

SUMÁRIO – 10.3 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS	10.3-1
10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS.....	10.3-1
10.3.1. ANTECEDENTES.....	10.3-1
10.3.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES, SEUS RESULTADOS E AVALIAÇÃO	10.3-3
10.3.2.1. GEOPROCESSAMENTO	10.3-4
10.3.2.1.1. ATUALIZAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO..	10.3-4
10.3.2.1.2. ANÁLISE COMPARATIVA DO RISCO DE DESLIZAMENTO / ROLAMENTO DE BLOCOS NA REGIÃO CENTRAL DO PARÁ E REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.....	10.3-5
10.3.2.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES	10.3-8
10.3.2.2.1. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS LABORATORIAIS.....	10.3-8
10.3.2.2.2. INSPEÇÕES TRIMESTRAIS.....	10.3-15
10.3.2.2.3. INSTALAÇÃO DE MONITORES	10.3-16
10.3.2.2.4. LEVANTAMENTO GEOFÍSICO COMPLEMENTAR.....	10.3-19
10.3.2.3. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES.....	10.3-24
10.3.2.3.1. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS	10.3-24
10.3.2.4. ESTUDO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS MARGINAIS.....	10.3-32
10.3.2.5. CRONOGRAMA GRÁFICO	10.3-39
10.3.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS	10.3-41
10.3.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO	10.3-43
10.3.5. ANEXOS.....	10.3-44

10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS

10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

10.3.1. ANTECEDENTES

O desenvolvimento do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos faz-se necessário, na região de influência direta do empreendimento, devido aos impactos que podem ser causados pela formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário. Tais impactos podem gerar o desenvolvimento de processos de movimentos de massa devido ao embate das ondas nas margens dos reservatórios em aluviões ou solos de alteração de textura silto arenosa, assim como devido à elevação do lençol freático e aparecimento de surgências d'água nos taludes da região afetada.

No escopo deste programa devem-se considerar as possibilidades de alteração na circulação das águas subterrâneas, de ocorrência de surgências d'água em descontinuidades pré-existentes e desenvolvimento ou surgimento de processos de *piping* em cavidades e feições subterrâneas areníticas decorrentes da elevação do lençol freático acarretada pela formação dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Durante o primeiro semestre de 2012 foram desenvolvidas as atividades de geoprocessamento caracterizadas pelo processamento e interpretação de imagens de satélite, fotos aéreas, de plantas de restituição aerofotogramétrica e ortofotocartas e de levantamentos topográficos, além de modelos digitais do terreno. A partir destes processamentos, foram confeccionados os mapas base que subsidiaram os mapeamentos geológico-geotécnico e pedológico da AID.

O Mapa de Erodibilidade Potencial, cuja metodologia foi fundamentada na análise de documentos cartográficos representantes do meio físico da AID, foi confeccionado com o cruzamento/integração de dados e apresentou a potencialidade de ocorrência de processos erosivos, oferecendo subsídios para as inspeções a serem realizadas trimestralmente. Este mapa, que teve como principal objetivo delimitar áreas suscetíveis aos fenômenos erosivos e de estabilidade na região, apresentou o risco potencial ou suscetibilidade das áreas ao desenvolvimento de processos erosivos, mas não o risco efetivo o qual é definido a partir das inspeções de campo.

Como parte das investigações, foi realizada cartografia geológica e pedológica da AID da UHE Belo Monte para definição das unidades geológicas, pedológicas e geotécnicas (o detalhamento dessas atividades, bem como os mapas gerados foi apresentado no 2º Relatório Consolidado). Também foram executadas sondagens a trado mecanizado cujos resultados auxiliaram na definição dos perfis de solo durante a etapa de mapeamento.

Ainda dentro das atividades de investigações, foram realizados levantamentos geofísicos complementares, onde foram realizadas seções de GPR com o equipamento SIR-3000 (fabricado pela *Geophysical Survey Systems Inc.*), que consiste em um módulo de aquisição conectado a um par de antenas blindadas de 200 MHz. O GPR é um método eletromagnético que emprega ondas de rádio em altas frequências (normalmente entre 10 MHz a 3000 MHz) para identificar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície, sendo utilizado também para se identificar o topo do nível d'água entre os poços de monitoramento instalados dentro da área urbana de Altamira/PA, bem como avaliar a evolução geológica-geotécnica em profundidade.

Conforme previsto, foram realizadas Inspeções Trimestrais, respectivamente em maio, agosto e novembro de 2012, sendo visitados trechos do Reservatório Intermediário situados ao longo das estradas marginais da região (áreas prioritárias 1, 2 e 3 conforme definido no PBA). Visitou-se também a região do Reservatório principal da barragem e do trecho de jusante da Casa de Força Principal do rio Xingu, ao longo do perímetro de borda do (futuro) lago e da saída de água do canal, na região da AID da UHE Belo Monte.

Os pontos monitorados foram definidos de acordo com os sugeridos no PBA, bem como novos pontos foram adicionados ao monitoramento tendo em vista as observações realizadas em campo e identificação de novos locais com desenvolvimento de processos erosivos.

10.3.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES, SEUS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos está sendo desenvolvido de acordo com o cronograma discutido e aprovado junto ao IBAMA (conforme Ofício Nº 411/2012 COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 12 de julho de 2012), onde todas as atividades programadas no PBA original foram antecipadas.

Conforme previsto no cronograma do PBA, durante o primeiro semestre de 2013, foram realizadas duas Inspeções Trimestrais (fevereiro e abril/maio de 2013), sendo realizado o monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais. No âmbito deste Programa já foram realizadas 5 Inspeções Trimestrais e considerando a dinâmica do monitoramento e a necessidade de ajustes contínuos de acordo com as observações feitas durante cada inspeção, sempre que identificadas novas áreas significativas, as mesmas serão incorporadas a rede de monitoramento e caracterizadas nos relatórios subsequentes.

Neste semestre, foram finalizados os ensaios geotécnicos laboratoriais, que subsidiaram a atualização do mapa geológico-geotécnico. Procedeu-se também a análise e interpretação dos dados de GPR, obtidos durante os levantamentos geofísicos complementares realizados em novembro/2012. Em função da alta atenuação do sinal do GPR verificada nos locais onde predominam camadas de argila acima do nível d'água, optou-se por iniciar as aquisições de eletrorrestividade através da técnica da tomografia elétrica 2D. No escopo do projeto as investigações de GPR foram iniciadas antes da eletrorrestividade em função da alta produtividade da mesma, quando comparada com a produtividade da tomografia elétrica 2D. O principal objetivo da tomografia elétrica, além de cumprir o escopo definido no PBA, é de determinar a geometria das camadas sedimentares inconsolidadas, delimitar as interfaces geológico-geotécnicas ao longo da área urbana e delinear com maior precisão o topo da zona saturada entre os poços de monitoramento. A tomografia elétrica 2D de alta resolução mostra-se bastante eficiente em áreas de coberturas sedimentares condutivas, ou seja, em locais onde predominam sedimentos argilosos, conforme verificado na região de Altamira/PA.

Os resultados das inspeções de encostas marginais, em vias de acesso aos canteiros de obras e às áreas adjacentes aos reservatórios serão atividades continuadas durante todo o monitoramento e serão dirigidos à determinação das causas dos problemas erosivos observados, bem como à proposição de medidas para solução dos problemas observados. A análise dos resultados incluirá a medição em monitores instalados nas encostas marginais e a observação direta da estabilidade das encostas.

Foi realizada a comparação das características apresentadas no PBA e as levantadas em campo durante as inspeções trimestrais. Tais informações constam nos registros fotográficos de cada inspeção.

Vale destacar que em atendimento a letra “g” do Ofício 002176/2013 DILIC/IBAMA, datado de 02/02/2013, que estabelece a implementação do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos na margem direita do sítio construtivo Pimental, informa-se que os caminhamentos de campo já são realizados ao longo de toda a extensão das margens direita e esquerda do rio Xingu (campanhas trimestrais de monitoramento), sendo que os pontos monitorados nesta região são R13, R14 e R15. Entretanto, para atender de forma mais específica esta solicitação, nas próximas campanhas trimestrais a serem realizadas no âmbito deste programa, próxima em agosto/2013, será verificada a necessidade de inserção de mais pontos que englobem as atividades inerentes às obras civis no sítio Pimental, no que se refere aos possíveis impactos gerados nas referidas encostas marginais.

10.3.2.1. GEOPROCESSAMENTO

10.3.2.1.1. ATUALIZAÇÃO DO MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Para a atualização do mapa geológico-geotécnico, foram utilizadas informações cartográficas, dados obtidos para os estudos hidrogeológicos e novas observações de campo, além dos dados de ensaios geotécnicos laboratoriais (**Anexo 10.3 - 3**) realizados em amostras indeformadas obtidas nos diferentes tipos de solos existentes nas adjacências da UHE Belo Monte.

O **Anexo 10.3 - 4** apresenta o mapa geológico-geotécnico atualizado, onde foram marcados os locais nos quais foi identificadas presença de blocos/matacões. Além disso, o mapa apresentado no 3º Relatório Consolidado apresentou uma classificação geotécnica preliminar. O mapa atualizado apresenta a classificação geotécnica, segundo o SUCS, considerando os resultados dos ensaios geotécnicos laboratoriais.

O Mapa Geológico-Geotécnico foi confeccionado considerando os dados dos levantamentos de campo geológico e pedológico, as informações das sondagens a trado realizadas e os ensaios geotécnicos laboratoriais (**Anexo 10.3 - 3**).

A AID da UHE Belo Monte é geologicamente representada por Unidades Paleoproterozóicas (com evolução associada ao Ciclo Transamazônico) e coberturas sedimentares Paleozóicas e Mesozóicas. Além disso, os levantamentos realizados para o mapeamento pedológico possibilitaram a cartografia das seguintes classes e associações de solos: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Nitossolo Háplico eutrófico, Cambissolo Háplico distrófico (eutrófico), Neossolo Flúvico, Plintossolo Pétrico concrecionário, Neossolo Quartzarênico e Gleissolo Háplico distrófico.

As principais feições geotécnicas e a classificação segundo o sistema unificado de classificação geotécnica dos solos são apresentadas no **Quadro 10.3 - 1**.

Quadro 10.3 - 1 – Características utilizadas para a classificação geotécnica dos solos.

CLASSES PEDOLÓGICAS	CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA - SUCS
Cambissolo Háptico Distrófico (Eutrófico): textura silto argilosa, com rochosidade comum e estrutura granular no horizonte A. Relevo ondulado a forte ondulado.	SM – alta colapsibilidade e moderada plasticidade, alta erodibilidade e baixa condutividade hidráulica.
Gleissolo Háptico Distrófico: textura argilosa, relevo plano. Material parental pelitos e aluviões silto-argilosos.	CH - solo altamente plástico com matéria orgânica no horizonte superficial, sujeito a inundação, condutividade hidráulica muito alta.
Latossolo Vermelho Distrófico: textura argilosa, com estrutura grumosa e granular nos horizontes superficiais. Há mancha de Latossolo Vermelho Perférico onde basaltos representam o material parental. Relevo suave ondulado.	SM1 – Moderada colapsibilidade, baixa plasticidade e erodibilidade moderada a alta quando submetido a fluxos concentrados.
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico: textura arenosa, com estrutura grumosa nos horizontes superficiais. Material parental representado por arenitos diversos. Relevo suave ondulado.	SM2 – Moderada colapsibilidade e plasticidade, erodibilidade alta quando submetido a fluxos concentrados. Elevada condutividade hidráulica.
Neossolo Flúvico - RY: textura arenosa a silto-argilosa, sem estruturação. Relevo plano. Material parental constituído por aluviões neógenos a Quaternários.	OL – solo pouco plástico, com moderada colapsibilidade, com potencial de acumulação de matéria orgânica nos horizontes superficiais.
Neossolo Flúvico em associação com Neossolo Litólico: relevo plano, e constantes exposições rochosas ao longo de áreas de ocorrência. Material parental representado por gnaisses do Complexo Xingu e aluviões.	ML - moderada colapsibilidade, não plástico, alta erodibilidade e baixa condutividade hidráulica. Quando há pedregosidade a erodibilidade é atenuada.
Neossolo Quartzarênico: textura arenosa, sem estruturação. Relevo suave ondulado, material parental representado por arenitos das unidades basais da Bacia do Amazonas.	SP - extrema erodibilidade, baixa colapsibilidade, baixa plasticidade e elevada condutividade hidráulica em todo o perfil
Nitossolo Háptico eutrófico: textura argilosa a franca, estrutura granular média e grande bem desenvolvida. Relevo ondulado a forte ondulado. Material parental predominante representado por gnaisses e granitos do Complexo Xingu.	SC - moderada colapsibilidade, elevada plasticidade e erodibilidade alta principalmente quando submetido a fluxos concentrados.
Plintossolo Pétrico Concrecionário: cascalhamento, relevo suave ondulado, material parental biotita gnaisses do Complexo Xingu e aluviões.	GC - solo não colapsível, não plástico, com baixa erodibilidade e condutividade hidráulica variável.

