


FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS

ENGEVIX

AHE SIMPLÍCIO



EIA
ESTUDO DE IMPACTO
AMBIENTAL

VOLUME II - Capítulo IV

MAIO/2004

**FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A
AHE SIMPLÍCIO QUEDA ÚNICA
MEIO AMBIENTE
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

CAPÍTULO IV

8794/00-6B-RL-0001-0

7 DE MAIO DE 2004

ELABO.: TLCC/FAR/CGM	VERIF.: JBCF	APROV.: SDN	FINAL.
-------------------------	-----------------	----------------	--------

ÍNDICE	PÁG.
1 - CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	5
1.1 - Circulação Atmosférica Regional	5
1.2 - Descrição Geral dos Índices Climáticos	6
2 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E RECURSOS MINERAIS	9
2.1 - Geologia Regional	9
2.1.1 - Considerações Gerais	9
2.1.2 - Unidades Litoestratigráficas	10
2.1.3 - Aspectos Estruturais.....	12
2.1.4 - Aspectos Geológicos da Área de Influência Direta	13
2.1.5 - Condições Geológicas e Geotécnicas na Área do Empreendimento	15
2.2 - Caracterização Geomorfológica	20
2.2.1 - Considerações Gerais	20
2.2.2 - Unidades Geomorfológicas	21
2.2.3 - Geomorfologia da Área de Influência Direta.....	22
2.3 - Caracterização Geotectônica	24
2.4 - Recursos Minerais	30
2.5 - Estabilidade e Erosão das Encostas	32
3 - SOLOS.....	33
3.1 - Considerações Gerais.....	33
3.2 - Metodologia	34
3.2.1 - Trabalhos Preliminares de Escritório.....	34
3.2.2 - Trabalhos de Campo	34
3.2.3 - Trabalhos Finais de Escritório.....	35
3.2.4 - Trabalhos de Laboratório	35
3.2.5 - Critérios para Classificação dos Solos	35

3.2.6 - Aptidão Agrícola das Terras	35
3.2.7 - Condições Agrícolas das Terras	36
3.2.8 - Níveis de Manejo Considerados.....	36
3.2.9 - Descrição dos Grandes Grupos de Solos	38
3.2.10 - Avaliação das Classes de Aptidão Agrícola e Erodibilidade.....	44
3.2.11 - Solos, Aptidão Agrícola das Terras e Erodibilidade.....	48
4 - RECURSOS HÍDRICOS.....	50
4.1 - Hidrologia Superficial e Estudos do Regime Fluvial.....	50
4.1.1 - Definição das Relações Cota x Descarga	50
4.1.2 - Série de Vazões Médias Mensais	52
4.1.3 - Curvas Características	60
4.1.4 - Regularização de Descargas	61
4.1.5 - Estudos de Vazões Extremas	61
4.1.6 - Determinação da Enchente Máxima Provável (EMP).....	66
4.1.7 - Estudos de Reservatório	69
4.1.8 - Estudos Hidrológicos/Hidráulicos no Estirão Fluvial entre a Barragem de Anta e a Casa de Força de Simplício.....	82
4.2 - Hidrogeologia	97
4.2.1 - Introdução	97
4.2.2 - Águas Rasas	97
4.2.3 - Águas Subterrâneas.....	98
5 - USOS DA ÁGUA	99
6 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	101
6.1 - Considerações Gerais.....	101
6.2 - Análise dos Dados Pretéritos Sobre a Qualidade da Água	104
6.2.1 - Dados das Campanhas da Agência Nacional de Águas - ANA.....	104
6.2.2 - Dados da Campanhas da Engevix Engenharia S/A (1990).....	106

6.2.3 - Dados das Campanhas da Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente).....	107
6.2.4 - dados da Campanha da Feema - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Dados de 1990 - 2000).....	107
6.2.5 - Dados das Campanhas de Atualização da Engevix Engenharia S/A (2001).....	109
6.3 - Análise dos Dados Atuais sobre a Qualidade da Água	111
6.3.1 - Programa Amostral.....	111
6.3.2 - Resultados	114
6.3.3 - Índice de Qualidade de Água (IQA).....	121
6.3.4 - Parâmetros de Qualidade da Água	122
6.4 - Considerações Finais	140
6.4.1 - Conclusões.....	141
7 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	142

CAPÍTULO IV - DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

1 - CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

1.1 - Circulação Atmosférica Regional

A bacia do rio Paraíba do Sul recebe influência das perturbações extratropicais e dos sistemas tropicais. As perturbações extratropicais que atingem a região são representadas principalmente pelas incursões de massas de ar frio, provenientes do sul do continente americano. As perturbações tropicais são representadas pelos sistemas convectivos oriundos dos contrastes térmicos sobre o continente.

Estudos realizados na Universidade Federal do Rio de Janeiro (Silva-Marques, 1987) mostram que o fluxo de vapor que penetra nesta região através da circulação atmosférica, em situações de chuvas intensas, é proveniente, predominantemente, de sudoeste e de noroeste. Isto é, parte sudoeste é associada às penetrações de massa de ar frio do sul do continente e a noroeste, interior do continente, com origem na região amazônica.

Em determinadas condições atmosféricas, configura-se a formação de uma estreita zona de convergência, que às vezes se assemelha a uma frente fria de menores proporções. Esta estrutura recebe a denominação de linha de instabilidade. Ela é responsável pela formação de nebulosidade cumuliforme acompanhada de chuvas e trovoadas, geralmente de curta duração (máximo de 2 horas).

A convexão local constitui-se num outro mecanismo de formação de nuvens do tipo cumulus, podendo provocar chuvas fortes localizadas (geralmente em áreas de 10 a 20 km²), e de curta duração (30 minutos a 1 hora).

A topografia exerce influência acentuada nos padrões climáticos da região em estudo, especialmente no que se refere à precipitação e à temperatura. As serras do Mar e da Mantiqueira apresentam-se orientadas quase transversalmente ao escoamento médio da baixa troposfera. Esta situação, associada com as descontinuidades das perturbações extratropicais, provoca um aumento considerável do regime pluviométrico em função da altitude. Nos dois rebaixamentos da Serra do Mar, citados, pode-se observar penetrações maiores de zonas de elevada pluviosidade.

O decréscimo de temperatura é de cerca de 0,6 a 1 grau Celsius para cada 100 metros de elevação, dependendo das posições relativas do acidente geográfico e da direção predominante do escoamento do ar na baixa troposfera. Dessa forma, o ar é, em geral, mais úmido e frio à barlavento e mais seco e quente à sotavento, sempre considerando o mesmo nível topográfico.

A análise dos campos médios dos elementos climáticos sobre a bacia do rio Paraíba do Sul permite dividir a bacia em 2 setores.

Setor 1: a oeste do meridiano de 43 graus e 30 minutos, mais chuvoso e frio;

Setor 2: a leste do meridiano de 43 graus e 30 minutos, onde está localizado o AHE Simplício - Queda Única, mais seco e quente;

1.2 - Descrição Geral dos Índices Climáticos

a) Precipitação

A análise das cartas isoietais do Atlas Climatológico permite construir o Quadro 1-1, a seguir mostrando a distribuição anual da precipitação média na bacia do rio Paraíba do Sul.

Quadro 1-1
AHE Simplício - Queda Única: Precipitação Média Mensal, em mm

SETORES	M E S E S												ANOS
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
Setor 1	125	150	210	250	200	175	100	50	50	25	50	75	1.500
Setor 2	100	175	250	200	125	150	50	50	50	25	25	52	1.250

FONTE: Atlas Climatológico (1961- 1990).

Verifica-se que o Setor 1 apresenta maior índice pluviométrico: cerca de 1500 mm anuais contra 1250 mm do Setor 2. A distribuição anual mostra nitidamente a existência de uma estação chuvosa (outubro a março) e de uma estação seca (abril a setembro).

a.1) Períodos mais Chuvosos

No setor 1, o trimestre chuvoso compreende dezembro, janeiro e fevereiro, com índice superior a 200 mm. No Setor 2, o trimestre chuvoso compreende novembro, dezembro e janeiro, com precipitação acima de 175 mm.

Pode ser identificado, ainda, 6 meses com chuva acima de 100 mm, 4 meses com chuva entre 30 e 100 mm e 2 meses com chuva entre 20 e 50 mm, sendo este resultado mais nítido no Setor 2.

a.2) Dias de Chuva por Ano

Podem ser identificados os seguintes dados para o vale do Paraíba:

- Setor 1: 150 dias/ano;
- Setor 2: 120 dias/ano.

a.3) Precipitação Máxima em 24 horas

Examinando-se os mapas, pode-se estimar os seguintes valores:

- Setor 1: 100 a 150 mm;
- Setor 2: 75 a 125 mm.

Os valores mais altos são encontrados nas encostas das serras que ladeiam o vale.

a.4) Precipitação na Região do Futuro Reservatório

A variação interanual da precipitação pode ser observada na Estação de Moura Brasil, município de Três Rios, próximo ao local onde será formado o reservatório principal do Aproveitamento.

Dos registros da estação, nota-se que no período observado foram registrados 5 anos com precipitação bem acima da normal (1947, 1952, 1965, 1966 e 1983) e 4 anos com precipitação bem abaixo do normal (1963, 1968, 1969 e 1970), numa faixa superior a +30%, ou inferior a -30%, respectivamente.

Deve-se notar ainda que o ano mais chuvoso do período (1966), com cerca de 80% acima da normal, coincide com o grande temporal que ocorreu em toda esta região. Por outro lado, verifica-se que não há uma ciclicidade na ocorrência de anos chuvosos ou secos, como é de se esperar, devido ao caráter aleatório das precipitações anuais.

b) Temperatura

O Quadro 1-2, a seguir, mostra os valores de temperaturas médias mensais estimadas a partir das Isotermas dos mapas normais climatológicos:

Quadro 1-2
AHE Simplício - Queda Única: Temperaturas Médias Mensais, em Graus Centígrados, para o Vale do Paraíba

MÊS	SETOR 1	SETOR 2
Outubro	18-20	20-22
Novembro	20-22	22-24
Dezembro	18-20	20-24
Janeiro	22-24	24-26
Fevereiro	22-24	24-26
Março	22	24
Abril	20-22	22
Maio	18-20	20
Junho	16-18	18
Julho	16	18
Agosto	16-18	20-22
Setembro	16-20	20-22

FONTE: Atlas Climatológico - 1961-1990.

Nota-se que o Setor 2 é caracterizado por temperaturas cerca de 2 graus Celsius mais altas que no Setor 1. Isto deve ser interpretado como sendo a influência do efeito topográfico.

Os valores extremos da temperatura estimados são apresentados no Quadro 1-3.

Quadro 1-3
AHE Simplício - Queda Única: Temperaturas Normais Extremas Período 1931/60

SETORES	MÍNIMA ABSOLUTA (°C)	MÁXIMA ABSOLUTA (°C)	AMPLITUDE TÉRMICA ABSOLUTA (°C)
Setor 1	0	40	40
Setor 2	2	40	38

FONTE: Atlas Climatológico - 1961-1990.

Observa-se que o Vale do Paraíba não apresenta temperaturas negativas, embora estas possam atingir 0 graus Celsius, e não se encontram valores maiores que 40 graus Celsius

como temperatura máxima. O Setor 2 apresenta-se com temperaturas extremas ligeiramente mais elevadas.

c) Umidade Relativa do Ar

O Quadro 1-4, a seguir, mostra a distribuição anual da umidade relativa que prevalece na área da bacia do Paraíba do Sul.

Quadro 1-4
AHE Simplício - Queda Única: Umidade Relativa Normal para o Vale do Paraíba (%)

SETORES	MESES												ANOS
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
Setor 1	75	73	78	80	83	80	82	80	83	78	73	75	78
Setor 2	80	78	78	75	78	78	80	83	85	80	80	80	80

FONTE: Atlas Climatológico - 1961-1990.

Pode-se observar que a umidade relativa mantém-se alta (acima de 70%), sendo praticamente constante durante todo o ano e mostrando que há suficiente umidade no ar para sofrer o processo de conversão em água precipitável, caso haja o mecanismo desencadeador do processo.

d) Velocidade dos Ventos

Os ventos do quadrante oeste são os mais representativos e ocorrem no período que vai de meados da primavera a meados do outono, trazidos por linhas de instabilidade tropical (IT). O ar de convergência dinâmica no seio de uma IT acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo e ventos de moderados a fortes, com rajadas de curta duração que atingem entre 60 km/h e 90 km/h.

Tais fenômenos são mais freqüentes no verão em decorrência da baixa generalizada de pressão, devida ao intenso aquecimento no interior do continente.

e) Evapotranspiração

Os valores da evapotranspiração potencial de duas estações (Paraíba do Sul e Anta), bem próximas dos futuros reservatórios, são mostrados no Quadro 1-5. Os valores da evapotranspiração mensal para as duas estações são bem semelhantes. Entre abril e novembro têm-se valores menores que 100 mm e entre dezembro e março observam-se valores superiores a 100 mm mensais.

Fazendo-se o balanço entre a precipitação e a evapotranspiração, verifica-se que, em ambas as estações, o período com déficit de água se estende de abril a setembro, e o excesso é observado entre outubro e março. Nos totais anuais, os resultados mostram um excesso de água um pouco acima de 200 mm para ambas estações. Entretanto, é preciso mencionar que este balanço levou em conta que a única perda de água ocorreu pelo processo de evapotranspiração.

Quadro 1-5
AHE Simplício - Queda Única: Evapotranspiração Potencial Calculada pelo Método de Thornthwaite (em mm)

MÊS	PARAÍBA DO SUL			ANTA		
	EP (1)	P (2)	P-EP (3)	EP (1)	P (2)	P-EP (3)
Outubro	86,8	100,9	14,1	87,9	106,3	18,4
Novembro	95,7	155,1	59,4	97,1	168,3	71,2
Dezembro	114,8	239,2	124,4	116,5	226,1	109,6
Janeiro	128,5	243,0	114,5	130,7	231,6	100,9
Fevereiro	114,0	184,6	70,6	115,9	178,0	62,1
Março	110,5	155,2	44,7	113,4	142,6	29,2
Abril	83,5	54,9	-28,6	85,6	71,9	-13,7
Mai	64,9	27,8	-37,1	66,5	31,5	-35,0
Junho	52,9	29,9	--23,0	54,2	21,7	-32,5
Julho	51,1	14,4	-36,7	52,3	15,2	-37,1
Agosto	60,7	18,7	-42,0	62,1	20,8	-41,3
Setembro	70,9	40,5	-30,4	71,7	41,3	-30,4
ANUAL	1.034,3	1.264,2	229,9	1.053,9	1.255,1	201,4

NOTAS: (1) EP - Evapotranspiração Potencial; (2) P- Precipitação; (3) P-EP Precipitação - Evapotranspiração
 FONTE: Inemet - Normais Climatológicas 1960-1990

2 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

2.1 - Geologia Regional

2.1.1 - Considerações Gerais

A Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento é dominada por litotipos do Complexo Paraíba do Sul que encerra variedade de rochas gnáissicas e migmatíticas, com destaque para as rochas cataclásticas coesivas e foliadas correspondentes a blastomilonitos ou milonito-gnaisses, denominadas genericamente de rochas blastomiloníticas. Entre os migmatitos, predominam os de estrutura estromática, com paleossoma constituído de biotita-gnaisse e neossoma quartzo-feldspático. São rochas de idades arqueanas e proterozóicas, encontradas lado a lado por dobramentos ocorridos durante o final do Ciclo Brasileiro. Desta forma, as rochas compõem litologias de unidades diferentes dispostas conjuntamente por esforços tectônicos, o que dificulta a sua separação litológica-estratigráfica no campo.

O Complexo Paraíba do Sul abrange ainda um agrupamento de rochas kinzigíticas, charnockíticas e granitóides, que inclui, também, lentes de quartzitos, calcissilicáticas, anfíbolitos, metabásicas e mármore.

Também do Arqueano, com distribuição geográfica reduzida, ocorre o Complexo Juiz de Fora, constituído principalmente por rochas charnockíticas e migmatíticas com paleossomas enderbíticos, mostrando geralmente cataclase e recristalização. Lentes de quartzitos, kinzigitos e mármore dolomíticos estão presentes nesse Complexo.

Outro importante conjunto litológico, presente na área, é o Grupo Itálva, onde predominam hornblenda gnaisses, anfibólitos, sillimanita-granada-biotita-gnaisses com lentes de metaultrabásicas, quartzitos, mármore e calcissilicáticas.

O mapa geológico da Área de Influência Indireta é apresentado no desenho 8794-00-6B-DE-1002-0.

2.1.2 - Unidades Litoestratigráficas

- Complexo Juiz de Fora

Trata-se de uma seqüência de rochas charnockíticas, com faixas kinzigíticas intercaladas, de idade Arqueana, que foram retrabalhadas no Ciclo Transamazônico e parcialmente no Ciclo Brasileiro. Ocorre na parte leste da área, entre as localidades de Carmo e Além Paraíba, na porção norte (à leste de Juiz de Fora) e em faixas alongadas, na direção NE-SW, próximas à cidade de Paraíba do Sul.

São rochas pertencentes a fácies granulito, onde dominam os enderbitos, charnockitos e kinzigitos, com estruturas migmatíticas, gnáissicas e cataclásticas. Subordinadamente, ocorrem quartzitos grosseiros e mármore dolomíticos.

As rochas charnockíticas apresentam coloração verde escura e laminação gnáissica, resultante de fenômenos cataclásticos. Associados à essas rochas encontram-se tipos granulíticos, leptinitos e gnaisses localmente migmatizados. Alguns contatos são por falhamentos. Essas rochas estão alinhadas segundo a direção nordeste-sudeste, concordantes com os alinhamentos tectônicos regionais.

As rochas com estruturas migmatíticas ou gnáissicas apresentam, via de regra, paleossomas de metanoritos, metadioritos ou metagabros e os neossomas em geral, de enderbitos. As rochas cataclásticas mostram comumente minerais de quartzo fraturados e estirados, acompanhando a lineação da rocha. O feldspato geralmente apresenta formas irregulares, sendo o microclínio, o mais constante.

Os quartzitos são impuros, contendo feldspato, mica e, em alguns casos, "boudins" de anfibólito.

Dados geocronológicos, conhecidos a partir de datações realizadas em amostras de charnockitos, indicam valores de idade em torno de 2.650 MA. A razão inicial obtida nessas análises é considerada alta (0,715), o que leva a crer que as rochas examinadas sejam mais antigas, tendo sido retrabalhadas durante essa época.

- Complexo Paraíba do Sul

O Complexo Paraíba do Sul é predominante em toda a região de estudo, incluindo a Área de Influência Indireta. É constituído essencialmente por gnaisses bandados, predominantemente tonalíticos, migmatitos em geral, estromáticos, cataclásticos e recristalizados, com foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição. A litologia dominante inclui micaxistos, quartzito-xistos, quartzitos, anfibólitos, rochas carbonáticas e calcissilicáticas. Esses termos petrográficos, de médio a alto grau de metamorfismo, são provenientes de rochas migmatíticas e sedimentares, as quais sofreram

granitização e intensos processos tectônicos em diversos graus (cisalhamento dúctil com recristalização dinâmica, "boudinage" e estiramento, cataclase, dobramentos). Esses eventos ocorreram entre o Ciclo Transamazônico (2.500 a 1.800 MA) e o Ciclo Brasileiro (700 a 450 M.A), apresentando, assim, registro de um processo polifásico e possivelmente policíclico de deformação e metamorfismo. As rochas blastomiloníticas, fortemente bandadas e foliadas, bastante observadas nesse Complexo, são decorrentes da predominância de fenômenos de recristalização sobre a cataclase, ocorridos durante um processo de metamorfismo intenso sobre as rochas originalmente charnockíticas e leptiníticas. Mesoscopicamente, são rochas gnáissicas de granulação fina a média. Os tipos mais grosseiros apresentam porfiroblastos de feldspato. Faixas migmatíticas localizadas apresentam grande concentração de microclina. Além dos fenômenos de blastomilonitização, são reconhecidos dobramentos com eixos sub-horizontais, quase sempre transpostos e foliação subverticais. São freqüentes os "boudins", lentes e anfibolitos, calcissilicáticas, mármore e, localmente, corpos de pegmatitos e charnockitos.

As rochas migmatíticas apresentam fácies mobilizadas quartzo-feldspáticas com estruturas e aspectos variados. A estrutura predominante é a estromática, seguida da agmática e nebulítica. O paleossoma geralmente é constituído por um biotita-gnaiss fino a médio, à microclina, muitas vezes granatífero. O neossoma é quartzo-feldspático grosseiro. Porfiroblastos alongados de feldspato indicam comumente a existência de falhamentos. Bastante resistentes, destacam-se na topografia regional, formando faixas desenvolvidas na direção regional NE. São muitas vezes cortados por pegmatitos e diques básicos.

Os quartzitos formam corpos lenticulares e contínuos, intercalados geralmente nos gnaisses. São, via de regra, acompanhados por rochas xistosas e micáceas. São rochas de granulação grosseira, ocorrendo subordinadamente tipos finos, de cor bege a branca, compostas principalmente por quartzo, podendo apresentar feldspato, sillimanita, biotita e muscovita. Às vezes ocorrem intercalações de micaxistos granatíferos e sillimaníticos.

As rochas carbonáticas estão representadas por intercalações de lentes e "boudins" de rochas calcissilicáticas e mármore dolomíticos ou calcíticos, muitas vezes associados a partes anfibolíticas. Essas lentes são concordantes com a foliação dos gnaisses encaixantes e com vários corpos anfibolíticos. Essas lentes, em sua maioria, não são mapeáveis na escala 1:250.000. Os mármore, geralmente dolomíticos, ocorrem bem cristalizados, em tons brancos. As rochas calcissilicáticas são de coloração esverdeada a esbranquiçada, de granulação fina, estrutura maciça, bem foliada a bandada. Geralmente, formam uma camada rodeando os corpos de mármore, sendo compostas, em grande parte, pelo mineral diopsídio, apresentando, por vezes, contatos transacionais para o mármore e o gnaiss encaixante.

Datações radiométricas, existentes para o Complexo Paraíba do Sul, indicam o evento mais antigo com idade em torno de 2.070 M.A e o mais jovem, com idade próxima a 620 M.A.

- Grupo Italva

As rochas do Grupo Italva, do Proterozóico Médio, ocorrem a nordeste da Área de Influência Indireta, nas proximidades de Mar de Espanha, e numa faixa de direção nordeste - sudoeste da cidade de Três Rios. São constituídas por hornblenda gnaisses,

anfíbolitos, sillimanita-granada-biotita-gnaiss, bandados ou não. Quartzitos, calcissilicáticas e lentes de anfíbolitos são encontrados intercalados a essas rochas.

Os gnaisses são em geral acinzentados, com bandamento bem delimitado, granulação fina a média e alguns porfiroblastos de feldspato. Os anfíbolitos são verde-escuros, granulação média a grossa e estrutura bandada. Os quartzitos são brancos, de granulação média a grossa, com intercalações de micaxistos e granada-biotita-sillimanita xisto, variando até constituírem quartzitos micáceos.

A presença de gnaisses conglomeráticos, datações de granitos pós-tectônicos e de gnaisses kinzigíticos, indicam idade Proterozóica superior, tendo sido metamorfizados no Ciclo Brasileiro.

- Sedimentos Aluviais Recentes

Os aluviões, em geral, têm pequenas dimensões e são constituídos de materiais arenosos e/ou argilosos, depositados em planícies, formando pequenos bancos ou pontões arenosos nos leitos do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes.

2.1.3 - Aspectos Estruturais

O aspecto estrutural mais importante da área corresponde a uma faixa de cisalhamento dúctil, conhecida como Lineamento Além Paraíba. Constituída por rochas cataclásticas e localmente miloníticas, com orientação N60°-70°E, e espessuras alcançando cerca de 2,5 km, essa feição estrutural é responsável pela instalação do leito do rio Paraíba do Sul. Tal faixa, intensamente deformada, é caracterizada por uma notável foliação vertical/subvertical e por rochas fortemente dobradas e transpostas com laminação conspícua, lineações de atrito, bandamento composicional e dobras isoclinais apertadas, demonstrando a transposição. As evidências de deformação intensa diminuem de forma gradativa no sentido lateral, deixando as rochas adjacentes melhor preservadas.

Estudos anteriores demonstram que a deformação intensa nessa zona foi propiciada mais por recristalização dinâmica em condições de alta temperatura, do que pelo fenômeno de cataclase. Como decorrência, formam-se rochas blastomiloníticas de aspecto gnáissico, de granulação média e, às vezes, até grosseira.

A zona do Lineamento Além Paraíba, provavelmente relacionada às deformações ocorridas durante o Ciclo Transamazônico, sofreu possíveis reativações durante os Ciclos Uruaçuano e Brasileiro. Estudos radiométricos realizados, corroboram a possibilidade do cisalhamento ter ocorrido nos diferentes ciclos ou em época intermediária, como também sugerem os terrenos gnáissico-migmatíticos do Complexo Paraíba do Sul, submetidos a eventos tectono-termiais ao longo de todo o pré-Cambriano. Durante o Proterozóico Superior (Ciclo Brasileiro), essas litologias foram intensamente deformadas por esforços compressivos de direção SE-NW e por movimentos tangenciais resultantes. Intrusões graníticas e potassificação também contribuíram nas transformações das características anteriores das rochas.

Dobramentos, planos axiais horizontalizados, eixos paralelos à direção do esforço, estiramento, bandamento antigo preservado em "boudins" de supracrustais ou parcialmente transpostos em rochas gnáissicas, migmatização intensa, podem ser

considerados como testemunhos observáveis da evolução metamórfica e estrutural sofrida por essas rochas. Os "boudins" que ocorrem, sobretudo na zona de deformação principal, são constituídos geralmente de anfibolitos mármore ou rochas calcissilicáticas em meio a rochas blastomiloníticas.

Campanha (op. cit.) comenta que "após o término do Ciclo Brasileiro, a evolução da faixa do lineamento de Além Paraíba estava ligada aos estágios de estabilização e reativação da Plataforma Brasileira. A partir do Jurássico, ocorreram intrusões de diabásios e rochas alcalinas, além de deslocamentos verticais ao longo dos planos de falhas transcorrentes, dando origem ao relevo escalonado da Zona de Rochas Blastomiloníticas" (Vale do Paraíba do Sul), Serra do Mar e Mantiqueira.

Outra característica essencial da área é o fraturamento intenso das rochas. Além das falhas transcorrentes relacionadas ao Lineamento de Além Paraíba, outras falhas de comportamento normal são reconhecidas. A maior parte delas está ligada a tectônica do Mesozóico e início do Terciário, de caráter compressivo (direção SE-NW), com movimentos em blocos reativando antigos traços de falha, principalmente àqueles de direção NE. Feições como milonitos, cataclasitos finos, esmagamento de feldspato, ausência de brechas e dobras apertadas com vergência definida evidenciam essas estruturas no campo, além das estruturas N60°-70°E. Os traçados de fraturas orientados segundo N10°-30°E, N30°W, N45°W e S80°E, são reconhecidos nas imagens LANDSAT.

Na porção norte-nordeste da Área de Influência Indireta, encontra-se mapeada (Projeto RADAMBRASIL, 1983) uma extensa falha de empurrão de direção SW-NE, formando contato entre as litologias do Complexo Juiz de Fora com o Complexo Paraíba do Sul.

Os sistemas de diáclases principais reconhecidos são N65°E (paralelo a foliação regional), com mergulho subvertical; N30°W (aprox. perpendicular a foliação), também subvertical; e um sub-horizontal, de difícil distinção das fraturas de alívio de carga ("sheeting"), grosso modo, paralelas à superfície topográfica, com aberturas por vezes superiores a 2 cm.

2.1.4 - Aspectos Geológicos da Área de Influência Direta

- Litologia

A área abrangida pelo empreendimento é constituída essencialmente pelos terrenos gnáissico-migmatíticos do Complexo Paraíba do Sul. São rochas de idades arqueanas e proterozóicas, nas quais predominam gnaisses porfiroclásticos, rochas blastomiloníticas (blastomilonitos e milonito gnaisses) e migmatitos. Os contatos entre estes termos petrográficos são de difícil separação, haja vista a transição e interpenetração entre um tipo litológico e outro.

Os gnaisses porfiroclásticos mostram textura granolepidoblástica com grande quantidade de palhetas minúsculas de biotita sem orientação preferencial. A granulação é de média a grossa, com porfiroclastos de feldspato pouco deformado, alcançando às vezes 3 cm de dimensão. Essas rochas são semelhantes aos gnaisses kinzigíticos.

As rochas blastomiloníticas são fortemente foliadas e bandadas, com bandamento regular e laminar que se estende por centenas de metros. Apresentam uma fração grosseira com

porfiroclastos comumente de feldspato (plagioclásio), bastante deformados, por vezes rotacionados, e uma fração mais fina, em forma de matriz granoblástica a granolepidoblástica. Os tipos milonito-gnaisses, com textura cataclástica, são os termos mais comuns, e apresentam estrutura "flaser" com grande quantidade de porfiroclastos centimétricos, em geral de feldspato, alinhados e em forma de olhos (ou facóides). Os milonitos sem estrutura "flaser" possuem estrutura de gnaisses oftalmíticos e são menos deformados que os anteriores. São finamente cristalinos, mesocráticos, foliados e laminados, com raros porfiroclastos visíveis mesoscopicamente.

Associados a essas rochas blastomiloníticas são encontrados litotipos cinza-esverdeados em tons médio e escuro, de granulação fina a média, semelhante a piroxênio-granulitos de provável origem charnockítica. Ocorrem no dique Tocaia e em afloramentos próximos ao Canal 5, sob a forma de enclave em rocha gnáissica parcialmente migmatizada. Na área do dique Calçado, esses tipos charnockíticos são predominantes.

Os principais tipos de migmatitos encontrados apresentam estrutura estromática, com paleossoma gnáissico, de textura granolepidoblástica, com microclínio, plagioclásio, quartzo, opacos, apatita. O neossoma é quartzo-feldspático com textura granítica. Raramente apresentam paleossoma xistoso. Outro tipo encontrado classifica-se estruturalmente como nebulito, de aspecto granitóide ou semelhante a um gnaisse oftálmico.

Próximo à localidade de Anta, ocorre um corpo de diabásio com espessuras variando entre 2 m e 4 m. A rocha é escura, de granulação fina e encontra-se bastante fraturada.

- Estruturas

Foi constatada, através dos afloramentos, a existência de 3 sistemas de diáclases principais. O sistema mais freqüente orienta-se segundo N60°E com mergulhos subverticais com tendência ora NW, ora SE. Tal sistema coincide com a atitude de foliação cataclástica das rochas. Essas fraturas predominam em superfície e tendem a inexistir em profundidade, ocorrendo em espaçamento médio de 1,5 m.

O segundo sistema é formado por diáclases sub-horizontais, mergulhando em torno de 10°, próximo à superfície, e é confundido com fraturas de alívio de carga; no entanto, tem origem tectônica provável em profundidade, segundo informações a partir de sondagens realizadas em trabalhos anteriores. O espaçamento médio dessas fraturas é da ordem de 0,5 m.

O terceiro sistema, menos freqüente, orienta-se segundo N30°- 40°W, subvertical, aproximadamente perpendicular à foliação. Esse sistema persiste em subsuperfície.

Localmente, foram medidas fraturas de direção NS.

Os sistemas de fraturas (diáclases e falhas) reconhecidos condicionam freqüentemente o curso dos rios e o alinhamento de vales e cristas.

- Material de Cobertura (Formações Superficiais)

Os materiais que recobrem as rochas da Área de Influência Direta são residuais e coluviais. Os solos residuais são resultantes da alteração "*in situ*" dos gnaisses e

migmatitos que ocupam a maior parte da área. Esses solos, juntamente com os coluviais, ocorrem praticamente em toda a superfície da área, com exceção das zonas de várzea, onde encontram-se aluviões. São solos predominantemente de granulação fina: argilo-areno-siltoso e areno-siltosos. São, em geral, solos desenvolvidos, apresentando espessura em torno de 5 - 6 metros.

De um modo geral, deve-se prever, como normalmente ocorre em solos residuais, um horizonte argiloso próximo à superfície (horizonte B), sobrejacente a horizontes de textura mais grossa, a partir dos quais seguem-se zonas irregulares de rochas alteradas e parcialmente alteradas. É de se esperar nas rochas gnaissicas a existência de intemperismo diferencial, muitas vezes penetrando profundamente através das fraturas existentes.

Os solos residuais, quando desmantelados e transportados de cotas mais elevadas em movimento lento, formam o solo coluvial, que se apresenta menos compacto e mais arenoso. Esse material, com espessuras variando de decímetros a alguns metros, envolve matacões de diferentes dimensões. Encontram-se acumulados junto às encostas, e na base das elevações.

Os depósitos de tálus, geralmente pouco significativos, são encontrados nas baixas encostas, no sopé das vertentes mais íngremes, representando acumulações de materiais provenientes de deslizamentos ou escorregamentos superficiais. A espessura observada em poços realizados em Anta foi de 1 m na ombreira direita e 2 m na ombreira esquerda.

Na ombreira esquerda do dique Calçado, a espessura é de 3,5 - 4,5 m. É comum a ocorrência de grande número de fragmentos e matacões de rocha alterada.

A maioria desses solos mencionados apresenta vestígios de movimentação de massa, tais como ravinas e cicatrizes de deslizamentos anteriores, principalmente nas vertentes mais íngremes de vegetação gramíneo-lenhosa. Esses locais com declividade em torno de 30°, poderão ser considerados como áreas suscetíveis a novos escorregamentos. As áreas de maior concentração e desenvolvimento de terracetes de pisoteio de gado e sulcos erosivos associados, onde se inicia um processo de exposição do solo, são também considerados suscetíveis à ocorrência de pequenos escorregamentos. Outros pontos sujeitos a ocorrência de desbarrancamentos estão localizados nos taludes dos cortes das vias de acesso.

O mapa geológico da Área de Influência Direta está apresentado nos desenhos 8794-00-6B-DE-2001-0, 2002-0, 2003-0, 2004-0 e 2005-0.

2.1.5 - Condições Geológicas e Geotécnicas na Área do Empreendimento

a) Maciço Rochoso

- Material Rochoso

Para a caracterização geomecânica do material rochoso utilizaram-se resultados de ensaios de compressão puntiforme, depois convertidos para valores de resistência a compressão simples (σ_c).

Os resultados obtidos situam-se entre 100 e 155 MPa para a rocha sã ou pouco decomposta. Pode-se admitir valores de coesão superiores a 0,1 MPa e ângulos de atrito superiores a 50° para as superfícies críticas hipotéticas, consideradas nas análises de estabilidade pelas fundações.

Pode-se estimar um módulo de elasticidade para o maciço superior a 20 GPa, a não ser nas zonas abaladas pelas detonações, onde seria da ordem de 10 GPa. Pode-se prever, ainda, que não haverá problemas quanto à deformabilidade das fundações das estruturas em rocha.

De maneira geral, quando o maciço apresenta rochas medianamente e/ou muito decompostas, sua espessura raramente ultrapassa 10 m, sendo em média 3 m. As rochas muito decompostas, ou medianamente decompostas, mas com baixa recuperação de testemunhos, foram denominadas de “rochas brandas”.

- Descontinuidades

As descontinuidades do maciço rochoso foram caracterizadas através de levantamentos sistemáticos de afloramentos rochosos e dos testemunhos obtidos nas sondagens mecânicas.

Os estudos mostraram a existência de 4 sistemas principais de descontinuidades, cujas orientações com frequências máximas são:

- Sistema S1: N52° / 77° SE (paralelo à foliação);
- Sistema S2: Sub-horizontais;
- Sistema S3: Possui 3 famílias, de atitudes:
 - . S3/F1: N335°-N10°/subvertical;
 - . S3/F2: N335 graus-N282°/subvertical;
 - . S3/F3: N335°-N10°/45° SW.
- Sistema Sn: N52°/mergulhos intermediários para NW ou SE (paralelo a foliação).

A densidade de fraturamento diminui com a profundidade, sendo que trechos muito fraturados são raros em profundidades superiores a 10 m e, quando ocorrem, são esporádicos e sem continuidade significativa.

Descontinuidades com paredes decompostas também raramente ocorrem em profundidades superiores a 10 m. Abaixo desta profundidade apresentam-se, em geral, fechadas e/ou seladas e, quando abertas, apresentam paredes sãs ou, secundariamente, levemente decompostas.

A grande maioria das descontinuidades observadas, cerca de 86%, são planas e rugosas. Secundariamente, aparecem as descontinuidades planas e lisas e, muito raramente, as descontinuidades planas e espelhadas. Estas, quando ocorrem, são muito restritas, e em condições que não exercem influência sobre a estabilidade dos maciços frente às solicitações das obras.

Os materiais de preenchimento são raros e, quando ocorrem, são pouco espessos, oriundos, principalmente, da decomposição das paredes das próprias discontinuidades. Restringem-se, normalmente, aos primeiros 10 m de profundidade do maciço rochoso.

A partir dos dados analisados, fica evidenciada clara influência das condições de alívio superficial de tensões e de intemperismo nas características geomecânicas do maciço, já que, ao longo das sondagens, os dados de espaçamento, abertura, preenchimento e decomposição das discontinuidades mostram-se sempre mais favoráveis a partir de cerca de 10 m de profundidade. Isto, aliado ao fato já citado, que as rochas medianamente e/ou muito decompostas raramente aparecem após os 10 m iniciais do maciço rochoso, levam à conclusão que, em todos os maciços rochosos analisados, a qualidade geomecânica melhora sensivelmente abaixo desta profundidade.

- Permeabilidade

Os resultados dos ensaios de permeabilidade mostraram que, de modo geral, o maciço rochoso é pouco permeável. Absorções maiores que 5Hv ocorrem em pequena quantidade (menos que 10% dos ensaios efetuados) e se restringem, principalmente, à zona mais aliviada do maciço, nos seus primeiros 10 m, conforme citado. Uma exceção a isto é a região do canal do rio, na zona montante da barragem de Anta, onde a intrusão de um dique de diabásio, trouxe como conseqüência um fraturamento mais intenso do maciço, com a presença de discontinuidades abertas e, portanto, de trechos contínuos do maciço com condutividade hidráulica elevada. Em outras situações, a presença de trechos com alta permeabilidade é esporádica e restrita, sem continuidade.

b) Materiais do Horizonte de Transição Solo-Rocha

Estes materiais apresentam propriedades e comportamento geotécnico heterogêneos, que refletem a sua condição de horizonte de transição entre os solos residuais sobrejacentes e o maciço rochoso subjacente.

Constituem-se de massas predominantemente terrosas, friáveis, estruturadas, que em profundidade transicionam para núcleos rochosos, com grau de decomposição variável, envoltos por massa terrosa.

Foram considerados também como pertencentes a este horizonte, os níveis de rocha extremamente decomposta.

A porção terrosa é constituída predominantemente por areia com granulometria variável, micácea, pouco siltosa, de cor heterogênea.

As espessuras deste horizonte são variáveis, em função principalmente do posicionamento na encosta, sendo maiores nas partes mais altas e menores nas partes baixas. Variam desde poucos centímetros até cerca de 25 m.

Sua resistência à penetração é alta, com valores médios de resultados de SPT em torno de 40 golpes. No entanto, valores inferiores a 20 golpes ocorrem, principalmente, quando são atravessados bolsões caulínicos.

Sob perfuração rotativa, nos trechos de rocha extremamente decomposta, as recuperações obtidas são baixas, normalmente entre 20 e 30%.

A permeabilidade deste horizonte de transição situa-se predominantemente na faixa de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s com a ocorrência de trechos mais permeáveis (maiores que 10^{-4} cm/s) em alguns locais.

As porções terrosas deste horizonte são normalmente pouco coesivas e muito susceptíveis à erosão.

c) Solos Residuais e Transportados

- Solo Residual Jovem

O solo residual jovem ocorre subjacente ao horizonte superficial de solo coluvionar-solo residual maduro e raramente aflora, a não ser em cortes de estradas ou paredes de voçorocas.

É um material predominantemente areno-siltoso (areia fina), micáceo, com bolsões caulínicos, plasticidade predominantemente média à baixa e evidencia as estruturas reliquiares (foliação e fraturas) do maciço rochoso original. Sua cor é heterogênea.

As espessuras deste horizonte também são variáveis em função da topografia do local, variando desde a sua inexistência até mais de 20 m.

Sua resistência média é alta, com valores de SPT em torno de 20-25 golpes. Valores inferiores a 10 golpes, entretanto, são frequentes e ocorrem em bolsões caulínicos ou muito micáceos e em alguns trechos mais superficiais deste horizonte.

A permeabilidade média se situa na faixa de 10^{-5} a 10^{-4} cm/s.

Em termos de resistência ao cisalhamento, com base nos resultados de ensaios de laboratório realizados em amostras extraídas em diversos locais, o material apresentou ângulo de atrito superior a 30° e coesão em torno de $0,1 \text{ kg/cm}^2$ (em termos “efetivos”).

Este solo é pouco coesivo e altamente susceptível à erosão. Isto é verificado em muitos locais da região, onde este horizonte e/ou o de transição solo-rocha foram expostos, como no caso de estradas, onde os taludes de corte se apresentam muito erodidos, principalmente aqueles menos íngremes, com maiores superfícies expostas à ação das águas das chuvas.

- Solo Residual Maduro

Ocorre em praticamente toda a área, abaixo do solo coluvionar. É predominantemente argilo-arenoso (areia fina), com plasticidade média a alta, homogêneo, sem estruturas reliquiares, com coloração marrom e marrom avermelhada. Como no caso dos outros solos, sua espessura é variável, mas normalmente inferior a 5 m.

Os valores de SPT obtidos se situam predominantemente na faixa de 9 a 15 golpes.

Para valores médios de resistência ao cisalhamento, em termos efetivos, o material apresentou ângulo de atrito da ordem de 29° e coesão de cerca de $0,15 \text{ kg/cm}^2$.

As permeabilidades predominantes neste horizonte se situam na faixa de 10^{-5} a 10^{-4} cm/s.

Este horizonte deverá fornecer uma grande parcela dos solos de empréstimo a serem utilizados compactados nas obras de terra.

Ao contrário do solo residual jovem e transição solo-rocha, este horizonte é pouco susceptível à erosão.

- Solo Coluvionar

Ocorre generalizadamente na região, recobrando praticamente toda a superfície, com exceção das zonas de baixada. Possui características muito semelhantes às do solo residual maduro, sendo que freqüentemente a diferenciação entre estes dois tipos de solo é difícil de ser efetuada.

É predominantemente de granulação fina, geralmente argila arenosa (areia fina), com plasticidade média e alta, homogêneo, poroso e com coloração geralmente marrom amarelada. Em alguns locais são heterogêneos, apresentando blocos e fragmentos rochosos imersos na matriz terrosa.

Este horizonte normalmente é pouco espesso, geralmente inferior a 3 m. As maiores espessuras se situam nas partes altas e médias das encostas onde, em alguns casos, chegam a atingir 8 m.

A resistência à penetração (SPT) neste horizonte é muito variável, não se observando faixas com valores predominantes. Os valores maiores (16 a 30 golpes) provavelmente são causados pelo alto ressecamento nos pontos onde os ensaios foram efetuados.

É um horizonte pouco permeável, com a maior parte dos valores obtidos nos ensaios se situando em faixas inferiores a 10^{-4} cm/s. As permeabilidades elevadas foram obtidas em locais provavelmente afetados por trincas de ressecamento e/ou canalículos.

Os parâmetros efetivos médios de resistência ao cisalhamento indicaram ângulo de atrito da ordem de 26° e coesão variando de 0,2 a 0,4 kg/cm².

Este horizonte é pouco susceptível à erosão e, em conjunto com o de solo residual maduro, deverá servir de fonte para material de empréstimo a ser utilizado compactado nas obras de terra.

- Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluvionares são pouco desenvolvidos, com espessuras de no máximo 5 m, ocorrendo principalmente nos vales do rio Paraíba do Sul e nos córregos do Areia, da Estaca e do Peixe. Aparecem também, em pequenas dimensões, no fundo dos vales onde serão implantados os canais de interligação.

Apresentam características granulométricas variáveis, sendo constituídos, em alguns locais, por areia e, em outros, por areia argilosa ou argila arenosa.

Em diversos locais, este horizonte se apresenta recoberto ou intercalado com material coluvionar, sendo que nestes casos foi denominado de solo colúvio-aluvionar.

São normalmente saturados e com resistência à penetração variável, predominantemente baixa, (SPT na faixa de 3 a 20 golpes). Sua permeabilidade também é muito variável, tendo-se obtido resultados de 10^{-4} até 10^{-7} cm/s nos ensaios efetuados neste horizonte.

- Depósitos de Tálus

Esses depósitos aparecem em poucos locais e são pouco significativos em termos de possança. São constituídos por blocos de rochas de tamanhos variados e situam-se nas meia-encostas e sopé destas, sempre nas proximidades de grandes afloramentos rochosos, que são as áreas fontes dos blocos.

Devido a importância do levantamento e estudos geológico-geotécnicos, apresenta-se no Anexo IV-A o detalhamento das condições geológico-geotécnicas das fundações das obras.

2.2 - Caracterização Geomorfológica

2.2.1 - Considerações Gerais

A área de influência do empreendimento situa-se em região de relevo bastante movimentado, no médio curso do rio Paraíba do Sul. Sob condições de clima úmido, com precipitação anual acima de 1.200 mm, o relevo dessa região foi esculpido em rochas predominantemente gnaissicas e migmatíticas. Apesar da intensidade dos processos erosivos alterando as rochas, a estruturação do relevo está ligada a processos tectônicos e fraturas, responsáveis, em grande parte, pela sua configuração geral.

A área inclui grandes variações altimétricas em que setores topográficos mais baixos, contrapõem-se a grandes maciços serranos.

Regionalmente, pode-se distinguir três importantes compartimentos morfológicos: a Serra dos Órgãos, a Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé e o Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul.

Todas as unidades são marcadas por forte controle estrutural que se reflete principalmente na rede de drenagem. A origem desses compartimentos está relacionada a uma tectônica quebrantável, que atuou desde o Cretáceo até o Terciário, deformando e escalonando em blocos os terrenos afetados. Pelo menos três fases de atividade tectônica ocorreram, sendo a última delas responsável por uma série de deslocamentos verticais, dando origem ao vale do rio Paraíba do Sul e ao relevo acidentado da Serra dos Órgãos.

No final do Terciário, os agentes climáticos prevaleceram na elaboração do relevo, sendo o seu modelado complementado por processos erosivos. A atuação desses processos resultou na formação de morros arredondados, rebaixamento de algumas superfícies, alteração das rochas, surgimento de alvéolos com depósitos colúvio-aluvionares.

O desenho 8794-00-6B-DE-2007-0 apresenta o mapeamento geomorfológico da AII.

2.2.2 - Unidades Geomorfológicas

- Serra dos Órgãos

Essa unidade, formada predominantemente por gnaisses e migmatitos, ocupa a porção sul-sudeste da área, sendo representada pelo reverso do conjunto topográfico da Serra dos Órgãos, voltado para o vale do rio Paraíba do Sul. Esse conjunto é caracterizado por extensas lineações de vales estruturais e cristas serranas, maciços graníticos e granitóides de topos aguçados, morros com desníveis altimétricos acentuados e alvéolos intermontanos, onde se acumulam os depósitos colúvio-aluvionares.

Essas feições refletem áreas com forte influência estrutural, onde os trechos retilíneos dos principais cursos d'água evidenciam o controle exercido por falhas e fraturas.

Em toda a zona serrana, e especialmente nas encostas dos escarpamentos principais, a erosão é promovida por escoamentos concentrados que dão origem a vertentes sulcadas por ravinamentos intensos. Essas ravinas são modeladas, via de regra, em formações superficiais quando submetidas aos efeitos das pluviosidades elevadas, preferencialmente em áreas de desmatamentos generalizados. Os escarpamentos, com altitudes entre 500 e 700 m e direção nordeste-sudeste, têm uma linha de cumeada que apesar de intensamente dissecada, apresenta-se em geral contínua.

Ocorrem também, nessa unidade, relevos dissecados de topos aguçados, apresentando aprofundamentos de drenagem fracos sob a dinâmica de instabilidade, onde predominam os processos morfogenéticos.

Os desníveis altimétricos ocorrem geralmente entre 200 e 260 m, com depósitos aluviais e de tálus no sopé das encostas. As encostas apresentam formas em geral convexas.

- Depressão Escalonada dos Rios Pomba - Muriaé

Ocorrendo de forma restrita na porção nordeste da Área de Influência Indireta, essa unidade é formada por migmatitos associados a gnaisses, metabasitos, xistos, gnaisses charnockíticos e rochas granulíticas. Essas litologias sustentam um relevo escalonado com cotas altimétricas que oscilam entre 300 e 890 m, apresentando, predominantemente, dissecação homogênea, com densidades de drenagem fina a média com aprofundamentos de 40 a 120 m. Ocorrem também modelados de dissecação diferencial, com aprofundamentos entre 115 e 150 m.

A rede de drenagem representada pelas bacias dos rios Pomba e Muriaé, apresentam significativas diferenças de gradiente entre as cabeceiras e a foz, e cortam as estruturas e litologias do vale do rio Paraíba do Sul.

Os morros dessa unidade possuem vertentes convexas e o ponto culminante fica na serra Alto Douro, com 896 m, à margem esquerda do córrego Louriçal. Há trechos de planícies e terraços fluviais que se desenvolvem ao longo dos córregos e nos rios existentes.

Os traços estruturais são menos realçados nessa unidade do que nas outras. A dissecação chega a um grau, tal, que essa unidade encontra-se a um nível altimétrico inferior a uma parte da unidade-limítrofe, Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul.

O principal traço estrutural dessa unidade é o trecho retilíneo do vale do rio do Aventureiro, adaptado a uma falha ou grande diaclase.

- Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul

O vale do rio Paraíba do Sul é um vale tectônico, possivelmente um "graben", limitado pelas escarpas elevadas da Serra da Mantiqueira, a noroeste e da Serra do Mar, a sul-sudeste e sudeste. O sistema de falhas que compõe essa estruturação (Lineamento Além Paraíba) tem direção geral nordeste e condiciona praticamente todo o relevo e a rede de drenagem de padrão retilíneo e sub-paralela. Na confluência de alguns rios, podem ocorrer planícies aluviais que são utilizadas para agropecuária.

