

## UHE BELO MONTE

### 8. CANAIS DE ADUÇÃO E RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

#### 8.1. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

O Barramento no sítio Pimental propicia a formação do reservatório principal no leito do rio Xingu sendo seu nível máximo operacional estabelecido na Elevação 97,00. A Casa de Força Principal situa-se próxima a localidade de Belo Monte no trecho de jusante da Volta Grande do Xingu existindo uma distância em linha reta de cerca de 33 km entre o reservatório de Pimental e a Casa de Força Principal. O sistema de adução que interliga o Reservatório Principal com a Casa de Força é constituído por um Canal de Derivação com cerca de 20,2 km de extensão que conduz as vazões para geração para um Reservatório Intermediário fora da calha do rio, localizado na margem esquerda da Volta Grande do Xingu.

O Reservatório Intermediário é formado pelos diques de contenção nomeados como 1, 2, 3, 4, 6A, 6B, 6C, 7A, 7B, 7C, 7D, 10A, 11, 12, 13, 14A, 14B, 14C, 14D, 14E, 18, 19B, 19C, 19D, 19E, 27, 28 e 29. Além destes diques, na região de Belo Monte, o reservatório é limitado pela Barragem de Santo Antonio, pelas Barragens de fechamento lateral esquerda e lateral direita e pela própria Tomada de Água. Para possibilitar a redução das perdas de carga ao longo do Reservatório Intermediário são escavados cinco canais de transposição denominados de CTPT1, CTPT2, CTPT3, CTCsM e CTCsJ. O Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário foram dimensionados para possibilitar a adução da vazão de 13.950 m<sup>3</sup>/s com uma perda de carga de 2,23 m.

#### 8.2. ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O CANAL DE DERIVAÇÃO E RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

##### 8.2.1 Geral

As obras civis associadas ao Canal de Derivação e ao Reservatório Intermediário representam uma parcela significativa dos custos totais do empreendimento. Adicionalmente, a seleção da melhor configuração para o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário é complexa por permitir a concepção de diversas alternativas de configuração para estes componentes do circuito de adução. Deste modo a seleção da configuração do Canal de Derivação e do Reservatório Intermediário, foi baseada em um extenso estudo de otimização que visaram a redução dos custos de construção.

Entende-se por Canal de Derivação, a obra que faz a ligação entre o reservatório formado pelas obras de barramento de Pimental, no leito do rio Xingu, e o Reservatório Intermediário, independentemente de que, no estudo de alternativas, tenha sido buscada a melhor disposição com análise de soluções com canais em forma de "Y", dois canais independentes e um canal único.

Neste item, apresentam-se, de forma sintética, estes estudos que levaram a configuração selecionada. Inicialmente descrevem-se as principais diferenças entre a configuração apresentada nos Estudos de Viabilidade com a configuração atual do Projeto Básico.

## UHE BELO MONTE

Em linhas gerais identificou-se que, durante os Estudos de Viabilidade, as perdas de carga associadas ao Canal de Derivação e ao Reservatório redundavam em volumes consideráveis de escavações.

As análises efetuadas concluíram que estas perdas no Canal de Derivação e no Reservatório Intermediário poderiam ser aumentadas sem alterar a Garantia Física do empreendimento por dois modos: (i) redistribuição das perdas ao longo do circuito de adução com diminuição das perdas no canal de fuga e condutos forçados e aumento nas perdas no Canal de Derivação e no Reservatório Intermediário; (ii) aumento da perda total do circuito de adução adotando-se rendimentos mais altos para as turbinas a geradores. Estas análises conduziram à adoção de um rendimento médio ponderado do conjunto turbina gerador de 92,5 % (adotado conservadoramente e descrito no Item 4.6) resultando em uma perda de carga total de 3,58 m sendo que a parcela referente ao Canal de Derivação e Reservatório Intermediário é de 2,23 m.

Desta perda de carga total de 2,23 m atribui-se uma parcela de 1,33 m para os Canais de Derivação e de 0,90 m para o Reservatório Intermediário. A seleção da melhor partição de perda de carga e melhor configuração para o Canal de Derivação e para o Reservatório Intermediário resultou do estudo de otimização destas estruturas.

No Canal de Derivação foram analisadas diversas alternativas que contemplaram os seguintes aspectos principais:

- a) Tipos de revestimento e características geométricas do Canal de Derivação - analisaram-se revestimentos do canal com concreto e com enrocamento e seus processos de execução. Em termos de características analisaram-se variações nas cotas de fundo dos canais, declividade dos taludes laterais e dimensões de bermas intermediárias.
- b) Traçados para o Canal – analisaram-se diversas alternativas incluindo alternativas de canais únicos (como a atual), dois canais totalmente separados e canais conjugados (dois canais que se unem ou um canal que se bifurca).
- c) Partição de vazões – para as alternativas com dois canais separados e com canais conjugados avaliaram-se diversas possibilidades de distribuição de vazões em cada tramo de canal o que resultou em volumes distintos para os mesmos. Este tipo de análise também contemplou a possibilidade de execução do Canal de Derivação em duas etapas.
- d) Partição de perda de carga – Análises foram efetuadas visando determinar a melhor configuração de distribuição de perdas de carga ao longo do Canal de Derivação (conforme a configuração topográfica) de modo a reduzir os volumes associados aos mesmos.

No Reservatório Intermediário, diversas análises para redução dos volumes de escavação e perdas de carga ao longo do mesmo foram efetuadas. Estudou-se, para determinadas configurações do Reservatório Intermediário, a variação das perdas de carga ao longo deste tendo em conta a possibilidade de aumento das perdas de carga totais no circuito de adução.