10.3.2.1.2. ANÁLISE COMPARATIVA DO RISCO DE DESLIZAMENTO / ROLAMENTO DE BLOCOS NA REGIÃO CENTRAL DO PARÁ E REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

Considerando que o PBA cita a ocorrência de escorregamentos em solos de alteração, queda e rolamento de blocos e localmente rastejos e escorregamentos em tálus/colúvio, devido à redução na resistência das unidades geológico-geotécnicas mais suscetíveis à instabilização.

Considerando ainda a metodologia adotada para a confecção do mapa geológico-geotécnico, onde são integradas características geológicas, pedológicas e geotécnicas, e a utilização do Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS (proposto por Arthur Casagrande na década de 40, que é o aperfeiçoamento da classificação de Casagrande para utilização em aeroportos, adaptada para uso no laboratório e no campo pelas agências americanas "Bureau of Reclamation" e "U.S. Corps of Engineers", com simplificações que permitem a classificação sistemática).

Informa-se que no mapa geológico-geotécnico que foi elaborado e apresentado, os locais com ocorrência de blocos/matacões não foram individualizados e nem espacializados como unidade/classe, os mesmos foram pontualmente marcados no referido mapa. Assim sendo, foi realizada uma análise comparativa do risco de deslizamento/rolamento de blocos na região central do Pará com a região Sudeste do Brasil, cujo objetivo é explicitar detalhadamente a metodologia aplicada para análise de risco de deslizamento de blocos na região da UHE Belo Monte no estado do Pará.

A presente avaliação comparativa objetiva explicar a metodologia usada para análise de risco de deslizamento de blocos na região da UHE Belo Monte no Pará. O estudo considerou que este processo apresenta risco restrito, quando foi elaborada a versão preliminar do mapa de risco a processos instabilizatórios e erosivos. Os principais aspectos e parâmetros aplicados à comparação são apresentados no **Quadro 10.3 - 2**.

Quadro 10.3 - 2 – Principais aspectos e parâmetros aplicados à comparação

PARÂMETROS	REGIÃO SUDESTE	REGIÃO DE BELO MONTE
Clima	Tropical com forte concentração de chuvas no verão	Equatorial com concentração moderada de chuvas no verão
Intensidade das Chuvas	Eventos com intensidade de 70 a 90 mm/h são relativamente comuns	Eventos críticos são muito raros. Há maior distribuição da precipitação no tempo
Solos (dominantes)	Cambissolo Háptico Ta ou Tb eutrófico.	Nitossolo e Argissolo eutróficos
Textura dos Solos	Textura franca, a silto-argilosa	Textura argilosa a muito argilosa
Dissecação do Relevo	Moderada, apenas localmente com declives superiores a 20%	Elevada, com amplas rampas e com declividade > 30% em grandes segmentos do terreno
Erodibilidade	Moderada a baixa	Média

Pela análise comparativa dos parâmetros nas duas regiões, fica claro que o comportamento das coberturas de solos com relação aos diferentes processos erosivos (perda laminar, perda linear, queda de blocos, rolamento de blocos, solifluxão, e outros) será distinta ou pelo menos contrastante. Parte deste contraste pode ser observada a partir dos resultados laboratoriais para as seis amostras de solos típicos da região que foram retiradas e ensaiadas no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília.

Rolamento de blocos é um processo que em geral ocorre a partir da saturação e erosão da massa de solo / saprolito sotoposto, que por sua vez, em função da energia potencial desce a encosta. Este tipo de processo é comum no sudeste (regiões serranas de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro), mas são raros ou virtualmente ausentes no norte do país. Esta afirmação é corroborada pela própria ausência destes registros na região de Belo Monte (mesmo considerando as porções mais inclinadas das vertentes).

As áreas nas quais há presença de blocos/matacões são caracterizadas, de acordo com a classificação geotécnica (**Anexo 10.3 - 4**) resultante dos ensaios laboratoriais, principalmente por:

- SM 1 / Latossolo Vermelho Distrófico: moderada colapsibilidade; baixa plasticidade e erodibilidade moderada a alta quando submetidos a fluxos concentrados;
- SM 2 / Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico: moderada colapsibilidade e plasticidade, erodibilidade alta quando submetido a fluxos concentrados;
- SM / Cambissolo Háplico Distrófico: alta colapsibilidade, moderada plasticidade e alta erodibilidade;
- SC / Nitossolo Háplico Eutrófico: moderada colapsibilidade, elevada plasticidade e erodibilidade alta principalmente quando submetido a fluxos concentrados;
- OL / Neossolo Flúvico: solo pouco plástico, com moderada colapsibilidade, potencial de acumulação de matéria orgânica nos horizontes superficiais.

Apesar dos pontos estarem em áreas com colapsibilidade moderada a alta, são áreas que apresentam-se estáveis, principalmente devido a presença de vegetação. Durante as inspeções trimestrais não foram identificados processos erosivos ativos, ou rolamento de blocos/matacões, em nenhum desses pontos, como pode ser observado nos exemplos 4 e 5 do **Quadro 10.3 - 4**.

A principal explicação é atribuída ao regime de chuvas. Mesmo que o total pluviométrico seja similar nas duas regiões (entre 1.600 e 2.000 mm/ano), as chuvas na região norte são mais bem distribuídas no tempo, enquanto os eventos críticos são comuns no sudeste. No norte o clima apresenta caráter mais continental, enquanto no sudeste, as massas oceânicas e polares imprimem forte controle no regime de chuvas.

Outro parâmetro que tem um peso importante na determinação da estabilidade dos terrenos são os tipos de solos e suas características intrínsecas. No caso da região de Belo Monte os cambissolos que ocorrem nas áreas de maior declividade apresentam pedregosidade e rochiosidade além de textura franca que contribuem para aumentar sua estabilidade. Entretanto este tipo solo tem o potencial de sofrer um processo geotécnico de “colapso” quando inundados (conforme resultados laboratoriais),

fenômeno este que é mais propício de causar danos às fundações de edificações existentes do que no descalçamento e início de rolamento natural de blocos assentados ou envolvidos na massa terrosa. No sudeste os matacões são associados a argissolos e nitossolos que apresentam comportamento de menor estabilidade quando saturados.

A despeito das diferenças do potencial / risco erosivo entre as duas regiões, as ocorrências dos blocos e matacões devem ser locadas no mapa de susceptibilidade erosiva na AID da UHE Belo Monte de forma a se monitorar eventuais processos desenvolvidos às margens do futuro reservatório.

10.3.2.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES

10.3.2.2.1. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS LABORATORIAIS

Todos os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília com base nas amostras indeformadas e deformadas retiradas nos pontos especificados como: AI-01, AI-02, AI-03, AI-04, AI-05 e AI-06. O **Quadro 10.3 - 3** apresenta os resultados consolidados dos ensaios laboratoriais de caracterização de solo realizados. A localização destes pontos específicos pode ser visualizada no mapa geológico-geotécnico apresentado no **Anexo 10.3 - 4**. Estes pontos estão respectivamente associados aos seguintes solos sob o ponto de vista pedológico:

- AI-01: Cambissolo Háplico
- AI-02: Nitossolo Vermelho
- AI-03: Saprólito Argiloso
- AI-04: Latossolo Vermelho
- AI-05: Neossolo Flúvico
- AI-06: Neossolo Flúvico sem plintita

Todas as amostras foram preparadas e passaram por ensaios específicos, como os ensaios de expansibilidade, colapso e erodibilidade tipo *Inderbitzen*. Com base na caracterização granulométrica realizada podem ser notados os seguintes pontos:

1. Todas as amostras ensaiadas têm baixa plasticidade, consistência dura e possuem umidade natural inferior ao limite de plasticidade, ou seja, estão em estado semi-sólido. Ao se avaliar o índice de atividade conforme proposto por Skempton (1953) para os materiais finos (argilas, ou siltes como considerado

neste Relatório), nota-se que se trata de amostras “ativas”, portanto com grande possibilidade de armazenamento de água adsorvida na superfície de suas partículas minerais ou no interior da micro porosidade das estruturas;

2. A maioria das amostras (exceção para o Cambissolo Háptico e saprólito) tem a peculiaridade de mudança de granulometria e da classificação unificada quando defloculadas, ou seja, a matriz do solo em estado natural possui estruturação e ligações por cimentos que podem ser rompidas pela presença do agente defloculante, dispersando as partículas minerais do solo e aumentando a parcela de finos. Observa-se que a porcentagem de argila no estado natural é extremamente baixa, e que a mesma se altera aumentando consideravelmente nos ensaios com defloculante (com exceção para o caso AI-03, saprólito argiloso);
3. Todas as amostras puderam ser classificadas no sistema unificado de classificação dos solos (SUCS ou USC em inglês), sendo que, em algumas, a classificação se altera conforme o solo se desestrutura durante o processo de sedimentação com agente defloculante. Com base nos resultados do **Quadro 10.3 - 3** os seguintes resultados puderam ser alcançados:
 - Amostra AI-01: Areia siltosa ou mistura de areia ou silte mal graduado em qualquer estado;
 - Amostra AI-02: Areia siltosa a mistura de areia no estado natural ou argila orgânica de plasticidade média no estado defloculado;
 - Amostra AI-03: Silte inorgânico, solos siltosos ou arenosos (areias finas ou siltes micáceos) em qualquer estado;
 - Amostra AI-04: Areia siltosa a mistura de areia no estado natural ou silte orgânico a argila siltosa no estado defloculado;
 - Amostra AI-05: Silte inorgânico a areia muito fina no estado natural ou silte orgânico a argila siltosa no estado defloculado;
 - Amostra AI-06: Silte orgânico a argila siltosa em qualquer estado;
4. Todas as amostras em seu estado natural têm classificações para materiais que são considerados “críticos” em relação à erosão superficial (nota-se que esta observação é para uso em revestimento de canais de terra - exceto caso AI-03, saprólito argiloso) segundo Wagner (1957);
5. Todas as amostras têm massas específicas dos grãos dentro das faixas comumente obtidas na prática (como comparação vale o valor de 2,67 g/cm³ para o quartzo puro). Entretanto, nota-se um valor levemente superior para a amostra AI-04 (latossolo) o que pode estar associado ao processo de laterização

e formação de óxidos de ferro - embora tal fato careça de averiguação complementar por ensaios que não estão previstos neste trabalho;

6. Algumas amostras têm em seu estado natural um índice de vazios inicial alto com simultâneo baixo grau de saturação, o que pode indicar solo estruturado com tendência ao colapso por aumento de umidade. Este fato é especialmente aplicado aos latossolos e nitossolos que apresentam elevado grau de estruturação, com estruturas granular (caso dos nitossolos) e grumosa (caso dos latossolos).