O vale médio do rio apresenta morros nivelados entre os quais sobressaem-se alguns alinhados e de grande expressão. A área imediatamente próxima ao rio Paraíba do Sul, apresenta relevo com dissecação homogênea, fina, com morros alongados paralelos ao rio e com aprofundamento de drenagem entre 40 e 70 m.

O relevo tem como substrato rochoso os gnaisses, migmatitos, quartzitos, granulitos, rochas intrusivas, carbonáticas, calcissilicáticas e depósitos aluvionares.

A unidade possui também vertentes acentuadas convexo-côncavas, de dinâmica instável (aprofundamentos variáveis de 75 a 90 m), constituída muitas vezes por formações superficiais argilosas e areno-argilosas. Sob os efeitos da alta pluviosidade (1.300 a 1.700 mm anuais), desmatamentos e atividades agropecuárias, essas vertentes apresentam condições de instabilidade com os escoamentos de água superficial concentrados. Ocorrem, por vezes, nas vertentes mais íngremes, paredões rochosos quase retilíneos com grande número de matações na base. As formações superficiais compreendem, em geral, seqüência de manto coluvial no topo, seguido de linhas de pedras e blocos de rocha alterados "*in situ*".

As principais formas de acumulação, ao longo do rio Paraíba do Sul, são as planícies fluviais em cotas altimétricas em torno de 200 m.

As áreas com dissecação diferencial D_1 , D_2 e D_3 apresentam aprofundamento de drenagem da ordem de 150 a 200 m. O ponto culminante situa-se na Serra do Monjolinho, com cerca de 940 m de altitude.

2.2.3 - Geomorfologia da Área de Influência Direta

A área a ser inundada insere-se no contexto morfo-estrutural da unidade Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul. Esse compartimento se distribui entre as escarpas da Serra do Mar (a Sudeste) e da Serra da Mantiqueira (a Noroeste), sendo constituído principalmente por rochas gnáissicas com forte tendência ao desgaste físico, uma vez que foi submetida a intensos processos tectônicos responsáveis por inúmeras falhas, diaclases e foliação acentuada de atitudes verticalizadas.

A elevada umidade da área propicia uma intensa alteração nas rochas a partir das fraturas e fissuras, formando mantos de intemperismo bastante desenvolvidos, onde observam-se muitas vezes marcas de ravinamentos e escorregamentos ao longo dos

trechos estudados. Observa-se também registro de fenômenos de rastejo nas encostas, através da formação de terracetes que servem de trilha para o gado.

A rede de drenagem instalou-se segundo as linhas estruturais existentes, sendo comum encontrar-se vales adaptados a falhas e fraturas.

Os trechos que serão transformados em reservatórios encontram-se ao longo dos córregos Estaca, Louriçal, Areias, Tocaia e Macuco e do próprio rio Paraíba do Sul a montante da cidade de Anta. Todos os trechos são influenciados por linhas de falhas e/ou fraturas.

O relevo apresenta-se movimentado, com cristas retilíneas seguindo a orientação geral sudoeste-nordeste ou morros isolados arredondados com vertentes convexo-côncavas. Os desníveis altimétricos chegam a 200 m, ocorrendo, nas vertentes de maior declividade, afloramentos do embasamento cristalino.

Nos sopés das encostas, ocorrem depósitos de material coluvionar grosseiro, onde a vegetação natural é em geral mantida, devido à dificuldade de aproveitamento dos solos com alto índice de pedregosidade.

Os ravinamentos, muitas vezes profundos, ocorrem em áreas de formações superficiais areno-argilosas, submetidas a desmatamentos e cortes de estrada, decorrentes das ações antrópicas e de desequilíbrios naturais entre processos pedogenéticos e morfogenéticos. Um exemplo da ação antrópica pode ser visto nas proximidades da localidade de Anta.

Esse compartimento geomórfico pode ser desmembrado em 8 unidades de relevo, a seguir descritas, cuja morfologia está diretamente relacionada às características litológicas das rochas, todas em contato com o futuro reservatório.

Unidade morfológica Evr - apresenta espigões alongados de vertentes retilíneas com ocorrência de paredões rochosos entre 300 e 700 m. Sobre as vertentes, ocorrem freqüentes sulcos de erosão de escoamento concentrado formando ravinas alongadas. A erosão laminar é localizada. As planícies aluviais são restritas.

Unidade morfológica Mvc - Os morros são alongados, de vertentes convexas, com formação de nichos erosivos no topo. A ocorrência de sulcos de escoamento concentrado é freqüente. Este tipo de relevo apresenta tendências à erosão laminar e sinais de voçorocamentos.

Unidade morfológica Evc - É caracterizada por espigões alongados de vertentes convexas com ocorrência de nichos erosivos no topo. É semelhante à unidade anterior, tendo altitudes inferiores a 600 m.

Unidade morfológica Mta - Os morros são curtos, rebaixados, de topos arredondados. As vertentes são convexas, dissecadas por vales adaptados às linhas de fratura. O relevo é fortemente influenciado pela zona cataclásada, com padrão de drenagem retangular ou paralelo. Há tendência de voçorocamento e ravinamentos.

Unidade morfológica Mav - Os morros são arredondados com os vales encaixados. O padrão de drenagem é dendrítico e os vales são amplos na área do rio Paraibuna. Há tendência de ravinamentos e de voçorocamento.

Unidade morfológica Psa. É representada pelos planaltos dissecados em serras alongadas. As altitudes são superiores a 900 m. Os paredões rochosos são presentes. Ocorrem formações de alvéolos nas vertentes. Os vales são encaixados. Traços de deslizamento de encostas são observados.

Unidade morfológica Paf - Esta unidade é representada pelas planícies aluviais fluviais.

Unidade morfológica Ct - É representada por formações colúvio-aluviais, depósitos de pé de vertente (tálus) e leques aluviais.

Essas duas últimas unidades de acumulação ocupam área reduzida em relação às outras unidades.

As unidades que apresentam relevos amareados com vertentes convexas alcançam altitude até 450 m. As unidades morfológicas, em geral, diferem entre si pelo condicionamento às estruturas geológicas e às formas de dissecção. Os relevos serranos, com espigões alongados e vertentes retilíneas ou convexas, apresentam às vezes altitudes superiores a 900 m. Formam, por vezes, planaltos com picos e vestígios de topos aplainados e paredões rochosos nas vertentes.

De modo geral, pode-se dizer que as rochas de caráter granítico ou granitóide formam o relevo montanhoso. As rochas gnáissicas e migmatíticas estão mais presentes nas unidades de relevo colinoso.

Os desenhos 8794-00-6B-DE-2008-0, 2009-0, 2010-0, 2011-0, 2012-0 apresentam o mapeamento geomorfológico da AID.

2.3 - Caracterização Geotectônica

O arcabouço estrutural da Área de Influência Indireta do empreendimento é bastante complexo e mostra possibilidades de associação da geologia com a sismicidade regional.

As rochas gnáissico-migmatíticas, dominantes na área, foram afetadas por diversos ciclos de deformação intensa. Inicialmente, pelo Ciclo Transamazônico (2.100-1.800 M.A); posteriormente, durante o Ciclo Brasileiro (700-500 M.A), quando foram parcialmente remobilizados e rejuvenescidos por fenômenos de migmatização, granitização e intensos processos tectônicos em diversos graus. A partir do Jurássico, a área sofreu novos esforços tectônicos, com reativação de antigas zonas de falhas e instalação de novos falhamentos, inclusive com intrusões de diques de diabásio e rochas alcalinas.

Esse desequilíbrio prosseguiu no Cenozóico, porém, com intensidade menor, podendo-se observar evidências de movimentações tectônicas relativamente recentes representadas, por exemplo, pelo levantamento da Serra do Mar. De acordo com Fulfaro e Ponçano (1972), a sismicidade do sistema tectônico da Serra do Mar, embora fraca, não é desprezível.

Uma das grandes feições tectônicas situadas na área de interesse do empreendimento do ponto de vista da sismicidade, é o Lineamento Além Paraíba. Um conjunto de evidências, sugere que esse Lineamento comportou-se como uma zona de fraqueza durante a reativação mesozóica - cenozóica da Plataforma Brasileira. Ruellan (1944), *apud* Campanha (op. cit.), mostrou que o vale do rio Paraíba do Sul corresponde a um ângulo de falha em relação ao bloco soerguido e basculado da Serra dos Órgãos.

Os dados levantados por Haberlehner (1978) e Hasui e Ponçano (1978) mostram a ocorrência de vários epicentros de eventos sísmicos ao longo do Lineamento Além Paraíba, mostrando que este provavelmente se constitui ainda numa zona de fraqueza, não totalmente inativa.

A área de estudo situa-se na região do país que apresenta a maior concentração de sismos de todo o território brasileiro. Isto deve refletir, em grande parte, a ocupação pioneira e a concentração populacional que propiciam sentir e relatar sismos. Deve-se considerar, também, que a região sudeste é a que dispõe do maior número de estações sismológicas do país, principalmente monitorando reservatórios artificiais.

Para o estudo da história sísmica da área de interesse, foi adotada uma região circunscrita por um círculo de raio pouco maior que 320 km (200 milhas), em torno do centro da área estudada, no interior da qual foi verificado um número razoável de sismos relatados (r) ou instrumentados (i) no passado.

Do total dos sismos relatados, apenas cerca de 30% foram instrumentados. Isto dificulta ou impõe restrição à correlação com a geologia, uma vez que os sismos relatados têm localização imprecisa.

A determinação do “Terremoto de Projeto” pode ser feita por análises essencialmente determinísticas, admitindo-se que a tendência da atividade sísmica no passado seja mantida no futuro. A determinação dos terremotos de projeto pode, ainda, ser feita através de análises probabilísticas sobre a recorrência, intensidades e magnitudes dos sismos. Neste caso, porém, devem estar a mão registros instrumentais completos dos mesmos.

Com os dados geológicos e sísmicos disponíveis, é possível, no entanto, concluir que a região estudada mostra baixa sismicidade natural e pequena susceptibilidade a ocorrência de sismos induzidos pela ação antrópica, cujo nível de intensidade não deverá ser elevado, estimando-se o mesmo em torno de IV-V MM.

O Quadro 2-1, relaciona os eventos sísmicos ocorridos na região delimitada no desenho 8794-00-6B-DE-2006-0.

Quadro 2-1
Eventos Sísmicos Instrumentados ou Relatados na Região Delimitada

Nº	ANO	LOCALIDADE-ESTADO	INTENSID.	MAGNITUDE	COMENTÁRIO-OBSERVAÇÕES
3 r	1824	CAXAMBU - MG	IV - V	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
4 r	1839	CAMPANHA - MG	IV	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
5 r	1920	BOM SUCESSO - MG	VI	4,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
5A i	1977	BOM SUCESSO - MG	-	2,6	UM OUTRO EVENTO NO MESMO DIA E ANO, CERCA DE 5 MINUTOS ANTES, DE MAGNITUDE 2,1. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
7 r	1861	POUSO ALTO - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
8 r	1861	LORENA - SP	V	4,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)

Quadro 2-1
Eventos Sísmicos Instrumentados ou Relatados na Região Delimitada

Nº	ANO	LOCALIDADE-ESTADO	INTENSID.	MAGNITUDE	COMENTÁRIO-OBSERVAÇÕES
9 r	1863	CAMPANHA - MG	IV	3,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
13 r	1883	ALÉM PARAÍBA - MG	III	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
14 r	1884	POUSO ALEGRE - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
15 r	1886	SÃO PEDRO - RJ	V	4,3	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
16 r	1908	MARIANA - MG	-	-	VÁRIOS EVENTOS EM 1898, SEM NOTAÇÃO DE INTENSIDADE. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
18 r	1911	SÃO FIDÉLIS - RJ	IV	-	DOIS OUTROS EVENTOS EM 1904 E 1906 DE MESMA INTENSIDADE. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
20 r	1906	CARANDÁI - MG	IV - V	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
22 r	1917	CAMPOS - RJ	V	4,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
25 r	1920	PEDRA NEGRA - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
26 r	1922	ENTRE RIOS - MG	-	-	DOIS OUTROS EVENTOS, UM DIA DEPOIS, SEM NOTAÇÃO DE INTENSIDADE. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
30 r	1961	CAXAMBU - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
31 r	1962	RIO DE JANEIRO - RJ	V	3,2	UM OUTRO EVENTO EM 1972, SEM NOTAÇÃO DE INTENSIDADE. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
33 r	1964	PONTEVILA - MG	VI	-	DOIS EVENTOS. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
34 r	1965	REG. FURNAS - MG	IV - V	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
35 r	1966	TIMBORÉ - MG	-	-	ANO DUVIDOSO, VÁRIOS EVENTOS. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
36 r	1967	CUNHA - SP	VI - VII	4,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
37 r	1967	SÃO GONÇALO - RJ	V - VI	3,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
38 r	1767	SILVIANÓPOLIS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
39 r	1767	CABO VERDE - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
40 r	1972	CARMO DO CAJURU - MG	VI	3,7	QUATRO OUTROS EVENTOS, DE 1970 A 1978, DE INTEN. IV A VI E ALGUNS INSTRUMENTADOS. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
41 r	1972	CAMPOS - RJ	V	4,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
43 i	1975	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
44 i	1975	PLAT. CONTINENTAL - SP	-	3,4	SISMO SITUADO NO LIMITE DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
45 i	1977	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
46 i	1977	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
49 r	1977	PARAIBUNA - SP	IV	3,3	VÁRIOS OUTROS EVENTOS EM 1977 E 1979 DE INTENSIDADE III A IV. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 Km)
51 i	1979	JACEABA - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 Km)
52 i	1979	S. J. DOS CAMPOS - SP	-	2,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
55 i	1980	CARMO DO CAJURU - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
56 i	1980	FORMIGA - MG	-	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
58 r	1981	B. ESPERANÇA - MG	-	-	VÁRIOS EVENTOS. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
61 i	1981	ALFENAS - MG	-	3,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
62 i	1982	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,0	UM OUTRO EVENTO NO MESMO DIA E ANO, CERCA DE 2 MINUTOS ANTES DE MAGNITUDE 2,8. SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (= 320 km)
63 i	1972	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
64 r	1982	VARGINHA - MG	IV	3,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
65 r	1982	MENDANHA - RJ	IV - V	3,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
66 r	1982	CACONDE - SP	V	3,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
69 i	1982	FURNAS - MG	-	3,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
71 i	1983	ALFENAS - MG	-	2,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
74 i	1984	PARAIBUNA - SP	II	2,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
75 i	1984	TRÊS PONTAS - MG	-	2,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
76 i	1984	PLAT. CONTINENTAL - SP	-	2,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
77 i	1984	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
78 i	1984	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	3,6	SISMO SITUADO NO LIMITE DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320km)
79 i	1984	PARAIBUNA - SP	III	2,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
80 i	1984	CARANDÁI - MG	-	3,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
81 i	1981	CONS. LAFAEYETE - MG	-	3,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
82 i	1984	CARMO RIO CLARO - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
84 i	1985	JUIZ DE FORA - MG	II - III	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
85 i	1985	IGARATÁ - SP	V - VI	2,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
86 i	1986	JUIZ DE FORA - MG	III	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
87 i	1986	BELO HORIZONTE - MG	II	2,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
88 i	1986	JUIZ DE FORA - MG	IV	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)

Quadro 2-1 Eventos Sísmicos Instrumentados ou Relatados na Região Delimitada

Nº	ANO	LOCALIDADE-ESTADO	INTENSID.	MAGNITUDE	COMENTÁRIO-OBSERVAÇÕES
89 i	1986	JUIZ DE FORA - MG	IV	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
90 i	1986	S.L. PARATI - SP	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
91 i	1986	PEDRO LEOPOLDO - MG	IV	1,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
93 i	1987	JUIZ DE FORA - MG	V	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
94 i	1987	S.G.SAPUCAÍ - MG	-	2,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
95 i	1987	S.J. DEL REI - MG	-	2,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
96 i	1987	VASSOURAS - RJ	-	1,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
97 i	1987	MATOZINHOS - MG	-	3,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
99 i	1987	NAT. SERRA - SP	-	1,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
100 i	1987	CARMO DO CAJURU - MG	-	2,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
101 i	1988	PARAIBUNA - SP	-	2,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
102 i	1988	PARAIBUNA - SP	-	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
103 i	1988	MONSUABA - RJ	V	2,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
104 i	1988	MONSUABA - RJ	IV - V	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
107 i	1989	PARAIBUNA - SP	-	2,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
108 i	1989	RIO CLARO - RJ	-	1,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
109 i	1989	MARIANA - MG	-	3,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
110 i	1989	PARAIBUNA - SP	-	2,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
111 i	1989	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	2,3	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
112 i	1989	VOLTA REDONDA - RJ	-	2,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
113 i	1989	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	2,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
114 i	1989	CAMBUQUIRA - MG	-	2,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
115 i	1989	CARAGUATATUBA - SP	IV	0,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
116 i	1989	MARIANA - MG	-	3,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
119 i	1990	ALFENAS - MG	-	3,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
120 i	1990	PORTO ALEGRE - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
121 i	1990	IGARATÁ - SP	-	2,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
122 i	1991	JUIZ DE FORA - MG	-	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
123 i	1991	PARAIBUNA - SP	-	2,3	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
124 i	1991	MONSUABA - RJ	-	2,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
125 i	1991	JUIZ DE FORA - MG	III	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
126 i	1991	PARAIBUNA - SP	III - IV	2,3	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
127 i	1991	MONSUABA - RJ	III - IV	2,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
128 i	1991	PLAT. CONTINENTAL - SP	-	3,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
129 i	1991	MONSUABA - RJ	III	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
130 i	1991	PONTEVILLA - MG	-	2,4	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
132 i	1991	AREADO - MG	-	2,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
133 i	1992	BARBACENA - MG	V	3,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
134 i	1992	BETIM - MG	IV - V	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
135 i	1992	BARBACENA - MG	III - IV	3,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
136 i	1992	BETIM - MG	V - VI	2,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
137 i	1992	BARBACENA - MG	II	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
138 i	1992	PARAIBUNA - SP	IV - V	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
139 i	1992	ITAPECERICA - MG	-	1,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
140 i	1992	BARBACENA - MG	-	3,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
141 i	1992	BETIM - MG	-	2,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
142 i	1992	SETE LAGOAS - MG	-	3,2	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
143 i	1993	FORMIGA - MG	-	3,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
146 i	1993	FORMIGA - MG	-	2,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
148 i	1993	ITAÚNA - MG	-	1,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
152 i	1993	FORMIGA - MG	-	1,8	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
154 i	1993	ITAPECERICA - MG	-	2,3	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
154A i	1993	CAXAMBU - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
155 i	1993	CARANDÁ - MG	-	2,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
156 i	1993	BETIM - MG	-	3,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
157 i	1993	BETIM - MG	-	2,9	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
158 i	1993	BETIM - MG	-	3,1	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)
159 i	1994	ITAÚNA - MG	-	2,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIOS DE 200 MILHAS (=320 km)

Quadro 2-1
Eventos Sísmicos Instrumentados ou Relatados na Região Delimitada

Nº	ANO	LOCALIDADE-ESTADO	INTENSID.	MAGNITUDE	COMENTÁRIO-OBSERVAÇÕES
160 i	1994	CONGONHAS - MG	-	1,6	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
161 i	1994	FORMIGA - MG	-	2,0	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
164 i	1994	DIVINÓPOLIS - MG	-	1,7	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
168 i	1994	MANHUAÇÚ - MG	-	1,5	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
169A i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
173 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
174 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
178 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
180 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
181 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
182 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
183 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
184 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
185 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
186 i	-	BELO HORIZONTE - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
187 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
191 i	-	BELO HORIZONTE - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
192 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
193 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
194 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
195 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO LIMITE DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
199 i	-	PLAT. CONTINENTAL - SP	-	3,4	SISMO SITUADO NO LIMITE DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
203 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
204 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
205 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
207 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
208 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
209 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
210 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
211 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
215A i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
217 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
219 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
222 i	-	IGARATÁ - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
223A r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
225 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
238 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
239 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
242 i	1989	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
240 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
241 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
248 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
252 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
253 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
254 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
255 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
256A r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
259 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
261 i	1989	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
268 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
269 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
271 i	1989	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
272 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
277 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
294 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
296 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
298 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
300 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
302 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)

Quadro 2-1
Eventos Sísmicos Instrumentados ou Relatados na Região Delimitada

Nº	ANO	LOCALIDADE-ESTADO	INTENSID.	MAGNITUDE	COMENTÁRIO-OBSERVAÇÕES
305 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
306 r	-	PLAT. CONTINENTAL - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
307 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
308 r	-	ESTADO DO RIO - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
311 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
314 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
320 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
325A i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
327 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
328 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
329 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
331 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
332 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
333 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
334 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
335 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
336 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
338 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
339 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
345 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
346 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
347 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
348A r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
358 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
363 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
364 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
368 r	-	PLAT. CONTINENTAL - RJ			
370 i	-	PARAIBUNA - SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
375 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
376 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
377 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
381 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO LIMITE DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
387 r	-	ESTADO SÃO PAULO- SP	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
389 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
406 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)
409 r	-	ESTADO DE MINAS - MG	-	-	SISMO SITUADO NO INTERIOR DO CÍRCULO COM RAIO DE 200 MILHAS (=320 km)

NOTA: 43 i = sismo instrumentado; 3 r = sismo relatado
 FONTE: Eventos Sísmicos Catalogados – UNB-DF

A respeito da sismicidade induzida, as obras de engenharia podem provocar pequenos tremores ou mesmo sismos de magnitude moderada a forte, induzidos por desabamentos ou por modificação no equilíbrio crustal.

No caso de reservatórios, o acréscimo provocado pelo peso da água é normalmente pequeno, quando comparado com as tensões reinantes em profundidades. No entanto, a ruptura por cisalhamento do maciço rochoso pode ocorrer por acréscimo de pressões neutras que, reduzindo a tensão normal efetiva nos planos de falha ou fratura, possibilitam o deslizamento sem modificação tanto da tensão cisalhante como da resistência ao cisalhamento.

Entretanto, para que ocorram sismos induzidos, o estado de tensões já deve se encontrar próximo da ruptura, visto que as tensões introduzidas pelo enchimento de reservatórios são pequenas em relação as tensões liberadas pelos sismos.

O estágio atual de conhecimento do assunto não é suficiente para previsões definitivas, todavia, recomenda-se a adoção do "Terremoto de Projeto" com intensidade VI da Escala Mercalli Modificada, o que corresponde a valores de aceleração máxima de 0,06 g, para a fundação das estruturas de barramento em rocha e de 0,08 g, para a fundação em solo firme ou de boas características de resistência.

Os abalos sísmicos com intensidade V podem produzir danos em construções de alvenaria de má qualidade e provocar escorregamentos de encostas, principalmente daquelas já em estado crítico de equilíbrio. Porém, a instabilidade de taludes vinculada a fenômenos sísmicos é historicamente mais remota do que a ocorrência de sismos induzidos pelos reservatórios de barragens.

2.4 - Recursos Minerais

Os principais bens minerais reconhecidos na Área de Influência Indireta do empreendimento encontram-se nas rochas marmorizadas e nos pegmatitos. Os mármores (calcários metamórficos), utilizados principalmente na fabricação de cimento, cal e corretivos de solo, são encontrados em lentes, na região de Mar de Espanha, Sul de Santo Antônio do Aventureiro e Valença, onde existem pedreiras em lavra e outras paralisadas. Os pegmatitos ocorrem em diversas faixas distintas nos arredores de Mar de Espanha, produzindo caulim, feldspato e mica, cuja variedade "rubi" é bastante explorada.

O caulim e o feldspato são utilizados na indústria cerâmica juntamente com as argilas, cujos depósitos mais importantes ocorrem em Barra do Piraí e Mendes.

Os quartzitos constituem excelente material para construção, utilizados em larga escala na pavimentação de estradas vicinais.

Vários areais localizados em bancos de areia (submersos durante a época de chuvas) são encontrados ao longo do rio Paraíba do Sul entre Três Rios e Anta, sendo alguns deles explorados comercialmente por firmas particulares.

Além desses recursos, são exploradas na área, pedreiras de granito e gnaiss, utilizados para construção civil.

a) Direitos Minerais

A região em estudo apresenta uma quantidade expressiva de ocorrências de depósitos de areia e argila, de valor econômico para os municípios do Vale do Paraíba do Sul. Os reservatórios a serem formados pelo Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício-Queda Única inundarão cerâmicas (especialmente a Cerâmica Porto Velho), dois Portos de Areia (Areal 21 e areal BR-393) e algumas jazidas de areia (4) e argila (4) situadas na bacia do rio.

Há interferências também em áreas com alvará de pesquisa ou requerimento de pesquisa de ouro, caulim, granito, e gnaiss.

Os processos minerários em tramitação junto ao DNPM, cujas áreas encontram-se na região de influência direta do empreendimento, estão discriminados, no Quadro 2-2, e localizados nos desenhos 8794-00-6B-DE-2001-0, 2002-0, 2003-0, 2004-0 e 2005-0.

Quadro 2-2
AHE Simplício - Queda Única: Processos Minerários na Área de Influência Direta
Processos Ativos no DNPM

Nº DO PROCESSO	DATA DE ENTRADA DO PROCESSO	ÚLTIMO EVENTO	SITUAÇÃO	TITULAR	SUBSTÂNCIA	ÁREA REQUERIDA (HECTARES)	
						INICIAL	ATUAL
70810197	20/07/70	06/12/02	Concessão de Lavra – Notificação Recolhimento CFEM P	Ita Mineração Ltda	Calcário dolomítico	26	26
76809548	22/09/76	21/11/02	Concessão de Lavra – Doc. Diverso Protocolizado	Scholler Artefatos de Cimento e Exploração de Pedreira Limitada	granito	38,50	38,50
79890203	29/10/79	28/10/03	Licença – Doc. Diverso Protocolizado	Pedreira S. Sebastião-Ltda	gnaisse	12,45	12,45
91831261	04/09/91	31/07/03	Autorização Pesquisa – Taxa TAH Efetuada	José Carlos Soares de Azevedo	quartzo	982,76	912,3
91831360	24/09/91	31/07/95	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuada	José Manoel Teixeira	manganês	943,71	943,71
93830757	17/03/93	12/05/03	Autorização Pesquisa – Multa Aplicada Rel. Pesq.	Otomiro Tofani Guedes	ouro	675	675
94890170	04/03/94	04/03/94	Licenciamento/Requerimento Licenciamento Protocolizado	Transterra Geohydro Engenharia	areia quartzosa	15	15
95890179	18/05/95	22/04/03	Autorização de Pesquisa – Auto Infração Multa TAH	Cedenir Fernando Barbosa Lima	argila refratária	420	420
96830721	27/03/96	12/05/03	Autorização de Pesquisa – Auto Infração Multa Rel. Pesq.	Cosme Fernando Vieira	argila refratária	198,5	181,07
96830723	27/03/96	12/05/03	Autorização Pesquisa – Auto Infração Multa Rel. Pesq.	Cosme Fernando Vieira	argila refratária	199,75	199,75
96830724	27/03/96	12/05/03	Autorização de Pesquisa – Auto Infração Multa Rel. Pesq.	Cosme Fernando Vieira	argila refratária	194,25	194,25
96830726	27/03/96	29/01/03	Autorização Pesquisa – Multa Aplicada Rel. Pesq.	Cosme Fernando Vieira	caulim	200	200
96830727	27/03/96	29/09/03	Autorização Pesquisa – Multa Aplicada Rel. Pesq.	Cosme Fernando Vieira	caulim	200	175,29
96832063	12/07/96	03/04/98	Licenciamento/Licenciamento Autorizado Publicado	Ivany Coutinho	argila	50	24,44
96890012	15/01/96	07/01/03	Licenciamento – Renovação Licença Autorizada Publicada	Zacharias Marcelo	granito	20,8	20,85
97830595	16/01/97	20/11/02	Autorização de Pesquisa – Multa Aplicada Rel. Pesq.	Luiz Eduardo Carvalho Caleia	areia	50	50
97890046	16/01/97	28/07/00	Autorização de Pesquisa / Pagamento TAH Efetuada	Cosme Fernando Vieira	turfa	1100	1100
99890390	02/09/99	28/07/00	Autorização Pesquisa – Pagamento da TAH Efetuada	Heraldo Teixeira da Silva	granito	50	50
00890290	04/08/00	03/01/03	Licenciamento – Exigência Publicada	Areal Sítio da Pedra Ltda	areia	3,77	3,78
00890312	24/08/00	03/06/03	Licenciamento – Pedido Renovação Licença Protocolizado	Areal Três Areias Ltda	areia	34,63	34,62
00890370	25/09/00	25/01/03	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Mário Luiz de Mello Correia	caulim	966	963,92
00890371	25/09/00	09/01/03	Autorização de Pesquisa – Pagamento Multa Efetuado Rel. Pesq.	Mário Luiz de Mello Correia	gnaisse	988	948,83
00890397	20/10/00	03/01/03	Licenciamento – Prorr. Prazo – Exig. Concessão Publicada	Areal Extrasol Ltda	areia	30,31	29,81
00890501	18/12/00	04/07/02	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Roberto Ernesto Magdalena	areia	48,69	16,11
00890503	18/12/00	07/03/01	Licenciamento – Licenciamento Autorizado Publicado	Olaria Fazenda das Palmeiras Ltda	argila	50	50
01830879	10/05/01	16/01/03	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Serafim Rodrigues da Costa Filho	gnaisse	50	50
01890034	01/02/01	16/08/01	Licenciamento – Renovação Licença Outorgada Publicada	Pedreira Marajoara Ltda	granito	34,5	27,03
01890173	04/05/01	30/01/03	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Areal Sítio da Pedra Ltda	areia	39,88	19,04

Quadro 2-2
AHE Simplício - Queda Única: Processos Minerários na Área de Influência Direta
Processos Ativos no DNPM

Nº DO PROCESSO	DATA DE ENTRADA DO PROCESSO	ÚLTIMO EVENTO	SITUAÇÃO	TITULAR	SUBSTÂNCIA	ÁREA REQUERIDA (HECTARES)	
						INICIAL	ATUAL
01890233	22/06/01	30/12/02	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Agnelo Vital Vieira	Água mineral	49,88	49,88
01890350	27/08/01	03/01/03	Licenciamento – Exigência Publicada	Areal Sítio da Pedra Ltda	areia	11,06	1,20
01890355	31/08/01	31/07/03	Autorização de Pesquisa – Pagamento TAH Efetuado	Carlos Roberto Kling	areia	49,81	45,23
01890433	30/10/01	17/09/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Agnelo Vital Vieira	Água mineral	49,38	49,38
02890029	25/01/02	23/09/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Agnelo Vital Vieira	Água mineral	50	50
02890276	03/07/02	17/09/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Cosme Fernando Vieira	argila	49,50	48,27
02890509	27/12/02	23/09/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Márcio José da Conceição Lara	areia	49,69	49,69
03890061	31/01/03	31/01/03	Requerimento de Pesquisa Completo Protocolizado	Cerâmica Argibem Ltda	argila	49,30	49,38
03890063	31/01/03	22/10/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Cerâmica Porto Velho Ltda	argila	48	29,88
03890064	31/01/03	22/10/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Cerâmica Porto Velho Ltda	argila	49,94	49,94
03890140	20/03/03	22/10/03	Autorização de Pesquisa – Alvará de Pesquisa 2 Anos Publicado	Cerâmica Ponte das Garças Ltda	argila	49,98	48,27
03890195	29/04/03	29/04/03	Licenciamento – Requerimento Licenciamento Protocolizado	Cerâmica Porto Velho Ltda	argila	5,13	5,13
03890198	30/04/03	02/07/03	Licenciamento – Documento Diverso Protocolizado	Cerâmica Argibem Ltda	argila	50	50
03890284	02/07/03	02/07/03	Licenciamento – Requerimento Licenciamento Protocolizado	Areal Sítio da Pedra Ltda	areia	11,06	9,87
03890371	29/08/03	29/08/03	Licenciamento – Requerimento Licenciamento Protocolizado	Areal Tres Áreas Ltda	areia	28,75	28,75

FONTE: DNPM / dezembro 2003

2.5 - Estabilidade e Erosão das Encostas

Muitas das áreas de implantação dos reservatórios constituem áreas de encostas que exibem acentuados desníveis e declividades, configurando uma certa potencialidade morfológica a escorregamentos das formações de cobertura.

A eventual combinação de tais fatores morfológicos regionais, com fatores geológico-geotécnicos que ocorrem em alguns locais, na área do empreendimento, como a presença de espessos horizontes de solos de alteração, acentuam a potencialidade a escorregamentos localizados.

Nos casos práticos, verificados em reservatórios implantados em áreas de características geomorfológicas similares, tais como as dos reservatórios de Paraibuna e Santa Branca, os escorregamentos ocorridos (quase que exclusivamente em solos superficiais ou no horizonte saprolítico) guardavam uma certa correlação com os fatores acima citados. Entretanto, a ruptura só ocorria de fato nesses locais, por causa da interveniência de

outros fatores, tais como, os exercidos pela ação antrópica (desmatamento, utilização das encostas como pastagens, implantação de rede viária).

Outros fatores que podem diminuir a estabilidade de encostas localizadas são decorrentes da saturação dos pés dos corpos de tálus e colúvios pelo enchimento dos reservatórios, das flutuações dos níveis d'água, do embate das ondas, de abalos provocados por sismos naturais ou induzidos e, finalmente, de intensas precipitações pluviométricas que podem se abater sobre a área.

Quanto aos processos erosivos, a região do médio Paraíba, na qual situa-se a área dos estudos, apresenta aspectos peculiares de clima, relevo, constituição geológica e ocupação humana que, em conjunto os influenciam.

A região está sujeita a condições de clima úmido, de alta pluviosidade, sobretudo nas áreas de planalto das serras do Mar e Mantiqueira, que fornece um escoamento de águas abundantes e torrenciais. A região é constituída, principalmente, por rochas gnássicas e migmatíticas, recobertas por solos saprolíticos e residuais de uma ou duas dezenas de metros de espessura. Deve-se levar em conta que a intensa ocupação agrícola, nestes dois últimos séculos, pela cultura do café, acarretou a devastação da sua vegetação original, resultando em vertentes praticamente nuas, sujeitas à atuação das águas de escoamento superficial.

Finalmente, sobressai-se nesse contexto a morfologia da área, onde o relevo regional constituído na sua maior parte por extensas encostas de planalto, implica predominância de vertentes de forte declividade e de rios de grande capacidade erosiva e energia de transporte.

Através dos estudos empreendidos à base de fotointerpretação, de sobrevôo e de apoio de campo, foram detectadas algumas áreas onde já se encontram instalados processos erosivos acelerados. Os locais onde esses processos surgem como mais críticos são os situados próximos aos canais de interligação e às faixas marginais dos reservatórios.

Processos erosivos e um possível assoreamento dos futuros lagos, vales e áreas com ocupação humana poderão surgir em decorrência da construção do empreendimento, merecendo atenção e soluções de engenharia durante o desenvolvimento do projeto.

3 - SOLOS

3.1 - Considerações Gerais

A presente seção constitui a síntese dos estudos pedológicos e avaliação da aptidão agrícola das terras desenvolvidos para a área de influência do empreendimento.

Seu principal objetivo é o diagnóstico morfológico e físico-químico dos solos, sua distribuição espacial, assim como da aptidão agrícola das terras e erodibilidade dos solos.

Para que o relatório não se torne repetitivo, as características pedológicas comuns às Áreas de Influência Direta e Indireta, estão descritas nesta seção.

Os estudos foram realizados a nível de reconhecimento de média intensidade, na Área de Influência Indireta (escalas de trabalho 1:100.000 e de apresentação 1:250.000), e de reconhecimento de alta intensidade, na Área de Influência Direta (escala 1:20.000), conforme normas preconizadas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa.

3.2 - Metodologia

A metodologia de trabalho está dividida em 3 fases distintas. A primeira de trabalhos preliminares de escritório, a segunda de levantamentos de campo e a terceira de trabalhos finais de escritório, intermediadas por uma fase de trabalhos de laboratório.

3.2.1 - Trabalhos Preliminares de Escritório

Os trabalhos da fase preliminar consistiram-se pela na compilação e análise dos estudos existentes, bem como do material cartográfico, imagens Landsat e fotografias aéreas.

Analisados os dados bibliográficos, foi executada uma fotointerpretação preliminar sobre as fotografias aéreas na escala 1:20.000 (1971), elaboradas pela Geofoto S.A., (Área de Influência Direta), e fotografias aéreas na escala 1:60.000 (1965), elaboradas pela USAF, (Área de Influência Indireta).

Na fotoanálise procurou-se registrar todas as características fisiográficas importantes às conceituações das classes e fases de solos a serem empregadas, ou seja, os dados referentes a relevo, vegetação, pedregosidade e litologia.

Com o resultado da fotoanálise e os dados dos estudos existentes, elaboraram-se o mapa e respectiva legenda preliminares de solos, que serviram de base para a programação dos trabalhos de campo.

3.2.2 - Trabalhos de Campo

Durante a campanha de campo foram descritos 23 perfis em trincheiras e/ou barrancos de estradas e executadas 52 sondagens a trado, para melhor identificação e caracterização das relações entre os solos e os diversos componentes ambientais do meio físico-biótico.

Ainda durante os trabalhos de campo, o mapa e a legenda preliminares sofreram diversas alterações, tendo sido acrescentadas, de acordo com a ocorrência, novas unidades de mapeamento, sendo eliminadas outras, por não estarem compatíveis com a representação cartográfica nas escalas de apresentação do trabalho.

Na descrição dos perfis e nas sondagens a trado adotaram-se as normas e definições constantes do "Soil Survey Manual" (1951, ref. 17) e da "Súmula da X Reunião Técnica" (SNLCS-Embrapa, 1979).

3.2.3 - Trabalhos Finais de Escritório

Ao final dos trabalhos de descrição morfológica dos solos, de coleta de amostras, do mapeamento de campo, e de posse dos dados das análises de laboratório, procedeu-se à classificação dos solos e à fotointerpretação final. As unidades delimitadas foram transferidas para bases cartográficas na escala 1:100.000, posteriormente reduzidas para 1:250.000 para apresentação da AII e ampliadas para 1:20.000 para apresentação da AID obtendo-se, dessa forma, os mapas finais de solos e suas respectivas legendas de identificação.

As amostras dos horizontes dos solos coletadas foram analisadas - física e quimicamente - no Laboratório de Solos da Solutec LTDA., no Rio de Janeiro.

Das atividades de escritório constaram, ainda, as revisões dos perfis, da legenda e das análises, e a redação e organização do presente estudo.

3.2.4 - Trabalhos de Laboratório

Os métodos de análise utilizados pelo laboratório da Solutec LTDA. para a caracterização dos solos estão contidos no Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa - 1979, ref. 19).

3.2.5 - Critérios para Classificação dos Solos

Os principais critérios adotados, aos níveis do levantamentos executados, para a classificação dos solos, são aqueles utilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos, da Embrapa.

3.2.6 - Aptidão Agrícola das Terras

As avaliações da aptidão agrícola das terras das Áreas de Influência Direta e Indireta do empreendimento são analisadas em conjunto. Os principais objetivos desta análise, são: fornecer subsídios para o planejamento das ações relacionadas ao programa de remanejamento da população afetada; possibilitar elementos para escolha de áreas para a eventual relocação da população rural; e propiciar os subsídios ao programa de proteção das margens do reservatório.

A aptidão agrícola das terras foi avaliada através da interpretação dos levantamentos de solos, executados na escala 1:100.000 e apresentados nas escalas 1:20.000 e 1:250.000, para as Áreas de Influência Direta e Indireta respectivamente. Nesta avaliação, levou-se em consideração características inerentes ao solo, tais como: textura, estrutura, profundidade efetiva, capacidade de permuta de cátions, saturação de bases, teor de matéria orgânica, pH, e fatores ambientais referentes à temperatura, umidade, pluviosidade, luminosidade, topografia, cobertura vegetal, pedregosidade e outros. Foram também considerados os fatores sócio-econômicos, culturais, e técnicas de manejo tradicionais na região, bem como a disponibilidade de mão-de-obra.

A aptidão agrícola das terras foi dividida em dois níveis:

- aptidão para lavouras de ciclo curto, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural;
- aptidão para culturas semiperenes e perenes.

A metodologia adotada tem como base o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, (Suplan-MA/Embrapa-SNLCS, Ramalho Et Alli, 1978) com algumas modificações, visando à introdução da avaliação da aptidão agrícola das terras para culturas semiperenes e perenes.

3.2.7 - Condições Agrícolas das Terras

Na avaliação das condições agrícolas das terras foi utilizado como objeto de comparação cinco fatores básicos (deficiência de fertilidade natural, deficiência de água, excesso de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização) de uma terra "hipotética" considerada ideal, com ótimas condições para o desenvolvimento de diversas culturas climaticamente adaptadas. As diferenças entre as várias terras e a terra ideal "hipotética" são consideradas como desvios ou limitações.

Na avaliação dos 5 fatores básicos citados, são admitidos os seguintes graus de limitação: Nulo, Ligeiro, Moderado, Forte e Muito Forte, além de graus intermediários.

3.2.8 - Níveis de Manejo Considerados

Considerando as práticas agrícolas disponíveis à maioria dos agricultores, num contexto específico - técnico, social e econômico - são considerados três níveis de manejo, que visam diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, para culturas anuais, e L, M e H, para culturas perenes.

- **Nível de Manejo A**

Este tipo de manejo é baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

- **Nível de Manejo B**

Este tipo de manejo é baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital, aliado aos resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

- Nível de Manejo C

Este tipo de manejo é baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital, aliado aos resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades; contudo, não levam em conta a irrigação, na avaliação da aptidão agrícola das terras.

No caso de pastagem plantada e de silvicultura, está prevista uma modesta aplicação de fertilizantes, defensivos e corretivos, que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural, está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

As terras consideradas viáveis de melhoramento total ou parcial, mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos, ou o emprego de técnicas como drenagem, controle da erosão, proteção contra inundações, remoção de pedras, etc., são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que este nível não implica técnicas de melhoramento.

Em função dos graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras, resulta a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado no Quadro 3-1, a seguir.

Quadro 3-1
AHE Simplício - Queda Única: Simbologia Correspondente às Classes de Aptidão Agrícola das Terras

CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	TIPO DE UTILIZAÇÃO								
	LAVOURAS ANUAIS PERENES						PASTAGEM PLANTADA	SILVICULTURA	PASTAGEM NATURAL
	NÍVEIS DE MANEJO						NÍVEL DE MANEJO B	NÍVEL DE MANEJO B	NÍVEL DE MANEJO A
	A	B	C	L	M	H			
Boa	A	B	C	L	M	H	P	S	N
Regular	a	b	c	l	m	h	p	s	n
Restrita	a	b	c	l	m	h	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras - Suplan/Embrapa

A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola, na simbologia dos subgrupos, indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Essa situação não exclui, necessariamente, o uso da terra com um tipo de utilização menos intensivo.

3.2.9 - Descrição dos Grandes Grupos de Solos

- Latossolo

São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte diagnóstico B latossólico, de textura média ou argilosa com teores de argila variando de 23% a 63% . Possuem seqüência de horizontes A; B e C, sendo muito porosos e permeáveis.

São características desse grande grupo de solos os baixos teores de silte, baixa relação silte/argila inferior a 0,7, ausência de minerais facilmente intemperizáveis e baixo gradiente textural, evidenciando distribuição relativamente uniforme de argila no solo.

O horizonte A apresenta desenvolvimento variado de moderado a húmico, com teores de matéria orgânica entre 2% e 6%, teores de argila 23% a 48% e pH em água próximo a 5,0. Apresentam coloração nos matizes 10YR, 7,5YR, 5YR ou 2,5YR, estrutura moderada, pequena em blocos ou granular, consistência friável quando úmido, ligeiramente plástico a muito plástico e ligeiramente pegajoso a muito pegajoso quando molhado.

O horizonte B latossólico, de grande espessura, normalmente superior a 100 cm, apresenta textura franca, franco argilosa, argilosa ou muito argilosa com teores de argila variando de 26% a 63%, cores nos matizes 7,5YR, 5YR ou 2,5YR, estrutura forte, muito pequena e granular, consistência muito friável em úmido, ligeiramente plástico a muito plástico e ligeiramente pegajoso a muito pegajoso quando molhado.

O pH em água varia de 4,5 a 6,2, a soma de bases (valor S) de 1,00 a 1,90, capacidade de troca catiônica entre 4,83 e 12,47 meq/100g de solo e saturação por alumínio superior a 50% em grande parte de solos.

Ocorrem tanto na AID como na AII, sob condições de relevo ondulado a montanhoso com vegetação original de floresta tropical subcaducifolia.

Nesse grande grupo de solos foram identificadas oito unidades taxonômicas, diferenciadas entre si por cor, saturação com bases ou com alumínio, desenvolvimento do horizonte A, classe textural e fase de relevo, citadas a seguir.

Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado; como primeiro componente da unidade de mapeamento LEa, em ambas as áreas de influência, direta e indireta, além de quarto componente da unidade LVa₄, na Área de Influência Indireta.

Latossolo Variação Una distrófico A moderado textura argilosa e muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; como segundo componente da unidade de mapeamento LVd₁, na Área de Influência Indireta.

Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado textura média, fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado e forte ondulado; como primeiro componente da unidade LVa₁ e como segundo componente da unidade PEd₁, ambas da Área de Influência Indireta.

Latossolo Vermelho Amarelo álico A moderado textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; como primeiro componente das unidades de mapeamento LVA₂, LVA₃ e LVA₄, na Área de Influência Indireta.

Latossolo Vermelho-amarelo álico A proeminente textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia, relevo ondulado; esses solos ocorrem como segundo componente das unidades de mapeamento PEd₁ e PVd₂, da Área de Influência Direta e como primeiro componente das unidades LVA₅ e LVA₆ e segundo componente da PEd₂, ambas da Área de Influência Indireta.

Latossolo Vermelho-Amarelo álico A húmico textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia, relevo forte ondulado e montanhoso; esses solos foram mapeados exclusivamente na Área de Influência Indireta, como primeiro componente na unidade LVA₇, segundo nas unidades LVA₅ e Ca₁, como terceiro componente da unidade Ca₂ e quinto da unidade LVA₄.

Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado; ocorre como componente principal da unidade de mapeamento LVD₁, da Área de Influência Direta e como segundo componente da unidade LVA₁ do mapeamento da Área de Influência Indireta.

Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; esses solos ocorrem como componente principal das unidades LVD₂ e LVD₃ e como componente secundário da unidade LEa, na Área de Influência Direta. Ocorrem também como principal componente das unidades LVD₁, LVD₂ e LVD₃, e segundo componentes das LEa, LVA₇, PVd₂ e Ca₂ na Área de Influência Indireta.

- Brunizem

Este grande grupo é composto por solos minerais, não hidromórficos, com horizonte A chernozêmico, horizonte B textural e argila de atividade alta (Ta), valor T deduzida a contribuição da matéria orgânica próxima de 32 meq/100g de argila.

O horizonte A chernozêmico apresenta teores de matéria orgânica entre 1,5% e 2,4%, espessura acima de 27 cm, cores nos matizes 7,5YR e 5YR, textura argilosa, estrutura moderada pequena a média granular e consistência friável a firme em úmido e plástico a muito plástico e pegajoso quando molhado, valor V acima de 58% e pH em água em torno de 6,5.

O horizonte B textural apresenta gradiente textural, em relação ao horizonte A, maior que 1,6, cores nos matizes 5YR e 2,5YR, textura argilosa, com teores de argila variando de 38% a 58%, estrutura moderada, média a grande em blocos angulares com alta ocorrência de cerosidade, e consistência duro em seco, firme em úmido e muito plástico e muito pegajoso quando molhado. Apresenta ainda reação ligeiramente ácida, com pH em água em torno de 6,0, soma de bases em torno de 7,5, saturação com bases acima de 60% e atividade da argila maior que 24 meq/100g.

Ocorrem sob condições de relevo forte ondulado, fortemente drenados, relevo montanhoso, com declividade de 50% a 60%, e vegetação original de floresta tropical subperenifólia.

Desse grupo de solos, apenas a unidade taxonômica Brunizem Avermelhado textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo montanhoso foi identificada na área de estudo, como quarto componente da unidade de mapeamento PVe, tanto na Área de Influência Direta como na Indireta.

- Podzólico

Integram esse grande grupo solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural e argila de atividade baixa (Tb), ou seja, capacidade de troca catiônica deduzida a contribuição da matéria orgânica inferior a 24 meq/100g de argila. É comum nesses solos a presença de cerosidade entre as unidades estruturais. Ocorre comumente nesse grupo solos com caráter intergrade para Latossolo.

O horizonte A é de desenvolvimento moderado ou proeminente, teores de matéria orgânica variando de 1,07% a 2,80%, espessura entre 15 cm e 32 cm, cores nos matizes 10YR, 7,5YR ou 5YR, textura média ou argilosa, estrutura moderada a fraca, pequena ou média em blocos, consistência variando de firme a muito friável em úmido, de ligeiramente plástico a plástico e de ligeiramente pegajoso a pegajoso quando molhado.

O horizonte B textural caracteriza-se pela relação de argila entre os horizontes B e A, superior a 1,5 e/ou pela presença de cerosidade entre as unidades estruturais. A estrutura é variável sendo normalmente moderada, nos podzólicos típicos, e forte, pequena, granular nos latossólicos, com caráter intergrade para Latossolo. A textura é média, argilosa ou muito argilosa, com teores de argila entre 28% e 69%, e relação silte/argila normalmente inferior a 1, sendo inferior a 0,7 nos intergrades.

O pH em água varia de 4,2 a 6,4, a soma de bases (valor S), entre 1,03 e 7,23, saturação por bases (valor V) entre 10% e 57% e saturação por alumínio superior a 50% em alguns casos.

A capacidade de troca catiônica, após correção, é sempre inferior a 24 meq/100 g de argila e no caso das intergrades inferior a 13 meq/100g de argila.

Ocorrem sob condições de relevo variado, de plano a montanhoso, com declividade entre 1% e 50%, e vegetação de floresta tropical perenifolia e tropical subcadnifolia.