A seleção final da configuração atual do Canal de Derivação e Reservatório Intermediário foi feita de modo a se minimizar o volume total das escavações para a perda de carga estabelecida para estes componentes do circuito de adução.

## UHE BELO MONTE

Os critérios e métodos de cálculo considerados na elaboração deste estudo são apresentados no Capítulo 4 do presente relatório. Do mesmo modo, os resultados dos cálculos hidráulicos referentes à alternativa selecionada são apresentados no Capítulo 4. O estudo que propiciou a seleção de um único Canal de Derivação e de cinco Canais de Transposição no Reservatório Intermediário é apresentado na seqüência.

### 8.2.2 Configuração Anterior e Atual do Circuito de Adução

Nos Estudos de Viabilidade, o circuito de adução era constituído por um conjunto de dois canais separados (braço de montante sobre o córrego Galhoso e braço de jusante sobre o córrego Di Maria) que se uniam em um canal único denominado trecho da junção sobre o córrego Paquiçamba, com forma de "Y" em planta. Estes canais apresentavam revestimento de concreto convencional no piso e nas laterais sendo que parte do trecho final da junção era revestido com enrocamento. O Reservatório Intermediário era formado por diversos diques sendo que em posição média existia o sitio denominado Bela Vista, onde se situava o vertedouro complementar. Dentro do Reservatório Intermediário contava-se com sete canais de transposição que permitiam a condução das vazões para geração até a tomada de água. Estes canais de transposição contavam com revestimento com enrocamento.

A perda de carga total do circuito de adução foi calculada em 2,73 m (Relatório Complementar, Março de 2009) sendo que 1,00 m foi atribuído ao Canal de Derivação (0,6 m) mais o Reservatório Intermediário (0,4 m). Para os condutos forçados, a perda de carga resultante foi de 1,00 m sendo que, para o canal de fuga foi adotada perda de 0,73 m. Estas perdas foram calculadas para uma vazão de dimensionamento de 13.900 m<sup>3</sup>/s distribuídas em 20 unidades de geração.

Em linhas gerais, a configuração da adução considerada nos Estudos de Viabilidade resultou em escavações (solo e rocha) do Canal de Derivação e canais de transposição (Reservatório Intermediário) da ordem de 180 milhões de metros cúbicos. O volume de revestimento de concreto convencional dos canais (revestimento com 0,1 m de espessura) totalizou cerca de 1.100.000 m<sup>3</sup>.

Os estudos de otimização efetuados previamente ao Leilão de Concessão da ANEEL e durante o Projeto Básico resultaram em diversas alterações neste circuito de adução.

A configuração atual apresenta um Canal de Derivação único, que segue o alinhamento dos córregos Galhoso (montante) e Paquiçamba (jusante), em posições similares às dos braços dos canais de montante e da junção contemplados nos Estudos de Viabilidade. Em termos de revestimento, no trecho inicial (16,7 km) o canal é revestido com concreto compactado no piso e enrocamento nos taludes laterais. No trecho final (3,5 km) o canal é parcialmente revestido com enrocamento.

O Reservatório Intermediário apresenta configuração semelhante à configuração dos Estudos de Viabilidade tendo sido eliminado o vertedouro no Sitio de Bela Vista, resultando em uma nova distribuição de diques nesta região. Dentro do reservatório são escavados cinco canais de transposição que são parcialmente revestidos com enrocamento.

Para uma vazão máxima turbinada de 13.950 m<sup>3</sup>/s, a perda de carga total do circuito de adução resulta em 3,58 m sendo que uma parcela equivalente a 1,33 m ocorrem no

# NORTE ENERGIA - NESA

## UHE BELO MONTE

Canal de Derivação e 0,90 m ocorrem no Reservatório Intermediário (2,23 m de perda entre o reservatório no rio Xingu e a Tomada de Água). Esta configuração resulta, para o Canal de Derivação e canais de transposição, um volume de escavação da ordem de 110 milhões de metros cúbicos sendo que o volume de concreto de revestimento do fundo (CCR) é da ordem de 850.000 m<sup>3</sup>.

### 8.2.3 Distribuição de Perdas de Carga Adotadas no Estudo Atual

Conforme apresentado nos estudos energéticos (Capítulo 4.6) a adoção de um rendimento médio ponderado para o conjunto turbina-gerador, de 92,5%, está associada a uma perda de carga máxima no circuito de adução de 3,58 m (para uma vazão máxima de 13.950 m<sup>3</sup>/s) mantendo-se nesta condição a garantia física da usina.

Assumindo-se a perda de carga total de 3,58 m, a distribuição desta perda de carga nos diversos componentes do circuito de adução pode ser estabelecida de modo a se buscar uma melhor otimização das obras civis e equipamentos associados. A Tabela 8.2 apresenta a distribuição das perdas consideradas no Projeto Básico. Para referência são apresentados também os valores obtidos a partir do Relatório Complementar dos Estudos de Viabilidade, de Março de 2009.

