. Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO). SAE/IDESP-1995. Belém (PA).

____. Levantamento da Base Temática para Execução do ZEE/PA. Zona Moju-Capim. SAE/IDESP. Belém-PA. 1997.

____. Levantamento de Solos e Estudos Ambientais para Ordenamento Territorial da Zona de Fronteira Brasil/Colômbia (Amazonas). OEA/CPRM/SUDAM. Belém (PA), Setembro de 1999.

____. ROUBLES, E.. Levantamento de Solos e Estudos Ambientais para Ordenamento Territorial da Zona de Fronteira Brasil/Venezuela.OEA/CPRM/TECMIN/ VENEZUELA. Belém-PA 1997.(prelo).

____. Levantamento de Solos, Aptidão Agrícola e Vulnerabilidade Natural à Erosão do Município de Acará - Estado do Pará. Diagnóstico Ambiental para Estudos de Ordenamento Territorial do Município. IDESP - 1998. Belém-PA (Em andamento).

____. Consolidação do Diagnóstico Ambiental para a Estruturação do Instrumento de Gestão /Hierarquização das Bacias e do Mapa Síntese de Subsídios a Gestão Territorial para o Programa de Zoneamento Ecológico- Econômico e Plano de Desenvolvimento da Área de Influência da Rodovia BR-163, Santarém- Novo Progresso e Itaituba-Altamira. Convênio FUNAGRI/ ADA/ EMBRAPA/ CPRM/ IBGE /MPEG/ UFPA. Belém(PA), Março de 2007.

SERRUYA, N. M. Projeto Agro-industrial de Frutas Tropicais. Município de São José de Ribamar; Estado do Maranhão. BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Belém-PA, 1995.

____. Levantamento de Solos, Aptidão Agrícola, Graus de Erosão, Identificação de Impactos e Medidas Mitigadoras, para o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), das Hidrovias Tocantins-Araguaia. Convênio FADESP/AHITAR (Ministério dos Transportes), Belém (PA), setembro, 1997.

____. Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras dos municípios de Itaituba, Trairão, Rurópolis e, Aveiro para o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural. Agrária- Sagri. Belém, Dezembro de 1998 .

____. Levantamento de Solos, Aptidão Agrícola, Erodibilidade dos Solos, Impactos e Medidas Mitigadoras, e Geomorfologia, para o EIA/RIMA da Hidrovia de Marajó. Convênio CEMA/AHIMOR (MT). Belém-PA, março de 1998.

____. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos, Seleção de Terras para Lavouras e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, dos municípios de Santarém, Belterra, Monte Alegre, Alenquer, Curuá, Óbidos, e Oriximiná, para o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural. Agrária- Sagri. Belém, Abril de 1998 .

____. Levantamento dos Solos, Aptidão Agrícola das Terras, Erodibilidade dos Solos na Bacia do Rio Xingu. Municípios de Altamira, Vitória do Xingu, Medicilândia, Brasil Novo, Anapu, Pacajá e Senador José Porfírio. Convênio /ELETRONORTE/UFPA/FADESP. Belém, Dezembro/1999 a Setembro de 2001.

____. Levantamento de Reconhecimento dos Solos, Aptidão Agrícola das Terras, Erodibilidade dos Solos, Avaliação de Impactos e Medidas Mitigadoras, para os Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental- EIA/RIMA, da futura (UHE) Hidrelétrica de Jirau e Sto. Antônio, na Bacia do Rio Madeira. Convênio FURNAS / LEME / N. ODEBRECHT. Porto Velho- Rondônia, 2004/2005.

____. Levantamento de Reconhecimento dos Solos, Aptidão Agrícola das Terras do entorno da Rodovia Transamazônica, trecho Marabá/ Palestina- Rurópolis. MT/DENIT/CENTRAN. Brasil, Dezembro/2005 a Fevereiro de 2006.

SOIL CONSERVATION SERVICE. SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual Washington. D.C., USDA, 1962, 265p. (Agriculture Handbook, 60)

____. Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., USDA, 1975. (Agriculture Handbook, 436).

____. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., USDA, 1992.

____. Keys To Soil Taxonomy., Fifth Edition, SMSS Technical Monograph N° 19, Blacksburg, Virginia: Pocahontas Press, Inc. 1998. 556 p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publ.Climatology, New Jersey, 8(1):1-104, 1955.

TRICART, J., Ecodinâmica. IBGE-SUPREN, Rio de Janeiro. 1977.91 p.

VELOSO, H. P. et al. Sistema Fitogeográfico Brasileiro - Classificação Fisionômica - Ecológica da Vegetação, 1980.

g) Susceptibilidade à Erosão das Terras

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. 4ª. Ed. São Paulo: Ícone, 1999. (Coleção Brasil Agrícola)

FAO. A framework for land evaluation. Soils Bulletin, 32. Rome: FAO, 1976. 72 p.

____. Guidelines for land use planning. FAO Development Series 1. FAO, Rome, 1993. 96p.

HOLY, M. Erosion and Environment. Exeter: Pergamon Press Ltd., 1980. 225 p. (Environmental Sciences and Applications, 9).

LAFLEN, J. M.; ROOSE, E. J. Methodologies for Assessment of Soil Degradation due to Water. In: LAL, R. ; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. Methods of Assessment of Soil Degradation. Boca Raton, Fl., CRC Press, 1997. p.31-55.

WEILL, M.A.M; PIRES NETO, A.G. Erosão e Assoreamento. Em: SANTOS, R.F. (organizadora). Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. p. 40-58.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses -A guide to conservation planning. U.S.: Department of Agriculture. Agricultural Handbook, 537. 1978.

WISCHMEIER, W.H.; JONHSON, C.B.; CROSS, B.V.A. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil Water Cons., Ankeny, 26: 189-193, 1971.

h) Estabilidade de Encostas Marginais

CAMARGO CORREA, ODEBRECHT, ANDRADE GUTIERREZ. Mapa Geomorfológico da Área de Influência Direta. EIA. Diagnóstico da AID e ADA. 2008.

____. Mapa Geológico da Área de Influência Direta. EIA. Diagnóstico da AID e ADA. 2008.

____. Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da Área de Influência Direta. EIA. Diagnóstico da AID e ADA. 2008.

____. Remanso do Reservatório - Envoltórias para Vazões Características. EIA. Diagnóstico da AID e ADA. 2008.

ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudos de Viabilidade - Relatório Final, 2002 (Desenhos dos sítios Pimental, Canal de Adução, Bela Vista, Diques e Belo Monte).

i) Investigações e Avaliação do Risco Geológico-Geotécnico e Fugas d'Água

ELETROBRÁS; CAMARGO CORRÊA; ANDRADE GUTIERREZ; ODEBRECHT. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte. Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Caracterização do Empreendimento. 2008.

ELETROBRÁS; CAMARGO CORRÊA; ANDRADE GUTIERREZ; ODEBRECHT. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte. Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Sismicidade Natural e Induzida. 2008.

ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte – Estudos de Viabilidade – Relatório Final. 2002.