

UHE BELO MONTE

9. DIQUES

9.1. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

Com a eliminação do vertedouro complementar no Sítio de Bela Vista, o reservatório intermediário é formado exclusivamente por diques de contenção coroados na El. 100,00, com largura de coroamento de 7,00 m. Com esta eliminação do vertedouro complementar houve o rearranjo na disposição dos diques sendo que os diques 19, 20, 23, 24, 25 e 26 foram substituídos pelos diques 19B, 19C, 19D e 19E.

A avaliação da sobrelevação do nível d'água do reservatório intermediário devido às ondas provocadas pelo vento e a proteção de enrocamento (rip-rap) dos diques foi feita considerando o "fetch" máximo em cada dique, conforme apresentado no item 4.3 do presente relatório. Para a borda livre normal de todos os diques foi adotado o valor mínimo de 3,0 m.

9.2. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

9.2.1 Aterros

Os diques terão seção de terra homogênea, com sistema interno de drenagem composto por filtro vertical de areia, tipo filtro chaminé, ligado a um tapete drenante homogêneo ou tipo sanduíche. Na saída do sistema interno de drenagem, junto ao pé do talude de jusante, está previsto filtro invertido e enrocamento de proteção sobre o mesmo.

De uma forma geral, para assentamento dos aterros, serão removidas as camadas superficiais de solos aluvionares/coluvionares com permeabilidade elevada e/ou baixa resistência, sendo que em alguns diques será necessária a execução de um "cut-off" nos trechos de maior altura, ultrapassando integralmente a cobertura de solo e apoiando-se na superfície da rocha.

Considerando-se a possibilidade eventual de ocorrência de horizontes de rocha alterada/fraturada de permeabilidade elevada e da eventual presença de canalículos, comuns em solos da região amazônica e raramente observados em poços de investigações executadas na fase de viabilidade, foi previsto, exceto para os diques de pequena altura, uma trincheira drenante no pé de jusante complementada por poços de alívio. Eventualmente estas soluções foram associadas a um tapete impermeável a montante, visando a redução das subpressões e das vazões de percolação pelas fundações.

Estas soluções de proteções de jusante, assim como o eventual tapete impermeável a montante, serão reavaliadas na fase de projeto básico consolidado com base em novos dados provenientes da complementação das campanhas de investigação.

Os taludes de montante serão protegidos com enrocamento tipo "rip-rap" até a El. 91,00, obtidos de pedreiras e/ou escavações obrigatórias em migmatito, enquanto que os taludes de jusante terão proteção vegetal e sistemas adequados de drenagem superficial com a implementação de canaletas de drenagem em bermas, além das interligações com descidas em degraus e dissipadores de energia.

UHE BELO MONTE

Na Tabela 9.1 abaixo estão apresentadas as principais características geométricas dos diques de fechamento do reservatório intermediário.

Tabela 9.1 – Principais Características dos Diques

Nº Dique	Comprimento da crista (m)	Altura (m)	Taludes	
			Montante	Jusante
DIK 1	76,0	8,4	2,0H:1V	1,8H:1V
DIK 2	114,0	5,5	2,0H:1V	1,8H:1V
DIK 3	256,0	19,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 4	434,0	4,3	2,5H:1V	2,5H:1V
DIK 6A	829,0	34,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 6B	329,0	9,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 6C	1.228,0	63,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7A	1.105,0	50,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7B	1.181,0	48,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7C	201,0	18,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7D	139,8	8,70	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK10A	351,0	24,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 11	656,0	9,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 12	66,0	4,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 13	2.076,0	56,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14A	908,0	22,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14B	232,0	10,9	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14C	530,0	56,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14D	638,0	39,2	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14E	676,0	19,3	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 18	216,0	22,8	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19B	1.442,0	42,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19C	274,0	10,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19D	297,0	14,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19E	166,0	11,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 27	344,0	13,3	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 28	1.178,0	32,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 29	535,0	21,0	2,1H:1V	1,8H:1V

UHE BELO MONTE

9.2.2 Desvio dos Córregos

Para a execução dos diques 28, 19B, 14C, 13 e 6C será necessário realizar o desvio dos córregos existentes, efetuados em cada um deles por duas galerias de 2,0 m de diâmetro sob os diques. Estas estruturas possuirão a montante comportas vagão com dimensões de 2,0 m de largura por 2,0 m de altura, e a jusante, haverá uma estrutura de saída para dissipação de energia.