Nesse grande grupo de solos, foram identificadas quatorze unidades taxonômicas, diferenciadas entre si por: cor do horizonte diagnóstico, presença de caráter intergrade para Latossolo, saturação por alumínio, saturação com bases, desenvolvimento do horizonte A, presença de caráter abrupto, textura e fases de vegetação e relevo, citada a seguir.

Podzólico Vermelho-Escuro distrófico Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado e forte ondulado; esses solos foram mapeados exclusivamente na Área de Influência Indireta, como primeiro componente da unidade PEd₁, segundo componente da unidade PVA₂, terceiro da unidade LVA₂ e quarto da unidade LVA₃.

Podzólico Vermelho-Escuro distrófico Tb A moderado textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado; essa classe de solos ocorre como primeiro componente das unidades PEd₁ e PEd₂ e terceiro componente da unidade LEa, na Área

de Influência Direta, e como primeiro componente das unidades PEd₂ e PEd₃ e terceiro componente da unidade LEa, na Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho Escuro eutrófico Tb A moderado textura média/argilosa e argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e mantanhoso; esses solos foram mapeados como segundo componente da unidade de mapeamento PVe, na Área de Influência Direta, e como segundo componente das unidades PVe e PVa₁, na Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico álico A moderado textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado; esses solos foram registrados exclusivamente na Área de Influência Indireta, como terceiro componente das unidades de mapeamento PVa₂ e PVD₄.

Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico distrófico A moderado textura média fase floresta tropical subcaducifolia relevo suave ondulado; essa classe de solos ocorre como primeiro componente da unidade PVD₁ em ambas as áreas de influência, direta e indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico distrófico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado; essa classe de solos ocorre como segundo componente da unidade PVD₁ da Área de Influência Direta, e como primeiro componente da unidade PVD₂ e segundo componente das unidades PVD₁, PVa₃ e LVD₂, no mapeamento da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico distrófico A proeminente textura média fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado, essa classe de solos ocorre na unidade de mapa LVD₂, como segundo componente, na Área de Influência Direta e como componente terceiro da unidade LVA₇ no mapeamento da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho Amarelo álico Tb A moderado textura média/argilosa e argilosa/muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; ocorrem exclusivamente na Área de Influência Indireta, como primeiro componente da unidade PVa₁ e segundo componente das unidades LVA₂ e LVA₃.

Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb abrupto A moderado textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado; essa classe de solos ocorre exclusivamente como primeiro componente das unidades PVa₂ e PVa₃ do mapeamento da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado textura média/argilosa com concreção fase floresta tropical subcaducifolia relevo suave ondulado e ondulado; essa classe de solos ocorre como primeiro componente na unidade PVD₂ e como terceiro componente na unidade LVD₁, ambas na Área de Influência Direta. Ocorre também como primeiro componente na unidade PVa₄ e como segundo componente na unidade PVD₃, no mapeamento da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente textura argilosa/muito argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo plano e suave ondulado; essa classe de solos ocorre como principal componente da unidade PVD₃ tanto no mapeamento da Área de Influência Direta como no da Indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; essa classe de solos ocorre como quinto componente da unidade PVe, do mapeamento da Área de Influência Direta, e como primeiro componente da unidade PVd₄, segundo da unidade PVd₅, terceiro nas unidades LVa₁ e PEd₁ e quinto da unidade PVe, do mapa da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; essa classe de solos ocorre como segundo componente da unidade de mapa PEd₂ no estudo da Área de Influência Direta e como primeiro componente da unidade PVd₅, segundo nas unidades LVa₆ e PEd₃, terceiro na unidade Ped₂ e quarto nas unidades LVa₁ e LVd₁, do mapeamento da Área de Influência Indireta.

Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico Tb A moderado textura média/argilosa e média/muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; ocorrem como primeiro componente da unidade PVe em ambas as áreas de influência, e como segundo componete da unidade PVd₄, da Área de Influência Indireta.

- Cambissolos

Esse grande grupo compreende solos minerais caracterizados pela presença de um horizonte (B) incipiente, com seqüência de horizontes A (B) e C ou A, (B).

O horizonte A é de desenvolvimento moderado, com espessura variando em torno de 15 cm, cores nos matizes 7,5YR e 5YR, teores de matéria orgânica próximo a 3,0%, textura variando de franco argilosa a argilosa, com teores de argila superiores a 27%. A estrutura é moderada, pequena ou média em blocos ou granular, a consistência em úmido ligeiramente firme a friável e plástico e pegajoso a muito pegajoso quando molhado.

O horizonte (B) incipiente, de espessura variável com características intermediárias para C em sua parte inferior, tem cores predominantes nos matizes 7,5YR e 5YR, textura média ou argilosa e argila de baixa atividade. A saturação por bases é sempre inferior a 50% e a saturação por alumínio é superior a 50% em algumas das unidades taxonômicas, conferindo caráter álico a esses solos.

Esse grande grupo de solos ocorre indistintamente tanto na Área de Influência Direta quanto na indireta do AHE de Simplício, sob condições de relevo ondulado a escarpado, fase pedregosa ou não pedregosa, e vegetação natural de floresta tropical subperenifólia. Na área dos estudos foram identificadas 4 unidades taxonômicas.

Cambissolo álico Tb A moderado textura média fase floresta tropical subcaducifolia relevo montanhoso; essa classe de solos ocorre como segundo componente na unidade LVd₃ e como terceiro componente na unidade LVd₂, no mapa da Área de Influência Direta. Ocorre também como primeiro componente nas unidades Ca₁ e Ca₂, como segundo nas unidades LVa₄ e LVd₃, como terceiro nas unidades LVa₃, LVa₆, LVd₂, PVd₂ e PVd₅, como quarto na unidade LVa₂ e como quinto nas unidades LVa₁ e PVd₄, no mapeamento da Área de Influência Indireta.

Cambissolo álico Tb A moderado textura média e argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo montanhoso e escarpado; registrados exclusivamente na Área de Influência Indireta, como terceiro componente da unidade de mapeamento PVA₁.

Cambissolo distrófico Tb A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo ondulado; essa classe de solos ocorre como segundo componente na unidade LVD₁ e terceiro nas unidades PVD₁ e PVD₂, nos estudos da área influência direta. Ocorre também como segundo componente na unidade PVA₄, terceiro nas unidades PVD₁ e PVD₃ e como quarto na unidade LVA₇, do mapeamento da Área de Influência Indireta.

Cambissolo distrófico Tb A moderado textura média e argilosa, fase pedregosa e não pedregosa floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; esses solos foram registrados exclusivamente na Área de Influência Indireta, como terceiro componente da unidade LVD₁ e quarto da unidade PVA₂.

- Solos Aluviais

São solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, derivados de sedimentos aluviais ou colúvio-aluviais, com seqüência de horizontes A-C, sendo, essa última, estratificada em camadas sem relação pedogenética entre si e características físicas e químicas variadas.

Na área estudada, apenas uma unidade taxonômica foi identificada; Aluvial distrófico A moderado textura média/argilosa fase floresta higrófila de várzea relevo plano e suave ondulado, que ocorre tanto na Área de Influência Indireta, unidade de mapeamento Ad, como primeiro componente, quanto na Área de Influência Direta, unidade de mapa PVD₃, como segundo componente.

- Solos Litólicos

Compreende solos minerais, pouco desenvolvidos, com seqüência de horizontes A,C,R ou A,R, caracterizados pela pouca profundidade efetiva, inferior a 50 cm.

Morfologicamente esses solos caracterizam-se apenas pelo horizonte A, de desenvolvimento moderado e espessura normalmente inferior a 20 cm.

Na área de estudo foram identificadas quatro unidades taxonômicas, que ocorrem tanto na Área de Influência Indireta quanto na Área de Influência Direta, sempre associadas a Latossolos, Podzólicos ou Cambissolos.

Litólico álico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; essa classe de solos ocorre como terceiro componente na unidade PEd₁ e como quarto na unidade LVA₂, da Área de Influência Direta; ocorrem ainda nas unidades LVA₄, LVA₅, LVD₃, PVA₄ e Ca₁, como terceiro componente; nas unidades LVA₆, PEd₁ e PVD₅ como quarto componente e na unidade PVA₂, como quinto componente, na Área de Influência Indireta.

Litólico álico A moderado textura média e argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo montanhoso e escarpado; esses solos ocorrem exclusivamente como quarto componente da unidade de mapeamento PVA₁, da Área de Influência Indireta.

Litólico distrófico A moderado textura média e argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo montanhoso; essa classe de solos ocorre como terceiro componente da unidade de mapa PEd₂ da Área de Influência Direta; ocorre ainda como terceiro componente nas unidades PVa₃ e PEd₃ além de quarto componente na Ca₂, do mapa de solos da Área de Influência Indireta.

Litólico entrófico A moderado textura média e argilosa, fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso; esses solos foram registrados como terceiro componente da unidade de mapeamento PVe, am ambas as áreas de influência.

- Glei Pouco Húmico

São solos minerais, hidromórficos, caracterizados por apresentar forte processo de gleização. Formam-se sob condições de restrição à drenagem, sujeitos a excessos de umidade por algum período ou mesmo durante todo o ano.

Possuem seqüência de horizontes A, Cg, textura argilosa e muito argilosa. Esse grupo de solos ocorre apenas em uma unidade de mapa na Área de Influência Direta (PVd₃) como terceiro componente e outra na Área de Influência Indireta (Ad) como segundo componente, tendo sido identificada apenas uma unidade taxonômica: Glei Pouco Húmico distrófico A moderado textura argilosa/muito argilosa fase floresta higrófila de várzea, relevo plano e levemente suave ondulado.

- Afloramento de Rocha

Os afloramentos de rocha não constituem solos propriamente ditos e sim tipo de terreno, apresentando exposições de gnaisses, dominantes na área, e, em escala restrita, os diabásios.

Associam-se à topografia muito movimentada com predomínio de formas acidentadas e condições de relevo ondulado a montanhoso, com declividade variando de 8% a 60%.

Ocorrem associados a solos Litólicos, Cambissolos, Latossolos e Podzólicos, sempre como último componente das unidades de mapa LVa₃, LVa₅, LVa₆, LVd₁, PEd₂, PVa₁ e Ca₂ da Área de Influência Indireta e na unidade LVd₂ da área influência direta. Ocorrem ainda como primeiro componente da unidade AR na Área de Influência Direta, associados a solos aluviais, sob condições de relevo plano e suave ondulado, formando as pequenas ilhas fluviais rochosas.

3.2.10 - Avaliação das Classes de Aptidão Agrícola e Erodibilidade

O quadro de avaliação da aptidão agrícola a seguir, denominado quadro-guia, constitui uma orientação geral para a classificação da aptidão agrícola das terras, em função de seus graus de limitação, relacionados com os níveis de manejo A, B e C.

A classe de aptidão agrícola dos solos, de acordo com os diferentes níveis de manejo, é obtida em função do grau limitativo mais forte, referente a qualquer um dos fatores que influenciam a sua utilização agrícola: deficiência de fertilidade; deficiência de água; excesso de água (deficiência de oxigênio); suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização.

Para a avaliação da erodibilidade dos solos foram considerados os graus de limitação quanto à suscetibilidade a erosão atribuída às unidades taxonômicas, para o nível de manejo A, de menor grau de interferência nos solos, da avaliação da aptidão agrícola das terras.

Na avaliação da Erodibilidade dos Solos são utilizadas as seguintes classes: **Nulo**, **Ligeiro**, **Moderado**, **Forte** e **Muito Forte**, além de classes intermediários.

De forma semelhante à aptidão, a erodibilidade atribuída às unidades de mapeamento também consideram a classe do principal componente da associação de solos.

O Quadro 3-2, a seguir, apresenta as unidades de mapeamento, respectivas classes de aptidão agrícola das terras e ocorrência das mesmas na Área de Influência Indireta do aproveitamento, e a interpretação das mesmas.

Quadro 3-2
AHE Simplício-Queda Única: Avaliação da Aptidão Agrícola para Culturas de Ciclo Curto das Unidades Taxonômicas das Áreas de Influência Indireta e Direta

UNIDADES TAXONÔMICAS	CULTURAS DE CICLO CURTO														
	FERTILIDADE			DEFICIÊNCIA DE ÁGUA			EXCESSO DE ÁGUA			SUSCETIBILIDADE À EROSIÃO			IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Lea A mod. g. fl. trop. subcad. fond.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F	F	F
Lud A mod. g. e gg. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
LVa A mod. m. fl. trop. subcad. ond. e fond.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M ₁	L/M ₂	M/F	M/F	M/F
LVa A mod. g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	ML ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
LVa A proe. g. fl. trop. subcad. ond.	M	ML ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	M	L/m ₁	L ₂	M	M	M
LVa A hum. g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	ML ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
LVd A mod. m. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M	L/M ₁	L ₂	M	M	M
LVd A mod. g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₁	F/MF	F/MF	F/MF
BV g. fl. trop. subcad. mont.	N	N	N	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	M/F	M/F	M/F
PEd Tb A mod. m/g fl. trop. subcad. ond e fond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	F	M ₁	L/M ₂	M/F	M/F	M/F
PEd. Tb A mod. g. fl. trop. subcad. fond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	M/F ₁	M ₂	F	F	F
PEe Tb A mod. m/g. e g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	L	L/N	N	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
PVLa A mod. g. fl. trop. subcad. fond.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F	F	F
PVLd A mod. m. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L ₁	N ₂	L	L	L
PVLd A mod. m/g. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	M	L/M ₁	L ₂	M	M	M
PVLd A proe. m. fl. trop. subcad. fond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F	F	F
PVa Tb A mod. m/g. e g/gg. fl. trop. subcad. fond. e mont	M	ML ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
PVa Tb ab. A mod. m/g fl. trop. subcad. ond.	M	ML ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	F/MF	M/F ₁	M ₂	F	F	F
PVa Tb A mod. m/g c/cn. fl. trop. subcad. sond. e ond.	M	ML ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M	L/M ₁	L ₂	M	M	M
PVd Tb A proe. g/gg. fl. trop. subcad. pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	N/L	N ₁	N ₁	N/L	N/L	N/L
PVd Tb A proe. m/g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
PVd Tb A mod. m/g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
PVe Tb A mod. m/g. e m/gg. fl. trop. subper. fond. e mont.	L	L/N	N	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
Ca Tb A mod. m. fl. trop. subcad. mont.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F/MF ₁	F ₂	MF	MF	MF
Ca Tb A mod. m. e g. fl. trop. subcad. mont e escarp.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F/MF ₁	F ₂	M/F	M/F	M/F
Cd Tb A mod. m/g. fl. trop. subcad. ond	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	N	N	N	M/F	L/M ₁	L ₂	M	M	M
Cd Tb A mod. m. e g. fl. trop. subcad. fase pedr. e não pedr. fond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	M/F	M/F	M/F
Ad A mod. m/g. fl. higrof. várzea pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	N/L	N/L	N/L	L	L	N/L ₂	N/L	N ₁	N ₁	N/L	N/L	N/L
GPH d A mod. g/gg. fl. higrof. várzea pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	N/L	N/L	N/L	M	M	M/L ₂	N/L	N ₁	N ₁	N/L	N/L	N/L
Ra A mod. g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M/F	M ₁	M/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF
Ra A mod. m. e g. fl. trop. subcad. mont. e escarp.	M	M/L ₁	L ₂	L	L	L	N	N	N	MF	F/MF ₁	F ₂	M/F	M/F	M/F
Rd A mod. m. e g. fl. trop. subcad. mont.	M/F	M ₁	M/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	M/F ₁	F ₂	MF	MF	MF
Re A mod. m. e g fl. trop. subcad. fond e mont.	M/F	M ₁	M/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF

Quadro 3-3

Avaliação da Aptidão Agrícola para Culturas de Ciclo Longo das Unidades Taxonômicas das Áreas de Influência Indireta e Direta - AHE Simplício

UNIDADES TAXONÔMICAS	CULTURAS DE CICLO LONGO																
	FERTILIDADE			DEFICIÊNCIA DE ÁGUA			EXCESSO DE ÁGUA			SUSCETIBILIDADE À EROSÃO			IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO			CICLO CURTO	CICLO LONGO
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H		
LEa A mod. g. fl. trop. subcad. fond.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M ₁	L/M ₂	F	F	F	4p	3 (1)
LUd A mod. g. e gg. fl. trop. subcad. fond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
LVa A mod. m. fl. trop. subcad. ond. e fond.	M	M/L ₁	L ₂	M	M	M	N	N	N	M	L/M ₁	L ₂	M/F	M/F	M/F	3 (ab)	21 (a)
LVa A mod. g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
LVa A proe. g. fl. trop. subcad. ond.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L/M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	2a (bc)	21a (h)
LVa A hum. g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L/N	L/N	L/N	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
LVd A mod. m. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	N	N	N	L/M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	2a (bc)	21a (h)
LVd A mod. g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
BV g. fl. trop. subcad. mont.	L	L	L	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	M/F	M/F	M/F	6	6
PEd Tb A mod. m/g fl. trop. subcad. ond e fond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/N	L/M	N	N	N	M	L/M ₁	L ₂	M/F	M/F	M/F	3 (ab)	21 (a)
PEd Tb A mod. g. fl. trop. subcad. fond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M ₁	L/M ₂	F	F	F	4p	3 (1)
PEe Tb A mod. m/g. e g. fl. trop. subcad. fond. e mont.	L	L/N	N	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
PVLa A mod. g. fl. trop. subcad. ond.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M ₁	L/M ₂	F	F	F	4p	3 (1)
PVLd A mod. m. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	N	N	N	N/L	N ₁	N ₁	L	L	L	2abc	21 ah
PVLd A mod. m/g. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L/M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	2a (bc)	21a (h)
PVLd A proe. m. fl. trop. subcad. ond.	M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	N	N	N	M/F	M ₁	L/M ₂	F	F	F	4p	3 (1)
PVa Tb A mod. m/g. e g/gg. fl. trop. subcad. ond. e mont	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
PVa Tb ab. A mod. m/g fl. trop. subcad. ond.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M ₁	L/M ₂	F	F	F	4p	3 (1)
PVa Tb A mod. m/g c/cn. fl. trop. subcad. ond. e ond.	M	M/L ₁	L ₂	M	M	M	N	N	N	L/M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	2a (bc)	21a (h)
PVd Tb A proe. g/gg. fl. trop. subcad. pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N	N	N	N/L	N/L	N/L	2abc	21ab
PVd Tb A proe. m/g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
PVd Tb A mod. m/g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
PVe Tb A mod. m/g. e m/gg. fl. trop. subper. ond. e mont.	L	L/N	N	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5N
Ca Tb A mod. m. fl. trop. subcad. ond.	M	M/L ₁	L ₂	M	M	M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	MF	MF	MF	6	6
Ca Tb A mod. m. e g. fl. trop. subcad. ond. e escarp.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	MF	MF	MF	6	6
Cd Tb A mod. m/g. fl. trop. subcad. ond	M	L ₁	N/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L/M	L ₁	N/L ₂	M	M	M	2a (bc)	21a (h)
Cd Tb A mod. m. e g. fl. trop. subcad. fase pedr. e não pedr. ond. e mont.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	M/F	M/F	M/F	6	6
Ad A mod. m/g. fl. higrof. várzea pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	M	M	L/M ₂	N	N	N	N/L	N/L	N/L	2abc	21 (ab)
GPH d A mod. g/gg. fl. higrof. várzea pl. e sond.	M	L ₁	N/L ₂	L	L	L	F	F	M/F ₂	N	N	N	N/L	N/L	N/L	2abc	4p
Ra A mod. g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M/F	M ₁	M/L ₂	M	M	M	N	N	N	F	M/F ₁	M ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5N	5n
Ra A mod. m. e g. fl. trop. subcad. ond. e escarp.	M	M/L ₁	L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	M/F	M/F	M/F	6	6
Rd A mod. m. e g. fl. trop. subcad. ond.	M/F	M ₁	M/L ₂	M	M	M	N	N	N	F/MF	F ₁	M/F ₂	MF	MF	MF	5 (n)	5n
Re A mod. m. e g. fl. trop. subcad. ond. e mont.	M/F	M ₁	M/L ₂	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	F ₁	M/F ₂	F/MF	F/MF	F/MF	5 (n)	5n

Fonte: Estudos Ambientais Engevix 2001

Agrupando-se as terras de aptidão agrícola semelhante, temos cinco grupos distintos:

- terras com aptidão regular para culturas de ciclo curto e longo, em pelo menos um dos níveis de manejo considerados, ocupando cerca de 26,2% da área estudada;
- terras com aptidão restrita para culturas de ciclo curto e regular para culturas de ciclo longo, em pelo menos um dos níveis de manejo considerados, ocupando cerca de 17% da área estudada;
- terras com aptidão regular para pastagem cultivada e restrita para culturas de ciclo longo no nível de manejo A, ocupando cerca de 20,9% da área estudada;
- terras aptas apenas para pastagem natural, ocupando cerca de 34,7% da área estudada; e
- terras inaptas para o aproveitamento agrosilvopastoril, indicadas para a preservação da fauna e flora, ocupando cerca de 1,5% da área estudada.

Desta forma, e comparando-se com o uso atual - aproximadamente 68% com pastagem, 25% com floresta em regeneração e capoeira subutilizada como pastagem em sua maioria e apenas 7% com florestas nativas - pode-se concluir que:

- apesar de intensa utilização, essas terras poderiam estar sendo exploradas com atividades de maior retorno sócio-econômico e financeiro, preferencialmente culturas de ciclo longo, para as quais cerca de 60% das terras são aptas;
- apesar de apenas 1,5% da área estudada ser inapta ao aproveitamento agrosilvopastoril, indicados portanto para a preservação da fauna e flora, e cerca de 7% apresentarem ainda cobertura florestal original.

Quanto à Erodibilidade das Terras, a situação da Área de Influência Indireta é bastante preocupante, pois $\frac{3}{4}$ da área (74,1%) apresenta classe Forte a Muito Forte. Apenas 10,8% da área apresenta um baixo grau de potencial erosivo nas classes Nula/Ligeira e Ligeira (Quadro 3-4, a seguir).

Quadro 3-4

AHE Simplício - Queda Única: Área de Influência Indireta. Correlação entre as Unidades de Mapeamento, Aptidão Agrícola das Terras e Erodibilidade

UNIDADE DE MAPEAMENTO	APTIDÃO AGRÍCOLA	ERODIBILIDADE	ÁREA (ha)	%
LEa	4 p/3 (1)	F	6.235	1,0
LVA ₁	3 (ab) /21 (m)	F	19.691	3,3
LVA ₂	5N	F/MF	18.704	3,1
LVA ₃	5N	F/MF	16.975	2,8
LVA ₄	5N	F/MF	9.730	1,6
LVA ₅	2a (bc) / 21m (b)	M	14.136	2,3
LVA ₆	2a (bc) / 21m (h)	M	4.259	0,7
LVA ₇	5N	F/MF	28.580	4,7
LVD ₁	5N	F/MF	8.519	1,4
LVD ₂	5N	F/MF	1.875	0,3
LVD ₃	5N	F/MF	81.913	13,6
PEd ₁	3 (ab) / 21 (m)	F	82.593	13,7

Quadro 3-4
AHE Simplício - Queda Única: Área de Influência Indireta. Correlação entre as
Unidades de Mapeamento, Aptidão Agrícola das Terras e Erodibilidade

UNIDADE DE MAPEAMENTO	APTIDÃO AGRÍCOLA	ERODIBILIDADE	ÁREA (ha)	%
PEd ₂	4p / 3 (1)	F/MF	28.580	4,7
PEd ₃	4p / 3 (1)	F/MF	36.358	6,0
PVa ₁	5N	MF	2.346	0,4
PVa ₂	4p / 3 (1)	F/MF	37.160	6,2
PVa ₃	4p / 3 (1)	F/MF	17.778	3,0
PVa ₄	2a (bc) / 21m (h)	M	2.531	0,4
PVd ₁	2abc / 21mh	L	49.815	8,3
PVd ₂	2a (bc) / 21m (h)	M	72.284	12,0
PVd ₄	5N	MF	15.309	2,5
PVd ₅	5N	MF	13.025	2,5
PVe	5N	MF	10.802	1,8
Ca ₁	6	MF	6.543	1,1
Ca ₂	6	MF	2.284	0,4
Ad	2abc / 21 (mh)	N/L	4.691	0,8
TOTAL			602.900	100,3

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2003

3.2.11 - Solos, Aptidão Agrícola das Terras e Erodibilidade

A descrição dos grandes grupos de solos, as unidades taxonômicas e a ocorrência destas, como componentes das unidades de mapeamento da Área de Influência Direta e de entorno ao empreendimento, encontram-se inseridas no Diagnóstico Ambiental.

O Quadro 3-5, a seguir apresenta as unidades de mapeamento, respectivas classes de aptidão agrícola das terras, erodibilidade e ocorrência das mesmas nas áreas a serem inundadas, para o NA 255,00 m

Analisando-se os percentuais do referido Quadro, nota-se que em cerca de 89,43% da área total a ser inundada pelos 5 reservatórios predominam solos de aptidão agrícola regular, tanto para culturas de ciclo curto como longo, em pelo menos um dos níveis de manejo considerados, divididos em 68,2% no reservatório de Anta, 23,03% nos reservatórios de Tocaia e Lourical, 6,58% no reservatório de Calçado, e de 0,21% no reservatório Simplício, em valores aproximados. Em segundo lugar, aparecem as terras de aptidão boa para pastagem natural, atingindo 5,72% da área total a ser inundada, com maior expressividade no reservatório de Calçado, onde ocupam aproximadamente 52,09%. Por último, vêm as terras de aptidão regular para pastagem plantada, e restrita para culturas perenes e semiperenes, no nível de manejo A, mais comuns no reservatório de Anta, onde ocupam cerca de 66,45%; e as terras inaptas para o aproveitamento agrossilvopastoril, indicadas para a preservação da fauna e da flora, significativas apenas nos reservatório de Anta.

Em termos de erodibilidade dos solos a área inundada pelos empreendimentos apresenta dominantemente (75,2%) na classe Moderada. As classes Forte, Forte/Muito Forte e Muito Forte, que são as mais impactantes, ocorrem em apenas 15,4% da área. As classes

de menor risco de erosão (Nula/ligeira e Ligeira) estão presentes em 9,4% da área. No reservatório de Anta, 72,3% da área apresenta-se na classe Moderada, enquanto 9,5% nas classes Forte/Muito Forte e Muito Forte e 17,6% nas classes Nula/Ligeira e Ligeira. No Reservatório de Calçado a classe Moderada de erodibilidade ocupa 93,4% da área do empreendimento, enquanto apenas 6,6% estão na classe Forte e Forte/Muito Forte. O reservatório de Peixe é o que apresenta áreas mais problemáticas, pois 64,3% apresentam classe de erodibilidade Forte/Muito Forte.

Quadro 3-5
AHE Simplício-Queda Única - Cota 255: Correlação entre as Unidades de Mapeamento, Aptidão Agrícola das Terras e Erdodibilidade - AID

UNIDADES DE MAPEAMENTO	ERODIBILIDADE	APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREAS POR RESERVATÓRIO													
			ANTA		TOCAIA		LOURIÇAL		CALÇADO		ANTONINA		PEIXE		ÁREA TOTAL	
			Ha	%	ha	%	ha	%	Há	%	ha	%	ha	%	ha	%
LEa	F	4p/3(l)	7,54	1,20	3,06	7,72	4,18	1,90	-	-	-	-	-	-	14,79	1,25
LVd1	M	2a (bc) / 2l m (h)	444,48	70,71	36,32	91,61	182,88	83,10	124,64	59,03	24,63	35,70	1,91	10,03	814,86	68,62
LVd2	F/MF	5N	-	-	-	-	6,16	2,80	71,24	33,74	22,18	32,15	12,23	64,25	111,81	9,42
LVd3	F/MF	5N	-	-	-	-	4,18	1,90	-	-	-	-	-	-	4,18	0,35
PEd2	F/MF	4p / 3 (l)	4,78	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,78	0,40
PVe	MF	5N	14,96	2,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,96	1,26
PVd1	L	2abc/2l mh	8,36	1,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,36	0,70
PVd2	M	2a (bc)/2l m (h)	13,64	2,17	0,27	0,67	22,67	10,30	15,27	7,23	22,18	32,15	3,84	20,18	77,86	6,56
PVd3	N/L	2 abc / 2l mh	102,46	16,30	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05	5,54	103,51	8,72
AR	MF	6	32,37	5,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,37	2,73
		TOTAL	628,59	100	39,65	100	220,07	100	211,14	100	69	100	19,03	100	1.187,48	100

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2003

A observação dos valores mostrados neste quadro demonstrou que:

- 89,0% do total da área inundada são de solos de aptidão agrícola regular;
- 5,42% do total da área inundada são de terras com aptidão para pastagem natural;
- 1,8 % do total da área inundada são de terras com aptidão regular para pastagem plantada, e restrita para culturas perenes e semiperenes.
- 75,2% da área total são cobertos por solos com erodibilidade Moderada.
- As classes Forte, Forte/Muito Forte e Muito Forte, ocupam 15,4% da área.
- 9,4% da área total são de erodibilidade Nula/ligeira e Ligeira.

As mudanças em relação a cota 260 são, portanto, pouco significativas.

A princípio, o fato de que mais de 80% das terras inundadas sejam de aptidão regular, poderia representar uma perda de proporções relativamente elevadas. No entanto, considerando-se que o uso atual dessas terras não corresponde ao seu potencial e que terras de aptidão semelhante ocorrem com bastante frequência nas áreas de entorno e de influência indireta, pode essa perda tornar-se insignificante, principalmente quando confrontada com as possibilidades de aumento da produtividade, através da introdução de tecnologia/incremento de investimentos nas propriedades circunvizinhas.

4 - RECURSOS HÍDRICOS

4.1 - Hidrologia Superficial e Estudos do Regime Fluvial

4.1.1 - Definição das Relações Cota x Descarga

- Considerações Preliminares

As curvas-chave dos postos fluviométricos localizados na região de interesse do AHE Simplício - Queda Única basearam-se, na atual fase de projeto, nas equações previamente definidas em estudos anteriores elaborados por Furnas.

Para cada local estudado procedeu-se à plotagem dos pares de pontos leitura de régua versus descarga líquida das medições existentes, fazendo-se, em seguida, uma análise quanto a sua dispersão, em relação aos pontos anteriormente medidos.

Uma avaliação das curvas elaboradas para os diversos locais revela a adequação das equações definidas às medições existentes, uma vez que, de uma maneira geral, apresentaram boa aderência, garantindo-se a consistência no ajuste das curvas adotadas.

- Dados Básicos

A partir dos dados de medição de descarga líquida pôde-se consolidar as relações cota versus descarga nos postos de interesse ao estudo, listados a seguir.

Simplício G - estação fluviométrica localizada próximo ao desemboque do canal de fuga, apresentando 160 medições de descarga líquida executadas a partir de 16/10/1987.

Anta G - Localizada a jusante do porto de embarcações da cidade de Anta, onde foram realizadas medições de descarga líquida, pelo Dnaee, desde 1/10/1930. A partir do mês de dezembro de 1986 os valores apresentados referem-se às medições executadas por Furnas. Este posto serviu como base para a definição da curva-chave no posto Anta D.

Anta D - Estação limnimétrica localizada próximo as estruturas hidráulicas da PCH Anta e ao local onde se procederá o desvio do rio Paraíba do Sul.

Cabe ressaltar que Furnas realizou campanhas de medição de descarga líquida, desde dezembro de 1986 até 1997, nas principais estações de interesse do rio Paraíba do Sul.

- Metodologia e Resultados Obtidos

- Curva-Chave no Desemboque do Canal de Fuga

Para o ajuste da curva-chave no desemboque do canal de fuga utilizou-se a estação fluviométrica denominada Simplício G.

O canal de fuga restitui as vazões no braço esquerdo do rio Paraíba do Sul, junto a ilha Hildefonso. Como conseqüência disto, a distribuição de vazões pelos braços da ilha será diferente da distribuição em condições naturais, significando que as curvas chave e

correlações de níveis dos postos localizados nos braços, obtidas a partir de dados observados, não serão válidas.

Para a determinação da curva-chave em Simplício G, considerando fluxo no canal de fuga, empregou-se o programa HEC-2 (Water Surface Profiles - Hydrologic Engineering Center/U.S. Army Corps of Engineers) para calcular os perfis de linha d'água desde a estação Simplício E, localizada a jusante da ilha, até o posto Simplício G. Foram simuladas diversas combinações de vazões no rio Paraíba do Sul liberadas por Anta, com vazões turbinadas na usina correspondente a alternativa única. Para a obtenção dos níveis d'água a jusante da casa da força, foi determinado o perfil de remanso no canal de fuga, a partir dos níveis da estação Simplício G. Estes valores estão apresentados na Tabela 4-1, a seguir.

Tabela 4-1
Níveis D'água na Região da Casa de Força/Canal de Fuga

VAZÃO LIBERADA POR ANTA (m³/s)	VAZÃO TURBINADA (m³/s)	NÍVEL D'ÁGUA SIMPLÍCIO G (m)	NÍVEL D'ÁGUA NA REGIÃO DA CASA DE FORÇA (m)	VAZÃO BRAÇO ESQ. MONTANTE CANAL DE FUGA (m³/s)	VAZÃO BRAÇO ESQ. JUSANTE CANAL DE FUGA (m³/s)	VAZÃO JUSANTE ILHA (m³/s)	NÍVEL D'ÁGUA SIMPLÍCIO E (m)
63	150	138,68	138,75	50,0	200,0	213	137,68
63	300	139,45	139,62	50,0	350,0	363	138,36
63	450	140,08	140,36	50,0	500,0	513	138,94
100	150	138,84	138,90	77,0	227,0	250	137,86
100	300	139,58	139,74	77,0	377,0	400	138,51
100	450	140,19	140,45	77,0	527,0	550	139,07
200	0	138,20	138,20	109,5	109,5	200	137,62
200	150	139,10	139,15	109,5	259,5	350	138,31
200	300	139,79	139,93	109,5	409,5	500	138,89
200	450	140,38	140,62	109,5	559,5	650	139,42
300	0	138,56	138,56	142,5	142,5	300	138,09
300	150	139,38	139,43	142,5	292,5	450	138,71
300	300	140,02	140,15	142,5	442,5	600	139,25
300	450	140,58	140,80	142,5	592,5	750	139,74
400	0	138,89	138,89	163,1	163,1	400	138,51
400	150	139,62	139,66	163,1	313,1	550	139,07
400	300	140,23	140,35	163,1	463,1	700	139,58
400	450	140,76	140,96	163,1	613,1	850	140,05
500	0	139,21	139,21	178,8	178,8	500	138,89
500	150	139,87	139,90	178,8	328,8	650	139,42
500	300	140,45	140,55	178,8	478,8	800	139,90
500	450	140,95	141,14	178,8	628,8	950	140,35
600	0	139,52	139,52	191,6	191,6	600	139,25
600	150	140,12	140,15	191,6	341,6	750	139,74
600	300	140,66	140,75	191,6	491,6	900	140,20
600	450	141,15	141,32	191,6	641,6	1.050	140,63
700	0	139,82	139,82	202,6	202,6	700	139,58
700	150	140,38	140,41	202,6	352,6	850	140,05
700	300	140,88	140,97	202,6	502,6	1.000	140,49
700	450	141,36	141,52	202,6	652,6	1.150	140,90
800	0	140,11	140,11	212,3	212,3	800	139,90
800	150	140,62	140,64	212,3	362,3	950	140,35
800	300	141,12	141,20	212,3	512,3	1.100	140,77
800	450	141,60	141,74	212,3	662,3	1.250	141,77
1.000	0	140,66	140,66	229,0	229,0	1.000	140,49
1.000	150	141,13	141,15	229,0	379,0	1.150	140,90
1.000	300	141,61	141,67	229,0	529,0	1.300	141,30
1.000	450	142,06	142,18	229,0	679,0	1.450	141,68
1.500	0	141,96	141,96	261,0	261,0	1.500	141,80
1.500	150	142,37	142,38	261,0	411,0	1.650	142,16

Tabela 4-1
Níveis D'água na Região da Casa de Força/Canal de Fuga

VAZÃO LIBERADA POR ANTA (m³/s)	VAZÃO TURBINADA (m³/s)	NÍVEL D'ÁGUA SIMPLÍCIO G (m)	NÍVEL D'ÁGUA NA REGIÃO DA CASA DE FORÇA (m)	VAZÃO BRAÇO ESQ. MONTANTE CANAL DE FUGA (m³/s)	VAZÃO BRAÇO ESQ. JUSANTE CANAL DE FUGA (m³/s)	VAZÃO JUSANTE ILHA (m³/s)	NÍVEL D'ÁGUA SIMPLÍCIO E (m)
1.500	300	142,77	142,81	261,0	561,0	1.800	142,51
1.500	450	143,16	143,24	261,0	711,0	1.950	142,85
2.000	0	143,13	143,13	285,5	285,5	2.000	142,96
2.000	150	143,49	143,50	285,5	435,5	2.150	143,29
2.000	300	143,83	143,86	285,5	585,5	2.300	143,60
2.000	450	144,18	144,24	285,5	735,5	2.450	143,91
2.500	0	144,19	144,19	305,7	305,7	2.500	144,02
2.500	150	144,51	144,52	305,7	455,7	2.650	144,32
2.500	300	144,82	144,82	305,7	605,7	2.800	144,61
2.500	450	145,13	145,18	305,7	755,7	2.950	144,90

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

- Curva-Chave para Dimensionamento do Desvio do Rio e das Estruturas Hidráulicas da PCH Anta.

O dimensionamento do desvio do rio e das estruturas hidráulicas da PCH Anta foi baseado na curva-chave da régua Anta-D, definida com base na curva-chave do Posto Anta-G (Aneel), por correlação de cotas observadas para vazões de aproximadamente 2.000 m³/s e cálculos de remanso para vazões superiores. A Tabela 4-2, a seguir, apresenta as equações de curva-chave adotadas.

Tabela 4-2
Equações de Curva-chave

POSTO	COTA DO ZERO DA RÉGUA (m)	LIMITES DE VALIDADE (m)	COEFICIENTES DA EQUAÇÃO		
			k	B	m
ANTA-G	231,579	$H \leq 3,17$	$3,74 \times 10^{-5}$	10,00	6,441
		$H > 3,17$	$1,177 \times 10^2$	- 0,50	1,672
ANTA-D - (Sem a Ponte Ferroviária)	231,869	$H \leq 14,191$	35,53754	0,75	2,02679
ANTA D - (Com a Ponte Ferroviária)	231,869	$H = 6,581$	35,53754	0,75	2,02679
		$8,141 \leq H < 12,401$	$2,02899 \times 10^2$	-1,00	1,31675
		$12,401 < H \leq 15,811$	$5,00504 \times 10^{-2}$	10,00	3,70093

Equação Adotada: $Q = k (H + b)^m$

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

4.1.2 - Série de Vazões Médias Mensais

- Série de Vazões no Local do Aproveitamento

Para a obtenção da série de vazões médias mensais do AHE Simplício - Queda Única é essencial o conhecimento do complexo sistema de recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, que envolve um parque gerador de grande importância, reservatórios de regularização de vazões e controle de cheias, transposição de águas para a vertente Atlântica da Serra do Mar, com a finalidade de aproveitar o potencial elétrico propiciado por uma queda de 295,50m e para abastecimento público, caracterizando diversos usos conflitantes da água. A Figura 7-1, a seguir, mostra um diagrama com a topologia dos principais componentes deste complexo sistema de recursos hídricos.

De acordo com a Portaria Dnaee nº 022 de 24 de fevereiro de 1977, que estabelece as regras de operação da cascata de reservatórios da bacia do rio Paraíba do Sul até o reservatório de Santa Cecília, e as resoluções GCOI nº RS-SE-791/81 e nº RS-G-545/85, pode-se dizer que a operação hidráulica dos reservatórios do rio Paraíba do Sul visa assegurar uma afluência ao reservatório de Santa Cecília que atenda à derivação para o Sistema LIGHT e à restrição de defluência mínima para jusante.

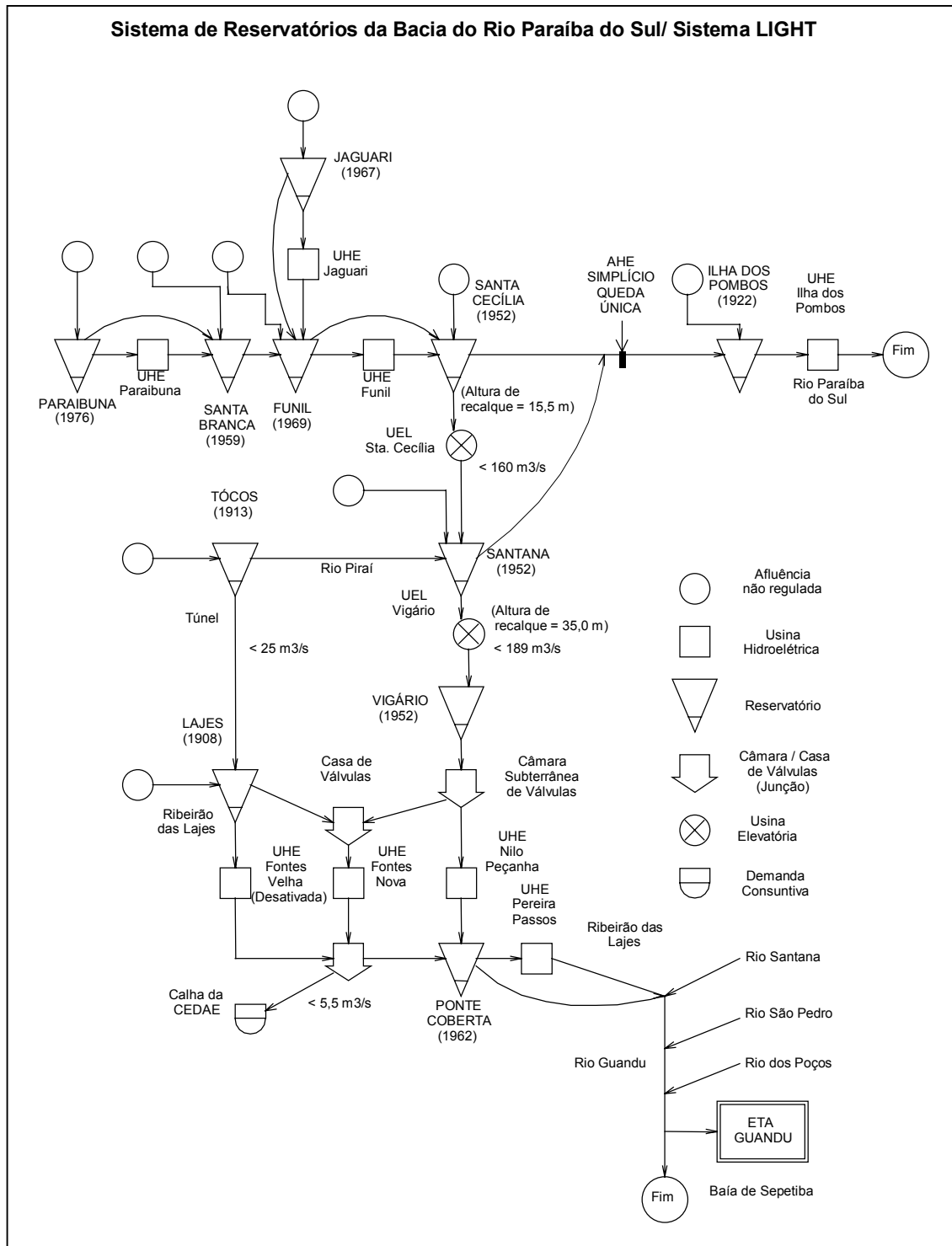
Esta operação é feita de forma a atender a derivação máxima na UEL Santa Cecília em 160 m³/s, e a restrição de defluência mínima de 90 m³/s para jusante, resultando, portanto, em uma vazão objetivo normal afluyente a Santa Cecília de 250 m³/s.

Como o reservatório de Santa Cecília é de pequeno porte, portanto, de baixa capacidade de regularização de vazões, a execução satisfatória destas regras de operação torna-se algo não muito simples. Diante deste fato, o sistema de operação foi agregando novas regras (Decreto nº 81.436/79), que estabelecem que, em períodos de condições hidrológicas de afluências críticas, a Aneel poderá, a seu critério, arbitrar uma defluência mínima em Santa Cecília de até 71 m³/s, mantendo-se um volume armazenado a montante (reservatórios de Paraibuna, Santa Branca, Funil e Jaguari) acima da curva limite, caracterizada por um conjunto de volumes mínimos mensais acumulados admissíveis. Neste caso, o sistema passa a ser operado para garantir uma vazão objetivo reduzida em Santa Cecília de 190 m³/s, sendo 71 m³/s para defluência mínima e 119 m³/s para bombeamento na UEL Santa Cecília.

A seguir é feita uma breve descrição do sistema Light (Figura 4-1):

- a vazão objetivo em Santa Cecília é de 250 m³/s, sendo 160 m³/s bombeados para a vertente Atlântica da Serra do Mar, e 90 m³/s para garantia da defluência mínima a jusante;
- em condições hidrológicas críticas, o bombeamento meta pode ser reduzido para até 119 m³/s e a defluência mínima para 71 m³/s;
- a água acumulada no reservatório de Santana é bombeada para o reservatório de Vigário, sendo o bombeamento meta de 178 m³/s;
- reservatório de Tócos, no rio Piraí, opera acumulando água para atender um desvio de até 25 m³/s, através de túnel, para o reservatório de Lajes, no ribeirão das Lajes;
- a capacidade de engolimento do AHE Nilo Peçanha é de 144 m³/s, sendo, neste local, o excesso desviado para o AHE Fontes Novas, para valorização em 2 dos 3 grupos geradores existentes nesta usina, onde o engolimento máximo de cada grupo gerador é de 17 m³/s (observe que o engolimento do AHE Nilo Peçanha somado ao engolimento dos dois grupos geradores do AHE Fontes novas equivale à meta de bombeamento de Vigário);
- terceiro grupo gerador do AHE Fontes novas é alimentado atualmente através do reservatório de Lajes, cuja defluência objetivo está limitada a 17 m³/s; este reservatório funciona, ainda, como reserva estratégica da Light no caso de interrupção do bombeamento de Santa Cecília;
- no ribeirão das Lajes, a jusante do AHE Fontes Novas, há uma derivação para abastecimento d'água, com captação máxima de 5,5 m³/s, desviados diretamente para o reservatório de Pedregulho (Cedae);

- ao final da cascata está o reservatório de Ponte Coberta, cuja função resume-se à passagem da afluência para o AHE Pereira Passos, seguindo uma curva diária de geração que garante a continuidade as captação para a ETA Guandu.



A série de vazões regularizadas médias mensais no local do AHE Simplício - Queda Única foi gerada a partir da simulação dos reservatórios até a UEL de Santa Cecília, seguindo as regras de operação descritas anteriormente, sendo a defluência de Santa Cecília acrescida da vazão incremental natural entre Santa Cecília e o local do aproveitamento.

A vazão incremental natural entre Santa Cecília e o local do aproveitamento foi obtida a partir da série de vazões naturais em Sapucaia (área de drenagem igual a 29.815 km²), representativa do local do aproveitamento, descontando-se as vazões naturais em Santa Cecília e em Santana, todas obtidas do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (Sipot – Versão 4.0), da Eletrobrás, ou seja:

$$Q_{\text{regularizada em Simplício}} = Q_{\text{natural em Sapucaia}} - Q_{\text{natural em Sta. Cecília}} - Q_{\text{natural em Santana}} + Q_{\text{defluente em Sta. Cecília}}$$

As séries de vazões médias mensais naturais em Sapucaia e regularizadas no AHE Simplício - Queda Única encontram-se transcritas, respectivamente, na Tabela 4-3 e na Tabela 4-4, a seguir.