**Tabela 8.2 – Distribuição aproximada das perdas de carga ao longo do circuito de adução**

Item	Perda de Carga (m)			
	Viabilidade (Março de 2009)		Atual	
Canais de Derivação	0,60	1,00	1,33	2,23
Reservatório Intermediário	0,40		0,90	
Tomada de Água e Conduto Forçado	1,00	1,73	1,12	1,35
Canal de Fuga	0,73		0,23	
Total	2,73		3,58	

Com relação a esta tabela cabem os seguintes comentários:

1. A perda de carga no Canal de Derivação e no Reservatório Intermediário aumentou de 1,0 m (Estudos de Viabilidade) para 2,23 m no Projeto Básico. Este acréscimo de 1,23 m foi possibilitado pelo aumento global das perdas de carga no circuito devido a melhores rendimentos das máquinas e transferência de parte das perdas de carga na tomada de água, conduto forçado, tubo de sucção e canal de fuga.
2. As perdas de carga atribuídas ao canal de fuga são atualmente da ordem de 0,23 m, inferior ao valor considerado nos Estudos de Viabilidade. Para a redução da referida perda de carga no canal de fuga estudaram-se diversas configurações geométricas, sendo a seção final do canal de fuga ampliada de modo a diminuir a altura de velocidade (perda de carga localizada na saída) na restituição do fluxo no rio Xingu. Esta redução na perda de carga conduziu ao aumento das escavações no canal de fuga, entretanto, o material escavado é utilizado para a

## UHE BELO MONTE

construção das obras no sítio de Belo Monte e Barragem de Santo Antônio reduzindo a necessidade de escavações em pedreiras.

3. Nos Estudos de Viabilidade, a discretização da parcela de perda de carga referente ao tubo de sucção não é clara. Atualmente, no Projeto Básico, as perdas consideradas para a Tomada de Água, Conduto Forçado e Tubo de Sucção totalizam 1,12 m. Este valor resulta de otimizações feitas nestes elementos do circuito de adução (características das tomadas de água, curvas dos condutos, dimensões do tubo de sucção).
4. A perda de carga do Canal de Derivação resulta 1,33 m e a do Reservatório Intermediário de 0,90 m totalizando 2,23 m. As análises que conduziram a esta distribuição são apresentadas na sequência.

### 8.2.4 Análises do Canal de Derivação

Os critérios e métodos de dimensionamento hidráulico considerados para os estudos de seleção do Canal de Derivação são descritos no Capítulo 4 do presente relatório.

#### a) Otimização e cálculo de volumes – programa computacional específico

Ao longo dos estudos referentes ao Canal de Derivação, diversas alternativas de eixo, tipos de seção (revestimento e configuração geométrica), partição de vazões e de perdas de carga foram estudadas visando a seleção de alternativa otimizada em termos econômicos. Em termos gerais, para um determinado eixo do canal, tipo de seção e perda de carga é possível ter diversas configurações de canal com os seus respectivos volumes de escavação e revestimento.

Por exemplo, um canal com 20 km de extensão e perda de carga contínua de 1 m resulta numa declividade de linha de energia de 0,005%. Caso se considerem o piso e os taludes laterais revestidos com concreto ( $K_s = 55$ ) e taludes laterais com declividade de 1,5 H : 1,0 V, a declividade da linha de energia mencionada pode ser obtida com um canal com 110 m de largura e lâmina de 30 m de profundidade ou com um canal com 238 m de largura e lâmina de 20 m de profundidade.

Diversas outras configurações são possíveis resultando em diferentes quantitativos de obras de escavação (conforme a configuração topográfica do terreno) e de revestimento do canal. Uma seção de canal profunda e estreita pode ser mais econômica em regiões que a topografia natural é alta ao passo que para regiões com elevações mais baixas do terreno pode ser mais vantajoso ter um canal raso e largo.

Neste sentido a configuração do canal ao longo do seu desenvolvimento é, em princípio, variável e dependente da configuração topográfica do terreno. Para o estudo das diversas alternativas estudadas, desenvolveu-se um programa computacional em CAD (plataforma CIVIL 3D) para o dimensionamento dos canais visando a obtenção de menores volumes de escavação para os canais. Como dados de entrada, o programa requer as seguintes informações:

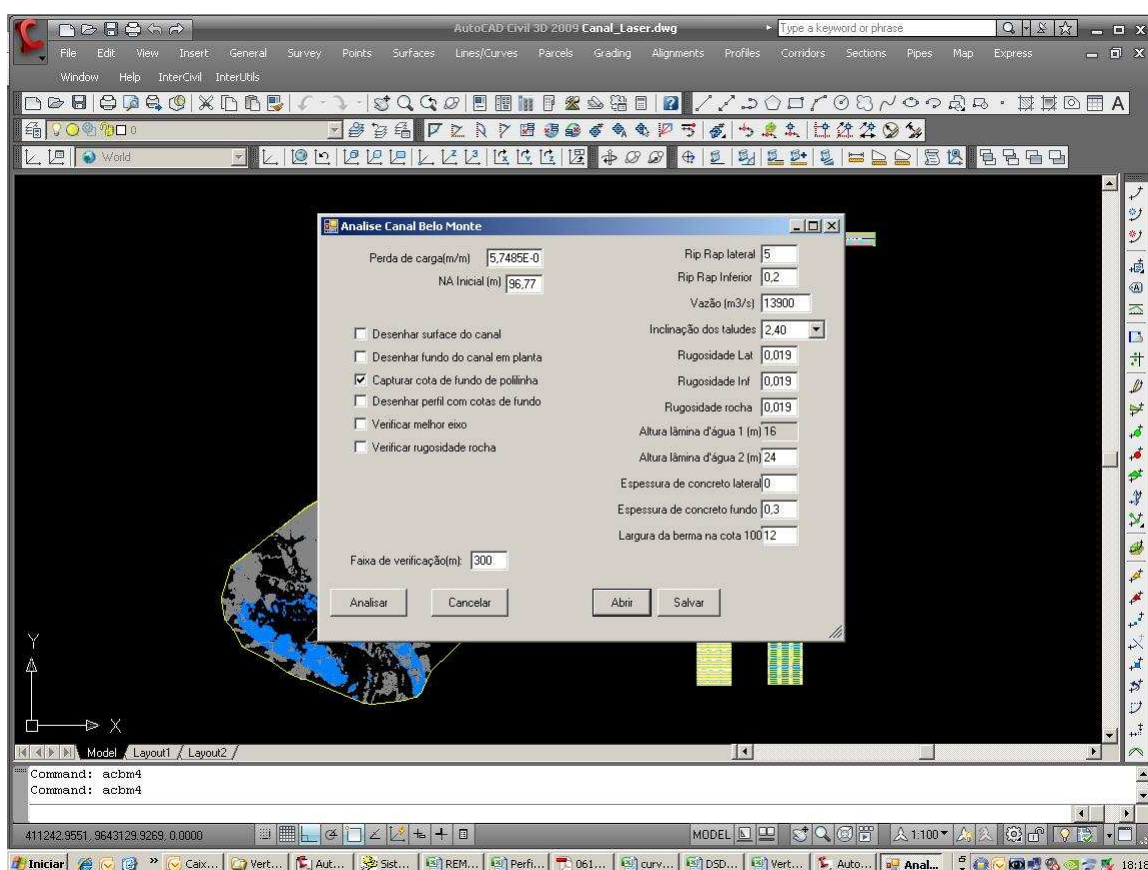
1. Configuração do terreno (curvas de nível obtidas da restituição).
2. Vazão de dimensionamento.
3. Nível de água no início do canal.

## UHE BELO MONTE

4. Declividade da linha de energia.
5. Características geométricas das seções (declividade dos taludes, pistas de acesso nas laterais do canal, e outros).
6. Espessuras dos revestimentos no fundo do canal e nos taludes laterais.
7. Características de rugosidades dos diversos tipos de revestimento.

A Figura 8.1 ilustra a janela de entrada do programa.

**Figura 8.1 – Programa de otimização para o Canal de Derivação**



O programa computacional considera o alinhamento do canal e define seções topográficas equiespaçadas com um valor pré-estabelecido (50 m). Para cada seção são arbitradas diversas profundidades do escoamento, obtendo-se as respectivas larguras do fundo do canal, tendo em conta a declividade da linha de energia, características geométricas e de revestimento do canal, selecionando-se a configuração com menor escavação. Este procedimento é repetido para cada uma das seções obtendo-se como resultados os volumes dos diversos materiais e a configuração ótima do canal (cota do fundo e largura) em cada trecho.

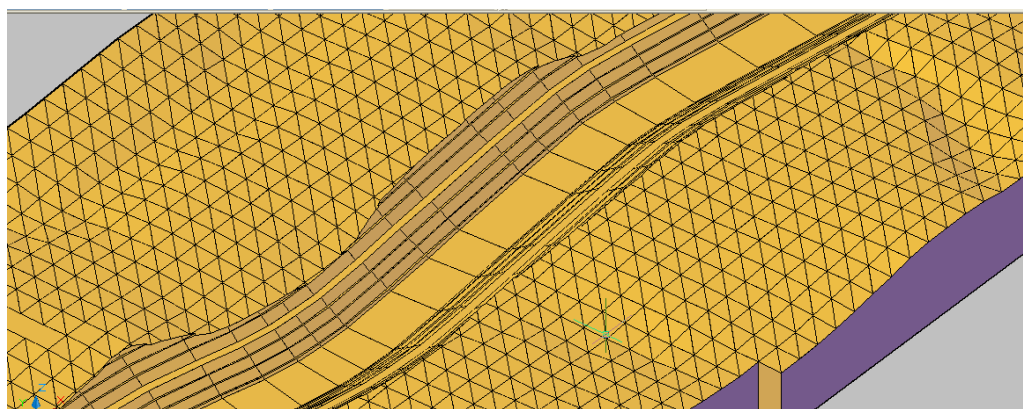
## UHE BELO MONTE

Visto que o resultado obtido do programa compreende cotas do fundo (e larguras) variáveis ao longo do canal, realiza-se um ajuste das características geométricas do canal visando evitar mudanças bruscas em sua configuração.

Dado que o cálculo neste programa contempla somente as perdas de carga contínuas ao longo do canal faz-se uma verificação do cálculo hidráulico da perda de carga no canal por remanso (HEC-RAS) e se repetem os cálculos de modo iterativo até que a perda de carga imposta no programa convirja para o valor calculado por remanso.

Apesar de ser um processo iterativo e relativamente demorado, possibilita a análise de inúmeras alternativas de canal. Depois de selecionada uma alternativa para o canal faz-se uma verificação dos volumes calculados através da modelagem tridimensional do canal em AutoCAD. Os volumes obtidos com o programa de otimização apresentaram-se aderentes aos volumes obtidos a partir da modelagem tridimensional em AutoCAD. A Figura 8.2 ilustra um trecho de um dos modelos tridimensionais gerados durante a análise.

**Figura 8.2 – Exemplo de Modelo tridimensional do canal**



### b) Análises efetuadas

Tendo como base os critérios e métodos de cálculo estabelecidos e com a utilização das ferramentas de dimensionamento hidráulico (HEC-RAS) e de otimização e cálculo de volumes (programa de otimização em CAD e modelagem tridimensional) foram estudadas diversas configurações e alternativas para o Canal de Derivação.