As estruturas de desvio foram dimensionadas para um tempo de recorrência igual a 50 anos.

Para evitar o aporte das águas na região de fundação da Barragem de Santo Antônio, está prevista a construção de uma ensecadeira imediatamente a montante desta Barragem, com coroamento na El. 46,70, que possibilitará desviar parte das águas desta bacia para o talvegue do dique 6C. A outra parcela das águas do igarapé Santo Antônio, no trecho situado a montante do canal de transposição denominado como CTCSM, será desviada para a bacia do igarapé Cobal, e direcionada para a estrutura de desvio do dique 13.

Para o dimensionamento das galerias determinou-se a curva de descarga adotando-se um coeficiente de Strickler de $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ para o concreto. Adicionalmente considerou-se uma perda de carga localizada equivalente a 30% da altura de velocidade.

Para a cota de coroamento das ensecadeiras levou-se em consideração o amortecimento da cheia pela bacia dos córregos através de hidrograma unitário sintético de vazões afluentes.

A Tabela 9.2 apresenta os dados e resultados para os desvios dos córregos dos diques.

Tabela 9.2 – Desvio dos Córregos dos Diques

Dique (m)	Vazão afluente (m³/s)	Vazão efluente (m³/s)	Elevação soleira galeria (m)	Elevação ensecadeira (m)
6C	39	0,85	40	46,7
13	189	25	49	55,6
14C	36	1,12	50	52,0
19B	163	14	59	63,1
28	194	27	68	75,6

Na entrada e na saída das galerias foi considerado um revestimento no canal de desvio por uma extensão de 15,0 m, com enrocamento de $D50 = 0,2 \text{ m}$, compatível com as velocidades no canal, sendo estas inferiores a $1,6 \text{ m/s}$.

NORTE ENERGIA - NESA

UHE BELO MONTE

Comportas de fechamento dos desvios dos Diques

Para o fechamento dos desvios dos diques 28, 19B, 14C, 13 e 6C serão usadas comportas padronizadas do tipo vagão com as características abaixo discriminadas.

Dados básicos:

- Tipo de fundo
- Número de aduções 8
- Número de comportas por adução 1
- Largura do vão livre 2,0 m
- Altura do vão livre 2,0m
- Carga hidráulica na soleira (estática)70,0 mca
- Carga hidráulica na soleira (para fechamento) 10,0 mca
- Acionamento guindaste de obra

9.2.3 Dispositivo de Vazão Sanitária

Foram previstos dispositivos de vazão sanitária para os diques 28, 19B, 14C, 13 que estarão posicionados em talvegues com igarapés. Estes dispositivos consistirão em galerias de concreto de 3,0 m de largura na El. 94,00 com tubulações com fluxo controlado através de válvulas. Estas galerias estarão sobre o aterro dos diques e, a jusante, terão seu escoamento controlado por soleira. O escoamento será conduzido através de escada com a mesma declividade do talude do dique. Junto ao pé do dique estarão dispostas estruturas de dissipação da energia do escoamento.

Com o objetivo de garantir o escoamento de vazões sanitárias através dos diques 28, 19B, 14C e 13, estão previstas tubulações de descarga com válvulas de vazão sanitária com as características apresentadas na Tabela 9.3.

Tabela 9.3 – Dados Básicos das Válvulas

Dique	Tipo	Diâmetro (mm)	Carga hidráulica máxima (mca)	Quantidade	Acionamento
13	Dispersora	500	100	3	Elétrico
14C	Dispersora	250	100	2	Elétrico
19B	Dispersora	450	100	3	Elétrico
28	Dispersora	600	100	3	Elétrico

UHE BELO MONTE

9.2.4 Análises de Estabilidade dos Diques

Um resumo das condições de estabilidade dos Diques é apresentado neste item.

Para dimensionamento dos diques, foram realizadas análises de estabilidade ao escorregamento dos taludes pelo método de equilíbrio limite, com estudos de percolação e estabilidade empregando os programas de computador SEEP/W, e SLOPE/W, respectivamente, ambos desenvolvidos pela Geo-Slope do Canadá.

Os casos de carregamento considerados nas análises de estabilidades dos taludes foram os de Final de Construção, Rebaixamento Rápido do Reservatório e o de Regime Permanente.