Quadro 10.3 - 3 – Resultados Consolidados dos Ensaios Laboratoriais de Caracterização

AMOSTRA	Gs (g/cm ³)	% Passante #200	Si (%)	e ₀	W (%)	LIMITES DE CONSISTÊNCIA (%)			GRANULOMETRIA, SEDIMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA PORCENTAGEM PASSANTE NA PENEIRA (%)											
						WL	WP	IP	Sem Defloculante						Com Defloculante					
									A	S	AF	AM	AG	USC	A	S	AF	AM	AG	USC
1	2.6	15.4	30.8	0.75	8.4	33	24	9	0.0	10.7	27.5	28.6	24.7	SM	29.1	6.5	16.7	17.2	19.6	SM
2	2.6	31.5	62.1	0.68	21.2	61	41	20	1.9	7.6	33.4	24.3	28.4	SM	65.3	3.6	7.0	9.3	10.4	OH
3	2.6	57.3	88.3	0.55	1.0	50	38	12	23.5	30.6	7.8	7.6	23.3	MH	24.8	24.7	11.7	8.1	23.3	MH
4	2.8	17.7	48.6	0.93	15.7	40	29	11	0.0	9.3	30.1	35.4	25.1	SM	58.2	9.8	11.8	14.8	2.8	OL
5	2.6	81.1	46.9	0.38	7.6	44	32	12	2.5	22.0	64.1	2.1	9.0	ML	49.6	29.9	16.8	1.5	1.9	OL
6	2.4	70.9	43.8	0.69	10.0	33	27	6	2.6	20.8	69.7	4.8	2.0	OL	44.5	16.8	37.0	1.6	0.1	OL

Observações:

Gs = massa específica dos grãos, W = umidade natural, WL = limite de liquidez, WP = limite de plasticidade;

IP = índice de plasticidade, A = argila, S = silte, AF = areia fina, AM = areia média, AG = areia grossa;

USC = *Unified soil Classification System* / Sistema de Classificação Unificado;

% Passante na peneira #200 calculada para amostras sem defloculante;

Si e e₀ respectivamente são o grau de saturação e o índice de vazios inicial das amostras indeformadas do ensaio de adensamento.

Os ensaios relativos à expansibilidade e ao colapso das amostras ensaiadas são apresentados no **Quadro 10.3 - 4** enquanto que os relativos aos ensaios de erodibilidade estão no **Quadro 10.3 - 5**. Com base nestes resultados, as seguintes observações podem ser feitas:

1. Todas as amostras ensaiadas sofreram compressão e não são expansivas quando saturadas;
2. Todas as amostras sofreram um pequeno grau de colapso, tendo sido observado que para três das amostras ensaiadas (AI-01, AI-2 e AI-04, respectivamente cambissolo háplico, nitossolo e latossolo) temos um índice de colapso superior ou igual a 2% que, segundo Vargas (1974) indica solos “potencialmente colapsíveis”. Porém, destes três solos, somente o AI-01 (Cambissolo Háplico) foi categorizado como “problemático” segundo o critério de Jennings & Knight (1975) para solos efetivamente colapsíveis;
3. As amostras com um índice de colapso superior ou igual a 2% (AI-01, AI-02 e AI-04) também foram as que apresentaram índices de vazios iniciais altos (superior a aproximadamente 0,7) e baixos graus de saturação (o menor foi para a amostra AI-01 de ~30%). Tais aspectos também corroboram para o fato de que estes solos têm potencial para a quebra da estrutura por colapso quando umedecidos e carregados verticalmente, visto possuírem grandes vazios em sua matriz original que são preenchidos basicamente por ar;
4. Todas as amostras sofreram algum grau de perda de solo durante o ensaio de erodibilidade realizado. Levando em conta o novo critério proposto por Bastos (1999) para direta definição do grau (ou severidade) de erodibilidade de amostras de solo ensaiadas neste mesmo equipamento, nota-se que das seis amostras, a metade foi classificada como sendo de “mediano” nível de erodibilidade ($0.001 < K < 0.1 \text{ g/cm}^2/\text{min}/\text{Pa}$) enquanto a outra metade teve a classificação de “alto” nível de erodibilidade ($K > 0.1 \text{ g/cm}^2/\text{min}/\text{Pa}$);
5. As amostras que foram classificadas como de alto nível de erodibilidade são relativas as amostras AI-03, AI-05 e AI-06, respectivamente o saprólito argiloso e o neossolo flúvico com e sem plintita. Curiosamente nenhuma destas amostras é classificada como potencialmente erodível através de um novo critério (indireto) de erodibilidade proposto por Bastos (1999), em que ambas as condições de Índice de Plasticidade $IP < 10\%$ e percentual passante na peneira #200 $< 55\%$ devem ser atendidas simultaneamente – o que indica a necessidade de maiores estudos para a definição de um critério empírico confiável de avaliação indireta da erodibilidade;
6. Das três amostras com alto nível de erodibilidade pelo critério de avaliação (direta) de Bastos (1999), duas apresentam sensível diferença em relação à terceira, ou seja, as amostras de neossolo flúvico (AI-05, AI-06) podem, de maneira aproximada, perder em campo mais de 2 kg de material por m^2 de área se as condições simuladas no teste se aplicarem *in situ*. Este valor é aproximadamente 4 vezes maior que a perda de solo acumulada do saprólito

argiloso (AI-03) nas mesmas condições. Este último solo, entretanto, tem uma taxa de erosão acumulada em 10 minutos aproximadamente 5 vezes maior que a taxa das amostras classificadas como de mediano nível de erodibilidade (AI-01, AI-02, AI-04).

Quadro 10.3 - 4 – Resultados Consolidados dos Ensaios Laboratoriais de Expansibilidade e Colapso.

AMOSTRA	EXPANSIBILIDADE DEFORMAÇÃO ACUMULADA (%)	COLAPSO ÍNDICE DE COLAPSO (%)	GRAVIDADE AO COLAPSO
1	-0.014	8.78	Problemático
2	-0.008	2.83	Moderado
3	-0.008	0.07	Sem Problema
4	-0.017	2.04	Moderado
5	-0.003	1.07	Moderado
6	-0.008	1.21	Moderado

Observações:

1. A deformação acumulada se dá em relação à altura inicial da amostra após imersão em água, por 72 horas. Valores negativos significam compressão;
2. O índice de colapso foi definido no Relatório dos Ensaios de Laboratório da UnB e segue a formulação de Vargas (1974)
3. A gravidade ao colapso segue o critério de Jennings & Knight (1975)

Quadro 10.3 - 5 – Resultados Consolidados dos Ensaios Laboratoriais de Erodibilidade (*Inderbitzen*)

AMOSTRA	TAXA DE ERODIBILIDADE K (g/cm ² /min/Pa)	TAXA DE EROSÃO ACUMULADA (10 min) (g/cm ² /min)	PERDA DE SOLO APROXIMADA (g/m ²)
1	0.0031	0.012	120
2	0.0024	0.008	80
3	0.0139	0.051	510
4	0.0044	0.015	150
5	0.0900	0.280	2800
6	0.0770	0.239	2390

Observações:

1. O ensaio de *Inderbitzen* simulou uma chuva média de 120 mm/h sobre uma superfície de solo na umidade natural inclinada de cerca de 15 graus em relação à horizontal;
2. A taxa de erodibilidade representa o gradiente da perda de solo em relação às tensões hidráulicas aplicadas. Segundo Bastos (1999). Esta taxa é calculada com a tensão hidráulica cisalhante crítica (τ_{hcrit} em Pa) que corresponde ao valor máximo de τ_h para erosão nula. Através de um gráfico de τ_h por taxa de erosão que representa a equação de *Du Boys*. Entretanto. Este cálculo foi simplificado dividindo-se diretamente a taxa de erosão acumulada (g/cm²/min) relativa à perda de solo no ensaio após 10 minutos pelo valor de τ_h obtido pontualmente para a vazão (constante) aplicada – visto que não foi possível se realizar ensaios com distintas vazões (como se recomenda Bastos. 1999) para obtenção de τ_{hcrit} ;
3. A perda de solo por área (1 m²) é aproximada, e representaria a perda hipotética em massa seca de material caso todas as condicionantes anteriores, relativas às especificações dos ensaios e aos solos ensaiados, se mantivessem em campo. Esta perda seria acumulada para 10 minutos de chuva.

Portanto, de maneira geral, podem ser considerados comentários genéricos sobre o provável comportamento dos materiais pedogenéticos típicos existentes na AID da UHE Belo Monte quando em contato com fluxo contínuo, variável ou concentrado de água:

1. Estes solos têm grande capacidade de absorção de água em seus poros ou ao longo da superfície aparente de suas partículas minerais em sua condição atual, natural ou *in situ*. Porém podem sofrer processos erosivos (ou são susceptíveis à erodibilidade em maior ou menor grau) com certa facilidade por suas características naturais de granulometria, donde se nota uma elevada parcela de material granular de baixa plasticidade e pouco coesivo, duro (ou seja, friável) e, em geral, mal graduado. Esta observação vale para todos os solos estudados;
2. Estes solos têm também a possibilidade de desestruturação e mudança de estrutura, com perda de ligações por diferentes cimentos, quando submetidos ao contato com água na presença de elementos químicos, tóxicos ou poluentes, em fenômeno similar ao processo de defloculação simulado em laboratório. Tal ocorrência pode eventualmente instabilizar, colapsar em maior ou menor grau e facilitar o fenômeno erosivo no material terroso quando este estiver, simultaneamente, submetido a fluxos concentrados de água. Igualmente vale para todos os solos estudados, com exceção do saprólito argiloso;
3. Os materiais pedogenéticos típicos do Cambissolo Háplico, do Nitossolo Vermelho e do Latossolo Vermelho, respectivamente relativo às amostras AI-01, AI-02 e AI-04, e relativos a materiais geotécnicos caracterizados por areias siltosas a misturas de areia no estado natural, são os que mais poderão apresentar fenômenos geotécnicos relativos ao colapso da estrutura terrosa. Este processo é especialmente esperado quando estes solos são inundados sob carregamento (de um estado inicial relativo à umidade natural de campo). Embora o índice de colapso não seja alto para estes solos, ele se situa em faixas superiores a 2% o que pode inviabilizar o uso de fundações do tipo sapatas ou baldrames superficiais para pequenas habitações nesta região. Esta observação necessita de maiores estudos em virtude de outros aspectos aqui não considerados ou conhecidos (eventual subida do nível de água, taxas de pressão admissível das fundações projetadas, cotas de assentamento destas, rigidez das estruturas e seus materiais típicos constituintes). De todos os solos analisados, o Cambissolo Háplico é o que tem o maior índice de colapso e ao que deve ser submetido aos maiores cuidados em caso de obras, visto ser o único classificado como “problemático” sob o ponto de vista de gravidade geotécnica ao colapso, segundo critérios da literatura e dados obtidos nos ensaios;
4. Os materiais pedogenéticos típicos do saprólito argiloso e dos neossolos flúvicos, respectivamente relativos às amostras AI-03, AI-05 e AI-06, e respectivamente relativos a materiais geotécnicos caracterizados por siltes inorgânicos/orgânicos a areias finas, ou argilas siltosas, ou mesclas de siltes e

areias no estado natural, são os que mais poderão apresentar fenômenos geotécnicos relativos à erodibilidade da camada superficial terrosa por ação pluviométrica (não se considerou aqui o efeito superposto, e agravante, de erosão por ação de variação de maré, de arraste fluvial ou de impacto de ondas). Todos os solos avaliados estão sujeitos ao efeito de perda de solo por erosão, porém em diferentes níveis ou taxas (sendo o nitossolo háplico o de maior resistência erosiva). Devem, portanto, ter a devida proteção superficial adequada para mitigação ou eliminação destes problemas. Dos solos estudados os neossolos flúvicos e o saprólito argiloso foram os que se classificaram como sendo de um alto nível de erodibilidade segundo critérios da literatura (os outros se classificam como de mediana erodibilidade). Destes em particular, os neossolos apresentaram a maior perda de solo por área superficial de terreno, indicando que as margens de reservatório da AID da UHE Belo Monte em que há a presença destes corpos geotécnicos em particular estarão sujeitas a acentuados processos erosivos (e o consequente assoreamento do reservatório) sem que nenhuma proteção natural (ou artificial) seja implementada. Esta proteção deverá ter a função de impedir que tais margens e/ou áreas desprotegidas fiquem livremente à mercê das intempéries naturais, como as chuvas de alta intensidade da região, ou à mercê das futuras particularidades do regime hidráulico do rio Xingu (canal de saída) e das margens dos reservatórios.