Analisaram-se diversas variáveis mais especificamente: (i) configurações geométricas e de revestimento das seções do canal; (ii) alternativas de eixo; (iii) partição de vazões; e (iv) partição de perdas de carga.

#### b.1) Configuração Geométrica e de Revestimento dos Canais

Em linhas gerais estudaram-se três configurações principais de geometria e revestimento dos canais, descritas sucintamente a seguir. Considera-se que o exame de dois tipos de revestimento dos taludes escavados do Canal de Derivação – concreto ou enrocamento, caracterizam duas possíveis

alternativas, enquanto que a terceira configuração descrita é aplicável em trechos onde o fundo do canal é constituído por solo, tipicamente no trecho final do Canal de Derivação.

- Seções revestidas com concreto no piso e nos taludes laterais.

No caso de revestimento do fundo e paredes do canal com concreto, como concebido nos Estudos de Viabilidade, avaliações hidráulicas indicaram que as espessuras teriam que variar entre 25 e 30 cm, muito superiores aos definidos nos referidos estudos. A configuração mais conveniente seria a de se adotar revestimento de concreto compactado com rolo – CCR no piso do canal e concreto convencional não armado nos taludes laterais.

Com relação a esta configuração de revestimento cabem os seguintes comentários.

- Sendo todo revestimento em concreto, as características de rugosidade são mais favoráveis levando a menores volumes de escavação do canal. Por outro lado, os custos associados a este revestimento e os prazos de execução são maiores.
- Nas situações em que o piso do canal é escavado em rocha, o CCR pode ser executado sobre um substrato rígido sendo suficiente ter uma camada de rachão entre a rocha e o revestimento de concreto para regularizar a fundação e propiciar a drenagem do revestimento.
- Após a formação do reservatório os níveis freáticos externos ao canal tenderão a se equilibrar com os níveis normais de operação sem problema com perdas de água do canal para o terreno. O revestimento permanecerá submerso em condições de equilíbrio de pressões. Deste modo, foi considerado desnecessário que o concreto de revestimento fosse armado tanto no piso como nos taludes laterais;
- Por razões construtivas e geotécnicas foram previstas bermas intermediárias espaçadas a cada 10,0 m permitindo executar a concretagem dos taludes em etapas.
- Para evitar a instabilidade do revestimento de concreto dos taludes devido aos níveis freáticos do terreno, durante as escavações e, depois, durante a operação, considerou-se um sistema de drenagem entre o terreno escavado e o revestimento de concreto, formado por geomembrana drenante.
- A execução do revestimento de concreto dos taludes é uma operação bastante complexa, requerendo, provavelmente, o emprego de formas deslizantes. Dada a geometria irregular do topo de rocha, de onde partiria o revestimento, além do topo do terreno em trechos abaixo da cota normal do reservatório, o trabalho com formas deslizantes tende a ser difícil exigindo prazos de construção maiores em relação a revestimentos mais simples.



# NORTE ENERGIA - NESA

## UHE BELO MONTE

- Seções revestidas com concreto no piso e taludes laterais revestidos com enrocamento

Nesta configuração o piso é revestido com CCR assente sobre rachão enquanto que as laterais são revestidas com enrocamento e transição. Além das considerações referentes ao piso revestido de CCR, fazem-se os seguintes comentários sobre o revestimento das laterais:

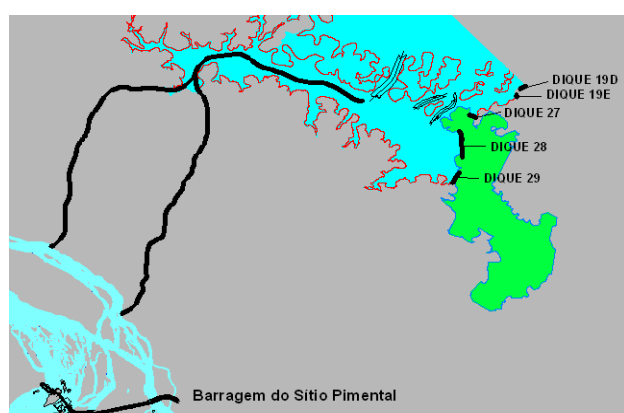
- Os taludes laterais revestidos com enrocamento são mais rugosos que a superfície revestida com concreto o que resulta em maiores volumes de escavação dos canais.
  - O revestimento com enrocamento é flexível e francamente permeável, tornando o processo construtivo mais simples com uso de equipamentos convencionais de terraplanagem. Ajustes na configuração geométrica do canal, em decorrência da variação do topo rochoso e do próprio terreno natural, são também mais simples de se implementar.
  - Os taludes laterais apresentam inclinação típica de 2,0 H : 1,0 V requerendo, para a execução do revestimento, uma largura total do revestimento de 4,0 a 5,0 m de modo a possibilitar o tráfego de caminhões e rolos compactadores, com lançamentos horizontais dos materiais.
  - Estão previstas bermas intermediárias nos taludes escavados, por razões geotécnicas, e de modo a permitir a execução do revestimento com enrocamento em etapas.
- Seções revestidas com enrocamento no piso e nos taludes laterais
- Embora nos estudos de alternativas de revestimentos, o uso de revestimento do piso e taludes laterais com enrocamento tenha sido analisada ao longo do Canal de Derivação, considera-se que este tipo de solução é mais adequadamente aplicável no trecho final do canal (correspondente ao tramo localizado aproximadamente no leito do igarapé Paquiçamba). Algumas considerações são apresentadas a seguir:
- No piso considera-se que o enrocamento pode ser adequadamente compactado, gerando uma superfície mais lisa quando comparado com o revestimento dos taludes laterais com enrocamento compactado em camadas horizontais. Deste modo adotaram-se coeficientes de rugosidade distintos para o piso e para as laterais.
  - Esta concepção resulta em volumes de escavação maiores com relação a alternativas com revestimento total ou parcial de concreto.
  - Como mencionado, o processo de revestimento de enrocamento nos taludes laterais é mais aplicável no trecho final do Canal de Derivação, onde o talude entre bermas pode ser abatido para uma declividade de 3,0 H : 1,0 V de modo que os equipamentos de terraplanagem possam trafegar e adensar o material sobre o próprio taludes. Este processo leva a espessuras de revestimento de enrocamento mais reduzidas.