Tabela 4-3
Série de Vazões Naturais Médias Mensais em Sapucaia

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	1.009	2.008	1.543	1.064	659	527	423	353	373	482	514	871	811
1932	1.353	1.189	1.101	635	555	524	371	339	304	369	472	1.002	683
1933	1.193	723	666	456	398	319	301	249	275	364	413	845	517
1934	1.274	656	714	504	359	287	247	211	236	251	237	796	481
1935	853	1.733	1.016	699	500	395	310	272	288	467	356	361	597
1936	373	547	1.431	843	477	357	299	275	331	287	331	704	522
1937	1.180	1.243	700	631	597	407	302	241	210	401	564	1.275	643
1938	1.204	1.102	1.000	745	549	446	352	387	347	488	593	839	669
1939	1.020	966	693	734	466	357	295	249	233	229	354	589	513
1940	969	1.268	1.083	586	434	340	272	223	222	292	577	633	571
1941	774	555	661	529	332	277	279	205	399	454	517	829	484
1942	815	762	996	656	498	361	350	265	232	319	483	894	552
1943	1.509	1.239	1.030	655	434	368	293	281	265	429	408	775	638
1944	767	1.247	1.466	724	494	386	333	260	225	226	305	495	574
1945	792	1.261	813	716	440	414	425	266	255	232	384	749	558
1946	1.483	774	891	650	433	366	302	237	195	307	395	443	539
1947	1.153	1.376	2.146	1.002	659	491	507	435	430	473	590	983	852
1948	919	1.162	1.356	805	549	449	361	342	284	288	418	680	632
1949	1.014	1.228	789	570	399	368	317	250	225	287	359	605	530
1950	1.203	1.558	1.095	895	630	441	355	279	241	335	529	888	699
1951	980	1.102	1.267	941	557	431	370	322	263	277	279	494	604
1952	983	1.272	1.418	760	475	483	361	300	323	304	514	622	647
1953	409	555	515	576	402	306	252	221	228	233	459	590	394
1954	409	555	451	440	422	319	228	184	170	223	259	339	332
1955	763	408	438	400	279	242	184	158	160	175	297	563	339
1956	534	425	693	437	371	371	260	306	228	261	323	619	403
1957	718	743	1.097	991	501	379	322	259	355	262	462	628	558
1958	484	807	704	582	577	479	358	274	321	377	549	682	514
1959	1.121	643	913	754	415	319	263	272	217	238	484	471	509
1960	677	965	1.442	644	487	383	324	295	250	275	396	738	571
1961	1.583	1.590	1.635	893	645	464	364	302	240	232	315	492	725
1962	812	1.596	1.034	592	435	342	283	256	305	415	580	851	619
1963	865	933	663	415	301	261	224	203	206	205	345	248	402
1964	537	1.084	594	429	346	264	283	219	190	317	355	585	430
1965	1.185	1.483	1.118	629	661	455	397	318	261	453	573	752	686
1966	1.729	766	1.141	740	542	397	330	307	280	382	905	972	708
1967	1.831	1.949	1.760	1.012	633	533	434	338	316	326	595	810	872
1968	908	588	695	494	348	287	254	249	247	249	220	504	420
1969	715	603	663	503	312	301	241	240	198	305	593	762	452
1970	781	737	753	474	345	280	295	252	392	377	422	437	460
1971	454	260	565	390	294	328	242	197	262	398	518	843	397
1972	747	990	1.018	595	377	318	297	291	231	425	574	669	542
1973	953	1.052	669	687	485	355	322	273	257	350	568	761	558

Tabela 4-3
Série de Vazões Naturais Médias Mensais em Sapucaia

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1974	947	698	883	712	427	389	331	247	210	275	268	628	501
1975	968	936	707	498	354	283	263	209	179	315	590	803	507
1976	754	806	808	658	515	521	544	441	526	569	661	910	642
1977	1.054	742	530	631	401	340	264	221	310	290	473	849	508
1978	1.174	756	793	454	361	357	282	219	195	214	409	481	474
1979	652	1.310	831	520	437	340	308	302	359	298	607	721	552
1980	1.004	803	569	693	375	318	297	253	246	295	421	744	500
1981	1.115	680	654	531	368	318	258	238	198	315	590	886	512
1982	989	676	1.312	904	516	458	400	364	297	399	475	1.002	650
1983	1.522	1.160	1.091	975	693	1.260	671	469	927	855	915	1.212	977
1984	1.006	609	576	616	600	381	303	304	313	278	303	457	479
1985	1.246	1.546	1.503	858	603	463	360	302	327	291	391	549	698
1986	768	891	1.018	558	437	320	311	320	247	216	261	861	516
1987	904	979	660	873	653	540	373	287	333	327	314	627	570
1988	788	1.585	1.096	711	630	533	380	299	263	371	488	462	627
1989	985	1.121	1.070	738	491	477	379	404	352	314	367	551	601
1990	592	341	583	506	366	263	271	251	291	310	309	292	365
1991	892	997	962	1.079	601	401	341	264	242	441	290	417	575
1992	1.026	647	587	447	433	279	281	219	371	424	675	715	508
1993	567	827	882	757	410	401	281	235	294	390	262	350	469
1994	724	529	801	682	576	370	286	234	190	204	330	633	464
1995	520	1.414	660	483	374	279	279	205	192	435	560	643	497
1996	1.197	1.173	1.458	787	531	404	340	303	527	392	862	825	731
1997	1.414	912	812	533	410	429	256	233	247	329	484	587	552
Máximo	1.831	2.008	2.146	1.079	693	1.260	671	469	927	855	915	1.275	2.146
Média	953	983	944	667	472	392	323	276	285	337	458	685	562
Mínimo	373	260	438	390	279	242	184	158	160	175	220	248	158

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

Tabela 4-4
Série de Vazões Regularizadas Médias Mensais no AHE Simplício

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	831	1.830	2.017	886	481	350	284	256	260	317	325	693	711
1932	1.175	1.011	923	362	377	347	223	217	214	234	315	624	502
1933	1.015	458	488	314	282	242	242	202	211	269	296	546	380
1934	676	373	536	329	244	210	191	179	178	185	193	453	312
1935	518	1.555	550	408	301	263	231	208	198	262	239	244	415
1936	220	302	1.253	420	279	208	182	178	198	202	233	422	341
1937	682	1.065	522	454	419	251	215	190	182	266	355	807	451
1938	1.026	924	822	567	339	282	247	254	226	264	314	661	494
1939	842	788	400	556	288	233	207	189	184	184	249	363	374
1940	545	1.090	905	364	270	241	214	193	195	226	393	455	424
1941	483	357	426	353	264	232	226	197	249	243	308	499	320
1942	469	452	576	382	319	261	254	211	198	245	326	549	353
1943	1.088	800	852	428	319	285	244	229	221	297	287	515	464
1944	467	777	1.288	433	306	250	234	214	203	213	225	334	412
1945	518	642	635	395	270	252	235	207	204	192	265	493	359
1946	1.305	413	713	366	274	246	225	199	184	215	261	282	390
1947	576	1.198	1.968	824	383	267	264	290	251	276	412	805	626
1948	741	984	1.178	627	371	276	214	211	196	203	255	460	476
1949	836	1.050	453	392	248	245	223	207	190	224	243	370	390
1950	640	1.380	917	717	328	246	223	202	196	211	338	447	487
1951	802	924	1.089	763	314	249	237	224	202	206	193	311	459
1952	593	1.094	1.240	462	322	302	264	224	234	240	361	447	482
1953	317	374	354	360	278	240	217	198	200	188	272	344	278
1954	260	289	233	264	233	199	171	164	141	153	182	236	210
1955	419	257	226	249	196	181	157	146	135	157	209	373	225
1956	340	235	314	238	211	201	203	174	166	167	191	389	236
1957	324	356	599	553	326	265	240	206	219	208	256	444	333
1958	292	356	312	319	399	244	226	196	215	243	308	362	289
1959	943	465	735	576	254	221	203	209	184	205	349	315	388
1960	375	503	1.264	393	319	274	241	224	208	214	230	356	383
1961	1.405	1.412	1.457	498	389	314	267	236	199	198	236	301	576
1962	407	1.418	452	318	275	245	219	202	212	235	338	456	398

Tabela 4-4
Série de Vazões Regularizadas Médias Mensais no AHE Simplício

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1963	687	755	485	250	220	207	194	184	171	178	236	191	313
1964	384	630	377	291	251	218	227	196	164	224	255	359	298
1965	656	944	689	433	436	328	292	265	235	299	371	411	447
1966	1.551	452	963	415	345	281	245	224	211	259	514	578	503
1967	1.653	1.771	1.582	834	378	326	281	249	233	227	359	446	695
1968	730	410	517	316	228	204	192	197	203	210	189	322	310
1969	480	350	371	308	235	233	211	207	193	235	305	451	298
1970	346	290	313	279	233	204	211	193	244	245	267	274	258
1971	284	182	262	213	190	195	168	158	179	207	327	476	237
1972	350	408	840	355	255	241	231	214	191	268	347	431	344
1973	549	874	437	400	307	259	239	220	205	254	402	363	376
1974	769	362	705	420	292	270	240	211	192	229	223	371	357
1975	569	496	360	307	245	211	215	192	182	245	358	375	313
1976	343	628	630	296	337	346	369	267	351	392	484	732	431
1977	876	564	352	453	259	226	205	181	214	191	308	484	359
1978	996	425	615	306	258	248	220	198	185	196	282	309	353
1979	360	929	525	365	313	273	240	229	241	211	342	400	369
1980	593	441	309	369	256	235	216	198	190	206	257	408	306
1981	564	400	476	353	245	224	196	182	171	222	332	533	325
1982	511	498	1.134	726	332	297	260	245	188	243	267	824	461
1983	1.344	982	913	797	415	1.082	496	322	749	677	737	1.034	796
1984	828	389	388	440	424	274	232	219	221	208	229	307	347
1985	738	1.368	1.325	473	425	330	268	242	234	236	273	379	524
1986	508	517	840	317	270	226	221	214	184	166	164	362	332
1987	414	801	482	695	475	362	210	186	189	194	215	424	387
1988	438	1.407	918	533	452	355	250	222	195	243	307	283	467
1989	516	943	892	560	294	290	255	236	228	231	256	350	421
1990	328	239	318	308	246	202	202	187	202	186	205	223	237
1991	556	521	784	901	334	258	236	206	202	228	220	294	395
1992	685	442	358	295	282	231	213	192	259	278	393	392	335
1993	355	381	444	579	264	244	206	187	190	240	216	239	295
1994	508	287	486	433	396	268	224	207	181	184	236	366	315
1995	288	564	325	263	221	193	185	166	162	235	322	431	279
1996	1.019	995	1.280	399	305	261	230	213	310	248	496	647	534
1997	1.236	734	634	365	295	281	199	187	201	225	251	341	412
Máximo	1.653	1.771	1.968	901	475	1.082	496	322	749	677	737	1.034	796
Média	659	709	717	442	307	269	231	209	214	234	297	435	394
Mínimo	220	182	226	213	190	181	157	146	135	153	164	191	210

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

A série de vazões medidas mensais observada extraídas do memorando de Estado 1581-ME-G-0256-AHE Sapucaia – Reavaliação das descargas da Estação de Anta – Dnaee atualizada é apresentada na Tabela , a seguir.

Tabela 4-5
Série de Vazões Médias Mensais Observadas em Anta

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1930										336	434	929
1931	901	1.866	1.410	907	577	447	373	313	324	438	460	769
1932	1.207	1.062	938	557	522	480	334	310	297	393	461	993
1933	1.136	666	609	422	378	310	291	249	282	369	419	706
1934	1.250	599	647	466	339	272	249	208	230	251	240	730
1935	772	1.677	907	644	469	371	305	267	284	467	366	370
1936	370	534	1.381	792	442	326	287	259	308	286	321	650
1937	1.136	1.184	623	562	543	384	293	239	214	391	544	1.325
1938	1.153	1.034	920	686	521	440	345	391	352	491	594	857
1939	1.005	910	621	693	448	340	289	246	234	236	357	560
1940	932	1.253	1.035	557	410	321	262	218	218	291	562	666
1941	772	551	671	543	335	287	288	214	404	460	511	809
1942	775	736	929	622	482	361	356	263	238	323	476	821
1943	1.482	1.136	935	622	423	376	292	291	275	439	429	754
1944	756	1.185	1.441	712	501	393	334	264	229	230	308	479
1945	761	1.214	785	681	415	400	413	272	263	238	380	697
1946	1.486	788	897	666	411	352	300	242	203	313	411	454
1947	1.243	1.364	2.211	990	649	472	506	414	449	480	600	1.008
1948	972	1.189	1.300	832	585	463	377	344	289	295	405	655
1949	956	1.148	735	543	395	373	324	263	225	273	347	572
1950	1.092	1.420	973	815	587	441	364	292	256	351	533	838
1951	942	1.040	1.179	857	513	446	387	344	280	283	283	490
1952	897	1.170	1.301	687	419	426	321	262	284	272	477	568
1953	385	498	448	519	342	257	210	173	173	169	382	508
1954	319	471	357	336	279	181	134	117	99	109	146	206
1955	587	265	284	246	146	131	101	88	78	98	177	397
1956	394	287	518	276	210	210	135	193	126	147	194	446
1957	537	568	916	876	373	225	193	163	236	169	344	481
1958	348	620	557	462	443	361	209	156	204	240	403	539
1959	937	483	734	594	266	180	152	144	115	133	339	307
1960	461	694	1.196	469	327	240	207	189	165	174	234	527
1961	1.294	1.354	1.447	740	497	316	238	203	173	159	188	328
1962	587	1.280	772	418	292	208	168	172	211	295	455	643
1963	638	725	491	255	157	134	120	107	87	93	182	109
1964	366	848	372	240	195	142	157	114	101	171	211	399
1965	883	1.217	866	440	485	289	258	206	171	330	414	550
1966	1.530	553	907	572	390	244	207	201	188	283	728	791
1967	1.547	1.871	1.698	914	519	386	296	221	203	233	442	638
1968	712	432	513	346	221	178	176	185	177	173	139	372
1969	559	399	448	329	177	175	149	149	133	174	351	485
1970	428	480	498	265	195	167	174	162	213	223	272	280
1971	278	182	242	180	157	159	135	124	159	200	317	571
1972	525	702	809	399	250	207	203	197	229	309	431	499
1973	712	785	440	475	329	237	219	194	184	255	406	527
1974	621	449	614	492	269	251	206	179	169	208	183	360
1975	588	554	411	271	217	183	177	143	138	195	397	405
1976	411	527	462	349	267	261	289	276	289	362	438	597
1977	609	475	302	351	228	190	192	163	229	205	376	543
1978	873	597	586	337	233	207	196	166	162	176	267	324
1979	374	949	543	323	267	226	203	199	214	180	378	444
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	310	264	278	238	285	322	685

Tabela 4-5
Série de Vazões Médias Mensais Observadas em Anta

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1983	1.182	909	838	798	548	1.071	598	373	737	776	763	1.015
1984	805	472	434	406	414	299	252	245	241	227	265	352
1985	1.005	1.156	1.145	562	402	342	295	256	258	263	321	457
1986	582	602	662	375	310	256	250	261	223	191	216	564
1987	624	670	462	581	428		253	231	213	246	261	479
1988	549	1.242	840	535	454	424	281	246	241	286	335	348
1989	699	784	798	537	337	320	287	293	271	251	272	414
1990	406	266	358	327	253	215	215	195	218	209	224	229
1991	576	638	629	733	385	272	262	232	218	246	227	322
1992	827	458	366	298	267	226	214	197	284	315	442	446
1993	385	555	617	518	291	267	220	206	215	227	226	273
1994	525	305	529	430	400	270	228	194	166	179	229	392
1995	316	910	378	279	228	189	181	157	163	239	352	480
1996	758	754	1.068	614	381	331	246	233	374	292	633	695
1997	1.148	762	635	391	319	291	246	233	222	250	320	391
1998	426	590	424	307	258	240	201	196	180	266	335	383
1999	670	679	576	313	244	230	227	186	178	179	218	409
2000	768	518	459	347	236	205	212	193	234	200	242	353
2001	408	431	364	279	206	169	151	143	141	166	217	295
2002	492	712	390	235	209	170	160	147	160	133	241	436
Mínima	278	182	242	180	146	131	101	88	78	93	139	109
Média	763	803	751	510	357	297	252	221	228	265	357	541
Máxima	1.547	1.871	2.211	990	649	1.071	598	414	737	776	763	1.325

FONTE: ANA, 2003

- **Série de Vazões nas Sub-bacias Contribuintes aos Reservatórios Intermediários**

O AHE Simplício - Queda Única possui um conjunto de reservatórios interligados em seqüência, denominados Tocaia, Lourical, Calçado, Antonina e Peixe, que se situam em uma direção paralela à margem esquerda do rio Paraíba do Sul, através dos quais as águas provenientes do reservatório de Anta fluem até as unidades geradoras da usina de Simplício. O canal de fuga desta usina é cortado pelo ribeirão do Peixe, que drena uma bacia com 165 km² de área de drenagem.

Para as sub-bacias contribuintes a estes reservatórios e para a sub-bacia do ribeirão do Peixe, as séries de vazões médias mensais foram obtidas através de um estudo de regionalização, baseado nas séries de vazões disponíveis das bacias da margem esquerda do rio Paraíba do Sul localizadas próximo à área de interesse.

As vazões médias mensais máximas, médias e mínimas são apresentadas na Tabela 4-6, a seguir.

Tabela 4-6
Vazões Médias Mensais nas Sub-bacias – 1929 - 2001

SUB-BACIA		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Tocaia	Max	4,13	3,67	3,73	1,73	1,60	1,07	0,94	0,85	0,86	1,23	2,13	2,47
	Med	1,73	1,62	1,39	1,03	0,82	0,68	0,61	0,54	0,55	0,70	0,99	1,49
	Min	0,63	0,32	0,57	0,42	0,37	0,36	0,31	0,29	0,27	0,38	0,50	0,40
Louriçal	Max	11,20	9,96	10,10	4,68	4,34	2,91	2,56	2,29	2,33	3,33	5,77	6,69
	Med	4,68	4,40	3,79	2,79	2,22	1,85	1,66	1,46	1,50	1,91	2,70	4,03
	Min	1,71	0,87	1,54	1,15	0,49	0,98	0,85	0,80	0,75	1,03	1,36	1,00
Calçado	Max	5,03	4,47	4,54	2,11	1,95	1,30	1,14	1,03	1,05	1,50	2,59	3,01
	Med	2,11	1,97	1,69	1,25	1,00	0,83	0,74	0,66	0,67	0,85	1,20	1,81
	Min	0,77	0,39	0,69	0,51	0,45	0,44	0,38	0,35	0,33	0,46	0,61	0,49
Antonina	Max	0,54	0,48	0,48	0,22	0,21	0,14	0,12	0,11	0,11	0,16	0,28	0,32
	Med	0,22	0,21	0,18	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,13	0,19
	Min	0,08	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05
Peixe	Max	0,13	0,11	0,11	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08
	Med	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05
	Min	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Ribeirão do Peixe	Max	18,01	16,01	16,27	7,55	6,98	4,67	4,10	3,71	3,75	5,36	9,29	10,77
	Med	7,55	7,07	6,06	4,49	3,58	2,97	2,66	2,36	2,40	3,05	4,32	6,50
	Min	2,75	1,40	2,49	1,83	1,61	1,57	1,35	1,26	1,18	1,66	2,18	1,74

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

As séries obtidas permitirão estabelecer o planejamento dos enchimentos dos reservatórios, bem como fornecer subsídios à elaboração do esquema de desvio do ribeirão do Peixe para construção do canal de fuga da usina de Simplício.

4.1.3 - Curvas Características

As curvas características do regime fluvial do rio Paraíba do Sul, no local do Aproveitamento de Simplício - Queda Única, compreendem os hidrogramas e as curvas de permanência de vazões médias mensais naturais e regularizadas, obtidas a partir das séries apresentadas no item anterior.

Na Tabela 4-7, a seguir, está apresentada, em forma tabular, a curva de permanência de vazões naturais e regularizadas, que indica a percentagem de tempo em que um determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o período estudado.

Uma análise dos hidrogramas de vazões médias mensais permite observar a sazonalidade do regime fluvial do Paraíba do Sul, com o período de cheias ocorrendo entre os meses de novembro a abril, e o de estiagem entre os meses de maio a outubro.

Observa-se, ainda, a modificação do regime fluvial a partir de 1952, início de operação da captação de Santa Cecília.

Tabela 4-7
Permanência de Vazões Médias Mensais - Ano

%	NATURAIS (m³/s)	REGULARIZADAS (m³/s)
MAX.	2.146	1.968
5	1.247	1.011
10	1.020	784
15	908	579
20	805	496
25	724	440
30	659	393
35	594	362
40	549	337
45	498	312
50	457	288
55	423	267
60	391	254
65	361	243
70	333	233
75	311	224
80	294	213
85	275	205
90	251	196
95	226	184
MIN.	158	135

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

4.1.4 - Regularização de Descargas

Os estudos energéticos realizados indicaram que a operação a fio d'água do AHE Simplício - Queda Única proporciona os maiores ganhos energéticos.

O volume total dos reservatórios do aproveitamento em questão é de aproximadamente 212 hm³, bastante inferior ao volume afluente médio anual do rio Paraíba do Sul no local, de aproximadamente 12.300 hm³. Os reservatórios do AHE Simplício - Queda Única possuem apenas capacidade de regularização diária para permitir a geração de energia de ponta durante 3 horas.

4.1.5 - Estudos de Vazões Extremas

- Vazões Extremas no Local do Aproveitamento

O estudo probabilístico para determinação das vazões extremas no local do aproveitamento foi elaborado a partir da série de vazões médias diárias naturais máximas anuais do posto Anta, obtida a partir dos seguintes dados:

- vazões médias diárias observadas no posto Anta (código 58630002), gerada a partir da relação cota x descarga, para o período de 1930 a 1998 (com falhas);
- vazões médias diárias observadas no posto Ilha dos Pombos (código 58652000), disponível para o período de 1922 a 1994;

- vazões médias diárias naturais no posto Ilha dos Pombos (código 58651980), disponível para o período de 1920 a 1994.

A série de vazões médias diárias naturais foi reconstituída a partir da seguinte relação:

$$Q_{\text{natural em Anta}} = Q_{\text{natural em Ilha dos Pombos}} - Q_{\text{observada em Ilha dos Pombos}} + Q_{\text{observada em Anta}}$$

Esta relação permite retirar da série de vazões observadas em Anta o efeito causado por obras de regularização, bombeamentos ou transposições de bacias existentes até o AHE Ilha dos Pombos, inclusive em seu reservatório, que opera a fio d'água (volume útil = $4,85 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Esta baixa capacidade de regularização do reservatório do AHE Ilha dos Pombos foi, portanto, desconsiderada, permitindo, desta forma, a obtenção da série de vazões médias diárias naturais em Anta.

A partir desta série, definiu-se a série de valores máximos anuais, a qual foram aplicadas diversas distribuições probabilísticas. Os testes de aderência indicaram que a distribuição de Gumbell é a mais adequada para a distribuição teórica dos dados, sendo, portanto, adotada nos estudos.

As vazões a serem consideradas no dimensionamento das estruturas hidráulicas, foram obtidas a partir das vazões médias diárias aplicando-se o coeficiente de Fuller, para ajuste de vazões instantâneas, obtido a partir da expressão $1+2,66 \cdot \text{Área Drenagem}^{-0,3}$.

Os valores corrigidos, para diversas recorrências, estão apresentados na Tabela 4-8, a seguir.

Tabela 4-8
Vazões Extremas em Anta

TR (ANOS)	VAZÃO (m ³ /s)	
	MÉDIA DIÁRIA	INSTANTÂNEA
10	2.685	3.010
25	3.087	3.460
50	3.385	3.794
100	3.680	4.125
500	4.363	4.891
1.000	4.657	5.220
10.000	5.631	6.312

Coeficiente de Fuller = 1,1209

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

Vazões Extremas dos Reservatórios Intermediários e do Ribeirão do Peixe

As bacias contribuintes aos reservatórios intermediários e a do ribeirão do Peixe não possuem informações fluviométricas suficientes para a realização de um estudo de enchentes. A solução adotada foi obter as cheias indiretamente através de transformação chuva-vazão, utilizando hidrogramas unitários sintéticos. Inicialmente, foram estudadas as chuvas intensas baseadas no regime pluviométrico da região e determinadas as características físicas das bacias, para, posteriormente, efetuar a geração dos fluviogramas desejados.

A definição do regime das chuvas foi baseada em dados obtidos da estação pluviométrica de Anta (código Aneel: 02242028), situada na cidade homônima e operada continuamente pela Aneel/CPRM desde 1944. Tal posto é dotado de um pluviômetro tipo "Ville de Paris", com leituras de alturas pluviométricas diárias, e foi escolhido devido à sua proximidade do aproveitamento e à confiabilidade e extensão de sua série.

Primeiramente foram selecionados os valores máximos anuais considerando: ano hidrológico completo (outubro a setembro) e duas alternativas de períodos secos (abril a setembro/maio a agosto). A análise dos períodos secos tem como objetivo verificar a possibilidade de realizar as obras do ribeirão do Peixe nesta época, o que implicaria em menores vazões de projeto e, conseqüentemente, menores custos.

A partir dos 3 conjuntos de máximos, foi realizado um estudo de análise de freqüência, no qual foram ajustadas, através de um programa de computador, as seguintes distribuições de extremos: Normal, Log-normal, Pearson-3, Log-Pearson-3 e Gumbel. Analisando os resultados, selecionou-se a distribuição de Gumbel, já que os parâmetros calculados se adequaram somente a esta, e também por ser a de maior robustez e utilização em tal tipo de estudo.

Com base nos valores extremos ajustados para o tempo de um dia considerando diversas recorrências, obtiveram-se valores de altura de chuva para intervalos menores que 24 horas utilizando o Método das Isozonas, desenvolvido pelo engenheiro José Jaime Tabora Torrico, o que permitiu ajustar as equações que relacionaram a intensidade da chuva com o tempo de duração da mesma, na forma:

$$i(\text{mm/h}) = \frac{a}{(t(\text{min.}) + b)^c}$$

onde: a, b e c são coeficientes ajustáveis.

Os coeficientes ajustados encontram-se sintetizados na Tabela 4-9, a seguir.

Tabela 4-9
Relações Intensidade x Duração

TEMPO DE RECORRÊNCIA (anos)	PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA (mm)	COEFICIENTE a	COEFICIENTE b	COEFICIENTE c
10.000	189	1.977,72	10,3	0,74
25	109	1.646,14	16,6	0,79
25 (abr-set)	60	905,69	16,4	0,79
25 (mai-ago)	50	754,54	16,3	0,79
10 (mai-ago)	41	618,72	16,3	0,79
5 (mai-ago)	33	498,00	16,3	0,79

As características físicas das bacias foram levantadas a partir das seguintes cartas do IBGE, todas na escala 1:50.000: SF-23-X-D-IV-4 (Mar de Espanha), SF-23-Z-B-II-1 (Anta) e SF-23-X-D-V-3 (Sapucaia).

Partindo-se dos locais dos barramento, determinam-se os limites das respectivas bacias e através de planimetria foram obtidas as correspondentes áreas de drenagem.

Para os principais cursos d'água de cada bacia, com base nas medições dos comprimentos dos trechos entre curvas de nível, foram determinadas as declividades equivalentes constantes, utilizando a equação a seguir:

$$Se = \left[\frac{L}{\sum L_i (S_i)^{1/2}} \right]^2$$

onde:

L = comprimento total do curso d'água

L_i = comprimento do trecho i

S_i = declividade do trecho i

A declividade equivalente constante (Se) é aquela declividade constante cujo tempo de translação, para o mesmo comprimento de curso d'água em planta, seria igual ao do perfil acidentado natural. A partir do seu valor e do comprimento do curso d'água, obtém-se o tempo de concentração através da fórmula do "Califórnia Highways":

$$tc \text{ (min)} = 57 \left(\frac{L(\text{km})^2}{Se \text{ (m/km)}} \right)^{0,385}$$

Os valores dos comprimentos, das declividades equivalentes constantes e dos tempos de concentração dos principais cursos d'água das bacias são apresentados na Tabela 4-10, a seguir.

Tabela 4-10
Comprimentos, Declividades Equivalentes e Tempos de Concentração

BACIA	CURSO D'ÁGUA	COMPRIMENTO (m)	DECLIVIDADE EQUIVALENTE	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (min)
Tocaia	córrego da Tocaia	9.050	0.011769	120
	córrego Paraíso	8.150	0.012330	109
Louriçal	córrego Louriçal	15.000	0.010250	187
	córrego da Areia/Serra Negra	22.500	0.008044	281
Calçado	córrego da Estaca	6.000	0.008716	98
	córrego da Mariana	5.500	0.016275	72
	córrego da Constança	7.750	0.023588	82
	córrego Ouro Fino	6.250	0.025722	67
	córrego Alto d'Ouro	7.600	0.029571	74
	córrego da Prata	8.150	0.026086	82
Antonina	córrego Antonina	2.300	0.025670	31
Peixe	córrego do Peixe	700	0.028206	12
Ribeirão do Peixe	ribeirão do Peixe	20.500	0.012592	220
	córrego Alto da Conceição	24.600	0.012674	253
	córrego Maria Joaquina	17.050	0.014426	181
	córrego Rancho Alto	24.500	0.009352	283

O tempo de concentração de cada bacia é o máximo calculado para os cursos d'água que a compõem.

Outra característica é o tempo de duração do excesso de chuva, que foi adotado como sendo 1/6 do tempo de concentração. Esta proporção foi testada como outros valores e mostrou ser a que fornece maiores valores de pico de cheia.

Um resumo das principais características físicas das bacias é apresentado na Tabela 4-11, a seguir.

Tabela 4-11
Características Físicas das Bacias

Bacia	Área de Drenagem (km ²)	Tempo de Concentração (min)	Tempo de Duração (min)
Tocaia	25,4	120	20
Louriçal	92,1	280	45
Calçado	32,6	100	16,5
Antonina	1,9	30	5
Peixe	0,37	12	2
Ribeirão do Peixe	165,0	280	45

Com base nas equações de chuvas intensas e nas características físicas das bacias, foram determinados os hidrogramas de cheia através de um programa de computador baseado no Método da Hidrógrafa Unitária Sintética Triangular do "Soil Conservation Service". Este programa determina a distribuição temporal das precipitações totais a partir da relação intensidade x duração e do intervalo de tempo de duração. Em seguida, calcula as precipitações efetivas em função do valor de um coeficiente CN, que depende do solo e da cobertura da bacia. Posteriormente, determina o hidrograma unitário triangular em função dos tempos de duração e concentração, e da área de drenagem. Por fim, gera o hidrograma a partir da sobreposição dos resultados das precipitações efetivas aplicadas ao hidrograma unitário sintético.

A região onde se encontram as bacias consideradas neste trabalho possui solos do tipo C (na classificação do "Soil Conservation Service"), que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, e a cobertura vegetal é caracterizada por campos e pastagens com alta transpiração, o que nos levou a adotar o valor CN igual a 70.

Os resultados obtidos para cada local, com os correspondentes tempos de recorrência e vazões de pico, são resumidamente apresentados no Tabela 4-12, a seguir.

Tabela 4-12
Vazões de Pico de Cheia

BACIA	TEMPO DE RECORRÊNCIA	VAZÃO DE PICO (m³/s)
Tocaia	10.000	139,12
	25	52,69
Louriçal	10.000	336,37
	25	131,49
Calçado	10.000	192,14
	25	71,46
Antonina	10.000	15,79
	25	4,91
Peixe	10.000	3,02
	25	0,53
Rib. do Peixe	10.000	602,62
	25	235,57
	25 (abr-set)	52,27
	25 (mai-ago)	28,76
	10 (mai-ago)	13,47
	5 (mai-ago)	4,55

4.1.6 - Determinação da Enchente Máxima Provável (EMP)

Os tópicos subseqüentes apresentam uma síntese dos estudos desenvolvidos para a determinação da enchente máxima provável.

- Determinação da Precipitação Máxima Provável (PMP)

A PMP representa o limite físico da precipitação que pode vir a ocorrer, com uma dada duração, sobre uma área de drenagem específica, em uma certa época do ano.

Para a execução de tal estudo construíram-se as curvas D.A.D. (Depth - Area - Duration) para as durações de 1, 5, 10, 15, 25, 30 e 40 dias. As curvas foram definidas a partir da razão de maximização e da análise das isoietas dos maiores eventos chuvosos, conforme definido nos sub-itens a seguir.

Assim sendo, a PMP foi definida com base no maior evento para cada duração e cada área de drenagem de interesse.

- Análise das Isoietas dos Maiores Eventos Chuvosos

A partir da rede de postos pluviométricos definida, adotando-se a técnica dos polígonos de Thiessen, desenvolveu-se a análise de sensibilidade da chuva média na bacia. Foram analisadas as durações de 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 40 dias, de tal forma que se pudessem definir os maiores eventos para cada uma delas.

Desta análise, pode-se concluir que o maior evento ocorrido foi o de 1966/67.

- Razão de Maximização

Na definição da Razão de Maximização, adotou-se o posto de Juiz de Fora. Com os registros de superfície do posto, estimaram-se os pontos de orvalho nas datas dos eventos e o máximo valor persistente histórico para cada duração. Os valores obtidos para a Razão de Maximização são apresentados na Tabela 4-13, a seguir.

Tabela 4-13
Razão de Maximização

DURAÇÃO (DIAS)	RAZÃO DE MAXIMIZAÇÃO
1	1,302
5	1,245
10	1,232
15	1,199
20	1,191
25	1,188
30	1,179
40	1,179

- Simulação Hidrológica da Bacia

Para a simulação hidrológica da bacia foi utilizado o modelo SSARR - Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation. O período escolhido para calibragem foi de setembro de 1983 a maio de 1987, por sua representatividade: na disponibilidade de dados, na disposição geográfica dos postos existentes e na definição das cheias do período. Desta forma, pode-se garantir uma boa base para análise da EMP.

Na Tabela 4-14, a seguir, são apresentadas as sub-bacias adotadas na configuração do modelo com as respectivas áreas de contribuição e o número de postos utilizados.

Tabela 4-14
Configuração do Modelo

SUB-BACIAS	RIO	ÁREA INCREMENTAL (km ²)	Nº DE POSTOS PLUVIOMÉTRICOS
Pindamonhanga	Paraíba do Sul	9.576	7
Funil	Paraíba do Sul	3.954	4
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	5.004	5
Santa Fé	Paraibuna	7.519	7
Moura Brasil	Piabanha	2.052	3
Anta	Paraíba do Sul	2.145	2

- Simulação da EMP

Visando dar consistência à EMP, procurou-se simular o comportamento da bacia durante a passagem da maior cheia no período de registros hidrometeorológicos disponíveis. Segundo os registros, a maior enchente ocorrida no período considerado foi em janeiro de 1985.

Para a simulação da EMP, foram estudados diversos critérios para estabelecer as condições antecedentes de umidade na bacia precedentes a janeiro. O critério estabelecido foi a utilização da associação dos meses de maiores totais pluviométricos, não sendo necessariamente consecutivos. Selecionou-se a seguinte seqüência de totais pluviométricos:

- setembro e outubro de 1983;
- novembro de 1987;
- dezembro de 1986;
- janeiro de 1985.

Esta seleção foi feita com base no total mensal dos postos de cada sub-bacia da configuração do modelo SSARR, buscando períodos comuns a todas as sub-bacias.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, foram analisadas diversas alternativas para o posicionamento do núcleo da PMP na bacia e para diferentes durações. A análise de posicionamento da PMP mais desfavorável indicou o posicionamento na sub-bacia de Funil.

A distribuição temporal da PMP foi gerada através da análise desta distribuição nos maiores eventos sobre as sub-bacias.

Para o projeto foi adotada a EMP correspondente à PMP de 5 dias de duração conforme a Tabela 4-15, a seguir.

Tabela 4-15
Enchente Máxima Provável

DIA	VAZÃO (m ³ /s)
1	1.089
2	1.126
3	1.664
4	2.167
5	2.439
6	3.303
7	5.746
8	6.673
9	8.267
10	8.884
11	9.322
12	6.644
13	4.554
14	3.827
15	3.397
16	4.450
17	3.845
18	3.608
19	3.336
20	3.670
21	3.039
22	2.455
23	2.556
24	2.460
25	2.120
26	2.317
27	2.523
28	2.431
29	2.210
30	2.060
31	2.074
32	1.978
33	1.782
34	1.640
35	1.491
36	1.379
37	1.303
38	1.241

4.1.7 - Estudos de Reservatório

- Amortecimento da Onda de Cheia

Em condições normais, o reservatório de Anta irá operar a fio d'água com o nível não ultrapassando o NA Máximo Normal de 255 m.

Na passagem da EMP (pico de 9.322 m³/s) será admitida sobrelevação do nível do reservatório de Anta, atingindo o NA Máximo Excepcional de 257,2 m. Da mesma forma, o volume adicional disponível não proporciona amortecimento significativo, uma vez que possibilita redução da vazão efluente inferior a 5%, o que dentro da precisão dos cálculos não foi considerado no projeto.

Já os reservatórios de Tocaia, Lourical, Calçado, Antonina e Peixe possuem capacidade de amortecimento das cheias decamilenares das respectivas sub-bacias, desde que as interligações, que possuem capacidade de vazão bem superior aos picos das vazões afluentes, não estejam obstruídas.

- Sedimentologia e Vida Útil
- Medições de Descarga Sólida

A curva de descargas sólidas x descargas líquidas no local do AHE Simplício – Queda Única foi determinada a partir de medições realizadas no posto sedimentométrico de Anta.

A equação ajusta aos pontos é $Q_{st} = 0,0070274 \times Q_{liq}^{2,250171}$, (Q_{st} em t/d e Q_{liq} em m³/s).

- Vida Útil do Reservatório

Os estudos de vida útil do reservatório de Anta foram baseados na série de vazões líquidas médias mensais regularizadas, obtidas por simulação da operação dos reservatórios do rio Paraíba do Sul, conforme já apresentado no presente relatório.

Aplicando-se a curva-chave de sedimentos obtida para o posto sedimentométrico de Anta à série de vazões médias mensais, constituiu-se a série de vazões sólidas médias mensais do ano 1931 a 1997 em t/dia. Em seguida, com base na curva de duração de vazões, estabeleceu-se o deflúvio sólido médio anual, da ordem de 3,77x10⁶ t/ano.

Para avaliação do assoreamento no reservatório de Anta foram utilizados os métodos de Deposição Laminar, descrito por Newton Carvalho em Hidrossedimentologia Prática (Eletrobrás/CPRM); e Empírico de Redução de Área, indicado pelo *United States Bureau of Reclamation*, desenvolvido por Borland e Miller. Na sequência são apresentados os resultados obtidos.

No método de Deposição Laminar, a vazão sólida total média retida no reservatório é calculada em função das características físicas do reservatório e vazões afluentes, conforme curvas empíricas de Brune, aplicadas no presente estudo, as quais forneceram 45% de eficiência de retenção de sólidos. Esta eficiência aplicada sobre o deflúvio sólido médio anual resulta em 1,697x10⁶ t/ano de sólidos retidos.

Partindo da vazão sólida total média retida no reservatório e de acordo com a formulação de Lara e Pemberton, foi obtido o peso específico aparente dos sedimentos do reservatório. Para estes cálculos utilizou-se a composição média do sedimento obtida por Furnas através de análises de granulométricas para as amostras coletadas no posto Anta G, apresentada no Quadro 4-1, a seguir.

Quadro 4-1
Composição do Sedimento - Posto Anta G

	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)
Material em Suspensão	35,32	62,94	1,74
Material de Fundo (arrasto)	0,00	0,00	100,00
Sedimento Total (55,37% em suspensão e 44,63% de fundo)	19,56	34,85	45,59

FONTE: Avaliação da Vida Útil do Reservatório de Anta - DEC.T.068.95 - FURNAS - Dez/95

Considerou-se que todo o material de fundo fique retido, uma vez que, do sedimento total, 44,63% corresponde a material de fundo. Portanto, todo o material em suspensão irá passar para jusante.

Os cálculos a partir do método de Deposição Laminar mostraram que serão necessários 36 anos para que os sedimentos atinjam a soleira da tomada d'água (elevação 245,9 m) e 116 anos para o comprometimento total do reservatório (NA máximo normal igual a 255 m).

O Método Empírico de Redução de Área de Borland e Miller, permite determinar a altura de depósitos de sedimentos no pé da barragem e a distribuição dos depósitos ao longo do leito do reservatório. A aplicação de tal metodologia, que leva em consideração a descarga líquida média afluente, a eficiência de retenção de sedimentos no reservatório, o peso específico aparente dos depósitos, a compactação com o tempo, o tipo de reservatório e sua operação, gerou os seguintes resultados:

- Tempo de assoreamento para a soleira da tomada d'água (volume nulo na elevação 245,9 m) 70 anos;
- Tempo de assoreamento do reservatório (volume nulo na elevação 255 m) 116 anos.

O presente estudo, assumiu como hipótese básica a constância no tempo do regime sedimentológico para a localidade do reservatório, uma vez que a bacia do Paraíba do Sul já se encontra bastante impactada, com um grau de degradação ambiental considerado estável. Diante deste fato, e da dificuldade de se quantificar um possível aumento na produção de sedimentos, decidiu-se não adotar, na atual etapa dos estudos, qualquer coeficiente de crescimento dos sedimentos. Entretanto, com fins de verificação expedita da validade de tal consideração, observou-se que para o posto de Anta as médias acumuladas (no período de 1989 a 1996), apesar da relativa dispersão, mostram-se decrescentes com o tempo. Portanto, assume-se válida a consideração da inexistência de aumento no transporte de sedimentos ao longo do tempo.

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que o reservatório não apresentará problemas de assoreamento que afetem a sua operação.

Estudos de Remanso

Os estudos de remanso hidráulico do reservatório de Anta revestem-se de particular importância, devido à proximidade da zona urbana de Três Rios dos limites da superfície do lago formado.

Desta forma, nas diversas etapas dos estudos anteriores, foram avaliadas várias alternativas para o nível d'água de operação do reservatório, várias possibilidades de ocorrência de vazões extremas em trânsito pelo mesmo, e o assoreamento previsto para várias situações ou vida útil do empreendimento.

Todas estas avaliações foram feitas de forma garantir a segurança à população ribeirinha, soluções adequadas para manejo e operação do reservatório, permitindo rentabilidade ao empreendimento e minimizando possíveis impactos ambientais, notadamente na área de sócio-economia.

- Dados Básicos e Estudos Realizados
- Seções Transversais Topobatimétricas

As seções transversais topobatimétricas utilizadas nos estudos foram obtidas junto a Furnas, consistindo em seções levantadas através de serviços de campo e de restituição aerofotogramétrica em toda a extensão do reservatório. Nos cálculos foram consideradas 53 seções topobatimétricas, além das seções das pontes existentes ao longo do rio Paraíba do Sul no trecho estudado

- Perfis de Linha D'água

Os perfis instantâneos de linha d'água ao longo do trecho a ser avaliado foram extraídos do histórico de leituras de réguas diárias às 7:00 e 17:00 h, dos postos relacionados no Quadro 4-2, a seguir, com suas respectivas cotas zero.

Quadro 4-2
Postos Limnimétricos Utilizados

Posto	Seção Correspondente	Zero da Régua (m)	Distância Longitudinal (m)
Montante			
Três Rios – S-17	Entre ET65 e ET66	260,941	32.277
Três Rios	ET64	259,966	31.359
Três Rios – S-16	ET63	259,859	30.575
Três Rios – S-15	FR12	257,906	29.166
Três Rios – S-14	Entre ET59 e FR11	256,905	28.850
Três Rios – Ponte das Garças	ET54	255,753	27.734
Três Rios – Ponte BR-040	ET39	252,546	25.127
Montante Foz do Piabanha	EN08	252,338	22.670
Jusante			
Três Barras	EN06	247,093	16.400
Km 121 – BR 393	EN05	242,266	11.340
Areal – BR 393	EN03	240,115	7.580
Barreiro – BR 393	EN02	239,489	6.120
Anta A	ET24	236,296	1.895
Anta B	ET23	234,292	900
Anta C	ET19	230,994	0

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

Foram consideradas também as curvas chave das estações Anta e Três Rios, respectivamente no início e fim do trecho estudado.

Os perfis selecionados compreendem uma faixa de vazões entre 300 e 2.000 m³/s, totalizando 14 perfis. Os níveis d'água foram submetidos a uma análise de consistência, sendo feitas algumas correções. A Tabela 4-16, a seguir, apresenta os perfis selecionados já corrigidos, utilizados na calibragem do modelo.

Tabela 4-16
Perfis de Linha D'água Utilizados no Ajuste

Número Identificador		1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E	3A	3B	3C	3D
Data		25/05/89	06/02/89	16/12/89	30/03/91	17/05/94	11/07/89	20/04/89	17/01/91	15/02/95	14/02/95	29/03/90	22/02/93	17/02/95	23/02/88
Hora		07:00	07:00	17:00	17:00	17:00	07:00	07:00	17:00	07:00	07:00	07:00	17:00	17:00	07:00
Vazão a jusante		300	501	998	1.526	2.023	300	504	998	1.521	1.937	300	501	1.002	1.510
Vazão a montante		114	173	464	1.116	382	125	198	470	833	1.034	79	374	608	815
Estação	Dist. (m)	Cotas nas estações de medição (m)													
Anta C	0	234,12	234,14	236,59	237,87	238,53	234,14	235,19	236,51	237,69	238,51	234,00	235,21	236,65	237,76
Anta B	900	236,28	237,12	237,65	238,59	239,25	236,30	236,69	237,61	239,29	239,57	236,30	236,76	237,67	238,58
Anta A	1895	238,35	239,17	239,62	241,27	240,72	238,34	238,74	239,60	240,26	240,78	238,36	238,87	239,62	240,09
Barreiro BR-393	6120	241,95	242,68	243,49	244,53	244,27	241,91	242,56	243,47	244,19	244,76	241,94	242,89	243,48	243,79
Areal BR-393	7580	243,20	243,90	244,83	245,66	245,50	243,15	243,88	244,82	245,56	246,14	243,18	244,28	244,82	245,54
KM-121 BR-393	11340	245,27	246,17	246,47	248,35	248,66	245,23	245,43	247,27	247,85	247,81	245,73	246,09	248,03	247,61
Três Barras	16400	248,81	249,50	250,53	251,39	252,05	248,95	249,79	250,89	251,07	252,09	248,93	249,67	250,37	251,42
Mont. Foz do Piabanha	22670	253,17	255,34	255,21	258,22	257,28	255,04	253,96	256,43	257,48	258,20	252,90	255,10	256,88	257,74
Três Rios - Pte BR-040	25127	254,88	255,47	257,05	259,01	257,61	256,82	255,60	256,97	259,07	259,64	254,46	256,98	258,52	258,31
Três Rios - Pte das Garças	27734	258,67	258,65	260,02	261,27	259,70	258,71	259,19	260,11	260,77	261,17	258,43	259,63	260,25	260,93
Três Rios - S-14	28850	259,77	260,13	261,13	261,91	261,57	259,87	260,31	261,10	261,91	262,45	260,29	259,77	261,51	262,10
Três Rios - S-15	29166	261,09	261,39	261,91	263,09	261,83	261,19	261,51	261,99	262,61	262,99	260,91	261,76	262,19	262,67
Três Rios - S-16	30575	262,06	262,14	263,24	264,68	263,56	262,39	262,39	263,28	264,46	264,86	261,57	262,99	263,94	264,54
Três Rios	31359	262,27	262,72	263,99	265,57	263,71	262,82	262,89	264,01	264,98	265,41	261,94	263,68	264,42	264,94
Três Rios - S-17	32277	263,30	263,81	265,16	266,88	264,78	263,36	264,14	264,14	266,24	266,82	262,92	264,72	265,60	266,18

• **Vazões**

As vazões notáveis para cálculo do remanso são apresentadas na Tabela 4-17, a seguir, e foram obtidas dos estudos de vazões extremas no local do aproveitamento, conforme já apresentado no presente relatório. Foram considerados nos cálculos 2 trechos de vazões, um a jusante da confluência dos rios Paraibuna e Piabanha (Três Barras), e outro a montante.

Tabela 4-17
Vazões Extremas em Anta - Ano

TR (anos)	Vazão (m ³ /s)		
	Posto Trecho	Três Rios – LIGHT	Anta ANEEL
		Três Rios – Três Barras	Três Barras – Anta G
2,33		957	1.978
25		1.617	3.087
50		1.779	3.385
100		1.968	3.680
1.000		2.549	4.657
10.000		3.128	5.631

- Pontes

No cálculo do remanso foram consideradas as perdas de carga nas pontes ao longo do trecho em análise, cujas distâncias longitudinais estão apresentadas no Quadro 4-3, a seguir.

Quadro 4-3
Localização das Pontes

PONTE	SEÇÃO CORRESPONDENTE	DISTÂNCIA LONGITUDINAL (M)
BR-040 (P1)	P1	25.127
Ponte das Garças (P2)	P2	27.734
Ponte do Aeroporto (P3)	P3	29.050
Av. Beira Rio – Av. Direita (P4)	P4	31.479
Ponte do Clube Independência (P5)	P5	31.589

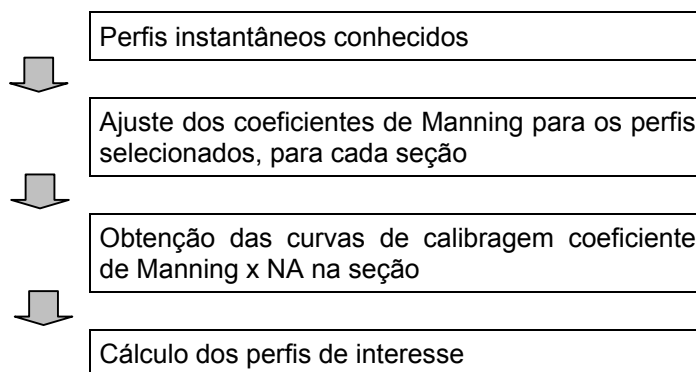
- Metodologia

Os estudos foram realizados com o auxílio de um modelo de simulação (HEC-RAS - versão 2.2 - Setembro/1998), desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, que se baseia no “Standard Step Method” para cálculo das linhas de remanso (perdas de carga). Este modelo permite, também, avaliar perdas distribuídas e localizadas (curvas e estreitamentos), considerando-se a equação de Manning, cujo coeficiente de resistência foi calibrado para situação da calha natural, a partir das seções topobatimétricas levantadas no reservatório.

No cálculo do remanso foram considerados 2 sub-trechos: um compreendido entre Anta e a confluência dos rios Piabanha e Paraibuna, e outro desde esta confluência até a cidade de Três Rios, visando a compatibilização das vazões em trânsito, uma vez que no trecho se inserem estes dois tributários.

O objetivo dos estudos é a determinação de alguns perfis de linha d’água notáveis, nas situações com e sem reservatório, para cada vazão indicada na Tabela 4-17.

O passo inicial consistiu na calibragem do modelo de remanso através dos perfis instantâneos observados. Esta calibragem foi desenvolvida para cada uma das seções utilizadas, para as quais foram determinados os pontos NA x Coeficiente de Manning, para posterior ajuste de tendência e utilização nos cálculos dos perfis para vazões superiores. O procedimento utilizado nos cálculos pode ser representado pelo fluxograma a seguir.



Foram selecionados 14 perfis instantâneos de linha d'água, abrangendo variações desde vazões baixas até as vazões mais altas observadas. Estes perfis, apresentados no quadro anteriormente, foram submetidos a uma análise de consistência, permitindo a eliminação de possíveis erros de observação. Para o sub-trecho de jusante, considerou-se a vazão em trânsito da seção em Anta, enquanto para o sub-trecho de montante, a vazão em Três Rios. A calibragem foi efetuada através da determinação dos coeficiente de Manning das seções, onde buscou-se igualar os níveis observados e calculados, admitindo-se uma tolerância de até 0,05m.

Os coeficientes de Manning foram agrupados por seção, relacionando-se os pontos NA na seção x coeficiente de Manning, aos quais foram ajustadas curvas de tendência, buscando-se a extrapolação para níveis d'água mais altos. De um modo geral, a distribuição de pontos obtida nas seções apresentou-se bem agrupada, definindo uma boa curva de tendência. Apenas algumas seções, próximas à confluência dos rios Paraíba e Piabanha, mostraram uma maior dispersão dos pontos, fato explicado pelas diferentes condições de escoamento neste rios.