Conclui-se que a cobertura vegetal e/ou proteção superficial dos materiais ensaiados e solos existentes na AID da UHE Belo Monte é fundamental à sua boa preservação e desempenho durante a vida útil do Reservatório, fato este direta ou indiretamente já observado ao longo das fotos comentadas em Anexo. Este fato é claramente comprovado, uma vez que, os processos erosivos e de instabilidade de talude superficial estão sempre associados aos trechos em que há a presença de atividade pastoril, antrópica ou agrônômica. Exceções existem com poucos ou limitados trechos onde há o natural rolamento de blocos, fraturamento e deslocamento da rocha local, porém tais processos não se caracterizam como a principal preocupação de risco geotécnico da área em estudo. Atenção também deverá ser dada no caso de futuros assentamentos em áreas potencialmente colapsíveis, que venham eventualmente a ter um aumento do nível natural freático local.

10.3.2.2.2. INSPEÇÕES TRIMESTRAIS

As Inspeções Trimestrais foram iniciadas em maio/2012, tendo sido realizadas 3 inspeções durante o ano de 2012, respectivamente em maio, agosto e novembro. Durante o primeiro semestre de 2013, foram realizadas duas Inspeções Trimestrais, nos meses de fevereiro e maio. A documentação fotográfica dos pontos vistoriados em cada inspeção é apresentada no **Anexo 10.3 - 5** conforme descrição das áreas representativas. Neste anexo se encontram descritos sumariamente os pontos vistoriados, bem como o tipo de solo e coordenadas UTM.

Os resultados observados e analisados durante estas inspeções trimestrais de campo são devidamente caracterizadas no item 10.3.2.3. Acompanhamento e Interpretação

dos resultados das Investigações e subitem 10.3.2.3.1 Fenômenos Observados ao Longo dos Pontos Vistoriados, no qual são apresentados exemplos típicos da comparação de áreas em todas as Inspeções Trimestrais realizadas.

As observações de campo das inspeções trimestrais realizadas neste semestre mostram que os pontos monitorados, e a região em geral, não apresentaram mudanças significativas em relação às condições anteriores, isto é, em relação ao desenvolvimento de processos erosivos/inestabilizatórios.

Como esperado, no período de cheia do rio Xingu (**Figura 10.3 - 1**) os taludes/afloramentos de sua calha ficam praticamente todos submersos. Na região do futuro Reservatório Intermediário, os pontos que apresentam suscetibilidade ou risco a algum tipo de processo geotécnico são os locais com estradas/vias de acesso - como já amplamente enfatizado em relatórios anteriores.

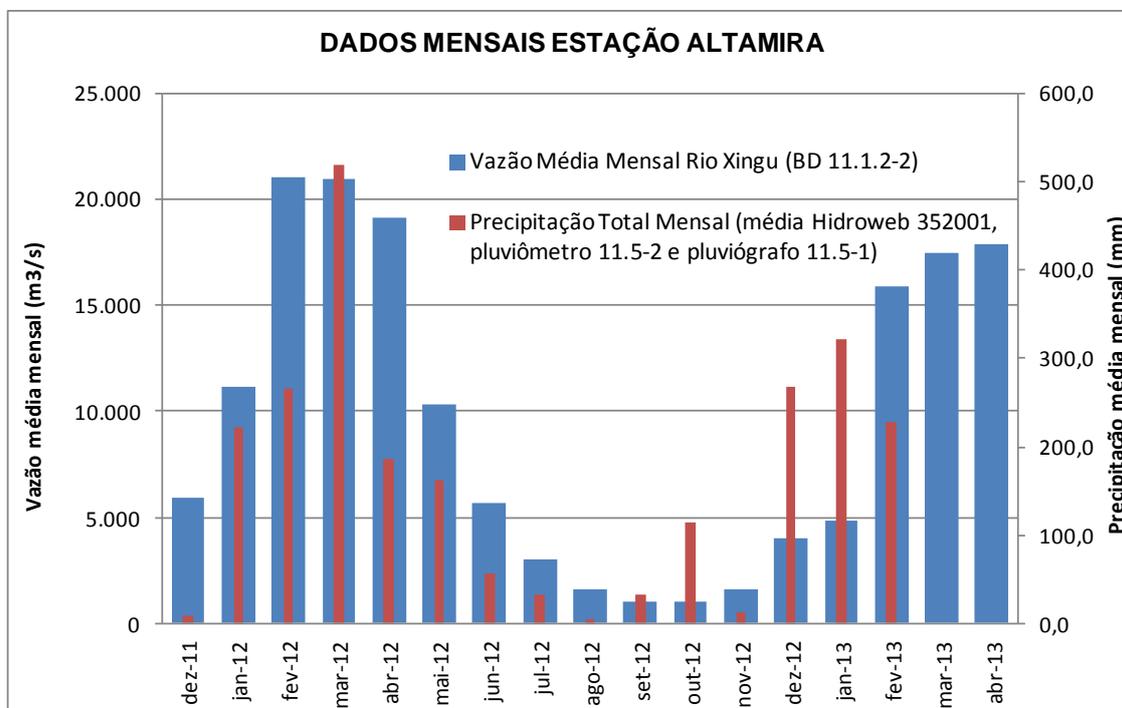


Figura 10.3 - 1 – Vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a abril de 2013.

10.3.2.2.3. INSTALAÇÃO DE MONITORES

Como mencionado no 3º Relatório Consolidado, durante a Inspeção Trimestral 3, foram instalados alguns monitores (vergalhões que funcionam como réguas, graduadas de 10 em 10 cm) que auxiliarão na observação e acompanhamento dos processos erosivos ativos durante todo o desenvolvimento do Programa de Monitoramento (**Figura 10.3 - 2 a 10.3 - 4**). Porém, durante as inspeções realizadas no período de cheia do Rio Xingu, identificou-se que todos os monitores, nesse período, ficam submersos devido a grande elevação da lamina d'água.

Ressalta-se mais uma vez, que esta atividade, cuja programação previa sua conclusão no quarto trimestre de 2012 conforme cronograma do PBA foi devidamente estendida ao longo de todo monitoramento previsto no programa, sendo uma atividade de suma importância para o pleno desenvolvimento do controle dos processos erosivos presentes e que futuramente possam aparecer na região em estudo.



Figura 10.3 - 2 – Ponto R10 (coordenadas UTM 391985/9624116), local de instalação de monitor vertical. a) Inspeção realizada em novembro/2012; b) Inspeção realizada em fevereiro/2013; c) Inspeção realizada em maio/2013.



a



b



c

Figura 10.3 - 3 – Ponto CS 22(coordenadas UTM 413523/9657292), local de instalação de monitor vertical. a) Inspeção realizada em novembro/2012; b) Inspeção realizada em fevereiro/2013; c) Inspeção realizada em maio/2013.



Figura 10.3 - 4 – Ponto AI 05 (coordenadas UTM 364251/9642629), local de retirada de amostra indeformada e de instalação de monitor vertical. a) Inspeção realizada em novembro/2012; b) Inspeção realizada em fevereiro/2013; c) Inspeção realizada em maio/2013.

10.3.2.2.4. LEVANTAMENTO GEOFÍSICO COMPLEMENTAR

Na área urbana de Altamira, visando à identificação do topo do nível d'água entre os poços de monitoramento instalados, foram realizadas seções de GPR - Radar de Penetração no Solo com o equipamento SIR-3000 (fabricado pela *Geophysical Survey Systems Inc.*), que consiste em um módulo de aquisição conectado a um par de antenas blindadas de 200 MHz. A metodologia utilizada é apresentada no **Anexo 10.3 - 2**.

A distribuição dos perfis na área foi feita em função da distribuição dos poços de monitoramento, com o objetivo de verificar o comportamento do nível d'água e correlacionar com maior detalhamento as interfaces geológicas entre os mesmos, possibilitando assim elaborar um modelo hidrogeológico mais preciso.

Foram coletados 23 perfis, totalizando 5.505,8 metros (cinco mil e quinhentos e cinco metros e oitenta centímetros) de aquisição de GPR (**Quadro 10.3 - 6**). Os perfis de GRP coletados, bem como suas seções interpretadas são apresentados no **Anexo 10.3 - 6**.

Quadro 10.3 - 6 – Identificação e comprimento das seções de GPR realizadas no município de Altamira/PA.

IDENTIFICAÇÃO	COMPRIMENTO (m)	IDENTIFICAÇÃO	COMPRIMENTO (m)
FILE_096	8.2	FILE_108	858.7
FILE_097	270.5	FILE_109	104.2
FILE_098	208.2	FILE_110	31.6
FILE_099	23.3	FILE_111	111.3
FILE_100	10.1	FILE_112	39.5
FILE_101	267.1	FILE_113	20.6
FILE_102	308.5	FILE_114	397.1
FILE_103	8.0	FILE_115	162.2
FILE_104	526.0	FILE_116	278.6
FILE_105	553.3	FILE_117	276.9
FILE_106	299.5	FILE_118	332.3
FILE_107	410.6	TOTAL	5505.8

Os dados de GPR 2D foram processados no software *ReflexW*, versão 5.5 (SANDMEIER, 2010), conforme metodologia apresentada no **Anexo 10.3 - 2**. A mesma rotina de processamento foi aplicada a todos os radargramas, com o intuito de comparação das amplitudes dos sinais. A **Figura 10.3 - 5** mostra o fluxograma metodológico do processamento de dados de GPR 2D aplicado neste trabalho.