## UHE BELO MONTE

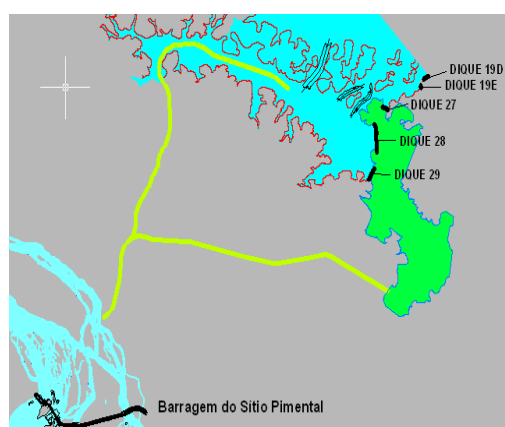
### b.2) Alternativas de Eixos

Foram estudadas 12 alternativas de traçado para o Canal de Derivação, englobando configurações para a adução por: (i) canais compostos (dois canais que se unem ou um canal único que se bifurca); (ii) dois canais separados; (iii) e, canal único. De um modo geral os alinhamentos estudados seguiram as linhas de drenagem do terreno natural visando redução dos volumes de escavação. As Figuras 8.3 a 8.14 ilustram as alternativas estudadas.

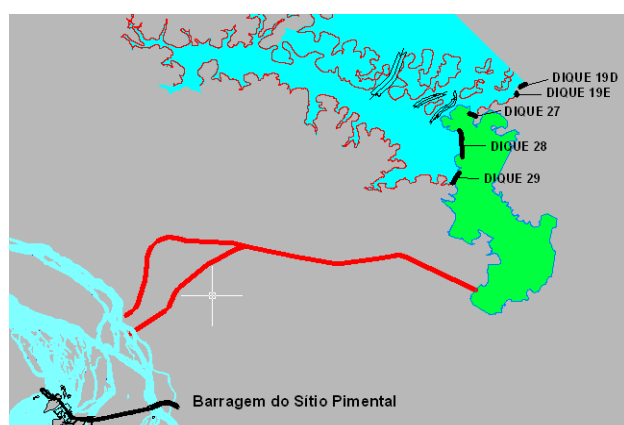
**Figura 8.3 – Alternativa da Viabilidade**