Cabe ressaltar que os coeficientes de Manning obtidos refletem não só as perdas de carga por atrito, mas também outras perdas localizadas, não consideradas neste estudo, por se tratar o trecho em análise de uma calha fluvial bastante acidentada. Os coeficientes de Manning adotados, em função da metodologia utilizada para extrapolação, são bastante conservadores, o que resulta em uma segurança para análise das interferências com a zona urbana de Três Rios.

Definidos os coeficientes de Manning das diversas seções, foram analisados os acréscimos de níveis que ocorrerão nas proximidades da cidade de Três Rios, após a formação do reservatório.

- Premissas e Critérios Adotados para Simulação Hidráulica

Nos estudos de remanso considerou-se o nível d'água de operação do reservatório na elevação 255 m.

Para avaliação dos perfis de linha d'água foram admitidas as vazões afluentes ao reservatório de 25, 50, 100 e 10.000 anos de recorrência e das cheias normais anuais (2,33 anos). Para estas alternativas foram simuladas situações de calha natural e de reservatório.

- Análise dos Resultados

A Tabela 4-18, a seguir, apresenta os principais resultados obtidos para as seções topobatimétricas próximas à zona urbana de Três Rios.

Tabela 4-18
Resultados dos Estudos de Remanso - Ano

Tempo de Recorrência (anos)		ET 66 NA (m)	ET 64 NA (m)	ET 63 NA (m)	ET 60 NA (m)	ET 57 NA (m)	ET 45 NA (m)
2,33	Natural	266.80	265.33	264.84	263.20	261.42	260.88
	Reservatório (NA=255m)	266.80	265.33	264.83	263.19	261.40	260.85
25	Natural	268.22	266.52	266.08	264.34	262.41	261.73
	Reservatório (NA=255m)	268.40	266.62	266.20	264.41	262.39	261.74
50	Natural	268.71	266.95	266.54	264.70	262.62	261.96
	Reservatório (NA=255m)	268.70	266.94	266.52	264.70	262.61	261.93
100	Natural	269.02	267.27	266.87	264.99	262.89	262.18
	Reservatório (NA=255m)	269.02	267.27	266.86	264.98	262.87	262.16
1.000	Natural	269.76	268.12	267.75	265.77	263.64	262.84
	Reservatório (NA=255m)	269.76	268.12	267.75	265.77	263.65	262.87
10.000	Natural	270.34	268.83	268.50	266.49	264.38	263.55
	Reservatório (NA=255m)	270.34	268.84	268.50	266.50	264.41	263.59

Fonte – Estudos Ambientais da AHE Simplício – EIA/RIMA Engevix - 2001

Os resultados acima permitem observar que, para as vazões estudadas, o nível d'água natural (sem a existência do reservatório) praticamente coincide com o nível d'água simulado após a formação do reservatório, em todas as seções levantadas nas proximidades da zona urbana de Três Rios, diminuindo sobremaneira os impactos provenientes da implantação do empreendimento. O controle hidráulico é feito na calha e, portanto, o reservatório não tem influência nos níveis d'água, quando do trânsito das vazões estudadas.

No presente estudo não foram avaliados os efeitos decorrentes do futuro assoreamento do reservatório de Anta nos níveis d'água nas seções próximas à cidade de Três Rios, uma vez que os estudos de remanso apresentados no Relatório Final dos Estudos de Viabilidade para o AHE de Simplício - Queda Única na elevação 260 m (Furnas/ Engevix - Junho/1996), demonstraram que, para o nível d'água do reservatório no entorno de 255 m, esses efeitos não provocam elevação dos níveis d'água nas seções próximas à cidade de Três Rios, pois a diminuição nas seções de escoamento são pequenas.

Os resultados e conclusões mostrados anteriormente serviram de base para confirmar o nível d'água do reservatório na elevação 255 m, que eliminou as interferências na cidade de Três Rios.

- Estudos de Borda Livre

Os estudos de borda livre têm como objetivo analisar a segurança dos reservatórios ao transbordamento, verificando se as elevações adotadas para os coroamentos da barragem de Anta e dos diques são superiores aos níveis d'água atingidos durante a passagem de cheias, acrescidos do efeito de ondas geradas pelos ventos. Também deve se avaliar a necessidade de incorporar dispositivos extravasores de emergência em cada

reservatório, uma vez que a geomorfologia local se caracteriza por vales estreitos com encostas instáveis, que podem obstruir as interligações.

O coroamento da barragem de Anta foi fixado na elevação 258,2 m, tendo-se como critério 1 m de borda livre sobre o NA Máximo Excepcional = 262,2 m. Essa borda livre é suficiente para conter os efeitos de ondas geradas pelo vento (0,79 m).

Para os reservatórios intermediários e respectivos diques, foram consideradas duas hipóteses com as condições mais desfavoráveis, descritas a seguir. Em ambas considerou-se:

- a usina de Simplício com a geração paralisada (vazão turbinada igual a zero), o que significa que todos os reservatórios intermediários inicialmente acompanham o nível do reservatório de Anta;
- a ocorrência do vento de projeto (100 km/h), na direção aproximada do fetch máximo e no sentido do reservatório para o dique.

A primeira hipótese corresponde à ocorrência de um evento extremo no local, tendo-se considerado:

- obstrução das interligações adjacentes ao reservatório, encontrando-se este na elevação 255 m (NA máximo normal de Anta);
- ocorrência de cheia com tempo de recorrência igual a 10.000 anos, na bacia contribuinte ao reservatório.

A segunda hipótese corresponde à ocorrência de um evento extremo na bacia a montante, associado a um evento desfavorável no local. Neste caso considerou-se:

- obstrução das interligações adjacentes ao reservatório, na ocasião da passagem do pico da EMP em Anta, o que significa que todos os reservatórios neste instante se encontrarão na elevação 257,2 m, que é o valor que o reservatório de Anta deve atingir para que a vazão de 9.322 m³/s passe pelo vertedouro totalmente aberto (escoamento em lâmina livre);
- ocorrência de cheia com tempo de recorrência igual a 25 anos na bacia contribuinte ao reservatório.

Com base nas hipóteses anteriores, realizaram-se inicialmente os estudos de amortecimento das cheias nos reservatórios, utilizando-se os hidrogramas determinados no item 4.1.6 do presente relatório.

Para o reservatório de Tocaia considerou-se uma estrutura extravasora consistindo de um trecho galgável de 25 m no dique de Tocaia, na elevação 257,2 m. Para o reservatório de Lourical considerou-se uma soleira galgável em sela topográfica com 40 m de comprimento no reservatório de Lourical. Para os demais reservatórios, experimentou-se adotar o coroamento dos diques na cota 258 m, sem estruturas de vertimento (vazão efluente sempre nula).

Procedeu-se, em seguida, aos cálculos dos amortecimentos, cujos resultados são apresentados resumidamente na Tabela 4-19, a seguir. Verificou-se que os reservatórios de Antonina e Peixe possuem uma grande capacidade de absorção das cheias, já que na segunda hipótese foi possível absorver até as cheias de 10.000 anos de recorrência destas bacias, respectivamente, 15,79 e 3,02 m³/s.

Tabela 4-19
Resultados dos Amortecimentos das Cheias

Reservatório	Tempo de Recorrência (anos)	Nível d'Água Inicial (m)	Nível d'Água Máximo (m)	Vazão Vertida Máxima (m ³ /s)
Tocaia	10.000	255,00	257,70	15,12
	25	257,20	257,87	23,92
Louriçal	10.000	255,00	257,84	30,64
	25	257,20	258,00	48,84
Calçado	10.000	255,00	255,79	-
	25	257,20	257,50	-
Antonina	10.000	255,00	255,06	-
	25	257,20	257,22	-
Peixe	10.000	255,00	255,01	-
	25	257,20	257,20	-

Com base nos níveis máximos alcançados em cada reservatório, procedeu-se ao cálculo do efeito das ondas geradas pelo vento de projeto, utilizando-se a metodologia do Beach Erosion Board, desenvolvida por Saville, Mc Clendon e Cochran.

Devido a não disponibilidade de dados de vento nos locais, adotou-se o valor de 100 km/h para intensidade do vento de projeto.

O cálculo do run-up foi feito com o auxílio de um programa de computador, considerando-se nos cálculos os taludes como sendo rugosos, já que serão de enrocamento.

Os resultados finais dos estudos de borda livre encontram-se sintetizados na Tabela 4-20, a seguir onde pode-se verificar que todas as elevações de coroamento atendem às situações mais desfavoráveis.

Tabela 4-20
Resultados dos Estudos de Borda Livre

DIQUE	RESERVATÓRIO	FETCH EFETIVO (km)	RUN-Up (m)	NA MÁXIMO SEM ONDAS (m)	NA MÁXIMO COM ONDAS (m)	FOLGA (m)	ELEVAÇÃO COROAMENTO (m)
Tocaia	Tocaia	0,25	0,42	257,87	258,29	0,01	258,30
Louriçal	Louriçal	0,60	0,48	258,00	258,48	0,02	258,50
Estaca 1	Calçado	0,61	0,48	257,50	257,98	0,02	258,00
Estaca 2	Calçado	0,74	0,50	257,50	258,00	0,00	258,00
Antonina	Antonina	0,94	0,60	257,22	257,82	0,18	258,00
Norte	Peixe	0,41	0,38	257,20	257,58	0,42	258,00
Sul	Peixe	0,34	0,35	257,20	257,55	0,45	258,00

Finalizando, é importante frisar que os reservatórios de Calçado, Antonina e Peixe mesmo tendo volumes para absorverem as cheias mais desfavoráveis, por não disporem de dispositivos de extravasamento, deverão ter as interligações desobstruídas o mais cedo possível, podendo ainda se adotar um esquema de bombeamento e sifonagem, de modo a evitar que as pequenas vazões que normalmente afluem a estes, acabem enchendo completamente tais reservatórios.

- Enchimento dos Reservatórios

O enchimento dos reservatórios de Anta, Tocaia, Louriçal, Calçado, Antonina e Peixe se processa da seguinte forma: cada reservatório enche isoladamente, com a vazão afluyente da sua própria bacia contribuinte, podendo também receber contribuição dos reservatórios adjacentes, desde que os níveis destes sejam superiores e que permitam a passagem de água pelas respectivas interligações. O enchimento isolado se processa até que seja atingido o nível onde ocorra fluxo através da interligação para outro reservatório adjacente, o qual, se estiver em nível inferior, irá encher até que os níveis de ambos se igualem, quando então passam a encher em conjunto, como se fossem um único reservatório. Na Tabela 4-21, a seguir, são apresentados os níveis, em cada interligação, a partir dos quais passa a haver fluxo entre os reservatórios adjacentes.

Tabela 4-21
Elevações Máximas dos Fundos das Interligações

INTERLIGAÇÃO	ELEVAÇÃO MÁXIMA DO FUNDO (m)
Anta – Tocaia	249,00
Tocaia-Louriçal	244,00
Louriçal-Calçado	245,00
Calçado-Antonina	240,00
Antonina-Peixe	238,00

Tendo em vista a complexidade das condições anteriormente descritas e considerando a necessidade de analisar diversas alternativas, elaborou-se um modelo matemático de simulação do enchimento dos reservatórios do AHE Simplício - Queda Única. Tal programa realiza as simulações a nível diário, tendo como dados de entrada, para cada reservatório: data e nível d'água do início do enchimento e as vazões médias mensais afluentes de longo termo. Como resultados, são obtidos, para cada dia, os níveis atingidos em cada reservatório, até que todos atinjam a elevação 255 metros.

Visando minimizar erosões nos terrenos naturais e impedir danos aos revestimentos de proteção dos canais de interligação durante o enchimento, incorporou-se ao modelo uma regra operativa para o reservatório de Anta, de modo que quando um reservatório estiver enchendo outro adjacente, o fluxo na correspondente interligação não exceda 20 m³/s; valor este necessário para garantir baixos tirantes e velocidades reduzidas.

O reservatório de Anta deverá encher isoladamente até a elevação 249 m, quando então o vertedouro passará a ser operado de tal forma, que a diferença entre a afluência a este reservatório e a vazão vertida, seja de no máximo 20 m³/s. Tal procedimento deverá ser realizado até que sejam atingidos em todos os reservatórios o nível 250 m, quando o vertedouro poderá ser fechado e o enchimento prosseguirá normalmente.

Com base no cronograma das obras e considerando 2 situações hidrológicas extremas, ou seja, a ocorrência dos valores mínimos e máximos das vazões médias mensais de longo termo afluentes a cada reservatório, foram realizadas diversas simulações, onde foram consideradas diferentes datas e níveis no início de enchimento para cada reservatório. Com isso foi possível estabelecer um plano de enchimento, apresentado na Tabela 4-22, a seguir.

Tabela 4-22
Elevações Máximas dos Fundos das Interligações

RESERVATÓRIO	DATA DE INÍCIO DO ENCHIMENTO	NA INICIAL CONSIDERADO NA SIMULAÇÃO (m)
Anta	01/03/ano-5	233,50 (cota do piso dos blocos rebaixados)
Tocaia	01/12/ano-4	244,00 (desvio pelo túnel 2 para Louriçal)
Louriçal	01/121/ano-4	220,00 (ponto mínimo da curva cota x volume)
Calçado	01/12/ano-4	208,00 (ponto mínimo da curva cota x volume)
Antonina	01/12/ano-4	208,00 (ponto mínimo da curva cota x volume)
Peixe	01/12/ano-4	218,00 (ponto mínimo da curva cota x volume)

Os resultados obtidos estão apresentados graficamente na Figura 4-2 e na Figura 4-3, a seguir.

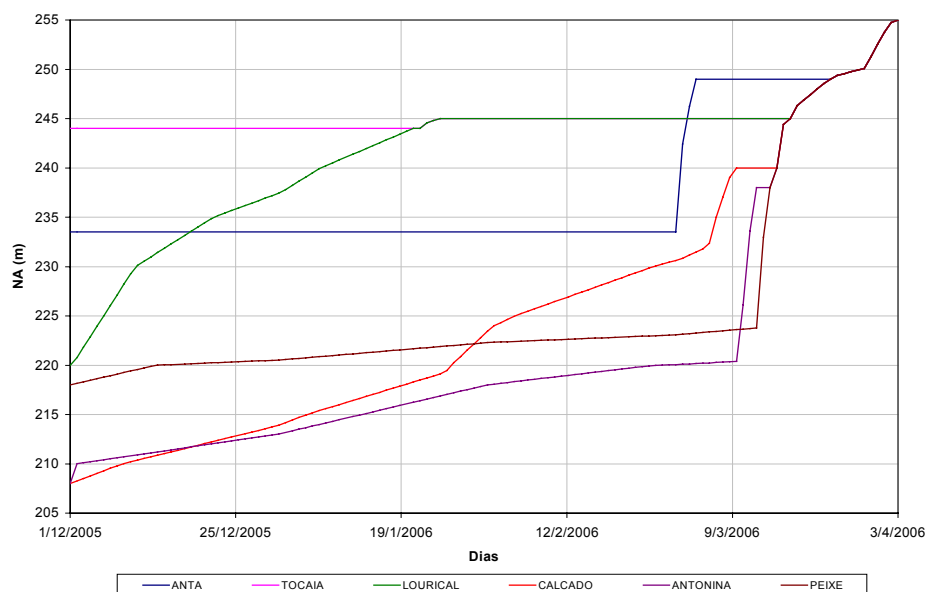


Figura 4-2
Enchimento dos Reservatórios Considerando Vazões Mínimas

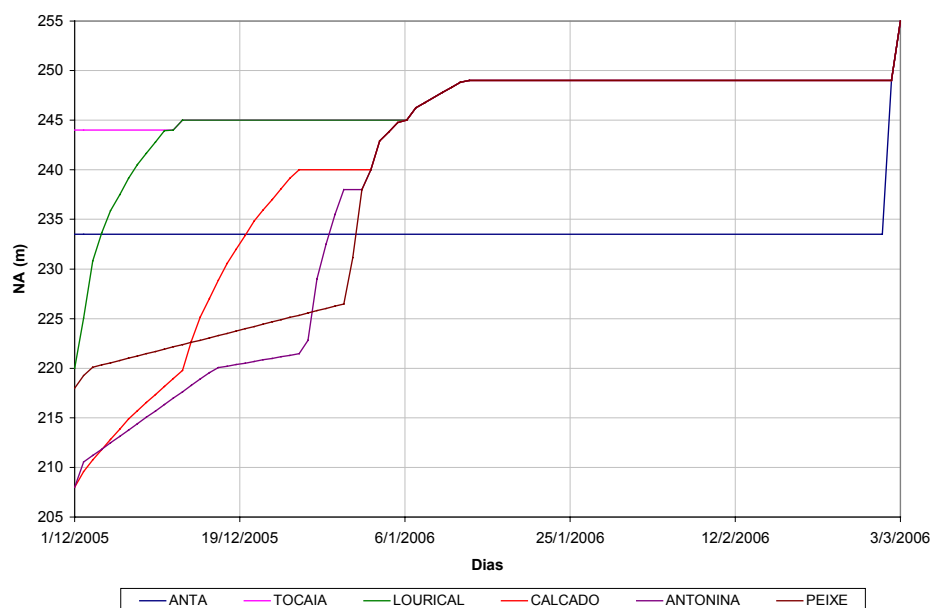


Figura 4-3
Enchimento dos Reservatórios Considerando Vazões Máximas

Analisando os resultados das simulações, observa-se que todos os prazos constantes no cronograma são respeitados, podendo-se destacar que:

- na situação do enchimento mais rápido, os reservatórios de Calçado e Antonina passarão a encher juntos a partir de 03/01/ano-5, quando o túnel 3 já deverá estar concluído;
- na situação do enchimento mais lento, todos os reservatórios atingirão a elevação 255,00 m, cerca de 1 mês antes do início da entrada em operação da primeira unidade geradora de Anta e Simplício (31/04/ano-5).

Conclui-se que o enchimento dos reservatórios ocorrerá sempre em condições que atendam o cronograma de obras, sem comprometer a segurança do empreendimento.

Foram feitos, também, estudos de simulação considerando a liberação de vazões remanescentes durante o enchimento. As vazões selecionadas foram as de 62 m³/s e 90 m³/s respectivamente as vazões remanescentes definidas como mínima pelos estudos de qualidade da água e a fixada pela ANA para este trecho do rio Paraíba do Sul.

A Tabela 4-23 mostra os resultados destas simulações de cálculo de enchimento.

Na pior condição o enchimento dos reservatórios levar-se-á 93 dias para a vazão de 62 m³/s e de 161 dias para a vazão de 90 m³/s (ano crítico) e na situação de um ano médio de 16 dias para a vazão de 62 m³/s e de 19 dias para a vazão de 10 m³/s.

Tabela 4-23
Tempos de Enchimento dos Reservatórios, em Dias

Qrem =	Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
62 m³/s	Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1	Vazão (m³/s)	587	265	284	246	146	131	101	88,2	78,1	98	177	397
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	1406	491	595	477	225	179	104	70	42	96	298	897
Crítico	Nº de dias p/ o enchimento	5	13	12	14	30	40	89	93	69	43	22	8
2	Vazão (m³/s)	763	803	751	510	357	297	252	221	228	265	357	541
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	1878	1793	1847	1161	791	610	509	425	429	543	766	1282
Médio	Nº de dias p/ o enchimento	4	4	4	6	9	11	13	16	15	13	9	6
3	Vazão (m³/s)	1243	1364	2211	990	649	472	506	414	449	480	600	1008
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	3163	3150	5756	2405	1572	1063	1189	943	1003	1120	1394	2534
Favorável	Nº de dias p/ o enchimento	3	2	2	3	5	6	6	7	7	6	5	3

Qrem =	Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
90 m³/s	Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1	Vazão (m³/s)	587	265	284	246	146	131	101	88,2	78,1	98	177	397
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	1331	423	520	404	150	106	29	0	0	21	226	822
Crítico	Nº de dias p/ o enchimento	5	14	13	16	49	161	145	118	87	57	29	8
2	Vazão (m³/s)	763	803	751	510	357	297	252	221	228	265	357	541
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	1803	1725	1772	1089	716	538	434	350	357	468	693	1207
Médio	Nº de dias p/ o enchimento	4	4	4	6	10	12	16	19	18	14	10	6
3	Vazão (m³/s)	1243	1364	2211	990	649	472	506	414	449	480	600	1008
Ano	Vol. Acum. no mês (hm³)	3088	3082	5681	2333	1497	990	1114	868	931	1045	1322	2459
Favorável	Nº de dias p/ o enchimento	3	2	2	3	5	7	6	8	7	7	5	3

4.1.8 - Estudos Hidrológicos/Hidráulicos no Estirão Fluvial entre a Barragem de Anta e a Casa de Força de Simplício

Este item tem por objetivo apresentar os resultados dos estudos de remanso feitos para o trecho de vazão reduzida, no Rio Paraíba do Sul, entre a usina de Anta e o canal de fuga do Sistema Simplício – Queda Única.

Estes estudos, por sua vez, objetivaram avaliar os níveis d'água que deverão ser observados neste trecho, após a implantação do Sistema Simplício – Queda Única.

- **Dados Básicos**

Para subsidiar os estudos, foi feito um levantamento consistindo de doze seções topobatimétricas no trecho, escolhidas em pontos de controle hidráulico. As leituras nestas seções estão apresentadas na Tabela 4-24. Para cada seção, foi levantada também a cota do nível d'água por ocasião do levantamento.

Tabela 4-24
Seções Topobatimétricas

SEÇÃO	NOME	DISTÂNCIA (m)	DATA	LEITURA DE RÉGUA	N.A. (m)
1	Belém	0	18/11/03	1.31	140.89
2	Ilha Mangueiral	1 830	17/11/03	2.28	147.59
4	Santa Rosa	7 560	19/11/03	-	168.79
5	Benjamim Constant	9 280	13/11/03	1.14	170.13
6	Sapucaia C	9 740	12/11/03	-	173.89
7	Sapucaia A	10 390	12/11/03	1.86	176.91
8	Mar de Espanha	14 650	04/11/03	-	193.27
9	Ponte Férrea	15 330	04/11/03	-	193.92
10	Próx. Polícia Fed. 1	19 010	06/11/03	-	217.11
11	Próx. Polícia Fed. 2	19 640	06/11/03	-	220.02
12	Anta K	24 690	04/11/03	-	233.21
13	Anta G	25 440	03/11/03	1.74	233.43

Fonte: Companhia Furnas DEC-T-2003.

Foram obtidos também os dados da estação fluviométrica de Anta G, coincidente com a seção de número treze, posicionada na extremidade de montante do trecho.

- Metodologia e Resultados

Inicialmente, as seções foram localizadas em planta, valendo-se de uma base onde está esquematizada a disposição geral do Sistema Simplício – Queda Única (Anexo IV-B). As distâncias entre as seções, desenvolvidas ao longo da calha do rio Paraíba do Sul, foram levantadas com o auxílio de um software do tipo Cad.

As informações das seções topobatimétricas foram processadas e então inseridas como dados de entrada no software HEC-RAS versão 2.2, específico para cálculos de remanso.

A calibragem do coeficiente de Manning foi feita considerando-se os níveis d'água observados nas seções por ocasião dos levantamentos topobatimétricos. Como os dados da estação fluviométrica Anta G disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas não estavam atualizados até a data dos levantamentos, a vazão correspondente foi obtida com base na curva-chave do posto Anta G:

$$\begin{aligned}
 Q &= 3,740 \times 10^{-5} (H + 10)^{6,441} & H \leq 3,17 \\
 Q &= 1,177 \times 10^2 (H - 0,5)^{1,672} & H > 3,17
 \end{aligned}$$

(cota do zero da régua = 231,579 m).

A vazão obtida para o dia do levantamento foi de 300 m³/s. Assumiu-se que a vazão não sofreu grandes variações ao longo dos dias do levantamento.

Foram interpoladas seções, de forma a diminuir as distâncias entre seções e outra, que em alguns casos chegou a 5 km. Os coeficientes de Manning variaram de trecho para trecho e resultaram elevados, o que pode ser explicado pelas grandes distâncias entre seções. Nestes casos, muitas perdas localizadas de carga não estão representadas pela geometria das seções; e acabam sendo embutidas na rugosidade durante a calibragem.

Foram estudados seis casos de vazões (Tabela 4-25):

Tabela 4-25
Casos de Vazões estudados

1	$Q_{TR} = 2,33$	1.978 m ³ /s
2	Vazão mínima (estiagem)	51 m ³ /s
3	Estudo Anterior	62 m ³ /s
4	Vazão fixada pela ANA para este trecho	90 m ³ /s
5	$Q_{TR} = 25$	3.460 m ³ /s
6	$Q_{TR} = 50$	3.794 m ³ /s

Para cada caso, os coeficientes de Manning foram ajustados uniformemente, ao serem multiplicados por um fator que levasse a uma cota em Anta G coincidente à fornecida pela curva-chave.

As figuras a seguir apresentam os resultados dos estudos (Figura 4-4, Figura 4-5, Figura 4-6, Figura 4-7, Figura 4-8 e Figura 4-9). Observar que nas figuras das seções e do perfil longitudinal, as indicações nas legendas significam:

- EG - Linha de energia;
- WS - Nível d'água;
- Crit Q - Altura crítica;
- Ground - Leito do rio;
- Obs WS - Nível d'água observado.

Nas seções, os números que aparecem na parte superior representam os coeficientes de Manning ajustados para cada caso.

Os resultados apresentados permitiram definir os níveis d'água para vazões naturais e vazões liberadas pela futura usina de Anta e Vertedouro do AHE Simplício. Estes resultados mostram que para dar vazão de 90m³/s serão mantidas condições de uso do rio Paraíba do Sul similares as atuais (naturais).

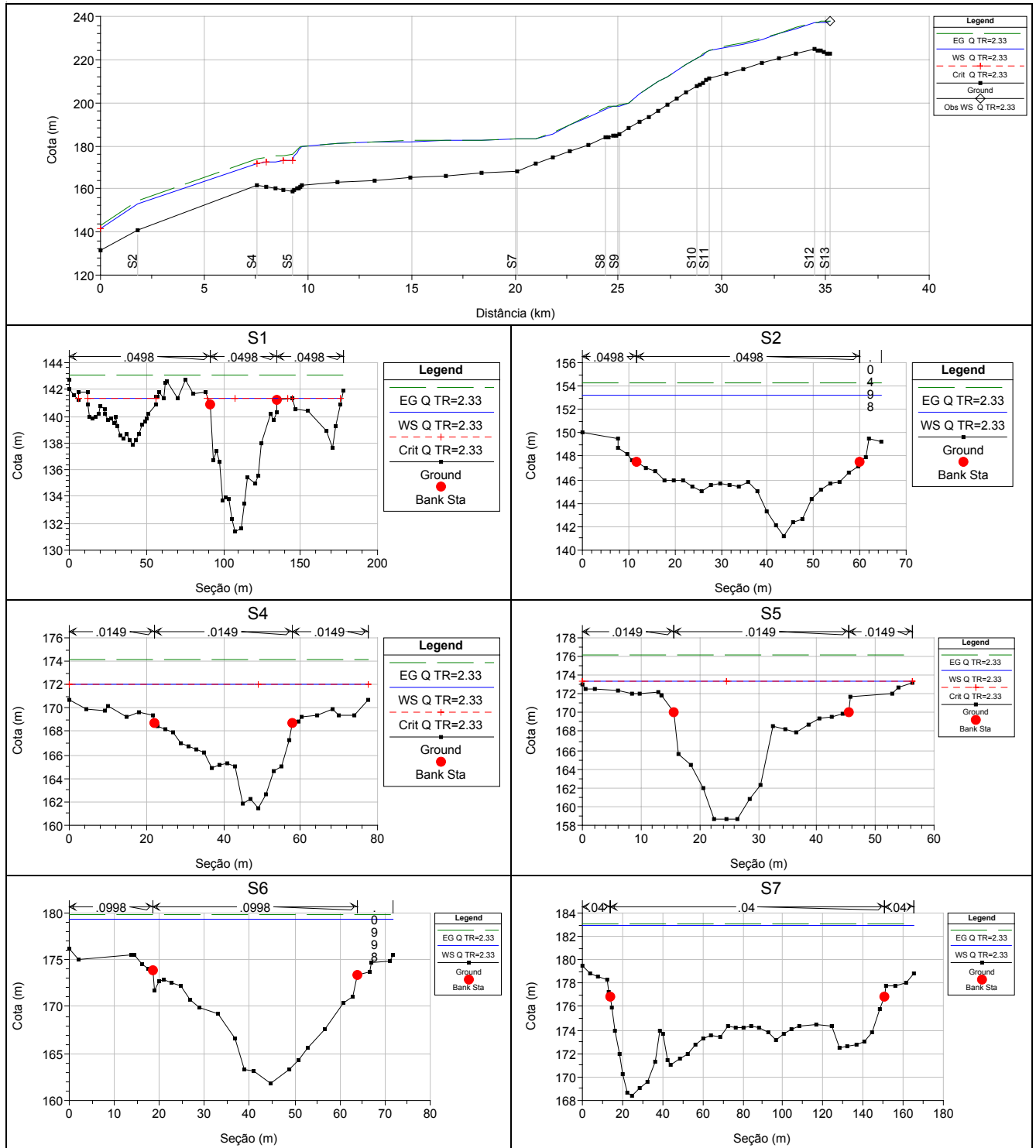


Figura 4-4
Caso 1 - Vazão = 1.978 m³/s (TR = 2,33 Anos)

Continuação

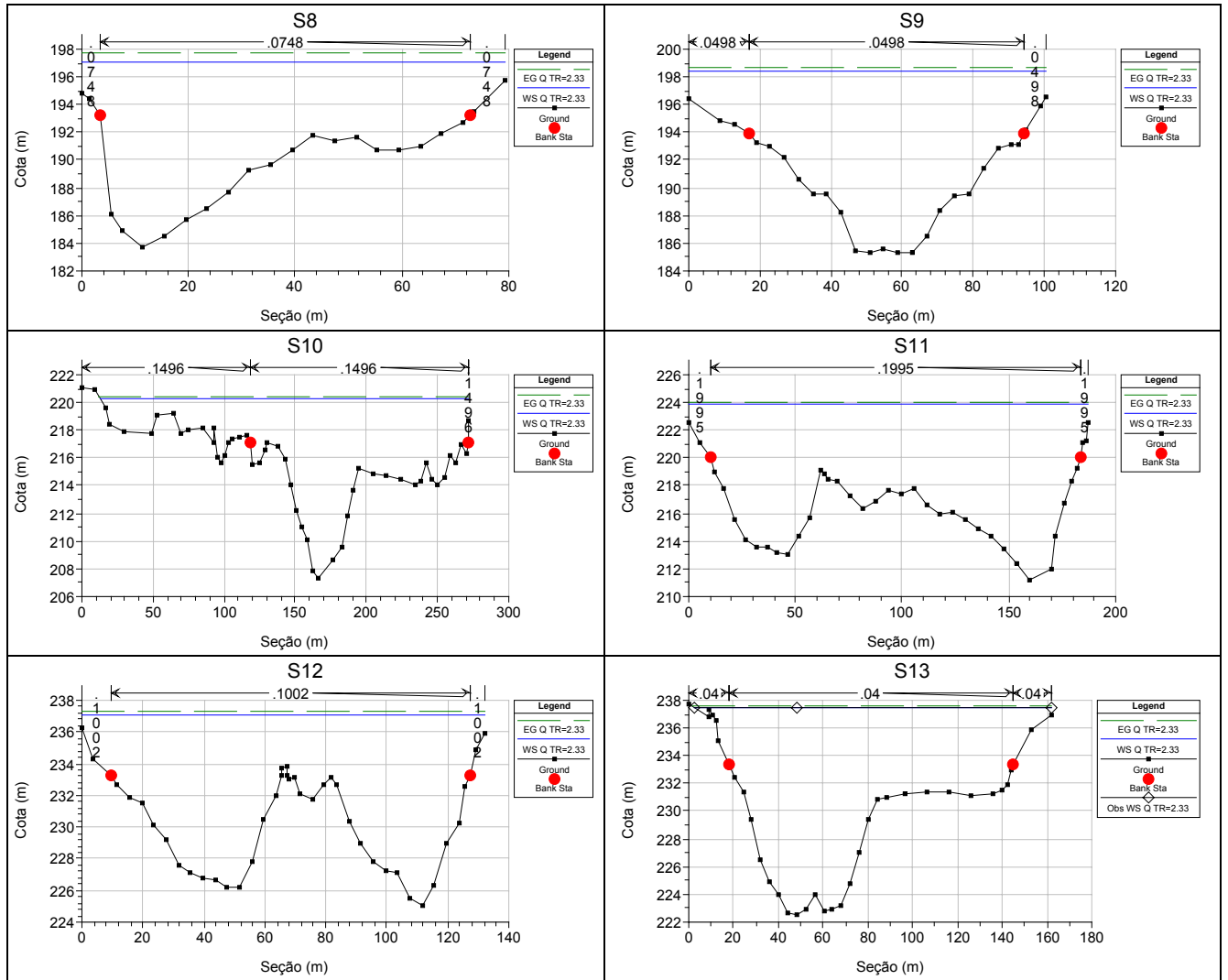


Figura 4-4
Caso 1 - Vazão = 1.978 m³/s (TR = 2,33 Anos)