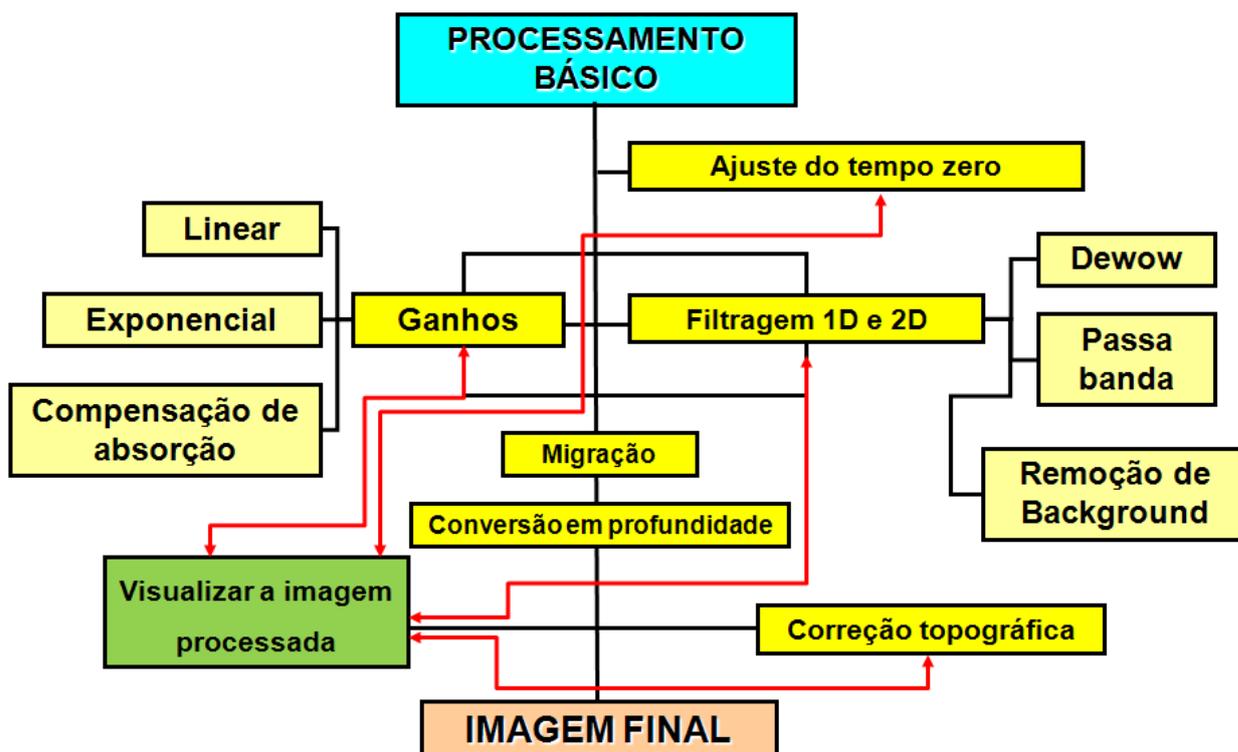


Figura 10.3 - 5 – Fluxograma com as principais etapas de processamento aplicadas aos dados de GPR 2D.

Os resultados de GPR 2D, obtidos na área possibilitam ao intérprete identificar e correlacionar os refletores com interfaces geotécnicas e geológicas presentes na área.

Ao longo da área mapeada foram verificados padrões distintos de reflexão nas seções de GPR, os quais podem ser relacionados a diferentes tipos de materiais.

Os refletores pontuais, caracterizados por reflexões hiperbólicas, podem ser relacionados, em sua maioria, a tubulações (redes de distribuição de água, de escoamento de água pluvial, de esgoto, etc.) presentes no meio. As feições relacionadas dutos, cabos ou galerias provocam deformações nos refletores próximos a hipérbole de difração (**Figura 10.3 - 6**).

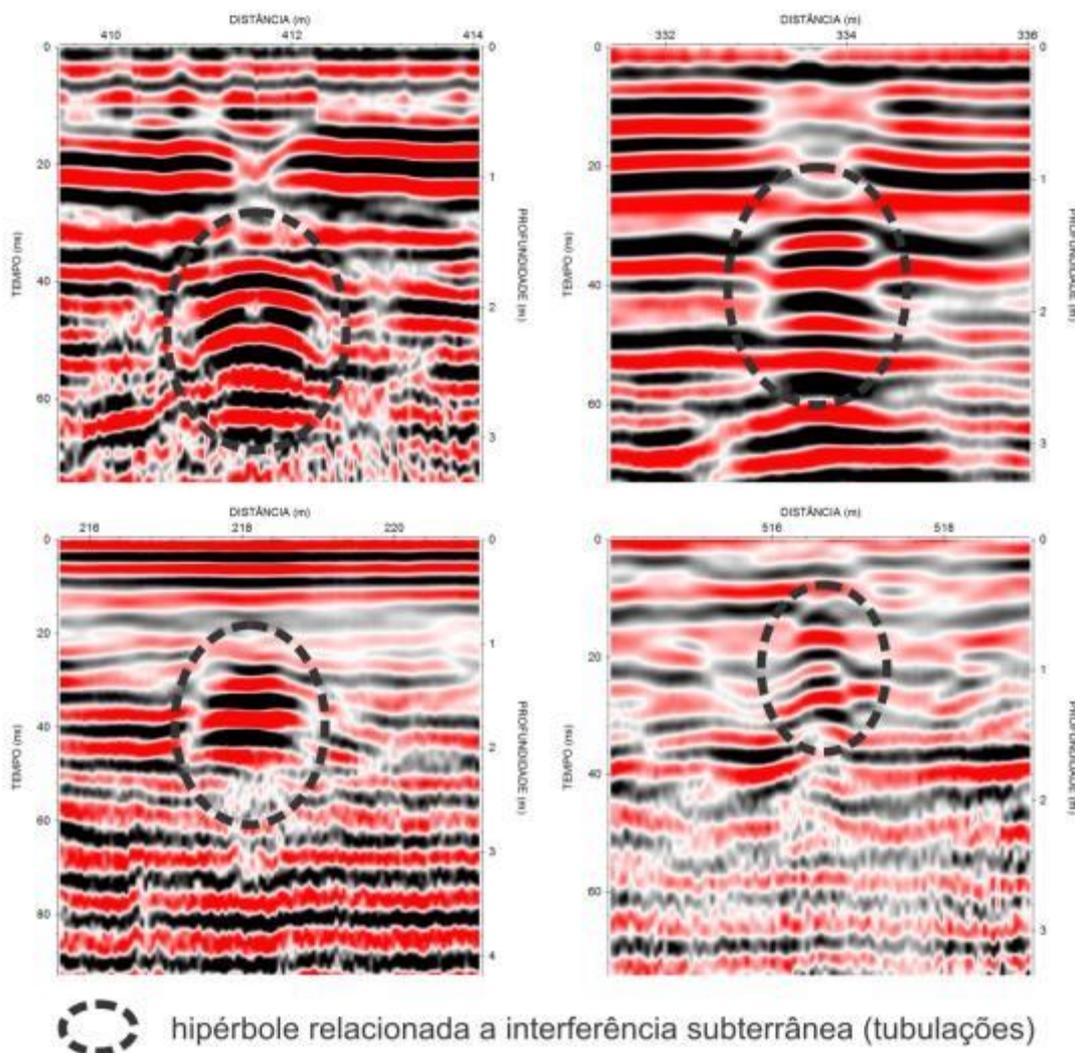


Figura 10.3 - 6 – Seções de GPR mostrando padrões hiperbólicos de reflexão (difrações) relacionados a tubulações presentes na área.

Os refletores contínuos representam as interfaces geológicas e/ou geotécnicas presentes no terreno local (aterros e pavimentos, **Figura 10.3 - 7**). Os refletores relacionados a interfaces geológicas são comumente contínuos podendo apresentar-se subhorizontais ou inclinados correlacionados a variações texturais e composicionais entre areias e argilas.

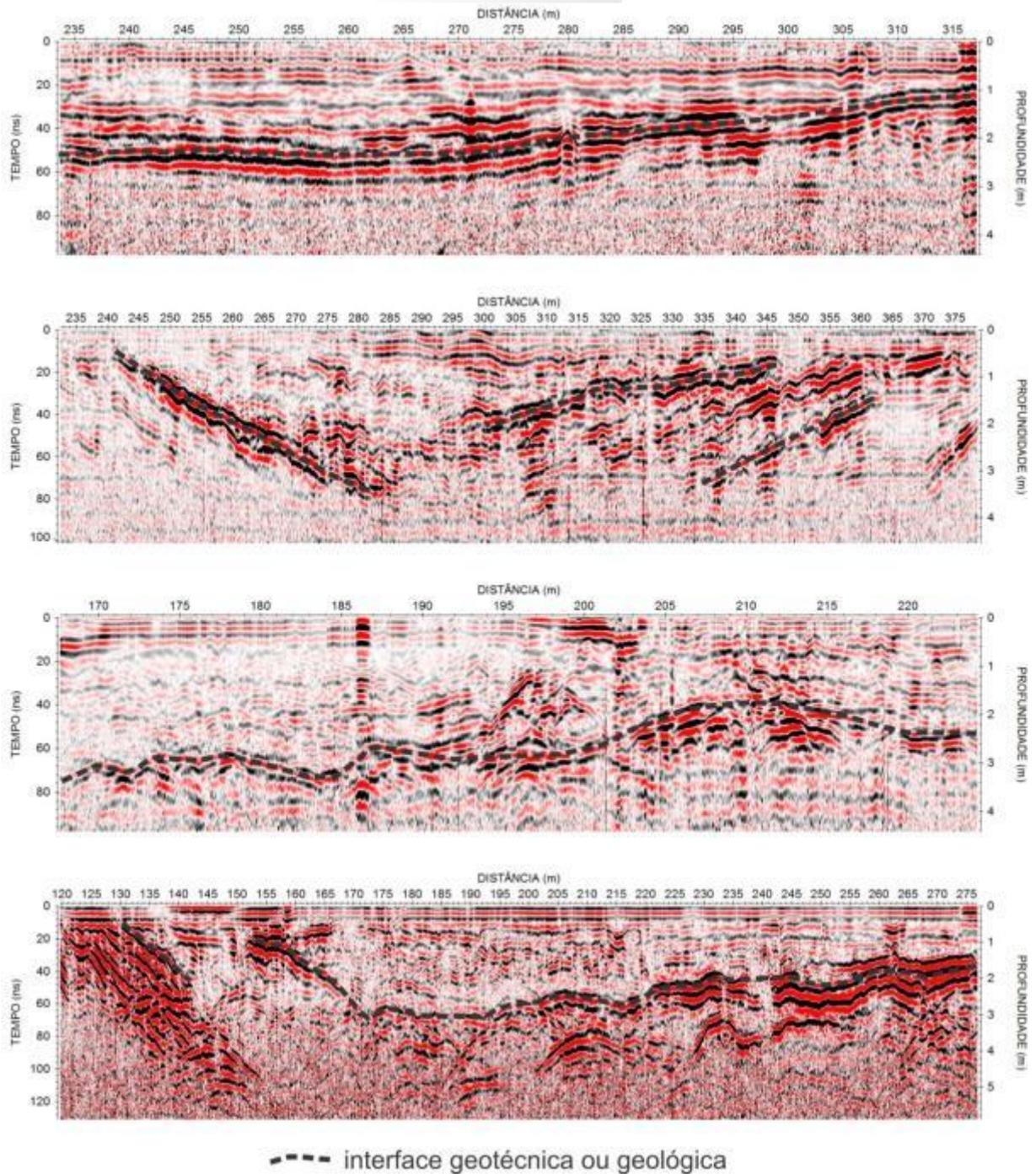


Figura 10.3 - 7 – Seções de GPR mostrando padrões de reflexão relacionados a interfaces geológicas e geotécnicas presentes na área.

A **Figura 10.3 - 8** apresenta exemplos de seção de GPR interpretada. Todos os perfis GPR adquiridos e interpretados ao longo da área encontram-se no **Anexo 10.3 - 8**.