O caso de Rebaixamento Rápido é caracterizado pelo reservatório instantaneamente rebaixado ao nível da crista do vertedouro (EL. 87,00), não admitindo dissipação das poro-pressões no maciço terroso.

Os parâmetros geotécnicos dos materiais de aterro são apresentados, de forma condensada, na Tabela 9.4. No item 4.4 do presente relatório são mostrados os resultados dos ensaios com os materiais de fundação realizados na fase de Viabilidade.

Tabela 9.4 – Parâmetros Geotécnicos dos Materiais de Aterro

Material	γ_n (kN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (°)	k (cm/s)	kh / kv
Aterro					
Solo Compactado	20	20	30	10 ⁻⁶	4
Enrocamento	21	5	40	-	1
Enrocamento de Proteção	21	5	45	-	1
Transições Britadas	21	5	35	10 ⁰	1
Filtro (areia)	21	5	35	10 ⁻²	1

Com base nos critérios e parâmetros apresentados foram desenvolvidos os estudos de verificação de estabilidade dos taludes, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 – Resultados das Análises de Estabilidade das Barragens do Sítio Belo Monte

Diques	Caso de Carregamento	FS Mínimo	FS Obtido
Dique 1	Regime permanente - Jusante	1,50	2,61
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,57
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	2,46
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	2,09
Dique 2	Regime permanente - Jusante	1,50	2,94
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,98
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	2,88
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	2,61
Dique 3	Regime permanente - Jusante	1,50	1,72
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,45
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,52
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,30
Dique 4	Regime permanente - Jusante	1,50	2,87
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,40
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	2,75
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	2,05
Dique 6A	Regime permanente - Jusante	1,50	1,67
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,30
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,51
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,05
Dique 6B	Regime permanente - Jusante	1,50	1,64
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,70
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,63
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,34
Dique 6C	Regime permanente - Jusante	1,50	1,64
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,31
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,38
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,13
Dique 7A	Regime permanente - Jusante	1,50	1,59
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,30
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,32
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,08
Dique 7B	Regime permanente - Jusante	1,50	1,56
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,31
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,30
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,07
Dique 7C	Regime permanente - Jusante	1,50	1,72
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,60
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,60
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,44
Dique 7D	Regime permanente - Jusante	1,50	1,89
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,14

NORTE ENERGIA - NESA

UHE BELO MONTE

Diques	Caso de Carregamento	FS Mínimo	FS Obtido
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,83
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,34
Dique 10A	Regime permanente - Jusante	1,50	1,73
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,52
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,57
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,32
Dique 11	Regime permanente - Jusante	1,50	2,07
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,00
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,82
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,62
Dique 12	Regime permanente - Jusante	1,50	2,25
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,24
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	2,22
	Rebaixamento rápido - montante	1,30	1,82
Dique 13	Regime permanente - Jusante	1,50	1,56
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,30
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,31
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,09
Dique 14A	Regime permanente - Jusante	1,50	1,56
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,30
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,32
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,21
Dique 14B	Regime permanente - Jusante	1,50	1,77
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,66
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,61
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,34
Dique 14C	Regime permanente - Jusante	1,50	1,58
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,30
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,31
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,10
Dique 14D	Regime permanente - Jusante	1,50	1,56
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,37
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,38
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,02
Dique 14E	Regime permanente - Jusante	1,50	1,61
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,81
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,60
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,54
Dique 18	Regime permanente - Jusante	1,50	2,03
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,48
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,75
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,19

UHE BELO MONTE

Diques	Caso de Carregamento	FS Mínimo	FS Obtido
Dique 19B	Regime permanente - Jusante	1,50	1,58
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,33
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,35
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,07
Dique 19C	Regime permanente - Jusante	1,50	2,07
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,91
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,95
	Rebaixamento rápido - montante	1,30	1,27
Dique 19D	Regime permanente - Jusante	1,50	2,17
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,21
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,94
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,51
Dique 19E	Regime permanente - Jusante	1,50	1,84
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	2,13
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,90
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,44
Dique 28	Regime permanente - Jusante	1,50	1,72
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,40
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,46
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,03
Dique 29	Regime permanente - Jusante	1,50	1,88
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,62
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,73
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,47
Dique 27	Regime permanente - Jusante	1,50	1,76
	Término de construção (Ru=0,20) - Montante	1,30	1,69
	Término de construção (Ru=0,20) - Jusante	1,30	1,69
	Rebaixamento rápido - montante	>1,01	1,40