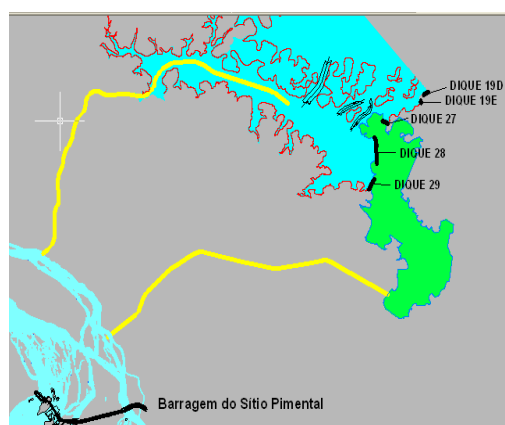
**Figura 8.5 – Alternativa 2**



**Figura 8.4 – Alternativa 1**



**Figura 8.6 – Alternativa 3**



## UHE BELO MONTE

Figura 8.7 – Alternativa 4a

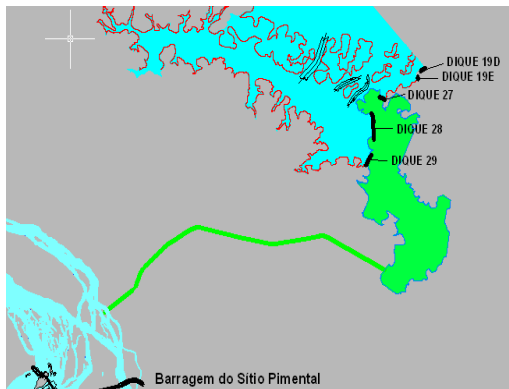


Figura 8.10 – Alternativa 4d

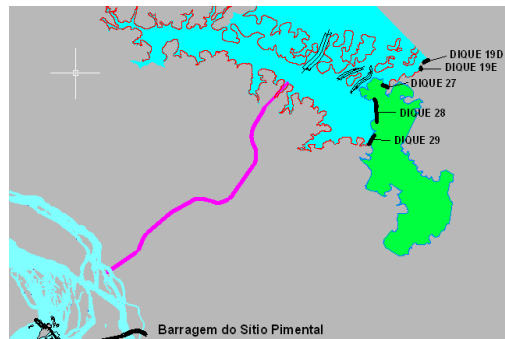


Figura 8.8 – Alternativa 4b

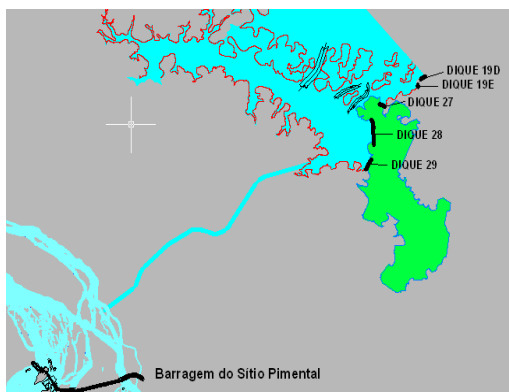


Figura 8.11 – Alternativa 4e

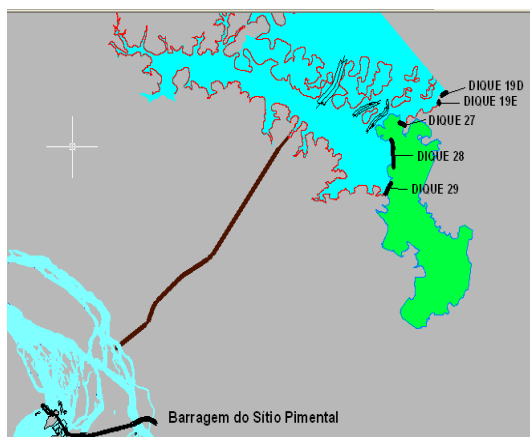


Figura 8.9 – Alternativa 4c

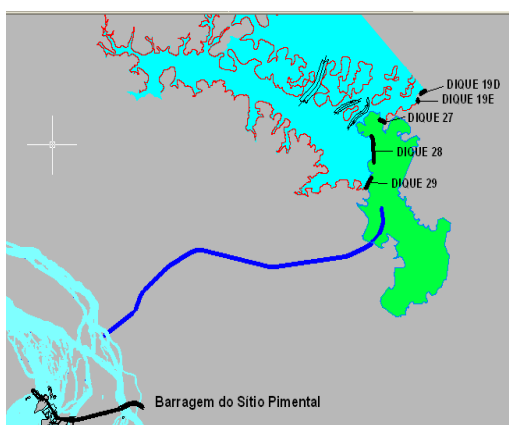
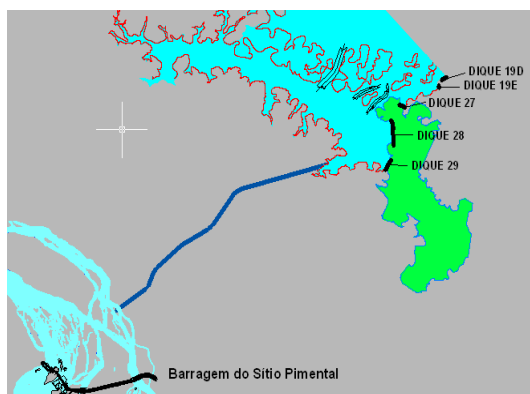
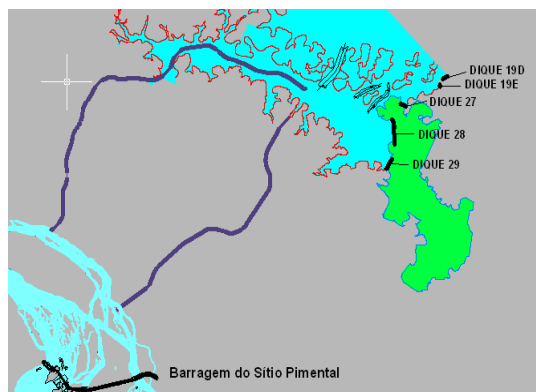


Figura 8.12 – Alternativa 4f

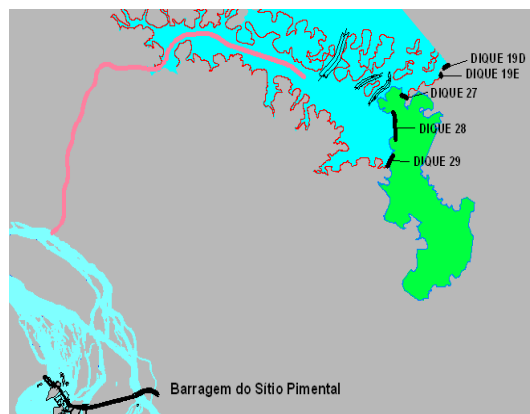


## UHE BELO MONTE

**Figura 8.13 – Alternativa 5**



**Figura 8.14 – Alternativa 6**



### b.3) Partição de Vazões

As alternativas 4a até 4f e a alternativa 6 caracterizam o arranjo com canal único dimensionado para a vazão total de adução. As alternativas 3 e 5 são configuradas com dois canais independentes sendo que pode-se atribuir a cada um deles uma parcela diferente de vazão para uma mesma perda de carga para os dois canais. Por exemplo, pode-se atribuir para cada um dos canais uma parcela de 50 % da vazão total o que resulta em determinados volumes de escavação e revestimento para esta alternativa. Caso se fizesse uma distribuição de 30% para um dos canais e 70% para o segundo canal os volumes obtidos são distintos. Deste modo existem, para estas configurações, diversas possibilidades de partição de vazão entre os canais que resultam em volumes distintos.