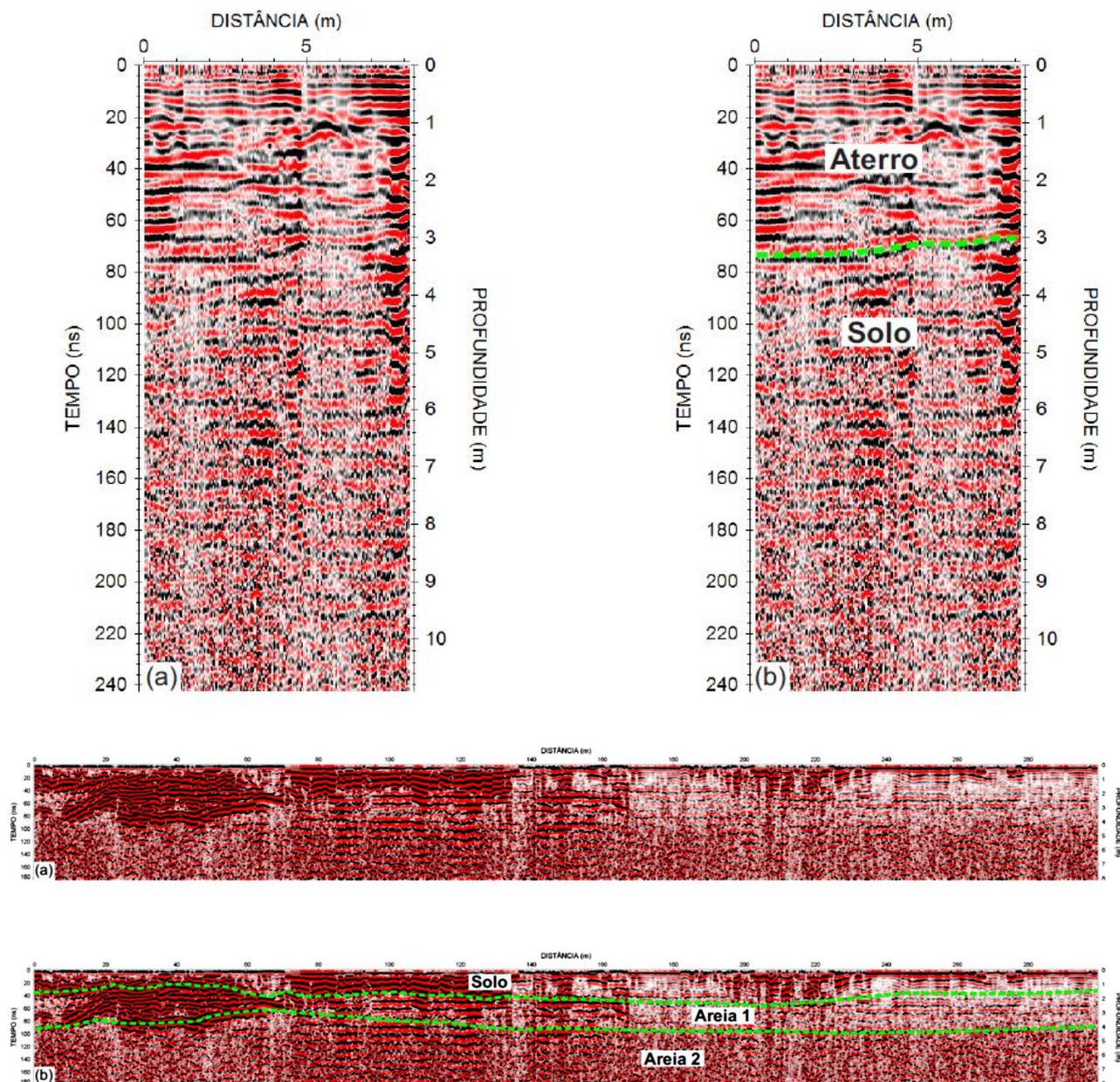


Figura 10.3 - 8 – Exemplos de seções de GPR, onde: (a) seção de GPR FILE, obtida durante o levantamento em campo; (b) seção interpretada.

Nas seções de GPR nota-se que o sinal eletromagnético foi atenuado em algumas regiões. Este efeito é causado pelo conteúdo de argila presente no aterro e nos solos na área de pesquisa. Deste modo, o sinal do GPR somente mostra as camadas até a profundidade máxima de 6 metros.

Em função da quantidade de argila o nível da água subterrânea desenvolve uma franja capilar, o que não provoca um contraste de constante dielétrica suficiente para provocar uma reflexão no sinal do GPR, portanto o topo do lençol freático não pôde ser mapeado a partir das seções de GPR.

Em maio de 2013, dando continuidade aos levantamentos de campo da geofísica complementar, iniciou-se a utilização do método da tomografia elétrica, cuja metodologia é apresentada no **Anexo 10.3 - 2**. Neste método induz-se uma corrente elétrica artificial no meio através de eletrodos metálicos e mede-se a diferença de potencial gerada em outros dois eletrodos fixados na superfície, deste modo obtêm-se a resistividade elétrica das camadas no meio. É o método geofísico com maior eficiência no mapeamento de interfaces geológico-geotécnicas em locais onde o método GPR perde energia com a alta condutividade elétrica dos sedimentos (WARD, 1990).

10.3.2.3. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

Os processos de risco observados na AID da UHE Belo Monte são considerados como associados a:

- (a) Aspectos relacionados (entre outros fatores) com a possibilidade de queda de blocos de pequenas e grandes dimensões junto às margens e encostas, acúmulo de blocos rochosos e cavidades naturais, predominantemente por suas características litológicas (tipos petrográficos) e estruturais (fraturas e falhas);
- (b) Erosão linear composta por sulcos ou ravinamento em regiões de erodibilidade elevada ou onde já existem processos instalados em pontos da encosta, em função de suas características pedológicas, da elevada declividade e das feições geotécnicas;
- (c) Degradação superficial do solo com ou sem um processo incipiente de erosão laminar instalada, de forma localizada ou generalizada, processos estes causados predominantemente por fenômenos antrópicos associados ao uso do solo como culturas de subsistência, pastagens, criação de animais, ancoradouros, áreas de passagem e transporte, etc.

10.3.2.3.1. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS

Enfatiza-se que não foram observadas modificações significativas no desenvolvimento de processos instabilizatórios para os locais inspecionados, isto é, a comparação da situação avaliada nas inspeções realizadas em 2012, com as observações do quadro atual, não indicaram recrudescimento dos processos observados.

No **Quadro 10.3 - 7** são apresentados exemplos “típicos”, onde se pode notar que há uma perceptível noção da redução do nível do rio Xingu na época de seca (agosto a novembro). Esta redução de nível é mais perceptível nos pontos monitorados ao longo do Reservatório do que nos localizados no Canal de Fuga.

A análise comparativa da documentação fotográfica, bem como das observações realizadas durante as inspeções, mostra que:

- Ocorreram mudanças na cobertura vegetal para maioria dos pontos comparados, sem uma tendência nítida. Em vários destes locais há o perceptível aumento da cobertura vegetal, enquanto que em outros, a vegetação parece ter sido (naturalmente) reduzida pela diminuição da intensidade de chuvas;
- Não ocorreram mudanças significativas nos aspectos e fenômenos geotécnicos diretamente relacionados ao risco geotécnico, seja este de erosão, de deslizamento ou de queda e rolamento de blocos/lascas rochosas;
- Ocorreram mudanças perceptíveis nos taludes lindeiros ao rio Xingu pelo aparecimento de praias, ou de zonas de deposição de depósitos aluvionares ou de taludes localizados. Todas estas mudanças estão diretamente relacionadas ao regime de vazante do nível atual deste rio, e tenderão a desaparecer quando o período climático da Amazônia voltar à época de chuvas (ou quando o reservatório da UHE Belo Monte vier a ser instalado de forma definitiva).

São apresentadas no **Quadro 10.3 - 7**, além dos comentários, as comparações visuais diretas (ou “típicas”) dos pontos vistoriados durante as várias inspeções de encostas realizadas desde o início dos trabalhos de monitoramento.

Quadro 10.3 - 7 – Exemplos típicos da comparação da situação anterior e atual

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p style="text-align: center;">Exemplo 1.</p> <p>R 03 (maio/2012): nesta região nota-se a presença de um depósito de tálus com possível risco de quedas de blocos rochosos, em região pouco vegetada (desmatamento por efeito antrópico) em encosta de declividade média de 20°. Notam-se ainda pontos de início de erosão linear por sulcos, dado por concentração de escoamento de água na base da encosta e efeito antrópico e animal.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p>Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012): observa-se que houve apenas a mudança da vegetação e o aparecimento de uma “praia” de blocos rochosos pelo rebaixamento do nível do rio. O risco geotécnico permanece o mesmo neste ponto e, como em todos os outros casos semelhantes avaliados.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012): o risco geotécnico permanece o mesmo, como em todos os outros casos semelhantes aqui avaliados.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013): maior densidade de gramíneas. Devido ao nível mais elevado do rio Xingu as rochas não estavam aflorando na base.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 5 (maio/2013): área estável pode-se notar o início do rebaixamento do nível do rio.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p style="text-align: center;">Exemplo 2.</p> <p>CS 10 (maio/2012): margem degradada por ação antrópica e natural, face à presença abundante de drenagem no local. Em alguns pontos, nota-se uma leve erosão laminar associada a ação antrópica, fluvial e pluvial, todas interconectadas. Estende-se por pontos do talude de margem do canal em alturas inferiores a 2,0 m. Nota-se também, na saída do igarapé, a presença de erosão do tipo linear em sulco e canaletas de saída de água, em trechos com inclinação superior a 45° e altura próxima dos 3 m, em extensão de 30 m ao longo da margem do canal.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012): igualmente ao caso do exemplo anterior, é perceptível o aumento da praia em função da vazante do rio. Há uma leve modificação da cobertura vegetal. Novamente não há mudanças no risco geotécnico já definido anteriormente para este ponto.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012): novamente não há mudanças no risco geotécnico já definido anteriormente para este ponto.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013): só foi observada redução da zona de praia devido ao aumento do nível do rio.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p>Inspeção Trimestral 5 (maio/2013): área sem alterações perceptíveis em relação às vistorias anteriores.</p>	
<p style="text-align: center;">Exemplo 3.</p> <p>CS 20 (maio/2012): região degradada pela existência de uma estrada e um embarcadouro de gado junto à margem. Região extensivamente desmatada e sujeita a ação antrópica. Nota-se a presença de uma estrada com talude lateral vertical de cerca de 2 metros de altura máxima, onde há uma leve erosão linear pela presença de sulcos ou canaletas de concentração de água.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012): neste local, ao contrário dos outros exemplos, houve um aparente aumento da densidade da cobertura vegetal (tornando menos visível a estrada lateral). A zona de praia junto ao rio Xingu aumentou, pelos motivos já citados, e o risco geotécnico continua idêntico ao já definido anteriormente.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012): não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p>Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013): foi observada redução da zona de praia devido ao aumento do nível do rio.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 5 (maio/2013): área aparentemente estável e sem grandes mudanças em relação às situações anteriores. Notar uma pequena modificação da densidade arbustiva ao lado direito da foto.</p>	
<p style="text-align: center;">Exemplo 4.</p> <p>ENC 50 (maio/2012): encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície, com possível processo de risco geotécnico associado ao rolamento de matacões.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012): há a perceptível mudança na cobertura vegetal nos casos comparados, sem haver, no entanto, qualquer mudança de origem geotécnica, ou seja, ao aparecimento de processos relacionados à erosão, ao rolamento de blocos no talude.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p>Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012): não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013): observa-se apenas maior densidade de gramíneas e crescimento de arbustos, provavelmente devido à retirada do gado.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 5 (maio/2013): área sem alterações.</p>	
<p style="text-align: center;">Exempo 5.</p> <p>ENC 52 (maio/2012): encosta vegetada (pasto) com matações residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície, com mínimo risco geotécnico associado ao rolamento de matações.</p>	

DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
<p>Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012): nota-se na situação atual que há um pequeno aumento da cobertura vegetal que dá aparente “minimização” da situação de risco geotécnico, simplesmente pelo fato desta encobrir e “mascarar” os blocos rochosos na encosta.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012): não foi observada alteração de origem geotécnica, ou seja, ao aparecimento de processos relacionados à erosão, ao rolamento de blocos no talude. Uma pequena redução da pastagem em pontos (lineares) localizados no talude se dá pela ação pastoril (passagem de gado), sem, no entanto, se configurar na mudança do potencial de risco geotécnico global da região.</p>	
<p>Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013): é nítido o adensamento de gramíneas em toda a região (provavelmente devido a retirada do gado).</p>	
<p>Inspeção Trimestral 5 (maio/2013): área sem alterações.</p>	

10.3.2.4. ESTUDO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS MARGINAIS

As inspeções trimestrais realizadas nas encostas marginais e áreas adjacentes ao Reservatório Xingu, Reservatório Intermediário, vias de acesso e trecho de jusante da Casa de Força Principal, mostram que a região ainda apresenta elevada integridade ambiental com relação a processos erosivos e instabilizatórios.