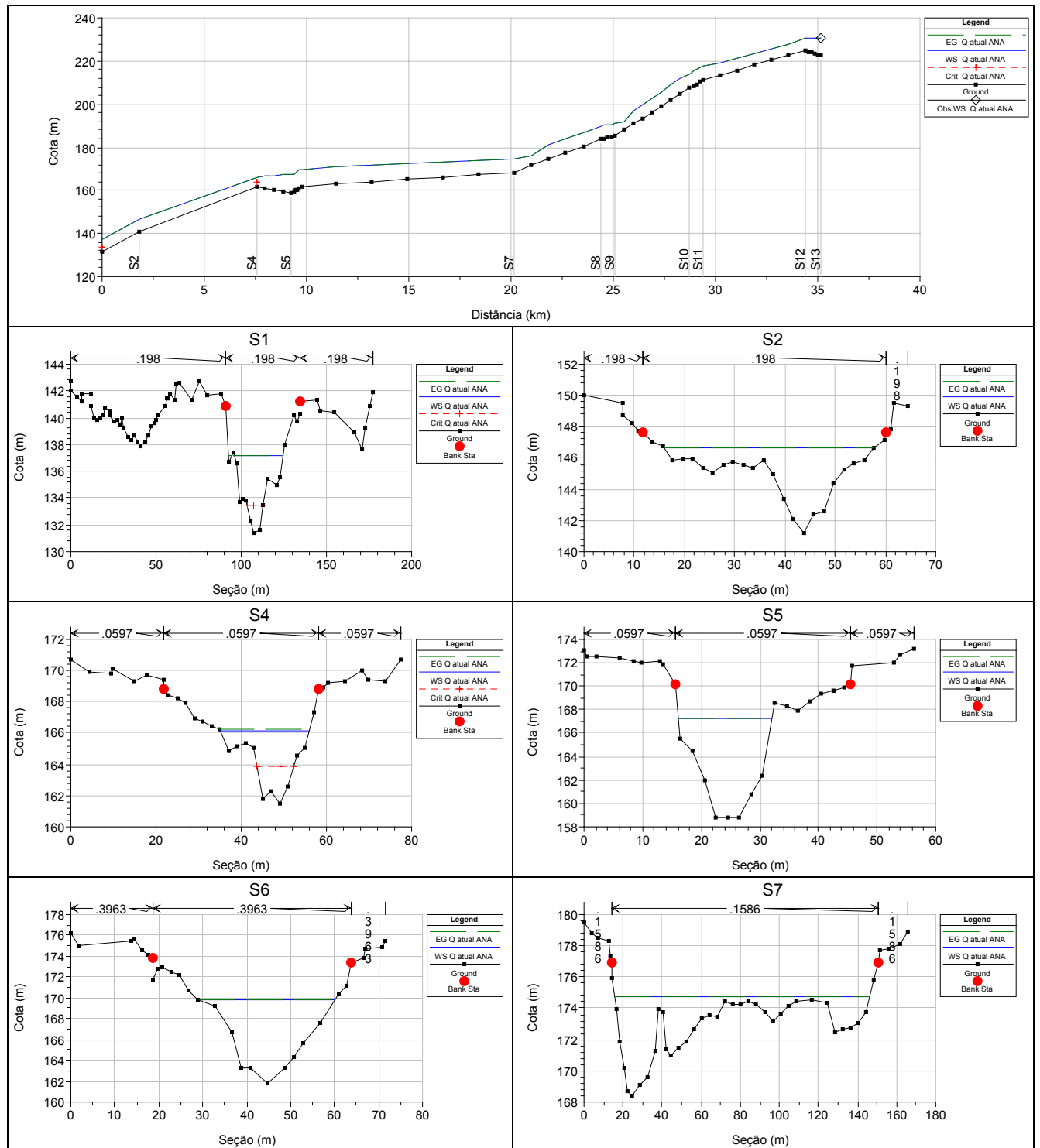


Figura 4-5
Caso 2 - Vazão = 51 m³/s

Continuação

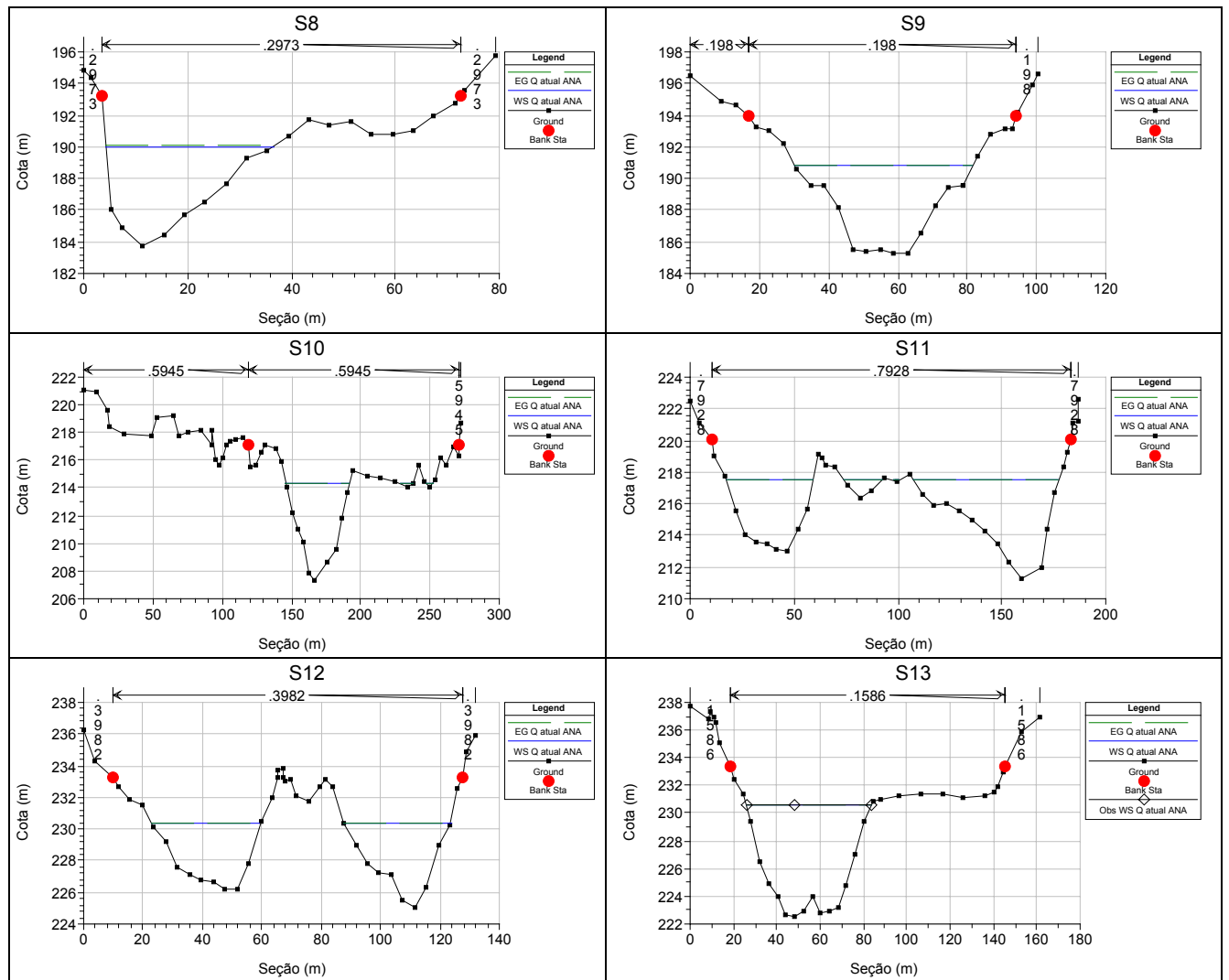


Figura 4-5
Caso 2 - Vazão = 51 m³/s

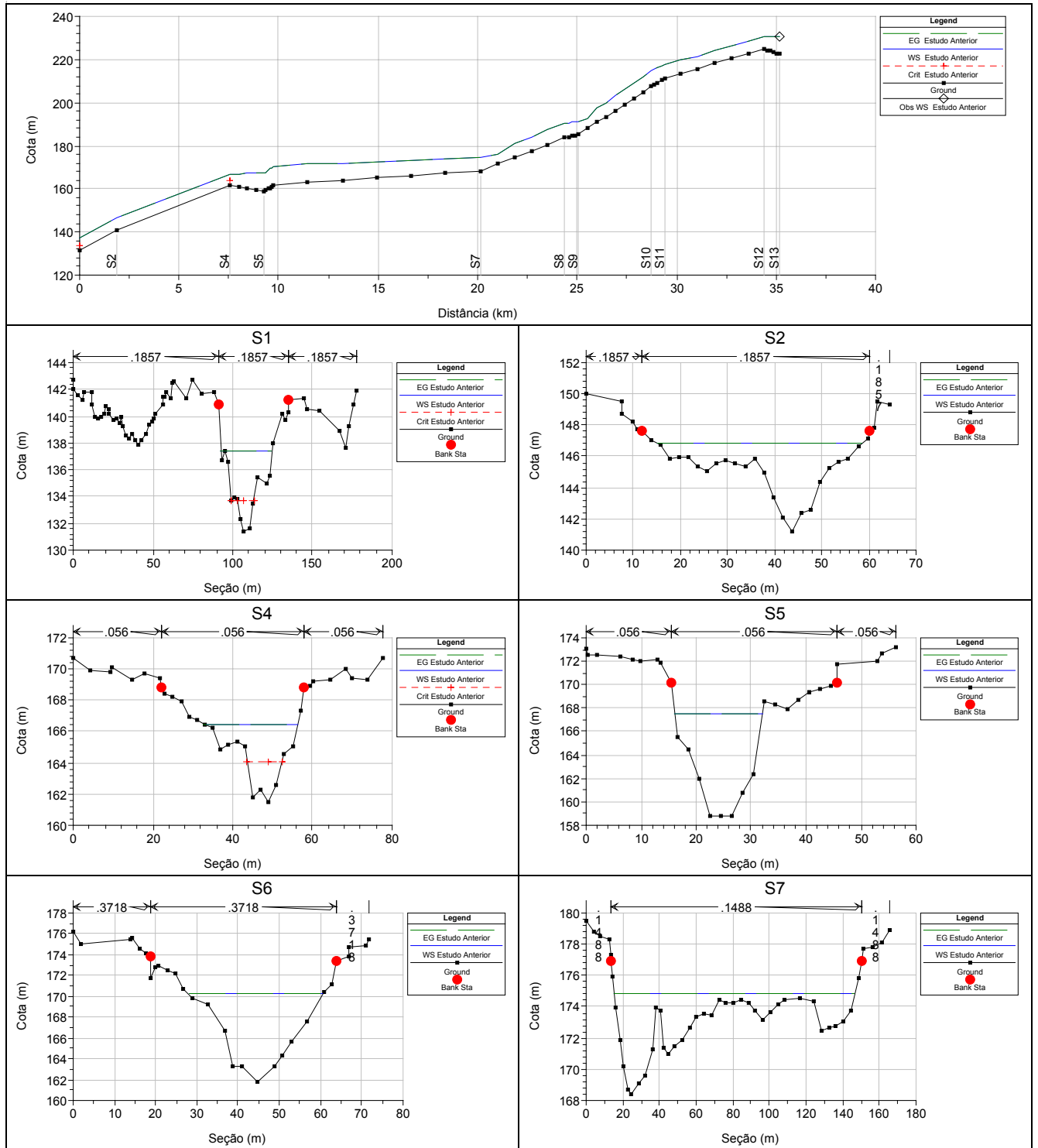


Figura 4-6
Caso 3 - Vazão = 62 m³/s

Continuação

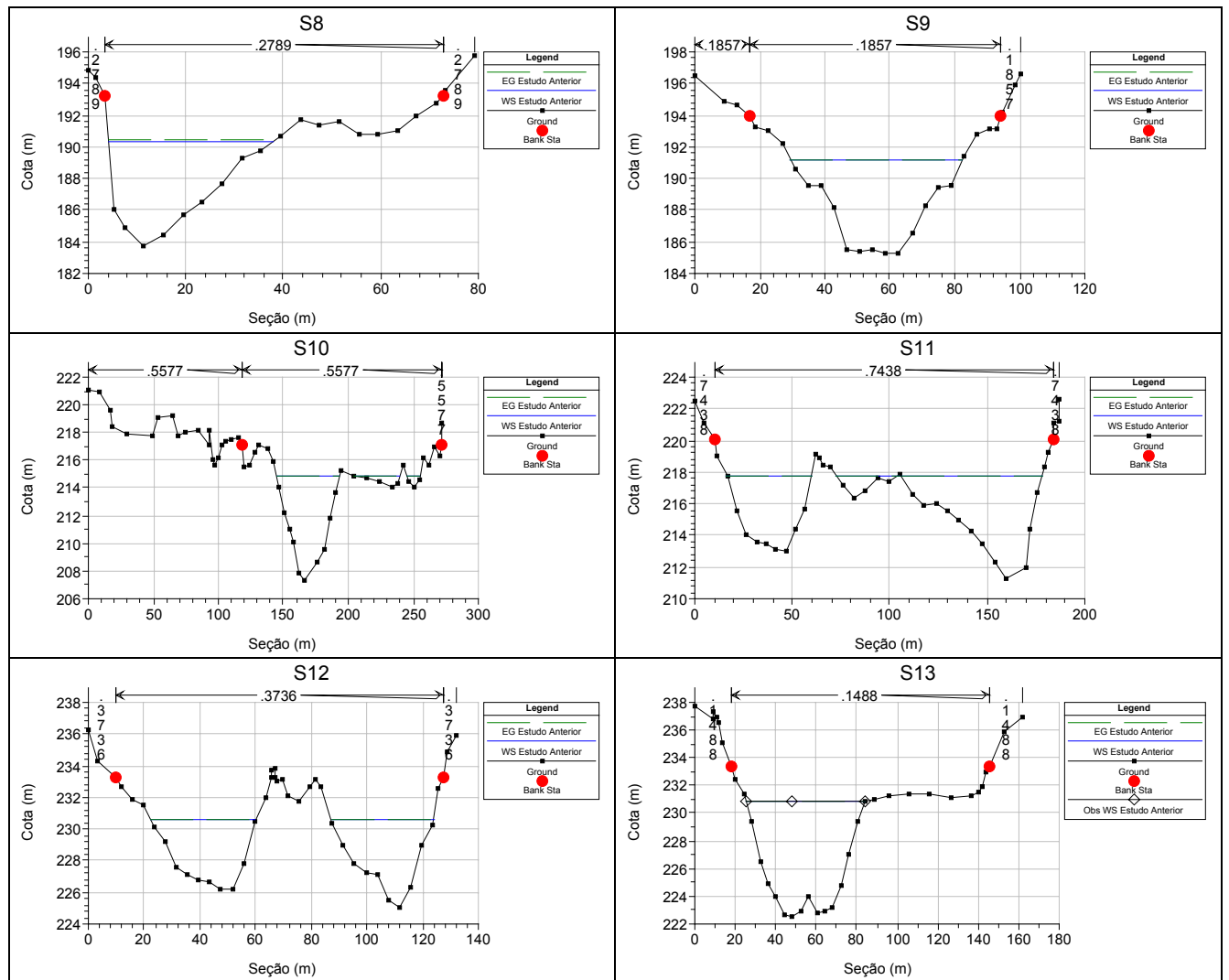


Figura 4-6
Caso 3 - Vazão = 62 m³/s

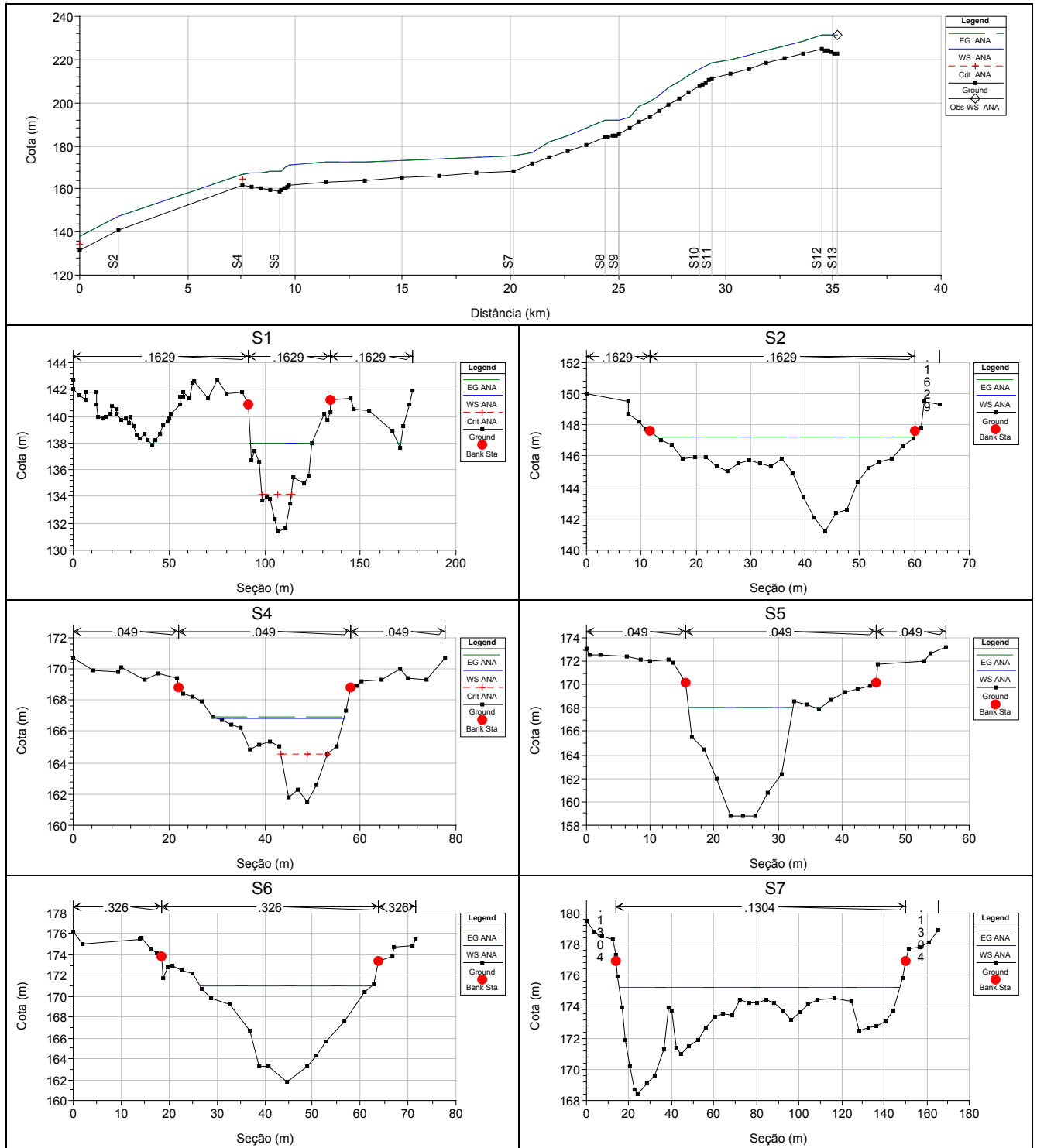


Figura 4-7
Caso 4 - Vazão = 90 m³/s

Continuação

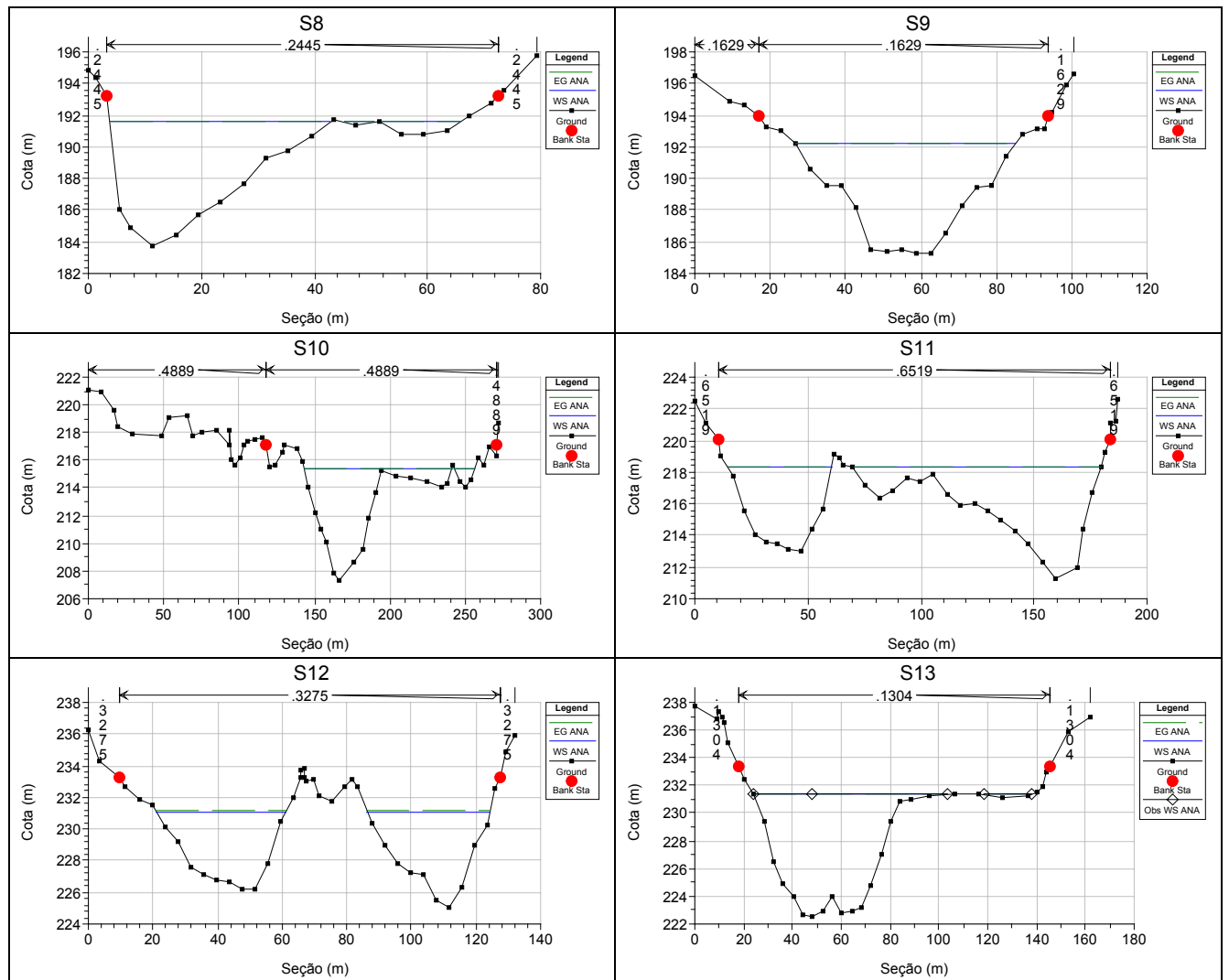


Figura 4-7
Caso 4 - Vazão = 90 m³/s

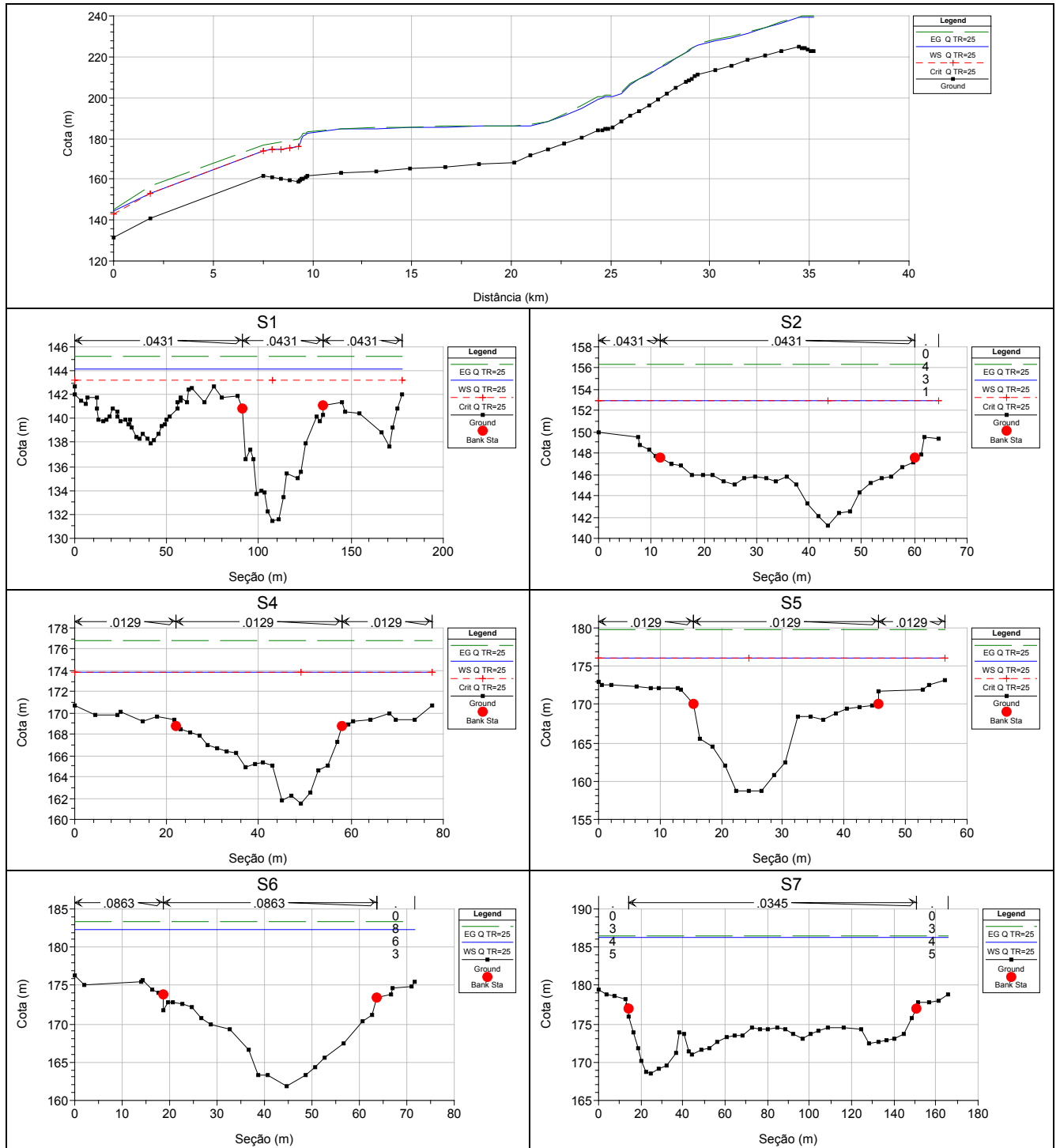


Figura 4-8
Caso 5 - Vazão = 3460 m³/s

Continuação

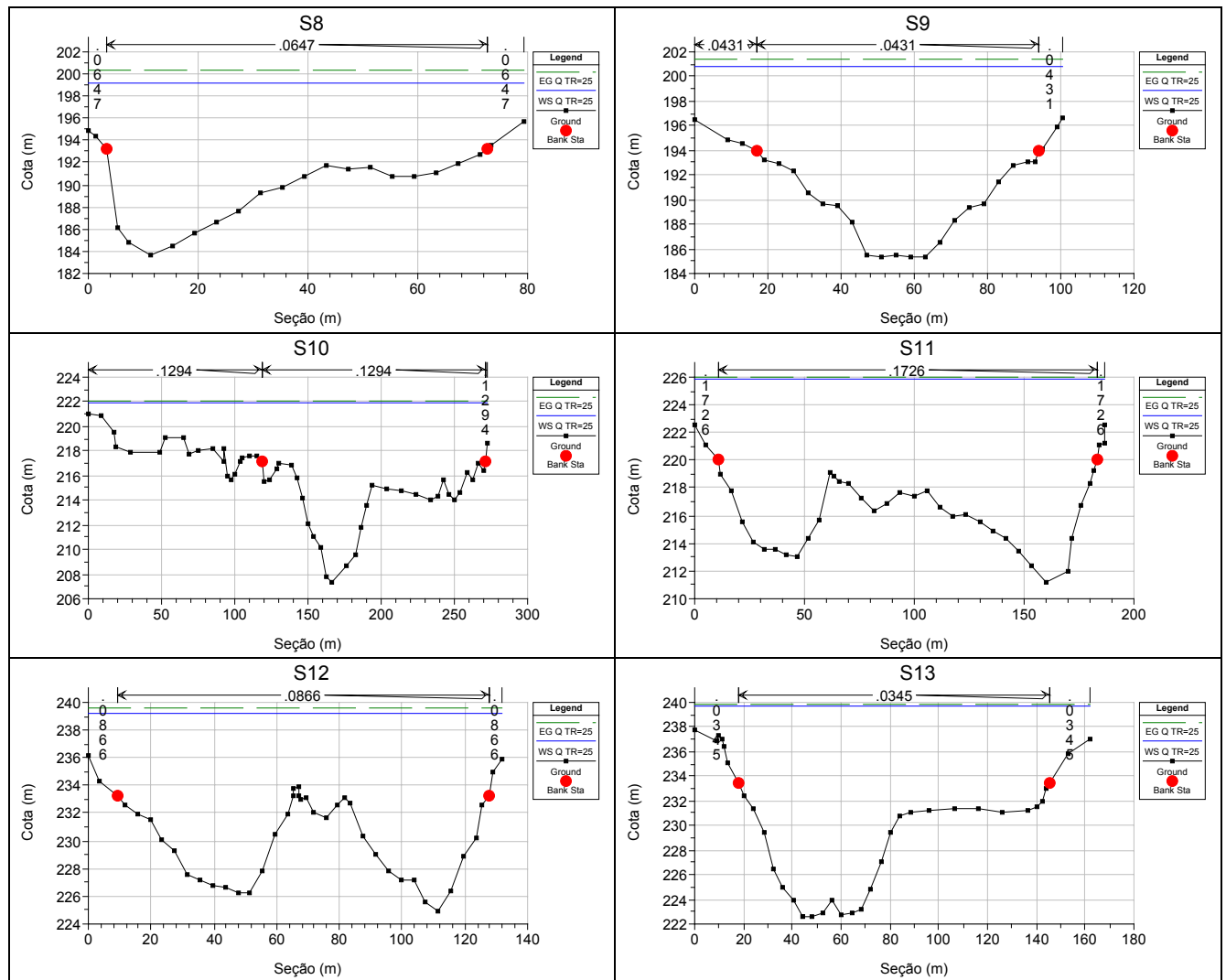


Figura 4-8
Caso 5 - Vazão = 3460 m³/s

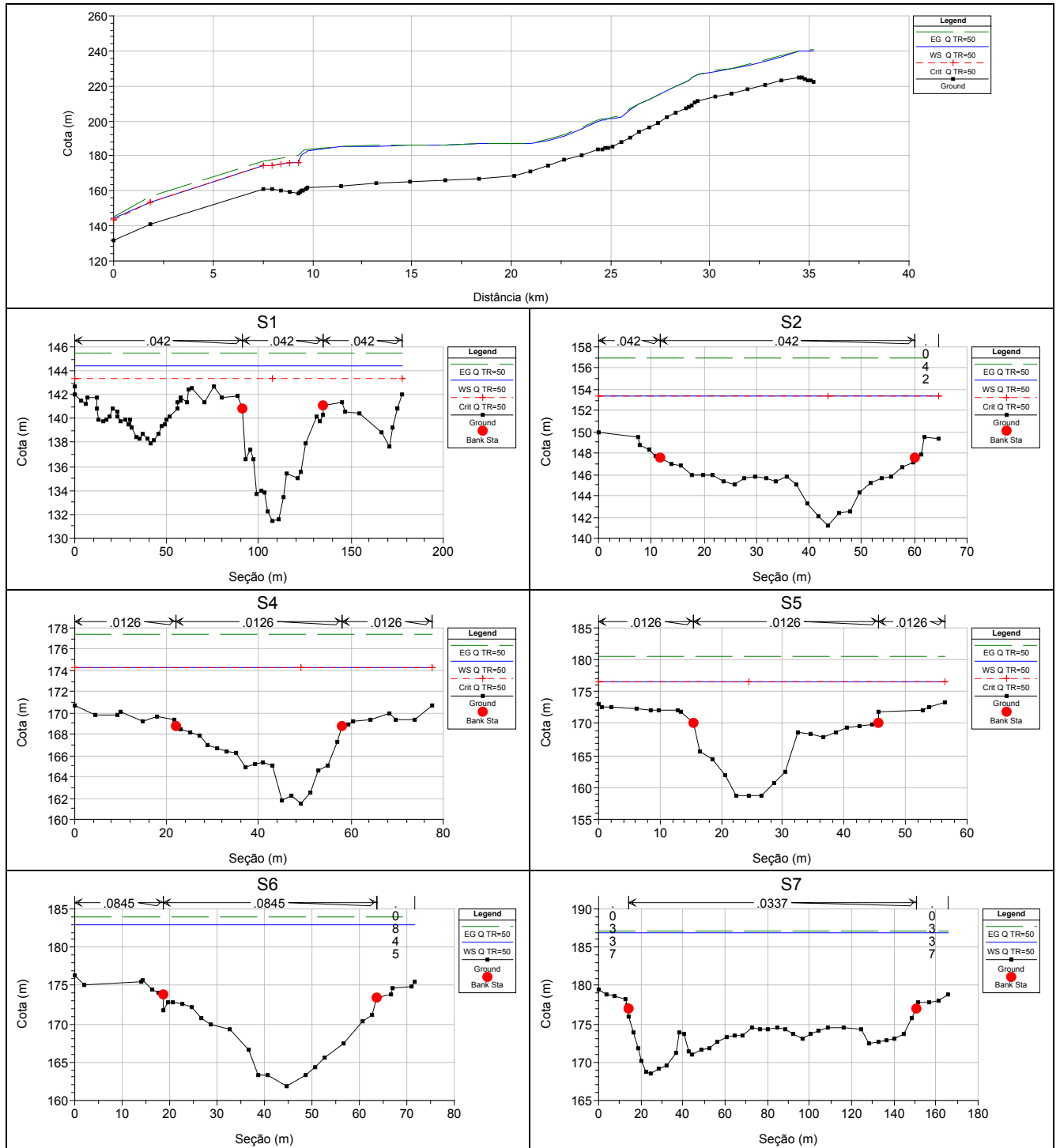


Figura 4-9
Caso 6 - Vazão = 3794 m³/s

Continuação

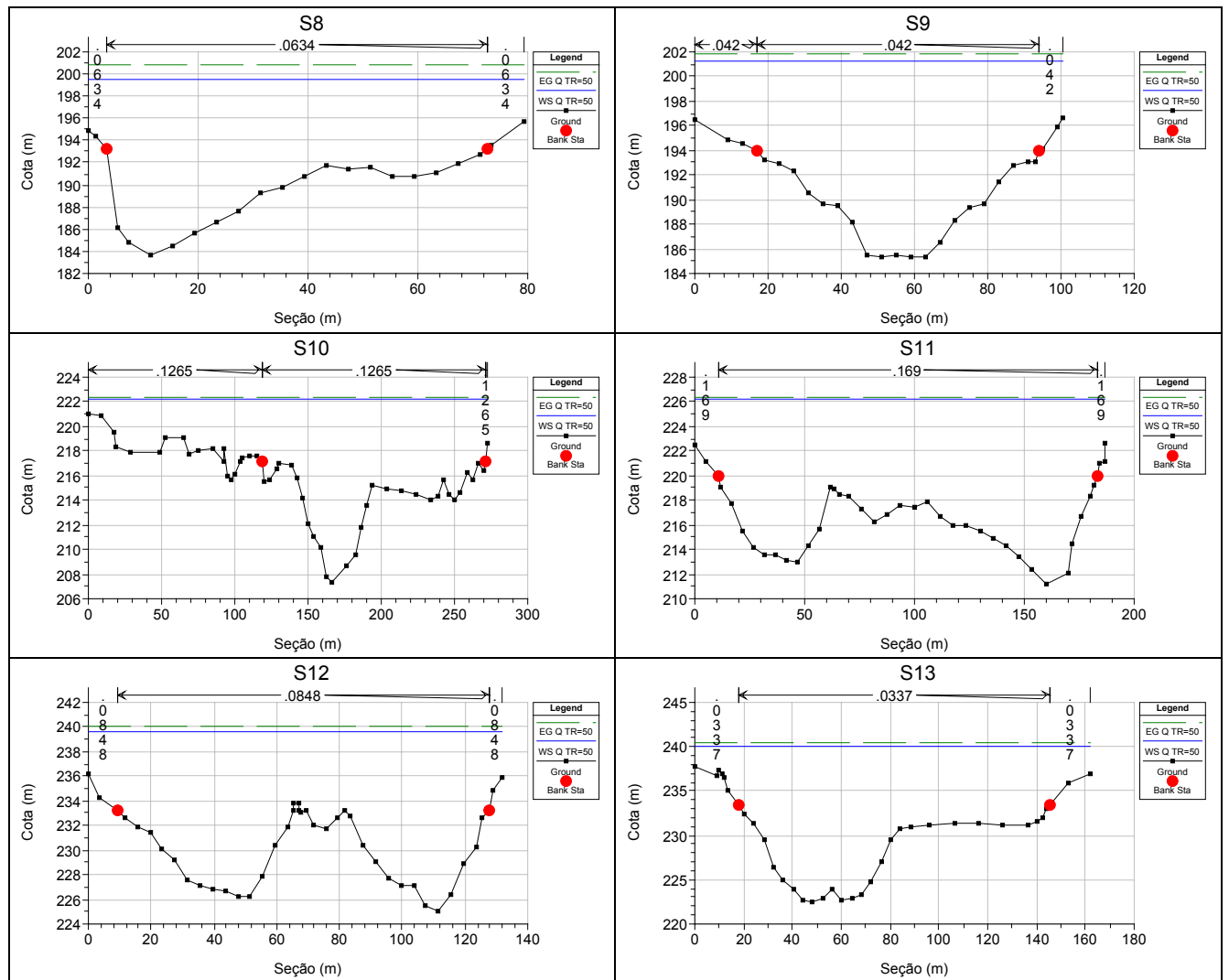


Figura 4-9
Caso 6 - Vazão = 3794 m³/s

4.2 - Hidrogeologia

4.2.1 - Introdução

A caracterização hidrogeológica está intimamente relacionada aos parâmetros geológicos e subordinada aos aspectos fisiográficos.

O manto de cobertura, de idade Cenozóica, é formado, principalmente, por solos residuais maduros, colúvios e aluviões. Recobre metamorfitos dobrados e falhados do Proterozóico Inferior.

As águas de chuvas condicionam-se à natureza do manto de cobertura e distribuem-se nas seguintes frações:

- armazenam-se no manto Cenozóico;
- percolam com fluxo sub-horizontal para os exutórios de encostas, alimentando as drenagens;
- infiltram-se, através do sistema de fendas (fraturas e foliação), para as rochas sotopostas.

A quantidade de chuva e a distribuição temporal e espacial das mesmas influi no reabastecimento dos aquíferos. A precipitação média anual é considerada relativamente alta (superior a 1200 mm), contribuindo positivamente neste caso.

O estudo dos aquíferos subterrâneos definidos é dificultado devido à marcante heterogeneidade e anisotropia dos mesmos, caracterizados por diferentes sistemas de fraturas e por diferentes condições de porosidade e permeabilidade.

De maneira geral os aquíferos podem ser divididos em águas rasas e águas subterrâneas.

4.2.2 - Águas Rasas

Dispostas na zona de aeração, situam-se no manto de cobertura, o qual é diversificado em função, principalmente, da rocha sotoposta. De maneira geral, esse manto é constituído por solos residuais com alta fração argilosa, favorecendo o escoamento superficial.

Ensaio realizados, em locais próximos à futura barragem, permitem estimar uma permeabilidade em torno de 10^{-5} cm/s para esses solos, devendo este valor, porém, sofrer variações na região.

Nos aluviões predomina a fração areia, embora haja horizontes síltico-argilosos no topo. Em geral, na base existe um nível bastante permeável, de até 3 m de espessura. Para os aluviões, a condutividade hidráulica é de média a baixa para os horizontes mais coesivos e até muito alta para os horizontes granulares, sendo de carga hidrostática.

Localmente, nas imediações da futura barragem, podem ser identificados dois níveis aluvionares, que diferem entre si pela idade e natureza dos sedimentos. O aluvião inferior forma superfícies planas e horizontais, anualmente invadidas pelo rio em épocas de cheia. É constituído, predominantemente, por areia fina e mostra-se fortemente contaminado por detritos orgânicos. O aluvião superior é bastante restrito e de composições que variam de areia fina siltosa na base e argila siltosa no topo.

Os colúvios são constituídos por argilas siltico-arenosas de plasticidade geralmente alta, constituindo uma camada de aproximadamente dois metros. Ocorrem, geralmente, recobrimo as superfícies das encostas e o topo das elevações, e possuem estruturas homogênea e contínua.

Esses aquíferos de águas rasas são caracterizados pelo lençol freático, cujo nível de profundidade e espessura são bastante variáveis. De maneira geral, apresentam uma capacidade de infiltração boa a muito boa, com probabilidade de armazenamento de média a alta. São aquíferos contínuos, de extensão limitada, livres, com permeabilidade variável. Contêm água de boa qualidade físico-química, porém, com elevado risco de contaminação. Esse tipo de aquífero deve ser explorado através de poços rasos e/ou drenos radiais. Devido às dimensões reduzidas na área, não são significativos em termos regionais.

A água, infiltrada no manto de cobertura, escoar em alta percentagem em fluxo laminar em direção aos flancos e vales. Esse escoamento é condicionado pela permeabilidade do material e pelas características litológicas e estruturais dos metamorfitos subjacentes.

Os escoadouros desses aquíferos são representados pela intercessão da superfície de erosão dos vales com a superfície hidrostática do aquífero. Os mais comuns na área constituem as fontes de depressão, que ocorrem quando a erosão intercepta a superfície hidrostática, em pontos mais elevados do que o contato manto (incluindo rocha alterada/rocha fresca).

4.2.3 - Águas Subterrâneas

O armazenamento das águas subterrâneas ocorre no sistema de fraturas/falhas das rochas metamórficas, em geral impermeáveis e pouco porosas, com importância hidrológica relativamente pequena.

Os aquíferos são livres e localizados, restritos a essas zonas fraturadas, ampliados, em certos trechos, devido a associação com rochas porosas do manto de intemperismo. A qualidade química das águas é geralmente boa.

O padrão de distribuição das discontinuidades existentes (sistemas de juntas permeáveis), permite as seguintes considerações:

- a maioria das juntas permeáveis tem atitude sub-horizontal;
- as juntas sub-horizontais mostram condutividade hidráulica maior do que as juntas de foliação, variando de média até muito alta;

- no substrato rochoso ocorrem intercalações entre horizontes permeáveis (contendo os sistemas de juntas permeáveis), com espessura de decímetros a metros, e lajes impermeáveis, com espessuras métricas a decamétricas.

A alimentação desses aquíferos dá-se através do manto de intemperismo e/ou nos leitos das drenagens, na maioria encaixadas, onde comumente ocorrem afloramentos da rocha fraturada.

Acredita-se que os escoadouros destes aquíferos sejam a própria rede de drenagem.

Dados de poços tubulares profundos na região indicam uma produtividade para esses aquíferos variando de média a fraca, com capacidade específica entre 1 m³/h/m e 0,13 m³/h/m e vazão média em torno de 10.200 l/h em poços tubulares com profundidades entre 30 e 130 metros.

5 - USOS DA ÁGUA

Os recursos hídricos do rio Paraíba do Sul já estão muito comprometidos no que tange a sua qualidade, devido principalmente à despejos industriais ao longo de suas sub-bacias a montante.

Os estudos aqui apresentados visam avaliar a influência da implantação e a operação dos reservatórios do AHE Simplício na qualidade da água do rio Paraíba do Sul.

Além dos estudos que ora apresentamos, cabe destacar os estudos realizados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM e pelo Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Paraíba do Sul - RJ, cuja síntese é apresentada ao final deste item.

Dentre os usos da água identificados no rio Paraíba do Sul, os mais destacados são a diluição de efluentes domésticos e industriais, geração de energia elétrica e abastecimento de água. A irrigação nesta região não é um uso potencial devido a aptidão dos solos das sub-bacias próximas ao reservatórios (com declives muito acentuados).

Em função da carga poluidora lançada pelas diversas indústrias instaladas na região, o uso da água como diluidor destas cargas é muito expressivo. O mesmo com as cargas de efluentes domésticos das cidades.

Na região dos municípios de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda (Médio Paraíba) estão os despejos industriais brutos e líquidos mais críticos, por estarem instaladas nesta região indústrias de grande porte e poluentes importantes, como os metais pesados e solventes orgânicos.

a) Sistemas de Água e Esgoto

O sistema de abastecimento de água do município de Sapucaia (RJ) é operado pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos - Cedae, enquanto o de esgotamento sanitário fica a cargo da Prefeitura local.

Na cidade de Sapucaia, o abastecimento de água é feito a partir de uma captação localizada na margem direita do rio Paraíba do Sul. A água bruta (14 l/s) é recalçada até

No que se refere ao esgotamento sanitário, sob responsabilidade da prefeitura, 85% da cidade é atendida por rede coletora, no entanto os esgotos não recebem nenhum tratamento, tendo como destino final o rio Paraíba do Sul.

No município de Chiador (MG), os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário são operados pela Prefeitura local.

O abastecimento de água é feito através de captação no córrego Venda do Alto, distante cerca de 3 km da cidade. O volume captado, de 50.000 l/dia, é tratado através de filtro de carvão e areia, e distribuído por um reservatório com capacidade de 50.000 litros. São atendidas 300 ligações.

Em Sapucaia a coleta de lixo é realizada pela prefeitura que utiliza um caminhão basculante para cada distrito.

O destino final também é um lixão no distrito de Anta próximo ao rio Paraíba do Sul, também caracterizando um local inadequado para este fim (4 ton/dia).

Em Além Paraíba a limpeza urbana é feita com três caminhões compactadores, dando conta de um volume de 25 ton/dia.

O destino final (inclusive do resíduo hospitalar) é lançado em um lixão próximo a rodovia BR-116, também em situação inadequada.

Em Chiador o lixo é coletado diariamente com uma carroça que lança estes resíduos (50 ton/mês) em valas a céu aberto em local próximo a via que dá acesso a Três Rios.

A identificação e localização dos usos da água estão assinalados no desenho 8794-00-6B-DE-2018-0.

6 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

6.1 - Considerações Gerais

O rio Paraíba do Sul é um dos sistemas lóticos brasileiros mais intensamente utilizados, face sua proximidade com os grandes centros urbanos e industriais do país nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. No estado do Rio de Janeiro este rio toma especial importância por abastecer uma população de mais de 13 milhões de habitantes, sendo que 80% desta habita o município do Rio de Janeiro e adjacências.

A formação do rio Paraíba do Sul se dá na borda do planalto paulista, a uma altitude de 1800 m, a partir da junção dos rios Paraitinga e Paraibuna. É barrado já em seu nascedouro, formando a represa de Paraibuna, de propriedade da Cesp, e ainda em seu trecho superior sofre novo barramento, formando a represa de Santa Branca, de propriedade da Light. O rio avoluma-se com as águas da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, percorrendo uma distância de aproximadamente 1.100 km até desaguar no Oceano Atlântico, junto ao município de São João da Barra, no nordeste do estado do Rio de Janeiro. Possui uma bacia de aproximadamente 57.000 km², sendo 39% no estado do Rio de Janeiro, 38% em Minas Gerais e 23% em São Paulo (Simões, 1977).

O rio corre no sentido oeste-leste e seus afluentes originam-se das serras da Mantiqueira e do Mar (Silveira et al., 1979). Ao longo do seu percurso, o rio Paraíba do Sul apresenta trechos com características físicas distintas (Ab'Saber & Bernardes, 1958), podendo ser dividido em:

- trecho superior: da nascente (1.800 m) até Guararema (572 m), com declives acentuados;
- trecho médio-superior: entre Guararema (572 m) e Cachoeira Paulista (515 m), com baixa declividade, tornando-se um rio sinuoso e com vários meandros, formando grandes várzeas, numa extensão aproximada de 210 km;
- trecho médio- inferior: de Cachoeira Paulista (515 m) até São Fidélis (20 m), com o rio apresentando-se encaixado e com trechos encachoeirados, numa extensão de 480 km;
- trecho inferior: de São Fidélis até a sua foz situada em Atafona, no Estado do Rio de Janeiro, com pequena declividade e 95 km de curso.

A colonização do vale do Paraíba começou por volta de 1790 com as primeiras vilas que se formaram quando da passagem do ouro das Minas Gerais para o litoral. A bacia vem sofrendo influência dos principais eventos ocorridos no Brasil, tendo sido cenário dos diversos ciclos econômicos que aqui ocorreram (Costa, 1994). Analisando-se esses ciclos podem-se destacar 4 relevantes acontecimentos que provocaram alterações no desenvolvimento da bacia: o ciclo da cana-de-açúcar, o ciclo do café, o crescimento industrial e o crescimento urbano.

O cultivo da cana-de-açúcar foi responsável pela expansão da região no entorno do curso inferior do rio Paraíba do Sul. Porém, como não houve manejo adequado e nem a adoção de práticas conservacionistas de uso do solo, esta cultura destruiu extensa cobertura vegetal nativa das planícies. Esta atividade propiciou o aumento de sedimentos carreados pelas águas de chuva ao rio e conseqüentemente pode ter contribuído para o aumento dos bancos de areia da região estuarina.

O ciclo do café surgiu a partir da decadência do extrativismo aurífero. Esta cultura foi responsável pela ocupação do vale do Paraíba e durante este ciclo implantaram-se melhorias no setor de transportes, acelerando o desenvolvimento da região. O ciclo do café teve um impacto semelhante à cultura canavieira porém, as regiões afetadas foram as partes do alto e médio Paraíba, que situavam-se em terrenos de declividade acentuada, portanto sujeitos a um intenso processo de erosão. O resultado deste processo seria o assoreamento da calha fluvial em trechos em que a declividade propiciasse a deposição de sedimentos.

Após o declínio da cafeicultura, a criação extensiva de gado leiteiro predominou na região, conduzindo a uma fase de estagnação na economia. A região atravessou um processo histórico de exploração de seus recursos naturais. As lavouras de café e a expansão da pecuária determinaram um elevado grau de degradação ambiental, com a maior parte de seu território desmatado, servindo às pastagens, havendo ainda processos erosivos e de relativo esgotamento dos solos. A qualidade das águas também sofreu e sofre um contínuo processo de degradação, uma vez que o crescimento das cidades e das indústrias não foi acompanhado de medidas de tratamento de esgotos residenciais e dos despejos de elementos poluentes inerentes as tecnologias de produção em vigor, apesar

de atualmente a legislação procurar diminuir e controlar estes processos. Dessa forma, o quadro atual foi herdado de um período de pouco controle das questões ambientais e da melhor utilização dos recursos naturais ao longo do processo produtivo (Engevix, 2001).

A região voltaria a se desenvolver com o advento das atividades industriais que, por demandar energia elétrica, encontravam na bacia do rio Paraíba do Sul um grande potencial hidroenergético. No período entre as décadas de 30 a 60 foram construídas as principais barragens ao longo do rio, como Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Funil, Santa Cecília e Ilha dos Pombos. Além do evidente agravamento decorrente da expansão industrial em áreas já comprometidas, a expansão demográfica a ela associada, resulta em um aumento dos problemas relacionados com os esgotos domésticos.

O Vale do rio Paraíba do Sul, situado na região superior, abrange uma série de cidades de pequeno porte, se caracterizando pelo domínio da pecuária extensiva em área coberta por pastagens, além de áreas cultivadas principalmente por culturas de milho e arroz. Há, também, grandes áreas de reflorestamento, sendo que uma pequena parte ainda possui mata tropical.

No vale Paulista, situado no segmento médio superior, mais especificamente em Jacareí, Pindamonhangaba, São José dos Campos, Taubaté, Guaratinguetá, Caçapava, Aparecida e Cruzeiro, predominam indústrias dos ramos químico, metalúrgico, alimentício, de papel, de vestuário e de calçados. Embora estas cidades apresentem grande potencial poluidor para o rio, as descargas dos efluentes ocorrem ao longo de um trecho de cerca de 300 km, o que facilita a diluição e amortece os efeitos negativos.

O trecho na região do médio Paraíba nos Estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, que está incluído no segmento médio-inferior, apresenta como peculiaridade ser a parte mais utilizada do rio, sendo classificado como o mais poluído de acordo com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - Feema; em extensão de aproximadamente 80 Km, onde se situam os municípios de Resende, Porto Real, Barra Mansa e Volta Redonda, o rio atravessa o complexo siderúrgico-industrial que causa maior alteração em todo seu curso devido a concentração de indústrias em um trecho relativamente curto. A jusante deste parque industrial situa-se o local de captação da água para produção de energia pela Usina Hidrelétrica do Sistema de Fontes em Piraí, de propriedade da Light - Serviços de Eletricidade S/A, sendo que, após ser utilizada nas usinas, a água é tratada pela Cedae (Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro) e distribuída para suprimento da população do município do Rio de Janeiro e adjacências. Um pouco mais a jusante, à altura do município de Três Rios, o rio recebe dois dos seus maiores tributários, os rios Paraibuna e Piabanha. O rio Paraibuna banha, pela margem esquerda, a região de Juiz de Fora, onde se concentram indústrias metalúrgicas, químicas, têxteis, de papel e alimentícias (Feema, 1991), enquanto o Piabanha, pela margem direita, recebe efluentes dos municípios de Petrópolis e Teresópolis.

No trecho médio inferior onde está localizado o empreendimento em questão também se registram três grandes alterações físicas: As barragens de Funil, de Santa Cecília e de Ilha dos Pombos. Alguns estudos da qualidade da água nesse trecho da Bacia vêm indicando que o reservatório de Funil atua como um anteparo à poluição (filtra a poluição) oriunda do estado de São Paulo através da precipitação e sedimentação de substâncias tóxicas e nutrientes, melhorando a qualidade da água a jusante. Mais a jusante (Volta Redonda e Barra do Piraí) encontra-se a barragem de Santa Cecília (Light), onde são bombeados cerca de 160 m³/s destas águas para o reservatório de Santana (antigo leito

do rio Pirai) e posteriormente, para o reservatório de Vigário. A terceira barragem é a represa de Ilha dos Pombos. O rio apresenta nas proximidades da barragem de Santa Cecília uma vazão média de 318 m³/s, podendo variar de 109 m³/s na estiagem até 950 m³/s em períodos de extraordinárias cheias (Feema, 1991).

O trecho médio inferior, possui perfil mais ou menos acidentado, com altitude variando de pouco mais de 515 m até cerca de 20 m. O solo é predominantemente constituído por terrenos sedimentares de origem antiga, coberto originalmente por uma floresta tropical latifoliada. O clima no trecho é mesotérmico (Barbière & Kronenberg, 1994), com alta umidade relativa do ar, com verões quentes e chuvosos e invernos secos. O carreamento de material alóctone para o rio é favorecido, especialmente no período das chuvas, pelo espesso manto de rochas intemperizadas, pelos declives presentes nas formações conhecidas como "meias-laranjas" e pela ausência ou má qualidade da cobertura vegetal.

Na região do norte fluminense, onde se localiza o trecho baixo do rio Paraíba do Sul, as atividades industriais são bastante distintas das outras regiões, merecendo destaques as usinas de álcool, açúcar e bebidas, derivadas do cultivo da cana-de-açúcar. Nesta área o rio recebe dois grandes tributários em sua margem esquerda (rio Pomba e rio Muriaé), que banham municípios mineiros e fluminenses, onde recebe efluentes de indústrias têxteis, de papel e madeira e de alimentos.

6.2 - Análise dos Dados Pretéritos Sobre a Qualidade da Água

Várias séries temporais envolvendo diferentes campanhas de qualidade da água, em diferentes períodos, foram analisadas, no sentido de se obter um perfil mais robusto para o trecho de interesse da bacia do rio Paraíba do Sul. Foram utilizados os seguintes banco de dados, como base para informação pretérita: 1) dados de monitoramento cedidos pela Agência Nacional de Águas - ANA, referentes ao período entre 1977 e 1997; 2) dados da Engevix Engenharia S/A, realizado no período de 1989/90 e para maio de 2001; 3) dados da Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente), que realizou um monitoramento dos rios de Minas Gerais a partir de 1993; 4) o relatório Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul realizado pela Feema no período 1990-2000; 5) dados da Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, dentro do Programa de Cooperação Brasil-França, no período de 1992 a 1997.

Os dados foram analisados segundo a classificação da Resolução CONAMA no. 20/86, sendo o Rio Paraíba do Sul enquadrado dentro da Classe 2. Como o Estado do Rio de Janeiro não possui legislação específica de classificação das águas e de enquadramento dos corpos hídricos, foi utilizado, por isso, o sistema de classificação e as recomendações da referida resolução. O artigo 20 dessa resolução estabelece que, enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2.

6.2.1 - Dados das Campanhas da Agência Nacional de Águas - ANA

Os dados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e são referentes ao período de coleta entre 1977 e 1997 (ANA, 2003). Os dados, selecionados de acordo com a área de influência, foram agrupados por décadas em cada local de amostragem. No total foram feitas análises em treze pontos: cinco pontos apenas na década de 70 (Pedro do Rio, Areal, Valença, Manuel Duarte e Sumidouro), três pontos na década de 80 e de

90 (Barra do Piraí, Juiz de Fora e Anta), enquanto os demais (Paraíba do Sul, Moura Brasil, Rio Preto, Afonso Arinos e Paquequer) foram analisados somente entre 1992 e 1997. Na década de 90, entretanto, o número de amostras da água foi intensificado, sendo superior aos anos anteriores. Dentre os parâmetros analisados, apenas a condutividade elétrica, o pH e a temperatura foram analisadas nas três décadas. Por outro lado, Chumbo, Cobre, Cromo Total e Nitrogênio Total foram analisados apenas na década de 90. Os outros parâmetros, Cádmio, Coliformes Fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Índice de Fenóis, Fosfato Total, Mercúrio, Nitrato, Oxigênio Dissolvido (OD) e Turbidez, foram analisados entre 1986 e 1997.

O Quadro 6-1, a seguir, sumariza a localização dos pontos amostrados para análise da água pela ANA no trecho de influência da construção da AHE de Simplício:

Quadro 6-1
Pontos Amostrados no Trecho de Influência da AHE de Simplício. Dados
Fornecidos pela Agência Nacional de Água

CÓDIGO	PONTOS	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	
			LATITUDE	LONGITUDE
BP	Barra do Pirai	montante da área de influência	S 22:26:58	W 043:47:56
OS	Paraíba do Sul	montante da área de influência	S 22:04:43 S 22:09:46 S 22:10:00	W 043:17:05 W 043:17:11 W 043:17:00
PR	Pedro do Rio	montante da área de influência	S 22:19:56	W 043:08:01
AR	Areal	montante da área de influência	S 22:14:00 S 22:14:02	W 043:05:00 W 043:06:03
MB	Moura Brasil	montante da área de influência	S 22:08:30	W 043:09:27
JF	Juiz de Fora	montante da área de influência	S 21:46:42	W 043:19:31
RP	Rio Preto	montante da área de influência	S 22:05:11	W 043:49:04
VA	Valença	montante da área de influência	S 22:13:27	W 043:42:38
MD	Manuel Duarte	montante da área de influência	S 22:05:09	W 043:33:24-
AA	Afonso Arinos	montante da área de influência	S 22:01:00	W 043:22:00
NA	Anta	área de influência	S 22:02:07	W 042:59:27
SU	Sumidouro	jusante da área de influência	S 22:02:46	W 042:40:44
PA	Paquequer	jusante da área de influência	S 21:52:40	W 042:38:32

FONTE: ANA (2003)

6.2.2 - Dados da Campanhas da Engevix Engenharia S/A (1990)

O estudo da qualidade da água do rio Paraíba do Sul foi realizado no trecho compreendido entre as cidades de Três Rios e Campos, enfocando principalmente as áreas de influência dos aproveitamentos de hidrelétricos de Sapucaia, Simplício e Itaocara. Foram definidas doze estações de amostragens, sendo avaliadas no período de 1989/90: Rio Paraíba do Sul em Três Rios, Anta, Simplício, Porto Velho do Cunha, Itaocara, Portela/Três Irmãos, Rio Pirapetinga do Sul, Rio Pomba, Rio Dois Rios, Rio Paraibuma em Santa Fé, rio Piabanha em Moura Brasil e rio Muriaé.

6.2.3 - Dados das Campanhas da Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente)

Para análise dos dados pretéritos também foram considerados os estudos feitos pela Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente), que realizou um monitoramento dos rios de Minas Gerais a partir de 1993 (Feam, 2003). O Quadro 6-2, a seguir, resume os pontos utilizados, bem como os resultados da qualidade de água:

Quadro 6-2
Pontos de Monitoramento e Condições da Água no Estado de Minas Gerais

CÓDIGO	LOCAL (LAT- LONG)	CLASSE	IQA	CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS	OBS - (CONTAMINAÇÃO ACIMA DOS LIMITES)
BS017	Rio Paraibuna, jusante de Juiz de Fora (S 21:46 - W 43:20)	3	ruim	alta	Coliformes fecais, DBO, Fosfato total, Nitrogênio amoniacal, OD
BS028	Rio Preto, montante do Rio Paraibuna (S 22:00 - W 43:19)	1	médio	média	Coliformes fecais, DBO, fosfato total, Índice de Fenóis, Turbidez
BS029	Rio Paraibuna, jusante do Rio Preto (S 22:00 - W 43:18)	2	médio	alta	Coliformes fecais, Fosfato total, Índice de Fenóis
BS032	Rio Paraibuna, foz no Rio Paraíba do Sul (W 22:05 - S 43:08)	2	Médio	média	Coliformes fecais, Fosfato total, Índice de Fenóis, Turbidez
BS060	Rio Paraíba do Sul, montante da foz do Rio Paraibuna (W 22:06 - S 43:10)	2	Médio	alta	Coliformes fecais, DBO, Fosfato total, Nitrogênio amoniacal, OD
BS061	Rio do Peixe, foz do Rio Paraibuna (W 21:53 - S 43:23)	1	Bom	alta	Coliformes fecais, Fosfato total, Índice de Fenóis, Turbidez

Fonte: FEAM (2003)

6.2.4 - dados da Campanha da Feema - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Dados de 1990 - 2000)

Segundo o relatório Avaliação da Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul realizado pela Feema (2003), no período 1990-2000, entre os problemas ambientais que afetam a qualidade de suas águas, destacam-se, predominantemente, a poluição industrial, o esgotamento sanitário e a erosão. Para fins de identificação dos problemas, o rio Paraíba do Sul foi dividido em trechos, como se segue:

6.2.4.1. Trecho Compreendido entre a Barragem de Funil e a Elevatória de Santa Cecília

O principal uso das águas deste trecho do rio é o abastecimento público. Nele estão localizadas várias estações de tratamento de água e o maior parque industrial da bacia. O reservatório de Funil está em rápido processo de eutrofização, apresentando floração de algas com frequência crescente. Os pontos mais críticos se localizam a jusante de Barra Mansa e Volta Redonda e estão associados à presença das indústrias de maior porte da região e à ocupação urbana. A qualidade de água vai decrescendo no sentido do fluxo do

rio, na mesma medida em que a poluição orgânica, a poluição fecal e o nível de nutrientes são crescentes, em decorrência principalmente das atividades urbanas.

A poluição industrial manifesta-se, sobretudo, pelas altas concentrações de fenóis e cianetos encontradas no trecho entre Barra Mansa e Volta Redonda, embora os índices venham se reduzindo devido aos controles implantados pelas indústrias, destacando-se as medidas implementadas pela Companhia Siderúrgica Nacional - CSN. Em termos de metais pesados e de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (que em geral possuem características carcinogênicas), a situação não é crítica, com pequenas variações acima dos padrões.

Os resultados das análises de metais nos sedimentos do rio Paraíba do Sul mostram o efeito da sedimentação no reservatório de Funil e o aumento dos lançamentos na região mais industrializada de Barra Mansa e Volta Redonda, onde ocorrem as concentrações máximas de todos os metais, exceto o cobre, que apresentou o maior índice em Resende. As maiores concentrações de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares também ocorrem na região de Barra Mansa e Volta Redonda.

6.2.4.2. Trecho compreendido entre a Elevatória de Santa Cecília e a Ilha dos Pombos, no Município de Carmo (Área de Influência do Empreendimento)

A baixa vazão do rio no início desse trecho exige uma estratégia de controle de modo a não permitir o lançamento indiscriminado de cargas poluentes. As fontes poluidoras são basicamente despejos domésticos de pequenas cidades como Barra do Piraí, Vassouras, Andrade Pinto, Valença e Paraíba do Sul. A jusante de Três Rios, após a confluência com os rios Piabanha e Paraibuna, o Paraíba do Sul apresenta um aumento acentuado de vazão. O rio Piabanha e seu afluente rio Preto, e o rio Paquequer são os principais corpos receptores de todos os despejos domésticos e industriais dos municípios de Petrópolis e Teresópolis, respectivamente. Já o rio Paraibuna apresenta boa qualidade de água junto à confluência com o rio Paraíba do Sul.

6.2.4.3. Trecho Compreendido entre a Ilha dos Pombos e a Foz

O trecho se caracteriza pela concentração de atividades agrícolas. Os tributários importantes deste trecho são os rios Pomba e Muriaé, que fazem parte das sub-bacias mineiras e o rio Dois Rios, com seus afluentes Negro e Grande, sendo que este último recebe toda a carga poluidora relativa aos despejos industriais e domésticos do município de Nova Friburgo, através do rio Bengala. A qualidade das águas neste trecho final da bacia pode ser considerada boa, apesar do aumento da poluição fecal.

6.2.4.4. Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul

A Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, dentro do Programa de Cooperação Brasil-França, realizou monitoramento hídrico nesta Bacia, no período de 1992 a 1997, em 59 estações de coleta distribuídas ao longo da calha principal e maiores tributários, mas somente duas estações situadas na área de influência de Simplício: as estações de Itaipava e Juiz de Fora. A frequência de amostragem não foi regular ao longo do período. Os parâmetros de qualidade da água analisados foram os seguintes: Temperatura da água, pH, Condutividade, Turbidez, Sólidos em Suspensão, Alcalinidade, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Matérias Oxidáveis, Sólidos

voláteis, Oxigênio dissolvido, Fosfato total, Nitrogênio total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Cádmio, Mercúrio, Arsênio, Chumbo, Ferro, Selênio, Cobre, Zinco, Cromo, Manganês, Óleos e Graxas, Fenóis, Detergentes, Coliformes totais, Coliformes fecais, Streptococos fecais, Alumínio, Potássio, Fluoretos, Bário e Sulfatos.

6.2.5 - Dados das Campanhas de Atualização da Engevix Engenharia S/A (2001)

Foi realizada pela Engevix Engenharia S/A uma campanha de coleta e análise da qualidade da água em maio de 2001. Foram selecionados seis pontos de coleta, sendo quatro no rio Paraíba do Sul, um no rio Piabanha e um no rio Paraibuna . A localização destes pontos é mostrado no Quadro 6-3, a seguir e os resultados no Quadro 6-4.