Conforme observado no 3º Relatório Consolidado, reitera-se que mesmo os processos erosivos lineares, observados em pontos isolados, são considerados incipientes e com desenvolvimento lento. Nos casos em que foram observados taludes do rio Xingu com processo de desbarrancamentos isolados, estes são locais pouco importantes e, na sua maioria, contidos. Tais processos são comumente vinculados a algum tipo de uso da margem próxima à lâmina d'água, como rampas de acesso de barcos e pessoas, pontos para bebedouro de gado, e pequenas roças e quintais de residências da população ribeirinha, entre outros. Na ampla maioria dos pontos em que foram observados problemas locais e incipientes de erodibilidade e/ou deslizamento planar (desbarrancamento) de solo, não há necessidade de implementar nenhuma medida de controle, mas apenas manter o monitoramento e ampliar a instalação de marcos superficiais para se quantificar a eventual perda de solo superficial nos casos considerados mais graves.

Para este semestre foram aprofundados os estudos em relação ao ponto CS22 que se caracteriza por um trecho de cerca de 800 metros de extensão na margem direita do rio Xingu, imediatamente a frente do Canal de Fuga de Belo Monte, no qual foi detectado preliminarmente que haveria necessidade de implantação de medidas mitigadoras para contenção de possíveis processos instabilizatórios (erosivos) gerados, futuramente, pela ação de ondas oriundas da restituição da água, após passagem pela Casa de Força Principal de Belo Monte.

Neste sentido, foi realizada junto ao setor de engenharia da obra uma integração e avaliação conjunta de dados técnicos do empreendimento relacionados à hidrodinâmica do projeto (lay-out das estruturas, ausência de Vertedouro, velocidade de escoamento das águas restituídas em relação às águas do curso natural do rio Xingu, entre outros) associados com as características geológico-geotécnicas da referida região, com a finalidade de se obter um entendimento técnico mais aprofundado da real possibilidade ou não de aparecimento de impactos caracterizados por processos erosivos instabilizatórios no referido talude da margem direita do rio Xingu.

O arranjo das estruturas localizadas no Sítio Belo Monte compreende o Circuito de Geração propriamente dito, formado pela Tomada d'Água; Conduitos Forçados; Casa de Força, Canal de Fuga, e por duas Barragens Laterais de Fechamento, de terra e enrocamento. Ademais, destaca-se que neste sítio não há Vertedouro, sendo que o vertimento das vazões excedentes ocorre no Sítio Pimental, para o TVR. Esta característica peculiar de ausência de Vertedouro no sítio Belo Monte indica que as velocidades de escoamento das águas restituídas no Canal de Fuga são muito menos

efetivas em relação à possibilidade de geração de ondas que possam causar processos erosivos nas margens do rio Xingu situadas à jusante do empreendimento (velocidades de escoamento são muito menores sem a presença de Vertedouro).

A restituição ao rio Xingu das águas turbinadas é feita por um Canal de Fuga, escavado em solo e rocha, com cerca de 2.350 metros de comprimento, incluindo a escavação que adentra a calha do rio. Imediatamente após o tubo de sucção, o canal encontra-se na El.-26,30 metros, prolongando-se por uma extensão de 18 metros, até a base de uma rampa, cuja extensão em planta é de 100 metros, com topo na El.-9,00 metros. Nesta elevação tem-se um trecho em curva, com aproximadamente 300 metros de extensão, a partir do qual se segue em rampa, por uma extensão de 360 metros, em planta, até se atingir a El. -5.00 metros, que é mantida até o final do canal. Além disso, verifica-se que esta curva do canal direciona as águas restituídas para longe do ponto CS22 e não diretamente a ele, conforme idealizado anteriormente.

O canal é dividido por um septo com 50 metros de largura, sendo 265 metros a largura do canal esquerdo e 305 metros a largura do canal direito. O comprimento do septo é de, aproximadamente 600 metros. Após o septo, o canal prossegue com uma largura de fundo igual a 620 m até encontrar o leito do rio Xingu.

Já para avaliação das condições de escoamento no Canal de Fuga do Sítio Belo Monte foram realizados estudos, simulando 17 casos possíveis de operação da usina. Os testes realizados em modelo abrangeram todas as condições possíveis para a operação conjunta de Belo Monte e com as vazões no rio Xingu. O **Quadro 10.3 - 8** a seguir apresenta as situações avaliadas.

Quadro 10.3 - 8 – Estudos do escoamento das águas no Canal de Fuga – 17 testes de operação da Casa de Força

Teste	Vazão Canal (m³/s)	Vazão rio Xingu (m³/s)	Vazão total (m³/s)	N.A. Xingu Jus (El. m)
1	13.950	2.700	16.650	5,38
2	13.950	2.700	16.650	5,84
3	6.200	1.700	7.900	3,29
4	600	775	1.375	2,13
5	3.100	1.000	4.100	3,44
6	600	775	1.375	2,13
7	3.100	1.000	4.100	3,44
8	600	445	1.375	2,13
9	3.875	1.350	5.225	3,63
10	3.100	1.200	4.300	3,48
11	1.550	1.010	2.560	2,28
12	1.550	1.010	2.560	2,28
13	3.100	1.000	4.100	3,44
14	10.850	2.450	13.300	5,18
15	13.950	9.515	23.495	6,73
16	13.950	29.130	43.080	9,37
17	13.950	52.390	66.340	11,75

Devido à peculiaridade da calha natural do rio Xingu, neste trecho do rio, com a ocorrência de um canal muito profundo, mais próximo e colado à margem direita, detectado pelos levantamentos topobatimétricos realizados na região verificou-se, em todos os testes realizados, que o escoamento do Canal de Fuga não interfere no fluxo natural do rio, com as linhas de fluxo alinhando-se ao talvegue natural, tão logo saem da área confinada pelas escavações.

De maneira geral, conforme verificado nos testes de 1 a 15, o escoamento no rio Xingu também não interfere no fluxo do canal. Apenas para condições extremas, casos 16 e 17, observou-se ligeira interferência do rio sobre o fluxo à saída do Canal de Fuga.

Em função disso, o setor de engenharia da obra concluiu que os resultados dos estudos de engenharia mostraram que o escoamento do Canal de Fuga, para quaisquer condições de operação, não tem potência suficiente para interferir nas linhas de fluxo na calha natural, que são controladas pela morfologia local, caracterizada pela presença marcante de um profundo canal junto à margem direita do rio. Portanto, os estudos de engenharia mostraram que o despacho da usina de Belo Monte não interfere com as condições naturais do rio, junto à margem direita, não se justificando quaisquer intervenções ou implantação de estruturas de proteção.

A **Figura 10.3 - 9** apresenta um mapa esquemático caracterizando todas as características descritas acima, destacando-se o lay-out das estruturas do empreendimento, o levantamento topobatimétrico da região estudada (linhas azuis correspondem às cotas mais baixas no leito do rio Xingu, sendo que as linhas vermelhas e laranjas as cotas mais elevadas respectivamente) e os pontos de monitoramento deste PBA para melhor visualização dos aspectos técnicos aqui dissertados.

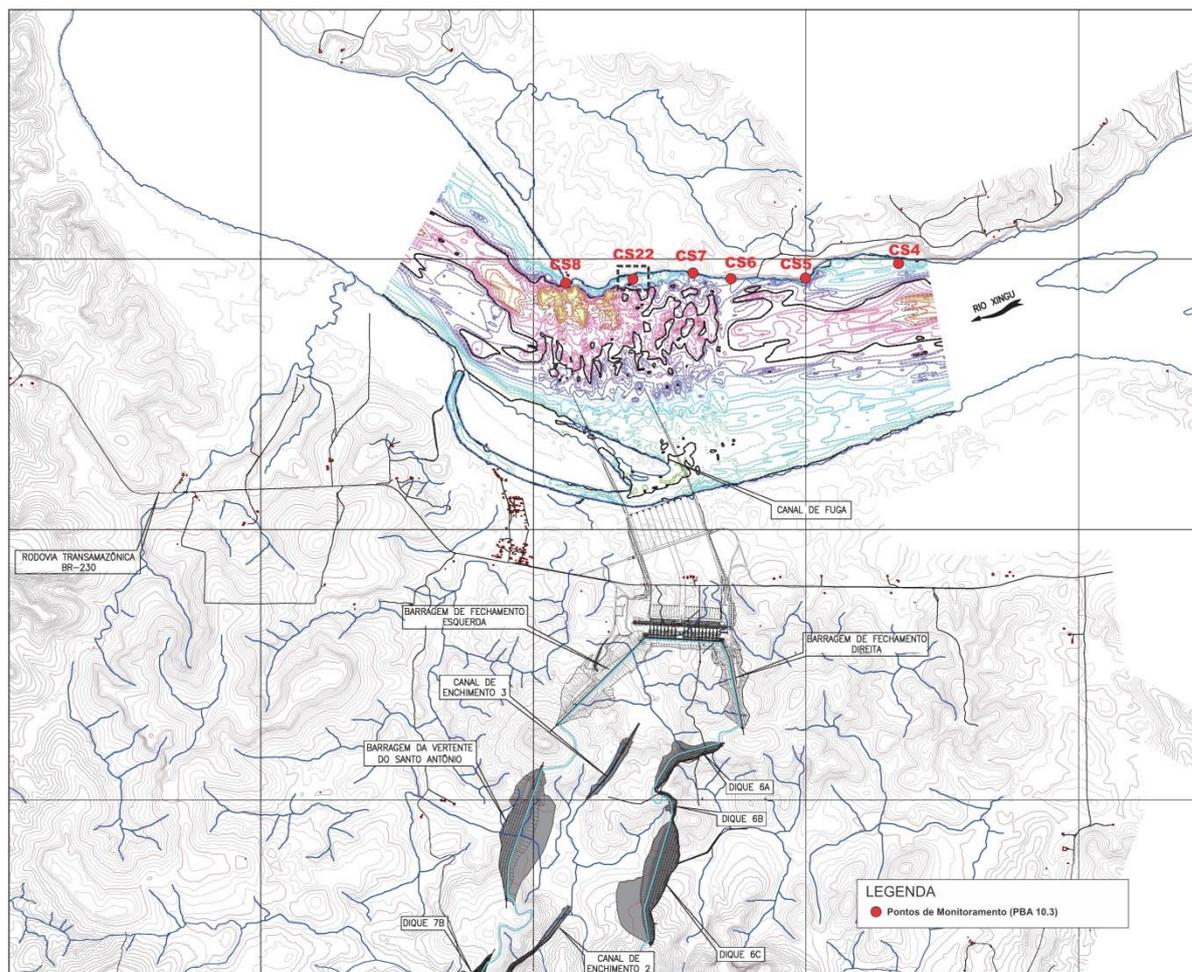


Figura 10.3 - 9 – Mapa esquemático da região do sítio Belo Monte em função do ponto CS22. Destaca-se a topobatimetria realizada no leito do rio Xingu, onde as linhas azul e verde indicam cotas mais baixas, sendo as vermelhas e laranjas mais elevadas respectivamente.