Quadro 6-3
Pontos Amostrados no Trecho de Influência da AHE de Simplício - Maio 2001

NOME DO PONTO	CORPO D' ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS (UTM)	
			NORTE	ESTE
PA - 01	Rio Piabanha	Ponte da BR 363	7.551.577	691.110
PU - 01	Rio Paraibuna	A montante da localidade de Com. Levy Gasparian	7.562.966	682.879
PS - 01	Rio Paraíba do Sul	A montante da cidade de Anta	7.561.697	705.620
PS - 02	Rio Paraíba do Sul	Entre as cidades de Anta e Sapucaia	7.565.210	712.401
PS - 03	Rio Paraíba do Sul	A jusante da cidade de Sapucaia	7.569.530	719.196
PS - 04	Rio Paraíba do Sul	A jusante da CF do AHE Simplício	7.574.255	730.555

Fonte: Estudos Ambientais Engevix (2001)

Quadro 6-4
Pontos de Monitoramento e Condições da Água
(Engevix Engenharia S/A, em Maio de 2001)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS					
		PA 01	PU 01	PS 01	PS 02	PS 03	PS 04
Amônia	mg/l	0,27	0,19	0,1	0,1	0,11	0,1
Cádmio	mg/l	0,003	< 0,001	< 0,001	0,002	0,001	0,003
Chumbo	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,007	0,003	0,008
Cobre	mg/l	0,003	0,002	< 0,001	0,006	0,004	0,001
Condutividade	u S/cm	78,9	38,6	65,5	66,6	66,4	66,2
Cromo Total	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
DBO5	mg/l O2	3,32	3,49	4,98	6,81	5,31	2,49
Fenóis Totais	µg/l	0,73	0,61	0,71	0,62	0,61	1
Ferro	mg/l	1,15	1	0,22	0,81	0,99	0,74
Fósforo Total	mg/l P	0,16	0,05	0,02	0,21	0,06	0,08
Mercúrio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Nitratos	mg/l N-NO3-	0,22	0,31	0,28	0,85	0,98	1,01
Nitritos	mg/l N-NO2-	0,15	0,07	0,01	0,03	0,03	0,03
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	0,15	0,14	0,08	0,21	0,45	0,37
Nitrogênio Total	mg/l N	0,81	0,71	0,47	1,19	1,57	1,51
Oxigênio Dissolvido	mg/l	8,17	6,98	8,73	7,92	8,06	7,44
PH		7,59	7,46	7,44	7,54	7,54	7,55
Resíduos Totais	mg/l	15,03	7,23	4,05	9,29	13,05	12,1

Quadro 6-4
Pontos de Monitoramento e Condições da Água
(Engevix Engenharia S/A, em Maio de 2001)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS					
		PA 01	PU 01	PS 01	PS 02	PS 03	PS 04
Transparência	(cm)	> 40	> 40	> 40	> 40	> 40	> 14240
Turbidez	NTU	22,5	14,5	9	15,5	18	15
Contagem de Coliformes Totais	NMP/100 ml	46.000	24.000	21.000	2.400	2.400	46.000
Contagem de Coliformes Fecais	NMP/100 ml	4300	430	240	1500	750	2300

NOTA: As indicações em vermelho indicam valores acima das concentrações máximas permitidas para um rio de Classe 2 de acordo com a Resolução Conama 20/86

No ponto de coleta do Rio Piabanha (PA1), amônia, cádmio, cobre, índice de fenóis, ferro, fósforo, coliformes totais e fecais ultrapassaram os valores máximos determinados pela Resolução CONAMA 20/86. No Rio Paraíba, o ponto PU01 apresentou os parâmetros amônia, índice de fenóis, ferro, fósforo e coliformes totais acima dos valores permitidos por lei (Quadro 6-4).

Nos locais coletados no Rio Paraíba do Sul, o ponto PS1, a montante do Distrito de Anta, apresentou valores acima do máximo permitido pelo Conama 20/86 para os parâmetros amônia, índice de fenóis e coliformes fecais. O ponto PS2, entre Anta e Sapucaia, excedeu nos parâmetros amônia, cádmio, chumbo, cobre, DBO, ferro, índice de fenol e coliformes fecais. No ponto PS3, a jusante de Sapucaia, amônia, cobre, DBO, índice de fenóis, ferro e fósforo ultrapassaram os limites estipulados pela resolução. No ponto PS4, a jusante de Simplício, os parâmetros amônia, cádmio, chumbo, fenóis totais, ferro, fósforo, coliformes fecais e totais estiveram acima do limite permitido (Quadro 6-4).

Em resumo, o Índice de Fenóis e de Ferro estiveram acima das concentrações máximas permitidas em todo o trecho analisado do rio. Coliformes (totais e fecais) e fósforo, excederam os limites na maioria dos pontos amostrados, e Cobre e DBO em somente alguns dos locais. Os demais indicadores de poluição não excederam as concentrações máximas permitidas.

O cálculo do IQA para os 6 postos de coleta apresentam resultados dentro da faixa de classificação BOA (52 a 79), conforme ilustração abaixo (Figura 6-1).

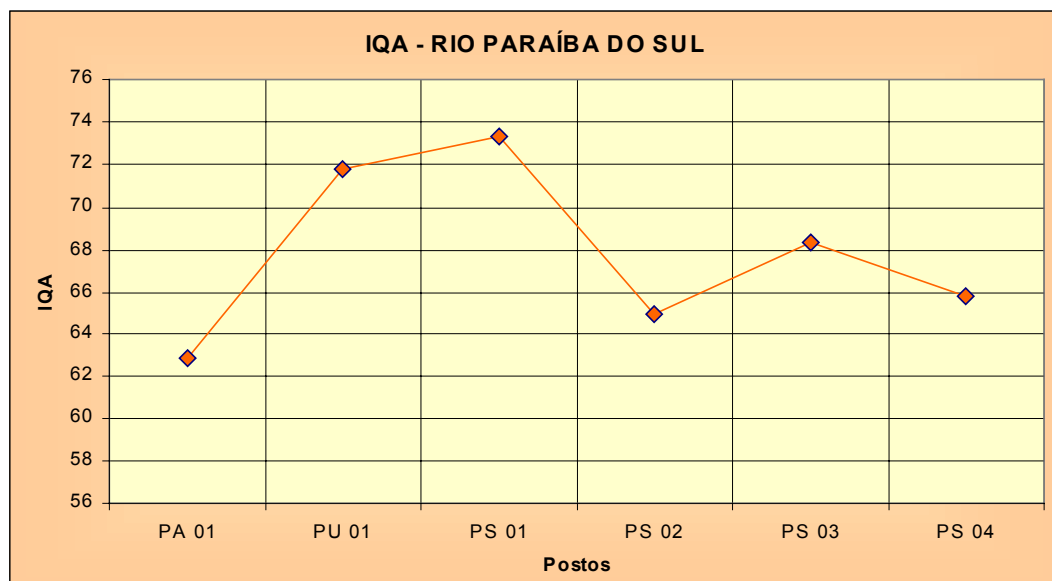


Figura 6-1
Índice de Qualidade de Água - IQA para os Seis Postos de Coleta. Engevix (2001)

6.3 - Análise dos Dados Atuais sobre a Qualidade da Água

6.3.1 - Programa Amostral

A área de influência da bacia hidrográfica de contribuição intermediária do AHE Simplício foi limitada à montante pelo aproveitamento de Santa Cecília, e à jusante, pelo reservatório de Ilha dos Pombos, ambas barragens construídas pela Light Serviços de Eletricidade S/A. Cinco locais de amostragens ao longo do rio Paraíba do Sul foram estabelecidos neste trecho, considerando suas posições à montante, na área do futuro reservatório, e à jusante, bem como as condições de acessibilidade ao local (Quadro 6-5, desenho 8794-00-6B-DE-2018-0):

Quadro 6-5
Locais de Amostragem e Coordenadas Geográficas na Área de Influência da AHE Simplício

	LOCALIDADES	COORDENADAS UTM	
A1.	Montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha	23K 0690682	7553726
A2.	Jusante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha	23K 0699789	7555939
A3.	Montante da cidade (ou vila) de Anta	23K 0706226	7562223
A4.	Trecho entre Anta e Sapucaia	23K 0706233	7562199
A5.	Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba	23K 0729985	7574034

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2001

A bacia considerada abrange uma área total de 5.546km², englobando os municípios de: Mendes, Barra do Piraí, Valença, Vassouras, Paulo de Frontin, Rio das Flores, Pati do

Alferes, Paraíba do Sul, Petrópolis, Areal, Comendador Levy Gasparian, Chiador, Três Rios, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto e Além Paraíba.

Este trecho está compreendido na unidade geomorfológica denominada de “Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul” de acordo com o programa Radam Brasil (Radam, 1983). Em relação às características fluviográficas, o rio apresenta aspecto predominantemente retilíneo, sem formação de meandros na maior parte do seu traçado, o que confere um forte hidrodinamismo e a caracterização geoambiental de Domínio das Corredeiras (Bizerril et al., 1998). O leito é formado de grandes proporções de rochas que se estendem longitudinalmente ao longo do trecho do rio, dificultando o acesso e variando consideravelmente o nível da água entre o período de cheias (outubro a março) e de secas (maio a setembro).

Nestes cinco pontos de amostragens, inseridos na área de influência do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplicio, foram realizadas coletas de água durante o inverno (estação seca - primeira campanha) e o verão (estação chuvosa - segunda campanha), correspondendo a Setembro e Dezembro de 2003, respectivamente (Figura 6-2, Figura 6-3, Figura 6-4, Figura 6-5 e Figura 6-6).

Para a análise físico-química da água foram coletadas amostras de sub-superfície em cada ponto de amostragem utilizando-se recipientes plásticos (garrafas) de 2 litros. Cada garrafa foi identificada com uma etiqueta com as informações do local da coleta e a data, sendo estas amostras mantidas sob refrigeração em caixas isotérmicas, contendo sacos com gelo, e transportadas imediatamente para serem analisadas no laboratório da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - Feema.



Figura 6-2
Ponto 1- Montante da Foz dos Rios
Paraibuna e Piabanha



Figura 6-3
Ponto 2- Jusante da Foz dos Rios
Paraibuna e Piabanha



Figura 6-4
Ponto 3- Montante do Distrito de Anta



Figura 6-5
Ponto 4 – Trecho entre Anta e Sapucaia



Figura 6-6
Ponto 5- Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba

Os seguintes parâmetros foram medidos “in loco” com o auxílio de multisensores providos com eletrodos (HORIBA U-10, YSI-55 e YSI-85): temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. A transparência foi medida com disco de Secchi e a profundidade com sonda (profundímetro). A determinação de material em suspensão, matéria orgânica e inorgânica dissolvida na água, fosfato total, nitrogênio total e avaliação microbiológica foram feitas segundo as técnicas descritas na literatura (Apha, 1989) em laboratório.

Todos os parâmetros físico-químicos que compõem o IQA foram determinados. Esse índice é determinado pelo produto de nove parâmetros elevados à potência de seus respectivos pesos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, nitrogênio total, fosfato total, temperatura, turbidez, DBO (Demanda Bioquímica do oxigênio) e resíduo total (Cetesb, 2003). Este índice é baseado na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada de parâmetros selecionados.

$$IQA = \sum q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA - índice de qualidade das águas, (varia de 1 a 100),

q_i - qualidade do i -ésimo parâmetro (entre 0 e 100), obtido da respectiva “curva média de variação da qualidade” em função de sua concentração ou medida.

w_i - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro; atribuído por sua importância para a conformação global da qualidade, um número entre 0 a 1.

Para os valores de IQA entre 0 a 19 a água é considerada “imprópria” (péssima); de 20 a 36 é “imprópria para tratamentos convencionais” (ruim); de 37 a 51 é de “qualidade aceitável”; para valores de 52 a 79 a água é de “qualidade boa”; e de 80 a 100 apresenta “qualidade ótima”.

Em resumo, foram analisados os seguintes parâmetros:

- 1) Físico-químicos: Temperatura, Transparência, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, pH, Condutividade, Fenóis Totais, Cianetos e Sólidos Totais.
- 2) Indicativos de poluição orgânica: DBO (demanda bioquímica de oxigênio), nutrientes (Amônia, Fosfato Total, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio Orgânico e Nitrogênio Total)
- 3) Microbiológicas - Coliformes Fecais e Coliformes Totais.
- 4) Indicativos de poluição por tóxicos: Metais (Cádmio; Cromo Total; Cobre; Chumbo; Ferro; Mercúrio).

6.3.2 - Resultados

Dentre os parâmetros analisados nas duas campanhas para determinar a qualidade de água, os parâmetros ferro, fósforo total, coliformes totais e coliformes fecais, tiveram seus valores acima do máximo permitidos pela Resolução Conama 20/86, em todos os pontos de amostragem (Quadro 6-6 e Quadro 6-7). Já os parâmetros mercúrio e amônia apresentaram resultados diferentes em relação a cada campanha: o mercúrio mostrou-se acima do máximo permitido pelo Conama (0,0002 mg/l) em todos os pontos somente na primeira campanha, enquanto a amônia não ficou acima dos valores máximos permitidos pelo Conama (0,002 mg/l) na primeira campanha apenas no ponto 03 com valores máximos no ponto 01, e na segunda campanha esteve sempre acima dos valores máximos permitidos em todos os pontos, com picos no ponto 05.

Quadro 6-6
Parâmetros de Qualidade da Água Tomados em Setembro de 2003, nos Cinco Pontos de Amostragem

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS				
		P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
Amônia	mg/l	0,30	0,20	,010	0,20	0,10
Cádmio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobre	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	u S/cm	101	65	63	63	64
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l O5	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Fenóis Totais	µg /g	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ferro	mg/l	1,3	1,4	1,2	1,5	0,95
Fósforo Total	mg/l P	2,90	0,20	0,15	0,20	0,20
Mercúrio	mg/l	<0,10	2,90	2,90	2,90	2,90
Nitratos	mg/l N-NO3-	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Nitritos	mg/l N-NO2-	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	0,90	0,40	1,70	1,40	1,50
Nitrogênio Total	mg/l N	1,93	1,26	2,35	2,24	2,15
Oxigênio Dissolvido	mg/l	7,9	7,94	6,36	5,57	6,33
pH		6,96	7,53	7,91	8,00	7,82
Sólidos Totais	mg/l	85	65	70	110	70
Temperatura	°C	20,8	20,2	20,2	19,5	21,3
Transparência	(cm)	120	100	100	50	103
Turbidez	uT	60	60	50	50	25
Contagem de Coliformes Totais	NMP/100 ml	80.000	30.000	900.000	≥1.600.000	170.000
Contagem de Coliformes Fecais	NMP/100 ml	8.000	23.000	500.000	1.600.000	30.000

NOTA: Encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de Classe 2 de acordo com a Resolução Conama 20/86

Quadro 6-7
Parâmetros de Qualidade da Água Tomados em Dezembro de 2003 nos Cinco Pontos de Amostragem

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS				
		P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
Amônia	mg/l	0,20	0,15	0,10	0,20	0,40
Cádmio	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Chumbo	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cobre	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	u S/cm	52	62	50	51	52
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l O5	<2	<2	<2	<2	<2
Fenóis Totais	µg / l	-	-	-	-	-
Ferro	mg/l	6,0	4,4	3,6	3,6	4,0
Fósforo Total	mg/l P	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4

Quadro 6-7
Parâmetros de Qualidade da Água Tomados em Dezembro de 2003 nos Cinco
Pontos de Amostragem

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS				
		P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
Mercúrio	mg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nitratos	mg/l N-NO ₃ -	0,4	0,4	0,35	0,30	0,4
Nitritos	mg/l N-NO ₂ -	0,02	0,02	0,02	0,02	0,004
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	1,8	0,65	0,9	0,8	0,4
Nitrogênio Total	mg/l N	2,62	1,37	1,47	1,52	1,604
Oxigênio Dissolvido	mg/l	9,05	7,04	9,02	9,12	9,5
PH		7,5	7,25	7,25	7,7	7,85
Sólidos Totais	mg/l	130	102	84	22	52
Temperatura	°C	24,2	24,2	24,3	24,4	24,8
Transparência	(cm)	-	-	-	-	-
Turbidez	uT	90	90	80	80	90
Contagem de Coliformes Totais	NMP/100 ml	50.000	30.000	24.000	13.000	30.000
Contagem de Coliformes Fecais	NMP/100 ml	3.000	8.000	8.000	8.000	5.000

NOTA: Encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de Classe 2 de acordo com a Resolução Conama 20/86

Foi feita uma análise de agrupamento visando determinar eventuais padrões de similaridade dos locais de amostragens de acordo com os parâmetros ambientais analisados. A percentagem de similaridade foi usada para medir a distância entre os locais de coleta através das variáveis (parâmetros ambientais), e o método de Ward, também chamado de Variância Mínima, que utiliza a análise de variância para determinar a distância entre os grupos, foi utilizado, onde um grupo será reunido a um outro se esta reunião proporcionar o menor aumento da variância intragrupo. A variância intragrupo foi calculada para todas as alternativas de aglomeração, escolhendo a que proporciona menor variação (Valentin, 2000).

O dendograma resultante da análise de formou dois grupos: um constituído pelas amostras da primeira campanha (Grupo I) e outro grupo formado pelas amostras da segunda campanha (Grupo II), indicando um variação da qualidade da água entre os períodos de seca e cheia (Figura 6-7).

Na primeira campanha os locais 03, 04 e 05 formaram um grupo, indicando que estes pontos têm maior similaridade em relação aos parâmetros ambientais analisados, quando comparados com os locais 01 e 02 que formaram um outro grupo. Já na segunda campanha novamente foi observado o agrupamento dos locais 01 e 02 e dos locais 03 e 04. Uma diferença foi observada em relação ao local 05 que na segunda campanha apresentou-se mais assemelhado com os locais 01 e 02.

Este agrupamento pode estar associado aos valores dos coliformes fecais e totais que foram mais elevados nos locais 03 e 04 durante a primeira campanha, enquanto que na segunda campanha os valores dos coliformes totais foram maiores nos locais 01, 02 e 05, e os coliformes fecais nos locais 02, 03 e 04. Valores mais elevados para coliformes fecais nos pontos 03 e 04 foram observados nas duas campanhas, sendo o primeiro ponto localizado a montante da cidade de Anta (área que será inundada), e o segundo, no trecho esta localizado entre Anta e Sapucaia, área a jusante do futuro reservatório de

Anta e que terá a vazão diminuída em função do desvios das águas. Especial atenção deve ser dada para esta área, uma vez que tais indicadores de poluição orgânica poderão contribuir para o enriquecimento de água no ambiente a ser represado, bem como naquele em que o rio terá vazão diminuída, com as conseqüências diretas em processos de eutrofização.

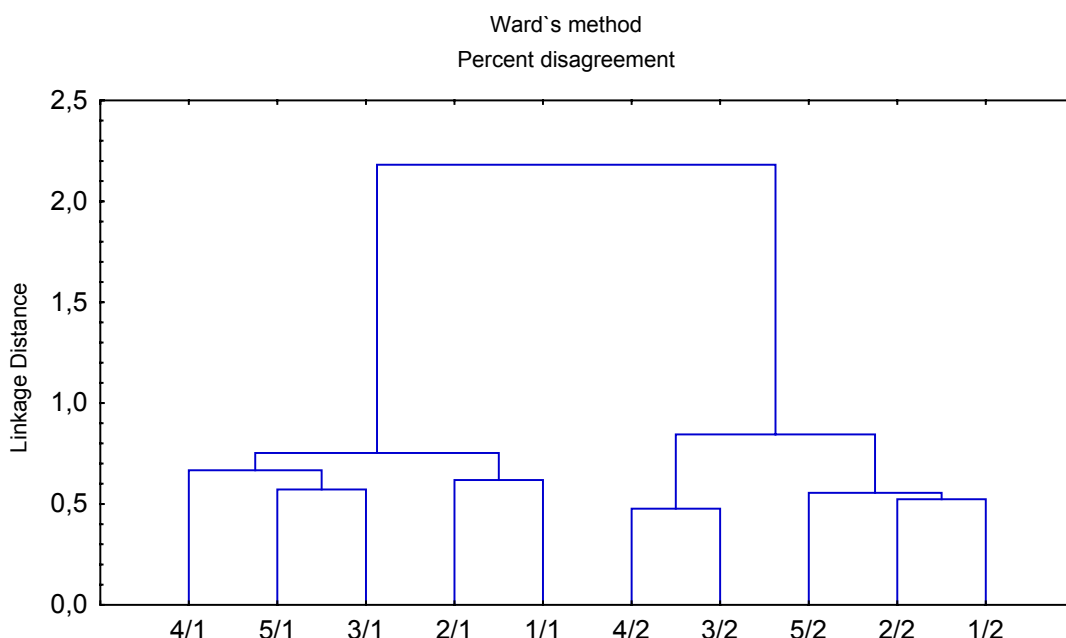


Figura 6-7
Dendrograma da Análise de Agrupamento dos Parâmetros de Qualidade da Água no Rio Paraíba do Sul

Codificado pelos Locais de Coleta: 01, 02, 03, 04 e 05, Conforme Metodologia. 01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno Do Rio). 1 = Primeira Campanha e 2 = Segunda Campanha

Um perfil do trecho longitudinal do rio para os parâmetros que apresentaram concentrações acima das máximas permitidas pela Resolução Conama 20/86 é apresentada nas figuras a seguir para os resultados das duas campanhas (seca e cheia).

A amônia apresentou maiores valores nos pontos 01, 02 e 04 e menores nos pontos 03 e 05 durante a estação seca, enquanto que durante a cheia, todos os pontos amostrados apresentaram maiores valores, com destaque para o ponto 05 (Figura 6-8).

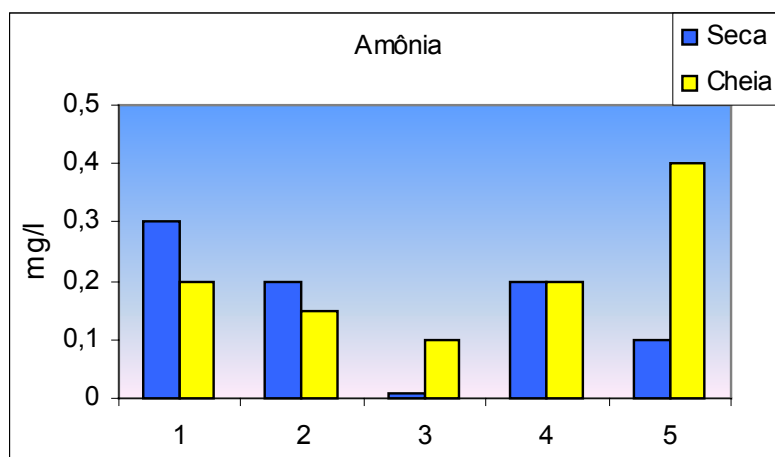


Figura 6-8

Valores em $\mu\text{g g}^{-1}$ para Amônia nos Pontos de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

O Fósforo Total apresentou valor notavelmente maior no ponto 01 durante a seca (excedendo 1,0 mg/l); nos outros pontos, os maiores valores ocorreram no período de cheia (Figura 6-9), não havendo grandes diferenças nas concentrações.

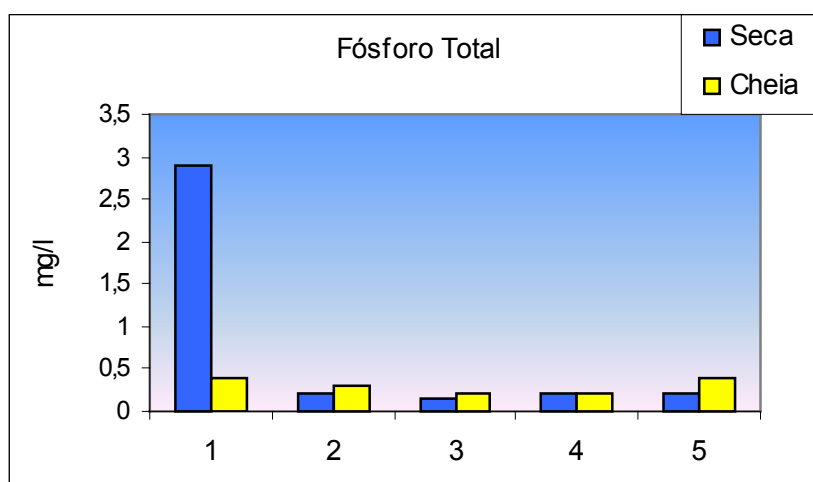


Figura 6-9

Valores em $\mu\text{g g}^{-1}$ para Fósforo Total nos Pontos de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

O Ferro teve os maiores valores em todos os pontos durante o período de cheia (Figura 6-10), apresentando um padrão de diminuição do ponto 01 para o ponto 05. Na segunda campanha, os valores de Ferro não apresentaram padrão de variação ao longo do trecho longitudinal do rio, apresentando menores concentrações do que na estação seca.

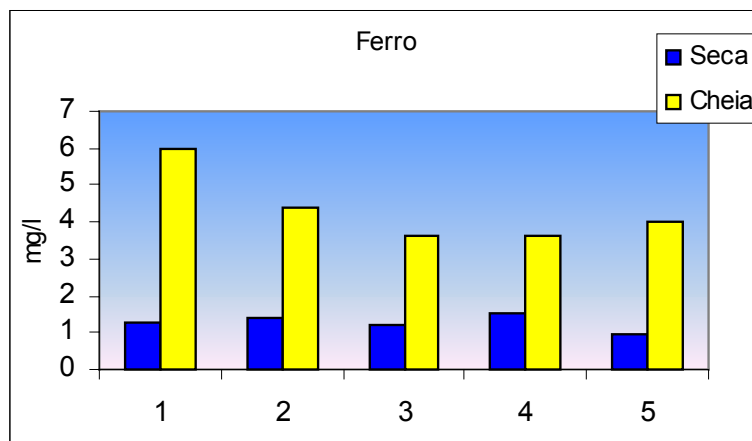


Figura 6-10

Valores em $\mu\text{g g}^{-1}$ para Ferro nos Pontos de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

Já o Mercúrio apresentou os maiores valores durante a seca, com uma grande diferença entre os períodos; exceto no ponto 01, onde os valores da concentrações se mostraram bem próximos (Figura 6-11). Este padrão sugere que o mercúrio vem do Piabanha ou Paraíba provavelmente do rio Paraíba, uma vez que na bacia de drenagem desse rio existem garimpos, que têm maior efeito no período de seca e é diluído no período de cheia.

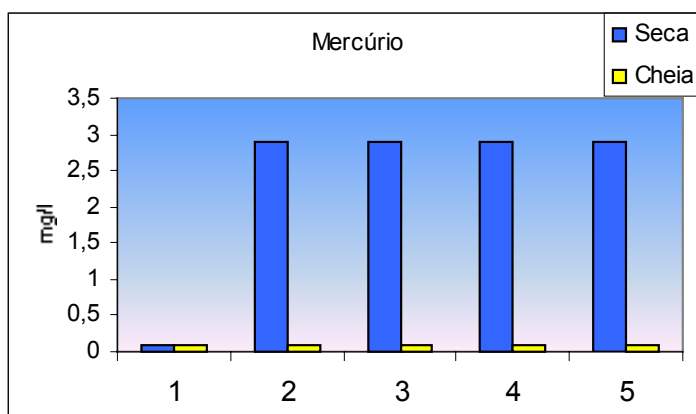


Figura 6-11

Valores em $\mu\text{g g}^{-1}$ para Mercúrio nos Pontos de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

De uma forma geral, os maiores valores dos parâmetros registrados no ponto 01 podem estar sendo influenciados pela grande carga poluidora das cidades de Barra do Pirai e Três Rios, trecho do rio com um volume de água relativamente menor. Os demais pontos encontram-se a jusante da confluência dos rios Paraíba e Piabanha, onde o volume de águas do rio Paraíba do Sul é relativamente elevado, embora receba contribuições de

grandes municípios como Juiz de Fora, Petrópolis e Teresópolis, todos com áreas industriais bastante desenvolvidas. O ponto 05, entretanto, é uma área localizada a jusante de Sapucaia, cidade que contribui com grande quantidade de carga poluidora, elevando também os valores dos parâmetros neste trecho.

Uma comparação entre as duas campanhas permite-nos visualizar um aumento na concentração da amônia, do ferro e do fósforo total, além da diminuição do mercúrio total na segunda campanha em relação a primeira. Como a amônia é um dos maiores indicadores de material orgânico em decomposição, é provável que o maior volume e fluxo de água durante a cheia possa ter carregado rio abaixo grande parte da carga orgânica que foi se acumulando no local mais a jusante onde o fluxo é diminuído pela presença da represa de Ilha dos Pombos, imediatamente a jusante do ponto 5. Para os outros parâmetros, esta variação pode estar relacionada com o aumento do volume de água durante a cheia do rio.

Os valores dos coliformes fecais e totais estiveram acima do limite máximo do permitido pela classificação do Conama para as águas de Classe 2 em todos os pontos de coleta nos dois períodos. Tanto coliformes totais como coliformes fecais apresentaram os maiores valores no período de seca e nos locais de coleta 03 e 04 (a montante da cidade de Anta e no trecho entre Anta e Sapucaia, a jusante do reservatório, respectivamente) (Figura 6-12 e Figura 6-13). No período de cheias os valores não diferiram entre os cinco pontos amostrados.

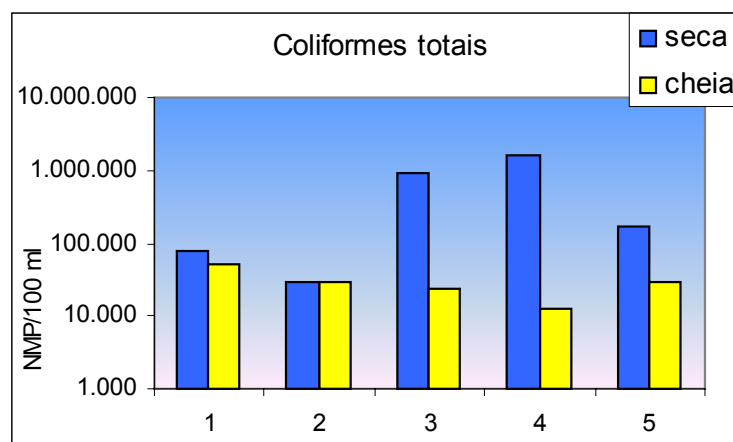
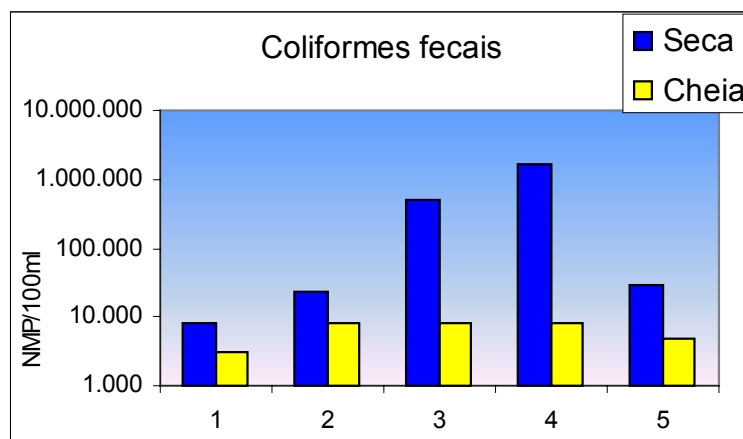


Figura 6-12

Valores de Coliformes Totais nos Locais de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

**Figura 6-13****Valores de Coliformes Fecais nos de Amostragens Durante as Duas Campanhas (Seca/Cheia) na Área de Influência Direta do Empreendimento**

01 - Três Rios (Montante do Reservatório); 02 - A Jusante de Três Rios (Início da Área Inundada); 03 - Montante da Cidade de Anta (Área Inundada); 04 - Trecho entre Anta e Sapucaia (Jusante do Reservatório-Trecho do Rio que Terá Vazão Diminuída); 05 - Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba (Retorno do Rio)

A comparação das duas campanhas aponta para uma diminuição da concentração de coliformes fecais e totais em dezembro (cheia) em relação a setembro (seca), possivelmente devido ao maior volume de água que dilui esses poluentes. Há também uma clara tendência dos pontos 03 e 04 apresentarem elevados valores para coliformes fecais e totais durante a seca, provavelmente oriundos do despejo de esgoto das cidades próximas.

6.3.3 - Índice de Qualidade de Água (IQA)

A análise do Índice de Qualidade de Água (IQA) para os 5 pontos de coleta mostrou que a qualidade está aceitável para quatro dos cinco pontos (P01, P02, P03 e P05) na primeira campanha, e em todos os pontos na segunda campanha. Somente o ponto P04 apresentou uma qualidade ruim durante a primeira campanha, conforme a classificação da Cetesb. Assim, as águas do Rio Paraíba do Sul, de uma forma geral entre os pontos de amostragens, podem ser consideradas de qualidade aceitável, para os padrões que enquadram as água do rio como Classe 2 (Quadro 6-8).

Uma discreta melhoria no IQA foi observada quando comparamos os valores da primeira e segunda campanhas. Essa diferença pode estar relacionada ao maior volume de água durante a fase de cheia do rio, quando a maior quantidade de água dilui a carga poluidora resultando, assim, uma melhora na qualidade da água.

Quadro 6-8
Valores do Índice de Qualidade de Água - IQA para a Primeira (Setembro/2003) e Segunda (Dezembro/2003) Campanhas, com Classificação Segundo a Cetesb (2003)

	IQA (Setembro/2003)		IQA (Dezembro/2003)	
	Valor	Classificação	Valor	Classificação
P01	39,3	Aceitável	47,9	Aceitável
P02	41,0	Aceitável	49,0	Aceitável
P03	37,8	Aceitável	51,3	Aceitável
P04	35,0	Ruim	51,3	Aceitável
P05	40,4	Aceitável	49,3	Aceitável

Fonte: Estudos Ambientais Engevix, 2003

Ao comparar com os dados de 2001 (Engevix, 2001), a qualidade da água sofreu um decréscimo, passando de boa para aceitável, com um dos locais amostrados decrescendo de qualidade boa para ruim. Este mesmo local (entre Anta e Sapucaia) no período de 2001, também apresentou valores do IQA mais baixos em relação aos outros pontos, o que confirma a consistência deste padrão espacial.

6.3.4 - Parâmetros de Qualidade da Água

Nesta seção, cada parâmetro foi analisado separadamente, comparando os resultados das várias campanhas de qualidade da água, em diferentes períodos, tendo-se como base as médias para cada local. Como os dados do monitoramento realizado pela Agência Nacional de Águas - ANA, foram referentes ao período entre 1977 e 1997, abrangendo três décadas, optou-se em discorrer primeiramente os seus resultados por se tratar de uma informação de longo prazo, para posteriormente acrescentar os resultados de outros trabalhos, finalizando com a amostragem realizada para este relatório. Adicionalmente, são incluídas algumas informações básicas sobre a influência dos parâmetros na ecologia dos sistemas aquáticos.

6.3.4.1. Parâmetros Físico-Químicos da Água

a) Temperatura

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura.

Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

A análise da temperatura da água entre três décadas demonstrou uma variação muito pequena, bem como entre os pontos amostrados, sempre mantendo valores entre 23 e

25°C (Figura 6-14). Devido o trecho estudado ser relativamente pequeno, também não se observou gradiente espacial entre os diferentes locais amostrados.

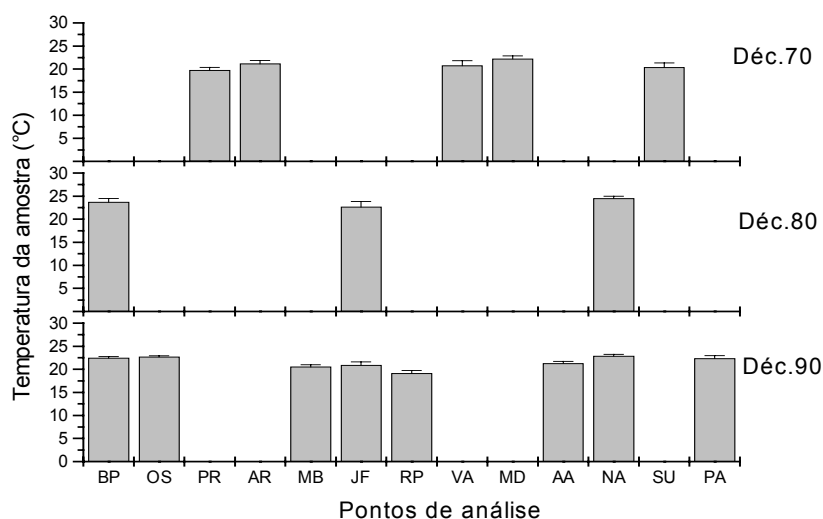


Figura 6-14

Análise da Temperatura da Água Durante as Décadas de 70, 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

b) Oxigênio dissolvido

Através do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

A análise dos níveis de oxigênio dissolvido na água entre as décadas de 70, 80 e 90 demonstrou que os valores sempre estiveram acima da quantidade mínima estabelecida pelo Conama, que não deve ser inferior a 5 mg/l. As exceções ocorreram na década de 80 na localidade de Anta, e na década de 90 na localidade de Juiz de Fora, quando os níveis de OD estiveram abaixo do estabelecido (Figura 6-15).

Outros monitoramentos realizados no Rio Paraíba do Sul também destacam os níveis de oxigênio dissolvido na água. Como exemplo podemos citar o monitoramento hídrico desta bacia entre 1992/1997 (Mello & Vasconcelos, 1998), realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil, que ressaltou que a maior parte das águas deste rio apresentam uma alta disponibilidade de oxigênio dissolvido durante todo o período de estudo, decorrente de suas características físicas, favoráveis aos processos de oxigenação. Nas amostragens da Engevix em maio de 2001 e nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os níveis de oxigênio dissolvido também estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama.

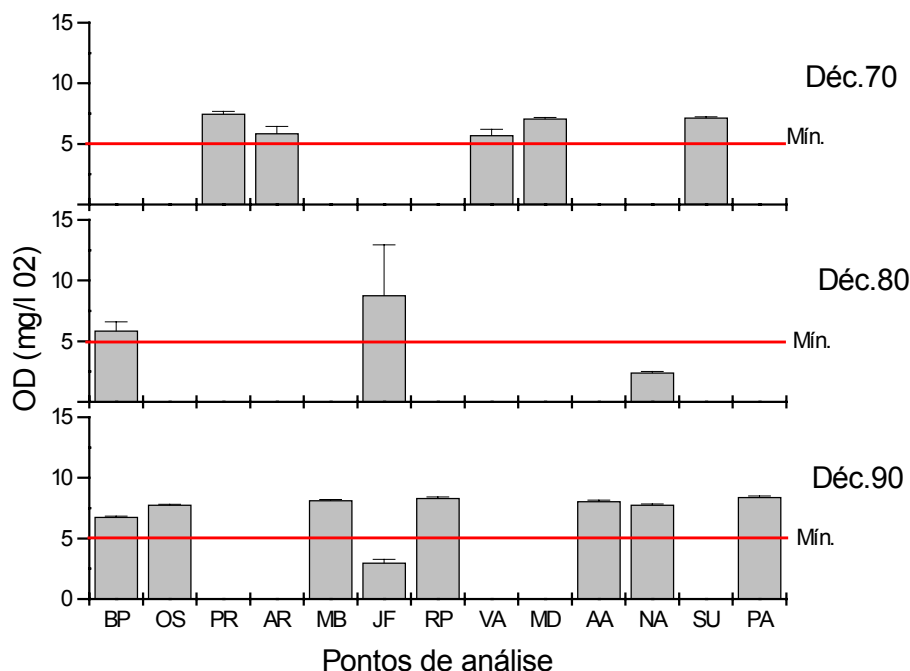


Figura 6-15
Análise do Oxigênio Dissolvido Durante as Décadas de 70, 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

c) pH

Este parâmetro, por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres presentes na mesma.

Entre as 3 décadas analisadas o pH sempre esteve dentro dos níveis normais em todos os pontos de análise, variando entre a acidez (pH = 6) e a neutralidade (pH = 7) (Figura 6-16). Nas amostragens da Engevix em maio de 2001 e na amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores do pH também estiveram dentro dos níveis aceitáveis em todos os pontos de coleta.

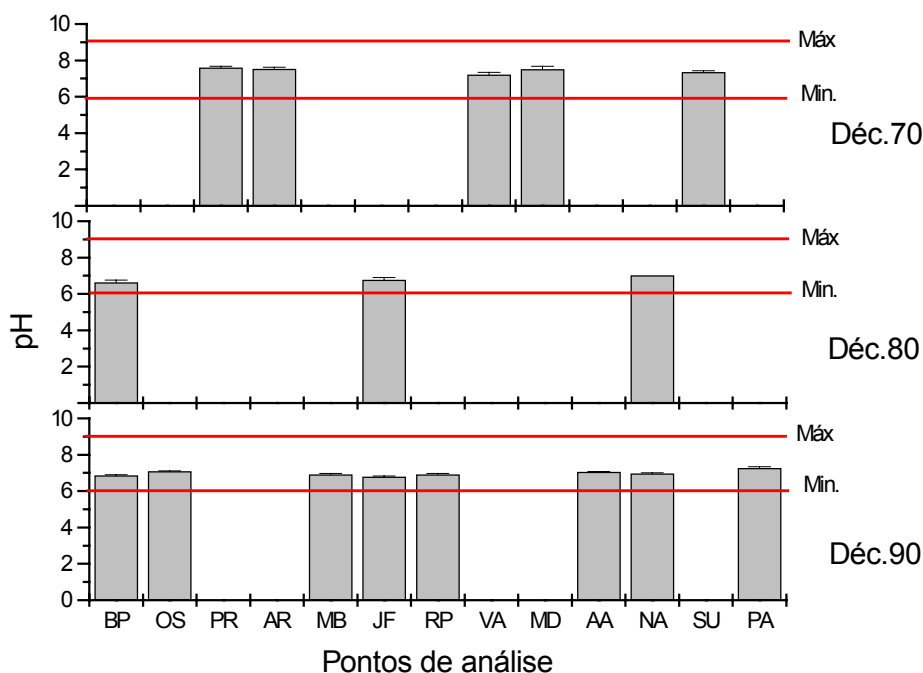


Figura 6-16
Análise do pH Durante as Décadas de 70, 80 e 90.

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

d) Condutividade Elétrica

A condutância específica (condutividade) é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas (principalmente relacionado com sódio, cálcio, magnésio, bicarbonatos, sulfatos e cloretos) e da temperatura. A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta.

Apesar do da Resolução Conama nº 20/86 não prever limites de condutividade para a definição das classes das águas, fica difícil a avaliação dos níveis de comprometimento em função deste parâmetro. Durante as três décadas analisadas a condutividade mostrou-se maior nos seguintes pontos de coleta: na década de 70 os pontos de Pedro do Rio e Areal (110 $\mu\text{S}/\text{cm}$), na década de 80 em Juiz de Fora (90 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e na década de 90 em Barra do Pirai, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (entre 80 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Os menores valores para a condutividade foram registrados nos pontos de Manuel Duarte e Sumidouro (30 $\mu\text{S}/\text{cm}$) durante a década de 70, e Rio Preto e Afonso Arinos (entre 20 e 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$) na década de 90 (Figura 6-17). Especialmente, uma tendência de diminuição de montante para jusante parece ser consistente em todos os períodos, indicando, talvez, a influência à montante do polo industrial Barra-Mansa - Volta Redonda, elevando a condutividade.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001 e na amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, a condutividade apresentou uma faixa entre 51 e 65

$\mu\text{S}/\text{cm}$. No entanto, o local de amostragem P01, situado a montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha, apresentou valores de $101 \mu\text{S}/\text{cm}$, na campanha no mês de setembro de 2003.

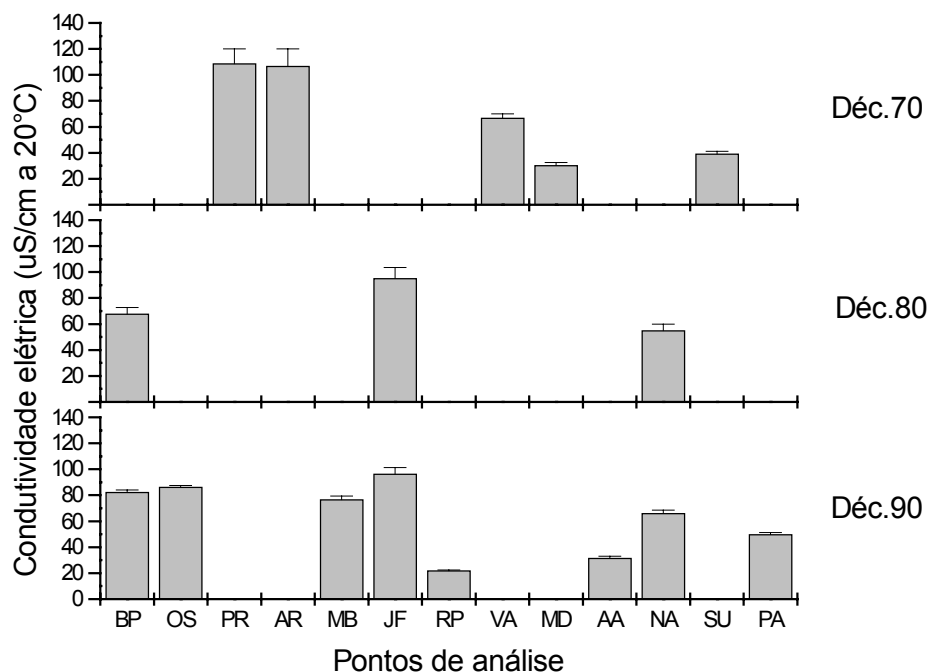


Figura 6-17
Análise da Condutividade Elétrica durante as décadas de 70, 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

e) Turbidez

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e das algas. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.

Os valores para turbidez entre décadas não apresentaram grandes variações entre os pontos de análise, sempre estando abaixo dos valores máximos permitidos pelo Conama que é de 100 UNT (unidades nefelométrica de turbidez) (Figura 6-18).

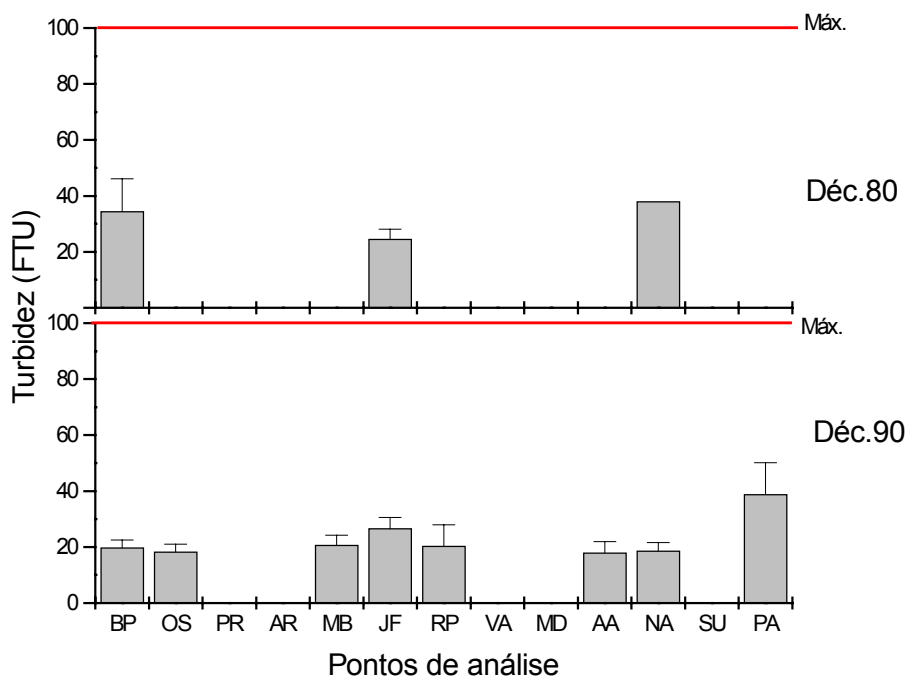


Figura 6-18
Análise da Turbidez durante as décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

f) Fenóis Totais

São compostos orgânicos que geralmente não ocorrem naturalmente nos corpos de água. A presença dos mesmos se deve principalmente, aos despejos de origem industrial. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos, em concentrações bastante baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas, por conferir sabor e odor extremamente pronunciados, especialmente os derivados do cloro. Para o homem o fenol apresenta graves riscos a saúde, causando efeito de cauterização no local em que ele entra em contato através da ingestão. Os resultados de intoxicação são náuseas, vômitos, dores na cavidade bucal, na garganta e estômago, entre outros. Inicialmente, há uma excitação seguida de depressão, e queda na pressão arterial, seguida de desenvolvimento de coma, convulsão e endemia dos pulmões.

Nos pontos amostrados os valores sempre estiveram acima dos valores máximos permitidos pelo Conama para a Classe 2 (concentração de 0,001 mg/l de fenol), principalmente Barra de Pirai (década de 80) e nos pontos Moura Brasil, Juiz de Fora, Rio Preto, Anta e Sumidouro (década de 90) (Figura 6-19).

O relatório da Engevix (1990) não aponta nenhum padrão de violação para os fenóis no trecho estudado, durante a década de 80, ressaltando que os fenóis são degradados de forma relativamente rápida e as concentrações diminuem progressivamente ao longo do rio Paraíba do Sul.

Em Minas Gerais a Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente) iniciou em 1993 o desenvolvimento de estudos visando ao enquadramento dos seus rios estaduais, e verificou que os rios Paraíba, Preto e do Peixe também apresentaram valores para fenóis totais acima dos limites permitidos pelo Conama.

O monitoramento hídrico do rio Paraíba do Sul realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil entre 1992/1997 (Mello & Vasconcelos, 1998), também assinalou duas estações de com índices de fenóis acima dos limites: a estação de Itaipava que está localizada no rio Piabanha, e a estação de Juiz de Fora localizada no rio Paraibuna.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os índices de fenóis totais estiveram acima dos limites permitidos para todos os locais amostrados. Entretanto, na amostragem realizada em setembro de 2003, os níveis de fenóis totais estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama durante a primeira coleta.