Adicionalmente, informa-se que as inspeções realizadas no primeiro semestre de 2013 identificaram que o talude que caracteriza o ponto CS22 fica totalmente submerso na época de cheia (maio/2013), o que indica que o mesmo está sujeito as flutuações naturais do nível d'água do rio Xingu nos períodos de cheia e estiagem da região. Esta situação deve ser melhor avaliada com a continuidade do monitoramento para verificar se às condições de estabilidade do referido talude marginal encontram-se em equilíbrio frente às condições naturais atuantes já existentes. A **Figura 10.3 - 10** ilustra o ponto CS22 na época de cheia durante a quinta inspeção trimestral.

Vistoria – fevereiro/2013



Vistoria – maio/2013



Figura 10.3 - 10 – Ilustrações da região em frente ao Canal de Fuga, durante as inspeções realizadas no primeiro semestre de 2013.

Em face do aprofundamento dos estudos geológico-geotécnicos da região do ponto CS22, com a inserção e avaliação dos dados e resultados do projeto de engenharia do empreendimento, foi estabelecido que a execução imediata das medidas mitigadoras propostas no 3º Relatório Consolidado deve ser revista e postergada, sendo que a real necessidade de sua implementação só deverá ser estabelecida, caso o monitoramento do referido talude, já implantado através do marco de monitoramento 2, indique futuramente o efetivo aparecimento de processos erosivos nesta região causados pelo empreendimento. Portanto, a continuidade do monitoramento desta encosta antes e após o início de funcionamento da referida usina será vital para o estabelecimento ou não das referidas intervenções civis.

Outro ponto importante observado na última inspeção trimestral, refere-se a uma área, próxima ao ponto monitorado ENC44. Trata-se de uma estrada antiga, próximo ao canteiro Bela Vista (coordenadas UTM 416825 / 9637308) que apresenta muitos sulcos erosivos ativos, tanto no leito da estrada, quanto no talude em direção à pequena lagoa. Verifica-se que esta área é muito suscetível a fenômenos instabilizatórios de erodibilidade, em região recoberta por Nitossolo Háplico eutrófico.

Por se tratar de um local que ficará dentro da área alagada do Reservatório Intermediário, deve-se continuar o monitoramento para acompanhar se os processos no local se estabilizarão ou continuarão ativos, e caso seja identificada criticidade no

avanço do desenvolvimento desses processos erosivos, para as áreas que ficarão as margens do reservatório ou fora da área alagada, futuramente serão propostas medidas corretivas / mitigadoras.

A **Figura 10.3 - 11** ilustra os aspectos geológico-geotécnicos que foram detalhadamente caracterizados acima neste ponto específico.



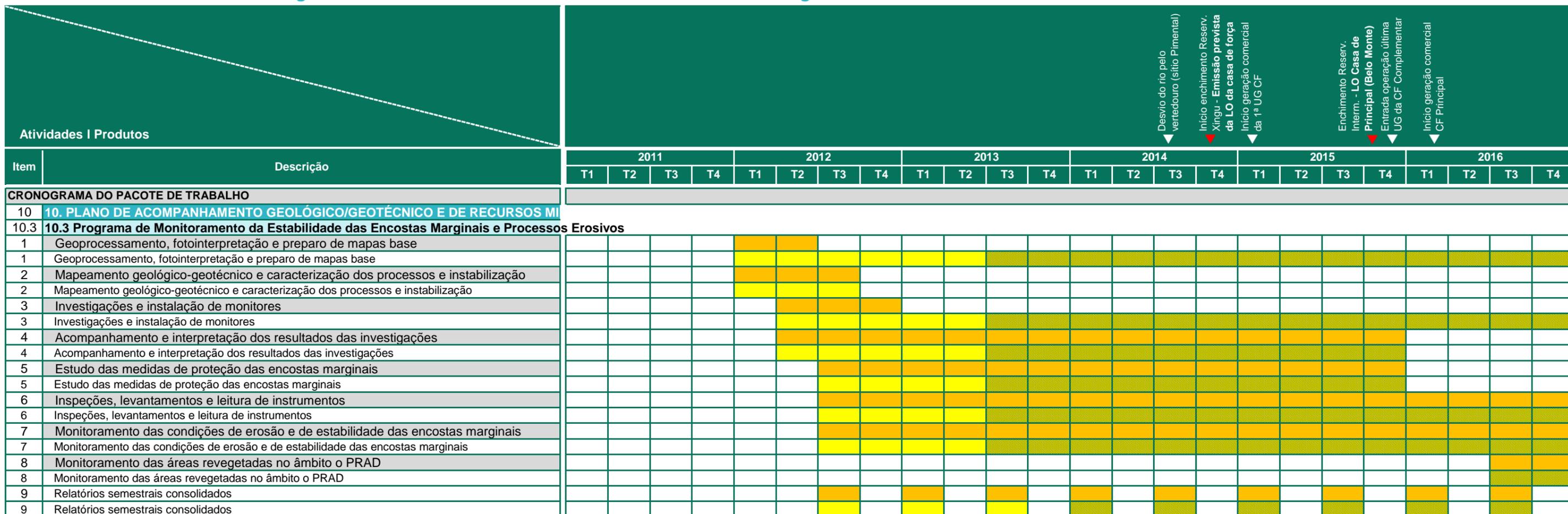
Figura 10.3 - 11 – Ilustrações da região próxima ao Canteiro Bela Vista, com processos erosivos ativos. A região deve ser tratada preventivamente à erosão por efeito de ondas. Coordenadas 416.825 / 9.637.308.

10.3.2.5. CRONOGRAMA GRÁFICO

O cronograma gráfico inserido neste relatório, ilustra o desenvolvimento das atividades que estão sendo executadas no âmbito deste programa, tendo sido aprovado junto ao IBAMA em março de 2012. Os espaços preenchidos pela cor laranja representam o que foi estabelecido e proposto; e as linhas preenchidas em amarelo, o que já foi executado. Além disto, os espaços amarelos hachurados são atividades previstas e ainda não executadas até o final do programa. O cronograma tem sido mantido de forma normal e contínua sem qualquer tipo de necessidade de adequação ou alteração.

Destaca-se que neste cronograma já é estabelecido o prolongamento das atividades de “*Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base*” e “*Investigações e Instalação de Monitores*” até o quarto trimestre de 2019 como atividades contínuas a serem desenvolvidas em integração com os levantamentos e monitoramentos de campo trimestrais que são e serão realizadas até este período (T4 2019).

PACOTE DE TRABALHO: 10.3 Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos



LEGENDA Linha de Base - Aprovação do IBAMA Realizado Previsto até fim do produto

10.3.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

Informa-se que pelo Ofício 02001.009681/2013-10 DILIC/IBAMA, datado de 17/07/13, o IBAMA solicitou a implantação do sistema de proteção de talude, no trecho de cerca de 800 metros de extensão da margem direita do rio Xingu, imediatamente a frente do Canal de Restituição de vazão da Casa de Força Principal da UHE Belo Monte. Adicionalmente, foi solicitado que as alterações da metodologia proposta no programa devem ser tecnicamente justificadas pelo empreendedor e submetidas ao IBAMA para avaliação.

Em relação a implantação da obra de contenção proposta, informa-se que os subsídios técnicos que foram incorporados ao estudo de monitoramento da referida região neste primeiro semestre indicaram que a implantação imediata das referidas medidas de proteção ainda é prematura e precisam ser melhor consolidadas, requerendo um aprofundamento no monitoramento do referido ponto antes e depois do início de operação do sitio Belo Monte para verificação do verdadeiro potencial de erodibilidade do talude em questão. Os aspectos técnicos, que foram devidamente caracterizados nos itens anteriores deste relatório, demonstram que a possibilidade do surgimento de processos erosivos frente à possível geração de ondas pelas águas restituídas ao rio Xingu são minimizadas ou anuladas pelas características técnicas do empreendimento e também pela condição morfológica natural do leito do rio Xingu. Portanto, enfatiza-se mais uma vez, que é fundamental que o monitoramento desta região seja mantido e que sua continuidade dará embasamento técnico suficiente para que a proposição técnica mais adequada seja definida para ser implementada ou não futuramente.

Por fim, em relação às alterações propostas na metodologia implantada no programa que foi apresentada no 3º Relatório Consolidado, que na verdade representaria uma adaptação na mesma, foi definido internamente pela manutenção e continuidade dos procedimentos que já estão sendo adotados para os pontos monitorados, não havendo, portanto, necessidade de apresentação de justificativas técnicas.

Por fim, reitera-se que no 3º Relatório Consolidado foi mencionada a importância do prolongamento, no cronograma, do prazo de execução das atividades de geoprocessamento, caracterizados pela confecção de mapas, bem como da atividade de instalação de monitores tendo em vista a dinâmica para o desenvolvimento de tais atividades. Considerando que o Ofício 02001.009681/2013-10 DILIC/IBAMA menciona no item 2.9.3, que a atividade de geoprocessamento será desenvolvida continuamente ao longo da execução do programa, tal atividade foi prolongada no cronograma.

Ressalta-se apenas que a atividade de instalação de monitores também deve ser desenvolvida continuamente durante toda a execução do programa, tendo em vista que pode surgir a necessidade de instalação de monitores em novos locais. Destaca-se que esta proposição já está sendo executada e desenvolvida normalmente pela equipe técnica responsável pela implantação do programa, sendo que o cronograma anexado a este 4º Relatório Consolidado já estabelece esta nova periodicidade para esta atividade frente às necessidades inerentes ao programa. Estabeleceu-se que

estas atividades de geoprocessamento e instalação de monitores serão executadas até o quarto trimestre de 2019 por estarem integradas com as inspeções e monitoramentos de campo que serão realizadas até o final deste período.

A vigilância da integridade ambiental referente aos processos instabilizatórios (erosão laminar e linear, deslizamentos, queda de taludes, etc.) deve ser mantida de forma permanente pelas equipes responsáveis pelos PBAs referentes ao meio físico. Os resultados desta observação não apenas pontual, mas de forma ampla em toda a AID deverá dar subsídios para discriminar futuros processos erosivos desenvolvidos pelas obras e pela operação dos reservatórios, sendo que o ponto CS22 é um exemplo padrão para este modelo de monitoramento que está sendo estabelecido. Destaca-se que o referido PBA tem se desenvolvido conforme as premissas estabelecidas em suas metas e objetivos.

10.3.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos	Geólogo, Dr.	Coordenador Geral	7896/D CREA/DF	264969
Prof. Dr. Renato Pinto da Cunha	Engenheiro Civil, Dr.	Coordenador Geotecnia	861017995/D CREA/RJ	-
Leonardo de Melo Santos	Geólogo	Diretor Executivo; responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	12544/D CREA/DF	1698978
Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori	Geóloga, M. Sc	Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	10699/D CREA/DF	293922
Thaís Becker	Geóloga	Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas.	18421/D CREA/DF	512496
Luciano Soares da Cunha	Geólogo, Dr.	Geólogo responsável pelos levantamentos e interpretação de dados geofísicos	14047/D CREA/DF	
Welitom Rodrigues Borges	Geólogo, Dr.	Geólogo responsável pelos levantamentos e interpretação de dados geofísicos		
Veldson de Souza Pinto		Auxiliar de campo		

10.3.5. ANEXOS

Anexo 10.3 - 1 – Referências Bibliográficas

Anexo 10.3 - 2 – Metodologias Aplicadas

Anexo 10.3 - 3 – Resultados Laboratoriais da Classificação Geotécnica

Anexo 10.3 - 4 – Mapa Geológico-Geotécnico, atualizado, da AID da UHE Belo Monte

Anexo 10.3 - 5 – Registro Fotográfico dos Pontos de Monitoramento

Anexo 10.3 - 6 – Perfis de GPR