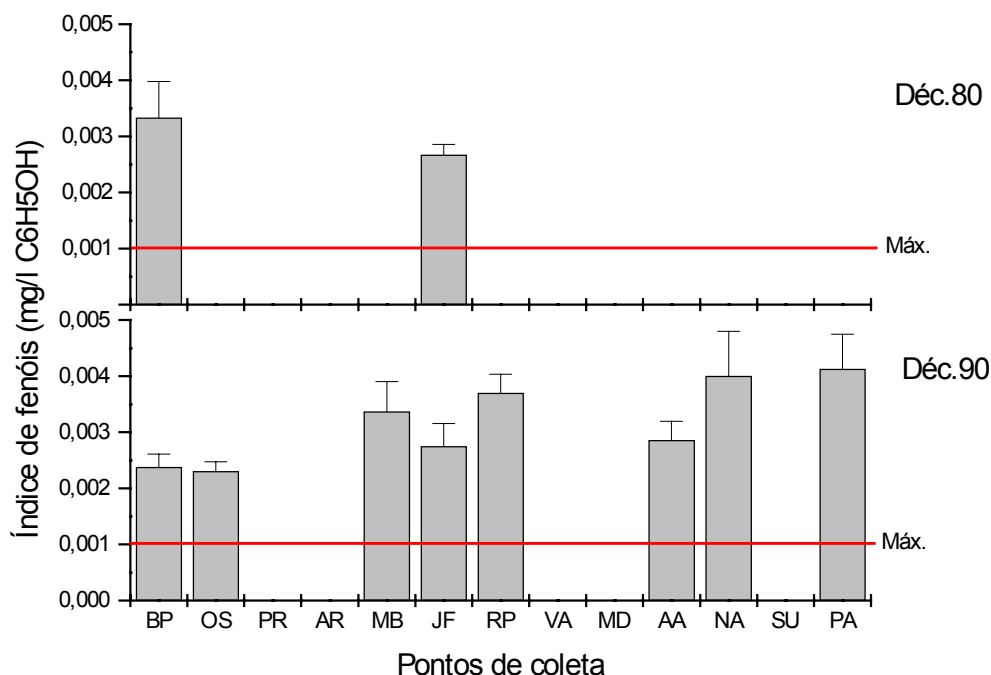


Figura 6-19
Análise do Índice de Fenóis Totais Durante as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

6.3.4.2. Parâmetros Indicativos de Poluição Orgânica

a) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis.

O desenvolvimento urbano e industrial ao longo da Bacia do rio Paraíba do Sul fez com que houvesse um maior aporte de dejetos ricos em matéria orgânica. A Resolução do Conama nº 20/86 estabelece um limite máximo para o DBO5 dias de 5,0 mg/l para a classe 2. À análise do DBO entre décadas revelou que os pontos de análise estiveram quase sempre abaixo do limite recomendado pelo Conama, sendo que em Juiz de Fora na década de 80 e 90 os valores estão sempre acima do máximo permitido (Figura 6-20).

Analisando os dados obtidos do relatório da Engevix (1990) para estudo da qualidade da água no rio Paraíba do Sul, as conclusões para DBO durante a década de 80 são que a totalidade dos locais analisados situam-se abaixo do limite recomendado pelo Conama. Não foram identificadas condições críticas para Juiz de Fora (rio Paraíba), entretanto isso ocorreu para Moura Brasil (rio Piabanha) devido ao fato deste rio receber efluentes da cidade de Petrópolis, além de não possuir uma boa capacidade de diluição devido suas menor área de drenagem, e comparativamente menor fluxo.

A Feam, analisando os rios Paraíba e Preto, em Minas Gerais, também aponta para os elevados níveis de DBO nestes dois afluentes do rio Paraíba do Sul. O monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998) também destaca as estações de Itaipava (rio Piabanha) e de Juiz de Fora (rio Paraíba) com elevados níveis de DBO.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de DBO estavam acima dos limites para os locais amostrados entre as cidades de Anta e Sapucaia. Entretanto, na amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de DBO estavam dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama.

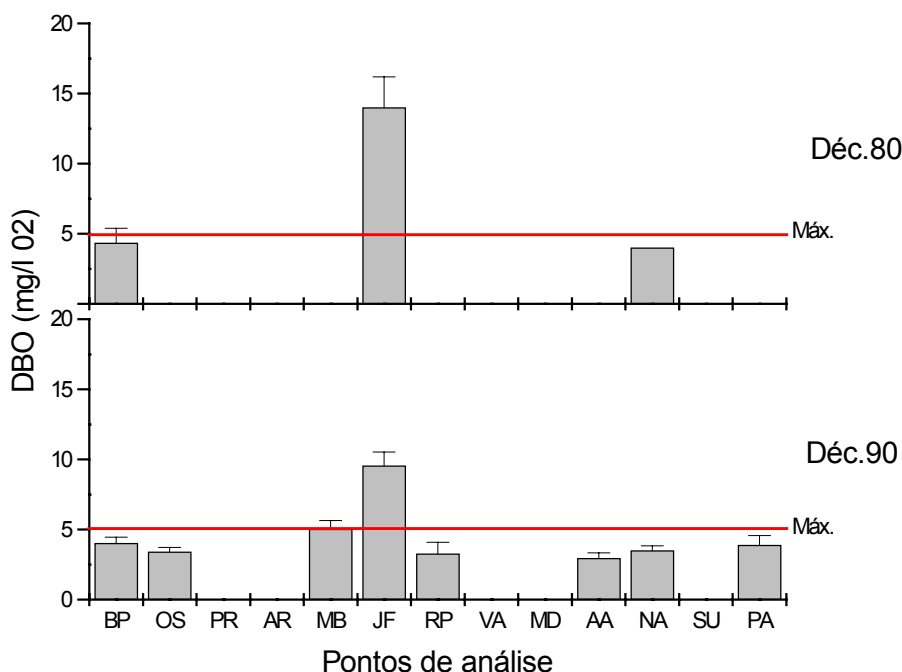


Figura 6-20
Análise do DBO Durante as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

b) Fosfato Total

Uma grande carga de fosfato pode causar a eutrofização do rio, pois o fósforo tem importância fundamental na proliferação de organismos planctônicos. No meio ambiente origina-se de fertilizantes, dejetos animais, esgotos e detergentes. A presença de Fe, Al, Ca ajudam a precipitar o fosfato. O limite do Conama para as águas de Classe 2 é de 0,0025 mg/l.

Analisando o fosfato total entre décadas podemos observar que os valores sempre estiveram acima da resolução do Conama, principalmente nos pontos de Moura Brasil e Juiz de Fora na década de 90 (Figura 6-21).

Os dados obtidos do relatório da Engevix (1990), para estudo da qualidade da água no rio Paraíba do Sul durante a década de 80, também indicaram que o fósforo total esteve sempre acima do recomendado pelo Conama, na grande maioria das estações analisadas. Em algumas das estações foram levantadas possíveis causas para os altos valores do fósforo: em Três Rios o aumento dos despejos domésticos e industriais que são lançados no rio sem nenhum tratamento. Adicionalmente em Anta, além do despejo do rio Piabanha, há um aumento do fósforo carregado devido ao processo erosivo das águas.

A Feam, analisando os rios Paraíba, do Peixe e Preto, em Minas Gerais, também aponta para os elevados níveis de Fósforo total nestes dois afluentes do Rio Paraíba do Sul, acima dos limites permitidos pelo Conama. O monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998) também destaca as estações de Itaipava (rio Piabanha) e de Juiz de Fora (rio Paraíba) com elevados níveis de Fósforo total.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de Fósforo total estiveram acima dos limites para os seguintes locais amostrados: rio Piabanha e Paraíba, Cidade de Sapucaia e a montante de Simplicio. Nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de Fósforo total estavam acima dos níveis estabelecidos pelo Conama em todos os pontos amostrados.

Portanto, conclui-se que o Fósforo esteve consistentemente, em todas as análises, em níveis acima do máximo permitido, sendo portanto um indicador de poluição orgânica que merece especial atenção devido a sua capacidade de favorecer processos de eutrofização nos ambientes aquáticos.

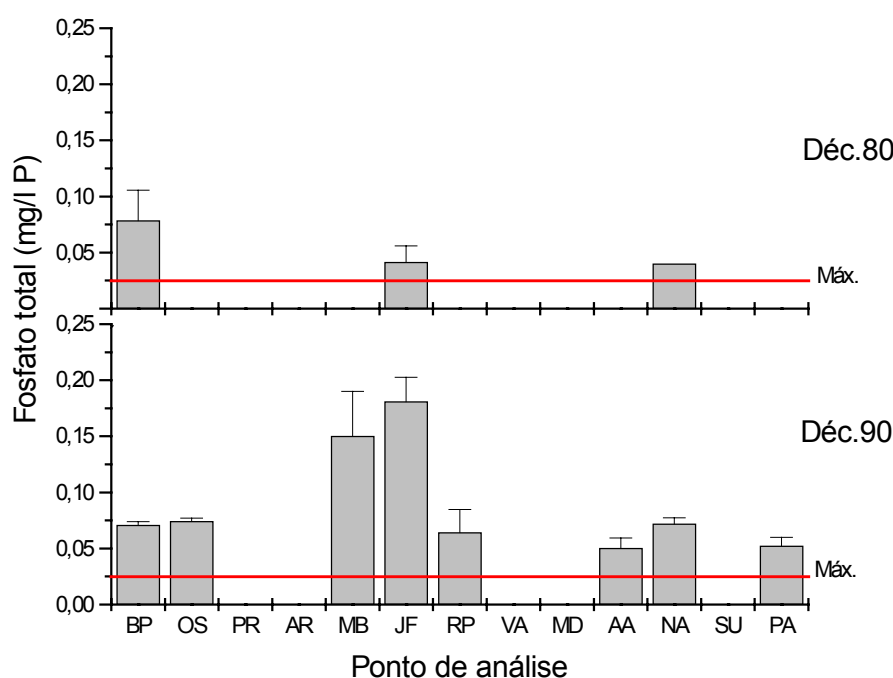


Figura 6-21
Análise do Fosfato Total Durante as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

c) Nitrogênio Total

É constituinte essencial da proteína em todos os organismos vivos e está presente em muitos depósitos minerais na forma de Nitrato. O Nitrogênio na matéria orgânica sofre trocas do complexo protéico de aminoácidos para amônia, nitrito e nitrato.

A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos para o corpo d'água. Em sistemas aquáticos onde suas concentrações são elevadas, principalmente devido a grande carga de esgotos, propiciam condições para proliferações excessivas de organismos. Analisando os dados da década de 90 podemos observar que todos os pontos de análise apresentaram valores acima do permitido pelo Conama (11,02 mg/l) (Figura 6-22), sendo os maiores valores registrados em Moura Brasil, Paquequer e Barra do Piraí.

Os dados obtidos do relatório da Engevix (1990) para estudo da qualidade da água no rio Paraíba do Sul na década de 80, estes divergem dos dados da ANA para as estações de Anta e Simplício, quando os valores para nitrogênio total estiveram entre os mais reduzidos do rio Paraíba do Sul devido a ausência de grandes fontes de poluição neste trecho. Nas amostragens da Engevix em maio de 2001 e nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de Nitrogênio total estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama.

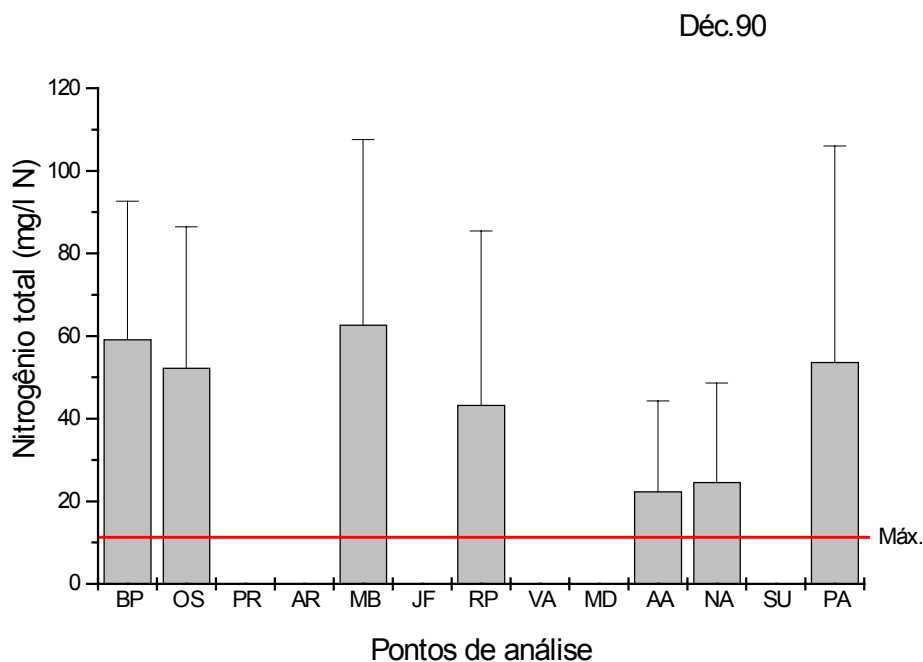


Figura 6-22
Análise do Nitrogênio Total Durante a Década de 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

d) Nitrato

É a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de Nitrogênio e Nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos favorecem o desenvolvimento de plantas e seu excesso na água pode levar à eutrofização, “blooms” de algas e outros processos indesejáveis em ambientes aquáticos.

A análise entre décadas demonstrou que os valores para o nitrato estiverem sempre acima do valor permitido pelo Conama (acima de 10 mg/l), com maiores valores sendo observados principalmente em Juiz de Fora na década de 80 e em Moura Brasil na década de 90 (Figura 6-23). Esses altos valores observados podem estar indicando uma alta taxa de oxidação da amônia e nitrogênio orgânico, podendo permitir assim proliferações excessivas de algas.

O relatório da Engevix (1990) não encontrou valores para os compostos nitrogenados que superassem o máximo recomendado pelo Conama no rio Paraíba do Sul no trecho entre Três Rios e Campos, incluindo o rio principal e os seus afluentes.

Nas amostragens da Engevix realizadas em maio de 2001 e nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de Nitrato estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo CONARMA, concluindo-se ter havido um processo de diminuição deste nutriente ao longo dos últimos anos no trecho estudado do rio.

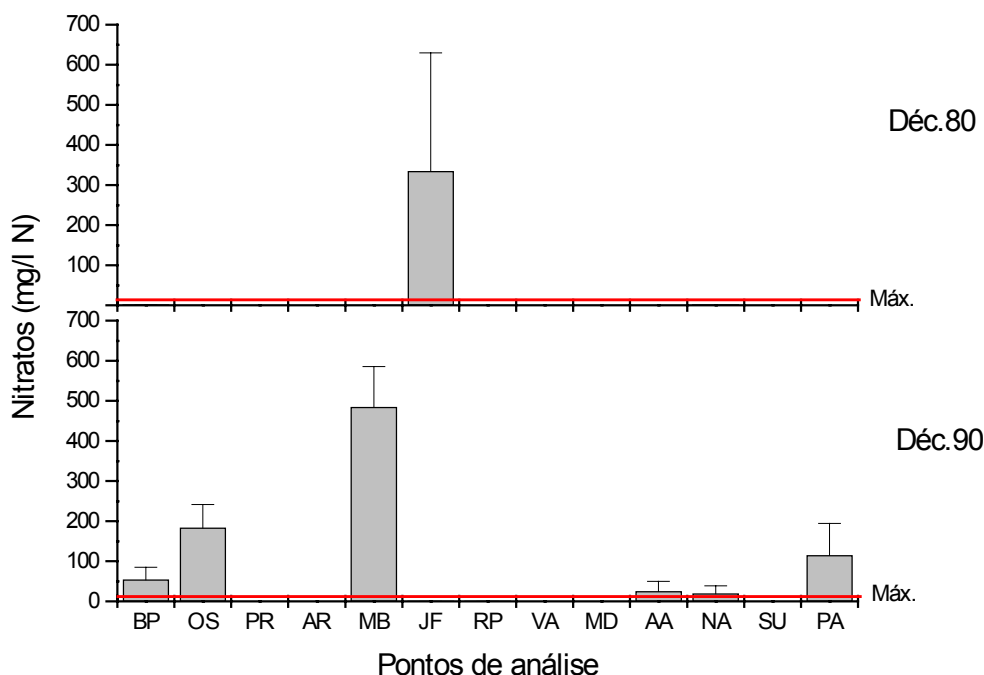


Figura 6-23
Análise da Concentração de Nitratos Durante as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

6.3.4.3. Parâmetros Microbiológicos

a) Coliformes Fecais

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal (esgoto doméstico), sendo um dos fatores mais importantes para a avaliação da qualidade de água. Sua utilização vai além da determinação de focos de poluição orgânica, sendo bastante útil na avaliação da capacidade de autodepuração de corpos d'água. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros Klebsiella, Escherichia, Serratia, Erwenia e Enterobactéria. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

A análise entre décadas demonstrou que os valores nos pontos de análise sempre estiveram acima do valor permitido pelo Conama (1000 NMP/100 ml), principalmente em Barra do Piraí (década de 80) e Juiz de Fora (décadas de 80 e 90) (Figura 6-24). Os coliformes fecais comprometem a qualidade da água em todas as estações, particularmente onde a influência dos despejos domésticos é mais acentuada, ou seja, nas proximidades das grandes cidades ribeirinhas como Juiz de Fora, Barra do Piraí, ou de rios que trazem os coliformes de grandes cidades como o rio Piabanha (traz grande quantidade de esgoto das cidades de Petrópolis e Teresópolis).

Analisando os dados obtidos do relatório da ENGEVIX (1990) para estudo da qualidade da água no rio Paraíba do Sul durante a década de 80, o monitoramento considerou que no trecho entre as cidades de Três Rios e Itaocara, os valores para os coliformes fecais são considerados críticos, com níveis muito acima dos valores do Conama, tanto para o rio principal quanto para os afluentes.

A Feam também registra grande quantidade de coliformes fecais nos Rio Paraíba, Preto e do Peixe na área de Minas Gerais. O monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998) também destaca as estações de Itaipava (rio Piabanha) e de Juiz de Fora (rio Paraibuna) com elevados níveis de Coliformes fecais.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de coliformes fecais estiveram acima dos limites para os seguintes locais amostrados: rio Piabanha e Paraíbuna, montante de Anta e a montante de Simplicio. Nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de coliformes fecais estiveram acima dos níveis estabelecidos pelo Conama em todos os pontos amostrados.

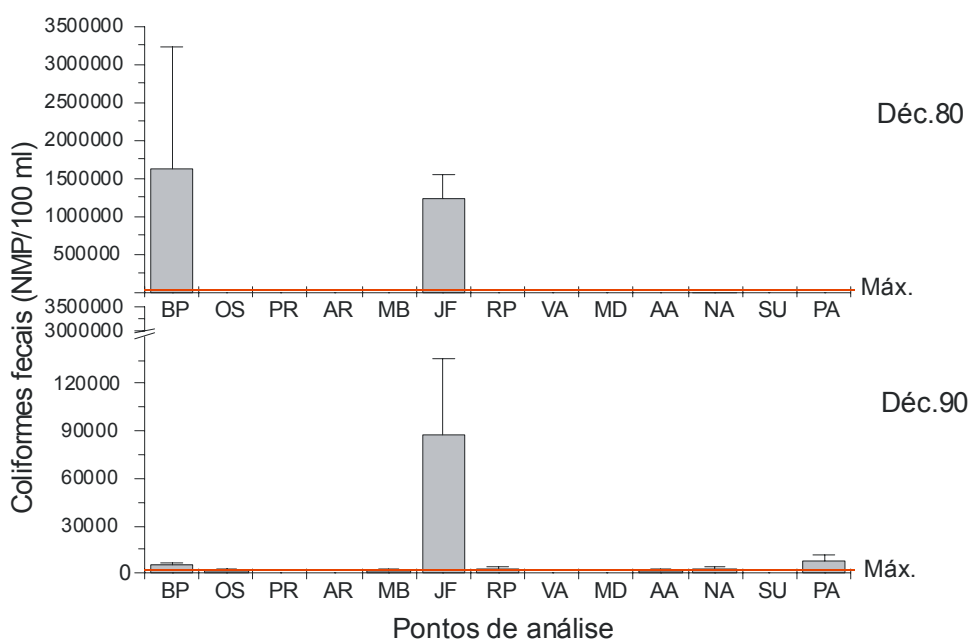


Figura 6-24
Análise dos Coliformes Fecais entre as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

1.1.1.1. Parâmetros de Poluição por Tóxicos (metais)

a) Cádmio

Está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a 1 µg/L. Na água, o cádmio é encontrado, principalmente, nos sedimentos de fundo e nas partículas em suspensão. Pode ser liberado para o ambiente através da queima de combustíveis fósseis e também é utilizado na produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, praguicidas etc. É um

metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer.

A análise entre décadas demonstrou que os valores deste metal sempre estiveram próximos aos valores máximos permitidos pelo Conama (0,01 mg/l), sendo que o ponto de análise de Juiz de Fora nas duas décadas apresentou valores muito acima deste permitido (Figura 6-25).

As violações de Cádmio nos monitoramentos realizados pela Engevix (1990) durante a década de 80 no trecho entre Três Rios e Campos foram registradas em todas as localidades amostradas, principalmente na estação de Três Rios na década de 80.

O monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998) também destaca as localidades de Itaipava (rio Piabanha) e de Juiz de Fora (rio Paraibuna) com elevados níveis de concentrações de cádmio.

Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de cádmio estavam acima dos limites para os seguintes locais amostrados: rio Piabanha, entre as Cidades de Anta e Sapucaia e a montante de Simplicio. Nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de cádmio estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama, em todos os pontos amostrados.

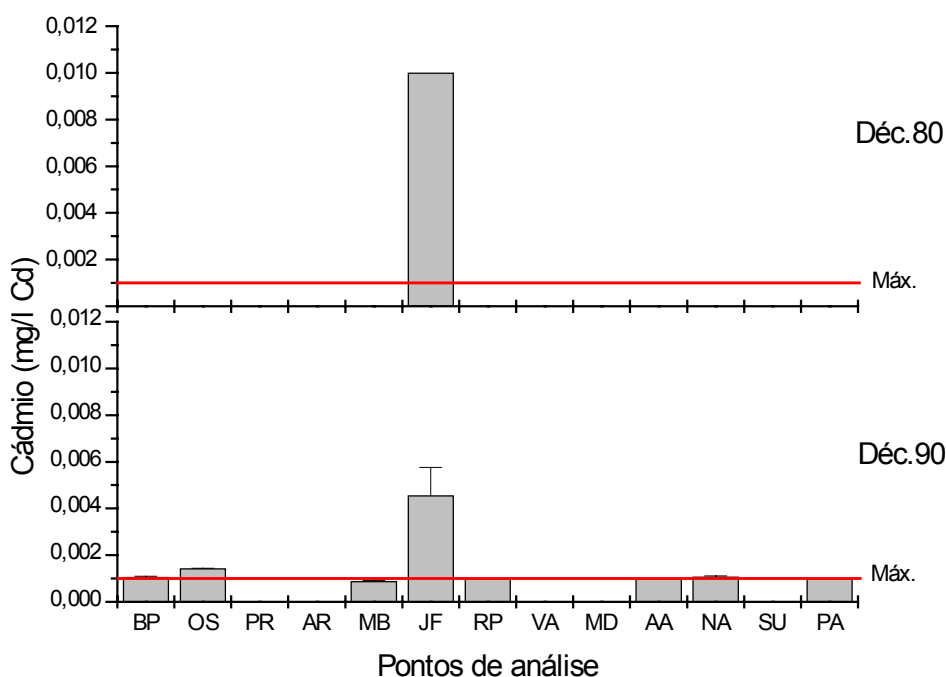


Figura 6-25
Análise da Concentração de Cádmio entre as Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

b) Chumbo

Dissolvido em águas superficiais naturais os seus teores geralmente encontram-se em quantidades baixas. Na água ocorre em diversos estados de oxidação, provavelmente complexado com ligantes orgânicos na forma solúvel, coloidal ou particulada. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição, metalurgia, materiais de construção, plásticos, tintas etc. O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre, na maioria das vezes, em trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias.

A observação dos pontos de análise da década de 90 demonstrou que o chumbo sempre esteve abaixo dos valores máximos permitidos pelo Conama (0,03 mg/l) para a Classe 2 (Figura 6-26).

Alguns padrões de violação para o chumbo foram apontados no relatório da Engevix (1990) no trecho estudado entre Três Rios e Campos, principalmente na estação de Anta quando foram registrados concentrações de 0,04 mg/l. Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de Chumbo estavam acima dos limites para os seguintes locais amostrados: entre as Cidades de Anta e Sapucaia e a montante de Simplício. Nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de chumbo estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama, em todos os pontos amostrados.

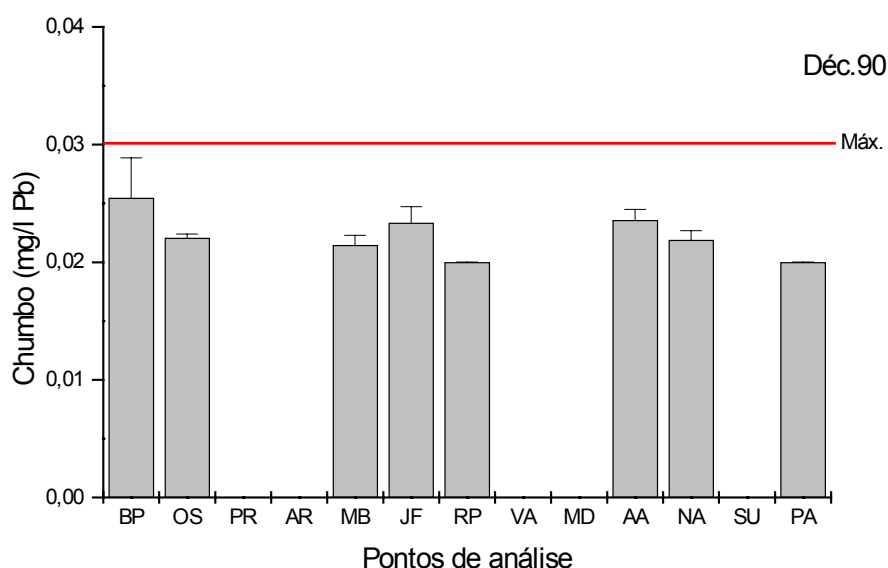


Figura 6-26
Análise da Concentração de Chumbo na década de 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paqueta

c) Cobre

O cobre é encontrado em sistemas aquáticos em pequenas quantidades. Na água ele está presente, normalmente, em forma cúprica (Cu^{+2}), complexado com carbonatos, cianetos, aminoácidos e outras substâncias químicas. No sedimento, apresenta-se depositado em forma de hidróxidos, fosfatos e sulfetos. Na indústria é amplamente utilizado, destacando seu uso na fabricação de fios elétricos, variedades de aço e em uma série de ligas metálicas. É considerado um elemento tóxico de efeito cumulativo como o chumbo e cádmio, sendo prejudicial a uma ampla variedade de organismos aquático.

A observação dos pontos de análise durante a década de 90 demonstrou que o cobre só esteve acima dos valores máximos do Conama (0,02 mg/l) para o local Afonso Arinos (Figura 6-27). Nos outros locais o cobre esteve sempre abaixo do valor máximo.

O relatório da Engevix (1990) também aponta algumas violações para o cobre no trecho estudado, principalmente para o rio Piabanha na década de 80. Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de Cobre estavam acima dos limites para os seguintes locais amostrados: rio Piabanha, entre as Cidades de Anta e Sapucaia e a jusante de Sapucaia. Nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de chumbo estavam dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama, em todos os pontos amostrados.

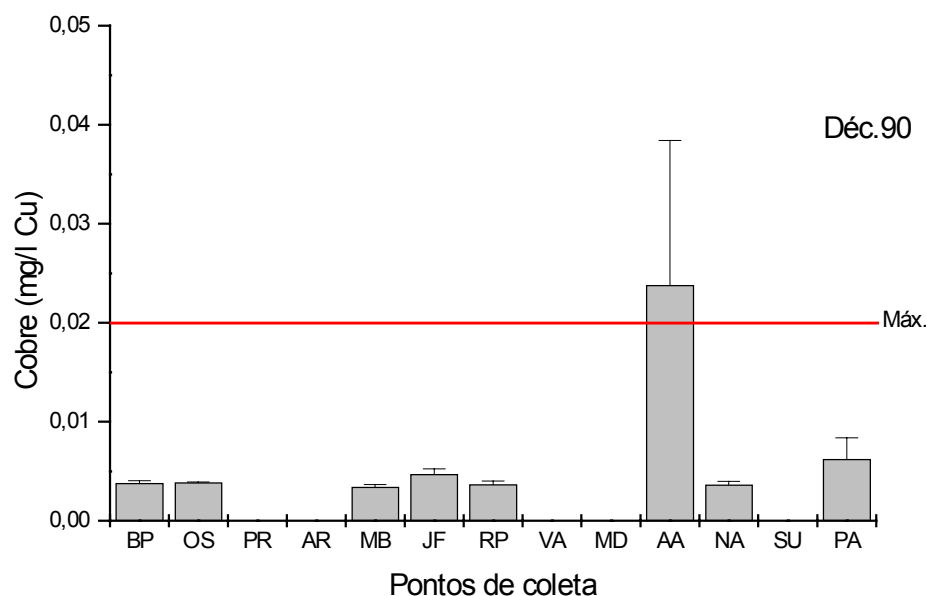


Figura 6-27
Análise da Concentração de Cobre na Década de 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

d) Cromo

As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia e couro. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. A observação dos pontos

de análise durante a década de 90 demonstrou que o cromo total sempre esteve abaixo dos valores máximos do Conama (0,55mg/l) (Figura 6-28).

Também não foram registrados grandes violações para o Cromo no relatório da Engevix (1990), sempre com este metal se apresentando com valores inferiores ao máximo permitido pelo Conama. Há somente algumas violações registradas em Três Rios na década de 80.

O monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998) também destaca a estação de Itaipava (rio Piabanha) com elevados níveis de cromo total. Nas amostragens da Engevix realizadas em maio de 2001 e nas amostragens realizadas em setembro e dezembro de 2003, os valores de cromo total estiveram dentro dos níveis estabelecidos pelo Conama.

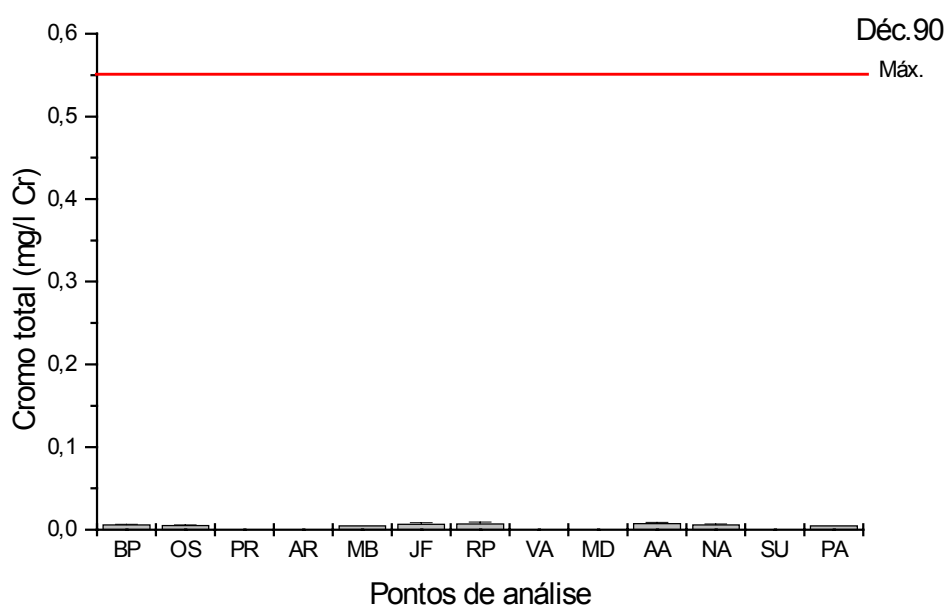


Figura 6-28
Análise da Concentração de Cromo Total na Década de 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Piraí; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

e) Mercúrio

As concentrações de mercúrio em águas doces não contaminadas estão normalmente em torno de 50 ng/L. Sabe-se que os compostos orgânicos na forma alquil são os mais tóxicos, principalmente o metil mercúrio, sendo necessárias pequenas concentrações para as manifestações dos efeitos prejudiciais sobre o homem e a biota aquática. Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração (principalmente garimpo) e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, etc. O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, devido sua importância na alimentação. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. Esta intoxicação pode ser

fatal em 10 dias. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

A análise entre as décadas mostrou que alguns pontos estiveram com valores superiores ao máximo permitido pelo Conama que é de 0,0002mg/l: na década de 80, o ponto de Juiz de Fora, e na década de 90, Barra do Pirai e Moura Brasil. Podemos notar que na década de 90, houve um aumento na concentração de mercúrio em alguns pontos que ficaram muito próximos do limite do Conama (Figura 6-29).

O relatório da Engevix (1990) aponta para várias violações no trecho monitorado entre Três Rios e Campos durante a década de 80, principalmente para a estação de Três Rios. Nas amostragens da Engevix em maio de 2001, os valores de Mercúrio estiveram dentro dos limites para os todos locais amostrados. Entretanto, nas amostragens realizadas em setembro de 2003, os valores de Mercúrio foram registrados acima dos níveis estabelecidos pelo Conama, em todos os pontos amostrados, enquanto que na segunda campanha realizada em dezembro não foi registrado valor acima do estabelecido pelo Conama em nenhum dos pontos coletados.

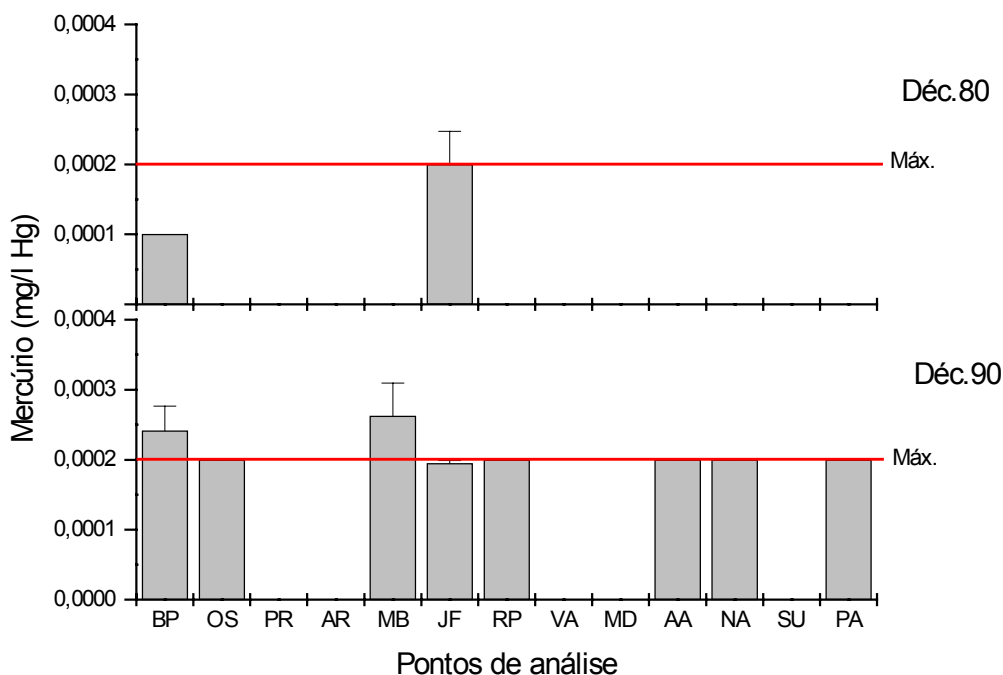


Figura 6-29
Análise da Concentração de Mercúrio nas Décadas de 80 e 90

LEGENDA: Pontos de Análise: BP- Barra do Pirai; OS- Paraíba do Sul; PR- Pedro do Rio; AR- Areal; MB- Moura Brasil; JF- Juiz de Fora; RP- Rio Preto; VA- Valença; MD- Manuel Duarte; AA- Afonso Arinos; NA- Anta; SU- Sumidouro; PA- Paquequer

f) Ferro

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão nas margens. Também poderá ser importante a contribuição devida à efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido como decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.

O Ferro apesar de não se constituir em um eminente elemento tóxico traz diversos problemas de abastecimento público da água, conferindo cor e sabor a água, e provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também existe o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/l pela Resolução Conama 20/86. O parâmetro ferro teve seus valores acima do estipulado pela Resolução Conama 20/86, em todas as localidades amostradas nos dados da deste estudo (setembro e dezembro 2003) e na campanha da Engevix (2001), fato também constatado pelo monitoramento realizado pelo convênio de Cooperação França-Brasil (Mello & Vasconcelos, 1998).

6.4 - Considerações Finais

Considerando a área de influencia da AHE de Simplicio, observou-se que o ponto P01, localizado a montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha, área que não será inundada com a construção da barragem, apresentou valores acima do permitido pelo CONAMA para os parâmetros de fósforo total, amônia, ferro, coliformes totais e fecais e mercúrio. Este ponto se localiza a jusante de centros urbanos e industriais como Barra Mansa, Volta Redonda e Barra do Pirai, e imediatamente a jusante do município de Três Rios, cujos esgotos não tratados provavelmente contribuem com os elevados índices de poluição orgânica, fecal e industrial, propiciando um decréscimo da qualidade da água.

A análise da qualidade de água para a década de 80, realizadas com os dados disponibilizados pela ANA e os resultados do estudo de qualidade da água feita pela Engevix, apontam para uma baixa qualidade de água para o rio Piabanha, devido principalmente ao recebimento elevado de despejos domésticos e a reduzida vazão, que dificulta a diluição desta carga orgânica proveniente da região serrana do Rio de Janeiro.

Para o rio Paraibuna, os resultados apresentados pela ANA concordam com a análise feita pelo relatório da Engevix (1990). Para a década de 80 este rio foi considerado o afluente em melhores condições de qualidade de água, apresentando os níveis mais reduzidos em quase todos os parâmetros nas proximidades da confluência com o Paraíba do Sul, embora sua qualidade mais a montante tenha sido baixa. Os dados da ANA e da Feam apontam o rio Paraibuna, especialmente nas proximidades de Juiz de Fora, como um dos piores em qualidade de água, apresentando altos índices para parâmetros como DBO, fosfato total, coliformes fecais, fenóis totais e metais (Cd e Hg), indicando assim uma alta carga poluidora orgânica e industrial. A Feam destaca um grande número de indústrias potencialmente poluidoras (metalúrgicas, têxteis, papel, celulose) em Juiz de Fora.

Comparando todas as análises dos parâmetros físico-químicos, não foram detectadas grandes diferenças entre os valores analisados durante as décadas. Uma exceção está relacionada a quantidade de fenóis, uma substância altamente tóxica, e que foi um parâmetro que se mostrou acima do permitido em todas as estações analisadas durante a década de 90 e no ano de 2001. A CSN (Cia. Siderúrgica Nacional) destaca-se como a principal fonte de lançamento desta substância, que diminuiu a sua carga poluidora durante a década de 80 devido à instalação de estações de tratamento biológico removendo grande parte dos fenóis dos resíduos que eram lançados no rio. No entanto, elevadas taxas de fenóis ainda foram observadas na década de 90, inclusive em Anta,

embora a primeira campanha de 2003 não tenha se registrado violações para este parâmetro na área.

Os parâmetros de poluição orgânica e microbiológica da água mantiveram a tendência observada no relatório anterior realizado pela empresa na década de 80. No entanto deve ser observado que os rios Piabanha e Paraibuna ainda continuam sendo responsáveis por grandes contribuições de carga orgânica, devido a grande quantidade de esgoto provenientes das cidades de Juiz de Fora (Paraibuna) e Petrópolis (Piabanha). Há somente uma exceção para estes parâmetros referentes às concentrações de nitrogênio total, que estiveram acima dos valores máximos do Conama na área de construção da represa (Anta) durante a década de 90. No relatório da Engevix (1990) este local foi considerado como tendo um dos menores índices de nitrogênio total em todo o rio Paraíba do Sul, devido a pequena carga poluidora que existe nessa região. Nas campanhas de 2001 e 2003 ressalta-se altos valores para os parâmetros de poluição orgânica e microbiológica, destacando-se os picos para Coliformes Totais e Fecais entre Anta e Sapucaia.

Para os parâmetros poluentes tóxicos houveram violações para alguns metais como o cádmio, chumbo, ferro, cobre e o mercúrio. Esses valores acima do permitido indicam uma carga poluidora industrial proveniente de todo um complexo industrial que existe ao longo da bacia. Vale ressaltar que os níveis de concentração de mercúrio aumentaram significativamente entre décadas, com um destaque maior para Barra do Piraí (localizada no rio principal), e na estação de Moura Brasil (localizada no rio Piabanha). Ainda na campanha de 2003 foram registrados violações para os índices de mercúrio e ferro em todos os pontos amostrados.

6.4.1 - Conclusões

O IQA diminuiu nestas últimas duas campanhas de 2003 quando comparado com médias anteriores (Engevix, 2001), deixando de ser classificado como bom para ser classificado como aceitável (regular). Entretanto quando comparado as duas campanhas de 2003 (seca e cheia), o IQA sofreu uma elevação nos valores na segunda campanha em relação à primeira, além do ponto 04 passar de ruim (setembro/2003) para aceitável (dezembro/2003).

Esta diminuição dos índices de qualidade da água podem estar associados as vazões do rio Paraíba do Sul que foram muito reduzidas neste ano quando se detectaram situações emergenciais na captações na Barragem de Santa Cecília, sendo que a restrição de liberação de águas para jusante deste ponto passou dos habituais 90 m³/s para cerca de 50 m³/s, valor muito próximo da mínima média mensal.

Os coliformes fecais apresentaram pico entre Anta e Sapucaia durante as duas campanhas, sendo juntamente com os coliformes totais os principais responsáveis de diminuição da qualidade da água no trecho estudado.

Os metais ferro e mercúrio (somente na primeira campanha) estiveram acima dos valores permitidos pelo Conama em todos os cinco pontos amostrados na área de interesse do AHE de Simplicio.

Amônia esteve acima dos valores máximos permitidos pelo CONAMA em ambas as campanhas, com exceção do ponto P03 (montante de Anta), que esteve acima dos máximos permitidos somente na primeira campanha.

Fósforo total (parâmetro associado com poluição orgânica) esteve acima dos valores permitidos pelo CONAMA em todos os pontos amostrados nas duas campanhas, especialmente nas proximidades do ponto 1 (proximidades de Três Rios).

Os pontos 4 e 3 estão unidos pelo dendograma, indicando pontos de mais baixa qualidade de água, devido aos elevados valores de coliformes fecais e totais. Este trecho entre Anta e Sapucaia, que é a jusante do reservatório, terá a vazão diminuída podendo assim ter ainda mais deteriorada a qualidade de água.

Ao longo da série temporal, observa-se consistentemente baixa qualidade do rio Paraibuna à altura de Juiz de Fora onde poluentes como coliformes fecais, amônia, fósforo, mercúrio e nitrogênio amoniacal estiveram acima das concentrações máximas permitidas, embora em locais mais próximos da confluência com o Paraíba do Sul esta qualidade tenha melhorado; este tributário deve ser monitorado face sua capacidade potencial de baixar a qualidade da água.

O rio Piabanha, por drenar efluentes de Petrópolis e pelo fluxo relativamente reduzido, apresentou em várias situações indicadores de poluição como Fósforo, Amônia e Coliformes Fecais acima das concentrações máximas permitidas.

O rio Paraíba do Sul, em seu trecho inserido na área de influência direta, apresenta, especialmente no período de menor volume de águas (seca) elevadas concentrações dos poluentes coliformes fecais, amônia, fósforo, e ferro.

7 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os recursos hídricos subterrâneos não são muitos explorados na área de influência do empreendimento. As captações de água para diversos usos são feitas diretamente no rio Paraíba do Sul (Cedae em Sapucaia e pela prefeitura em Três Rios), em afluentes (Anta no rio Anta-Cedae) e olhos d'água.

No entanto, de forma a se ter um quadro atual dos aquíferos eventualmente explorados por poços, foi feito um cadastro desta exploração na área diretamente afetada (AID), principalmente no trecho entre a barragem de Anta e a Casa de Força de Simplício.

Além do cadastro (identificação) foi feito um levantamento dos níveis d'água nestes poços e da qualidade da água dos mesmos.

Esses poços estão assinalados no desenho 8794-00-6B-DE-2019, e os resultados da análise de laboratório estão apresentadas no Anexo IV-C.

Da análise do resultado das amostras pode-se dizer que a água é própria para consumo humano (resolução Conama-20/86 e Portaria 1464-29/12/2000 do Ministério da Saúde) e à exceção do parâmetro coliformes fecais e coliformes totais todas as amostras estão dentro dos limites para consumo humano.

Sendo assim, recomenda-se a simples desinfecção desta águas para consumo.

A seguir apresenta-se a identificação destes poços assinalados no referido desenho de localização dos mesmos.

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplicio Poço Grama 1	Antônio Carlos Azevedo	7557761 702808	

OBS: poço artesiano, com cerca de 75 metros de profundidade.

Não foi realizada a medição do DCT.T

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Grama 2	Lurdes Luiza dos Santos	7557484 702774	



Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	---	2094
pH	---	7,23
Turbidez (NTU)	---	0,50
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	---	5,01
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	---	26
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	---	23,69
Nível da Água (N.A)	2,28	2,15
Cota da fundação (poço)	5,56	5,56
Cota do topo do tubo (poço)	\emptyset de 1 metros	\emptyset de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	$8,70 \text{ m}^3$	$8,70 \text{ m}^3$
Capacidade atual em m^3 de água	$5,15 \text{ m}^3$	$5,36 \text{ m}^3$

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Grama 3	Sérgio Alencar dos Santos	7557447 702634	 

Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	---	235
PH	---	7,27
Turbidez (NTU)	---	18,70
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	---	5,10
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	---	26
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	---	25,41
Nível da Água (N.A)	0,71	0,72
Cota da fundação (poço)	2,96	2,96
Cota do topo do tubo (poço)	\emptyset de 1 metros	\emptyset de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	4,65 m^3	4,65 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	3,53 m^3	3,52 m^3

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Grama 4	Carlos Medeiros dos Santos	7557617 702623	 


Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	---	490
PH	---	7,48
Turbidez (NTU)	---	20,70
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	---	7,34
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	---	25
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	---	24,51
Nível da Água (N.A)	0,82	0,74
Cota da fundação (poço)	2,96	2,96
Cota do topo do tubo (poço)	\varnothing de 2 metros	\varnothing de 2 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	9,30 m^3	9,30 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	6,76 m^3	6,97 m^3

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Grama 5 (poço ativo)	Manuel da Costa Guimarães	7556654 702000	

Análises do DCT.T:


Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	303	301
PH	7,34	7,14
Turbidez (NTU)	4,20	3,60
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,40	3,50
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	26	25
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	24,30	24,55
Nível da Água (N.A)	0,67	0,85
Cota da fundação (poço)	3,07	3,07
Cota do topo do tubo (poço)	\emptyset de 1 metros	\emptyset de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	4,82 m^3	4,82 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	3,77 m^3	3,86 m^3

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplicio Poço Grama 5 A (poço desativado)	Manuel da Costa Guimarães	7556669 701978	

Não houve coleta de amostra de água para análise pelo USSC.O


Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	---	301
PH	---	7,14
Turbidez (NTU)	---	3,60
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	---	3,30
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	---	25
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	---	24,68
Nível da Água (N.A)	0,46	0,85
Cota da fundação (poço)	3,07	3,07
Cota do topo do tubo (poço)	Ø de 1 metros	Ø de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	4,82 m^3	4,82 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	4,01 m^3	3,49 m^3

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Grama 6 (1º poço)	Horacio Muniz Bittencourt	7557197 702705	

Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	---	139
pH	---	7,00
Turbidez (NTU)	---	2,10
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	---	8,90
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	---	24
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	---	23,73
Nível da Água (N.A)	1,32	1,33
Cota da fundação (poço)	2,88	2,88
Cota do topo do tubo (poço)	Ø de 1 metros	Ø de 1 metros
Capacidade máxima em m3 de água	4,50 m3	4,50 m3
Capacidade atual em m3 de água	1,82 m3	2,43 m3

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
<p>Simplício Poço Grama 6 (2º poço/desativado)</p>	<p>Horacio Muniz Bittencourt</p>	<p>7557197 702705</p>	

Não houve coleta de amostra de água para análise pelo USSC.O

Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	153	137
pH	7,07	7,26
Turbidez (NTU)	5,20	46,10
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,00	3,33
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	24	25
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	23,89	23,42
Nível da Água (N.A)	1,32	1,33
Cota da fundação (poço)	2,88	2,88
Cota do topo do tubo (poço)	Ø de 1 metros	Ø de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	4,50 m^3	4,50 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	1,82 m^3	2,43 m^3


- Município de Além Paraíba, localidade de Benjamin Constant

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Benjamin Constant	Rubens E. Furtado	7570064 718253	

Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	254	253
pH	7,74	7,62
Turbidez (NTU)	58,00	7,40
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,40	0,43
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	26	27
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	24,37	26,36
Nível da Água (N.A)	2,98	2,57
Cota da fundação (poço)	5,88	5,88
Cota do topo do tubo (poço)	\emptyset de 1 metros	\emptyset de 1 metros
Capacidade máxima em m^3 de água	9,24 m^3	9,24 m^3
Capacidade atual em m^3 de água	4,56 m^3	5,20 m^3

- Município de Sapucaia, próximo ao escritório de Furnas

NOME	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS (UTM)	FOTOS
Simplício Poço Sapucaia	Sr. Dinho	7568286 717812	

Análises do DCT.T:

Parâmetros	Dia 13/04/2004	Dia 14/04/2004
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	100	100
pH	7,49	8,04
Turbidez (NTU)	3,60	1,30
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,80	10,40
Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$)	26	28
Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	25,52	25,06
Nível da Água (N.A)	0,43	0,43
Cota da fundação (poço)	4,20 m ³	4,20 m ³
Cota do topo do tubo (poço)	Ø de 1 metros	Ø de 1 metros
Capacidade máxima em m ³ de água	6,60 m ³	6,60 m ³
Capacidade atual em m ³ de água	5,92 m ³	5,92 m ³