Do mesmo modo, para as alternativas dos Estudos de Viabilidade, 1 e 2, com canais conjugados (em “Y”), o braço único é dimensionado para a vazão total existindo também diversas possibilidades de partição de vazão entre os braços do trecho dividido do canal.

Este tipo de investigação foi feita visando a otimização dos volumes totais de escavação e também por aspectos de planejamento associados ao cronograma de construção dos canais e datas limites para entrada das unidades de geração em operação.

A Casa de Força Principal está dividida em duas etapas (com 10 e 8 unidades respectivamente) que possibilitam que a primeira unidade de geração entre em operação após a conclusão da décima unidade sendo o restante das unidades (11 a 18) protegidas por uma ensecadeira no canal de fuga destas unidades.

Do mesmo modo para o Canal de Derivação, a separação total (ou parcial) permite sua execução em duas etapas de modo a primeira etapa do canal esteja concluída na mesma data de entrada da primeira unidade da Casa de Força Principal. Para as alternativas de canal único, a conclusão do Canal de Derivação está condicionada pela data de início de geração da Casa de Força Principal.

Deste modo, os estudos de traçado levaram em conta diversas configurações de partição de vazões (quando aplicáveis) visando a redução de volumes e benefícios econômicos associados ao planejamento dos canais.

#### b.4) Partição de Perdas de Carga

As avaliações de partição de perdas de carga nos canais consideraram a melhor distribuição de modo a reduzir volumes de escavação.

A título de exemplo, para um determinado canal, para o qual se atribuiu uma perda de carga total de 1,0 m, pode-se dimensioná-lo para que a perda de carga seja uniformemente distribuída ao longo do canal ou concentrar parte desta perda de carga nas regiões em que as escavações são maiores. Nesta situação o aumento de perda de carga em determinados trechos do canal pode reduzir as escavações neste trecho.

Para as alternativas 1, 2 e para o traçado dos Estudos de Viabilidade, configuradas como canais conjugados em "Y", efetuaram-se análises específicas da distribuição das perdas de carga entre os trechos, Exemplificando, para o caso da alternativa dos Estudos de Viabilidade, caso se considere uma perda de carga nos canais de 1,0 m pode-se atribuir para o trecho da junção uma perda de carga de 0,4 m sendo a parcela restante deixada para os canais esquerdo e direito resultando em determinados volumes de escavação. Outras distribuições de perdas entre o trecho da junção e dos canais levam a resultados distintos em termos de volumes de escavação.

Em linhas gerais, concluiu-se que o benefício decorrente de se estabelecer partições distintas de perda de carga ao longo dos canais é inferior às incertezas associadas ao dimensionamento dos canais (definição do topo rochoso, por exemplo). Optou-se, portanto pela manutenção do gradiente hidráulico igual e constante para os diversos trechos, pois não redundam em aumentos significativos dos volumes a serem escavados nos canais. Nas etapas posteriores do projeto este tipo de aspecto poderá ser reavaliado baseado em informações mais precisas, especialmente em termos da definição do topo rochoso na região do Canal de Derivação.

#### b.5) Perda de Carga Total Atribuída ao Canal de Derivação

As dimensões do Canal de Derivação estão diretamente associadas à perda de carga atribuída a este trecho da adução. Os volumes obtidos para cada configuração são muito sensíveis às perdas impostas obtendo-se reduções significativas de volume com o aumento da perda de carga.

Tendo em conta este aspecto, em determinadas etapas do estudo, foram elaboradas, para uma mesma alternativa de canal, curvas de variação dos volumes de escavação e de revestimento com as perdas de carga. Estas análises foram feitas nas etapas de avaliação da perda de carga total do circuito (associadas aos rendimentos das unidades geradoras) e na definição da melhor partição de perdas entre o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário.

## c) Comentários Gerais e Conclusões Referentes aos Canais de Derivação

Tendo em conta as análises apresentadas, são expostos os comentários a seguir:

- Estudaram-se alternativas de traçado do Canal de Derivação, com configuração diferente daquela apresentada nos Estudos de Viabilidade, buscando menores volumes de escavação. Algumas alternativas (alternativas 1, 4a e 4c) podem apresentar redução de volumes escavados por estarem em região com topografia do terreno mais baixa.
- As alternativas 1, 2, 3, 4a e 4c alteram a configuração do Reservatório Intermediário (alternativas com canais dispostos mais ao Sul que a configuração atual), incorrendo em aumento da área de inundação em cerca de 23 km<sup>2</sup>. Além do aumento da área inundada, a ampliação do reservatório intermediário, requer a construção de diques adicionais (não indicados nas figuras).
- Em termos institucionais e ambientais, a disposição do Canal de Derivação considerada no EIA é aquela definida nos Estudos de Viabilidade. As demais alternativas, exceto o traçado da alternativa 6, estão possivelmente total ou parcialmente fora da área diretamente afetada – ADA definida no EIA e, portanto na Licença Prévia - LP.
- As investigações geológicas e os levantamentos topográficos disponíveis concentraram-se nos eixos dos canais apresentados nos Estudos de Viabilidade. Deste modo, as alternativas estudadas, com exceção da alternativa 6, estão associadas a uma incerteza maior em decorrência de uma quantidade menor de informações, especialmente de geologia.
- As alternativas com canal único tendem a apresentar um melhor desempenho hidráulico, pois apresentam raio hidráulico maior por ter somente dois taludes laterais. São alternativas mais atraentes em termos de menores volumes de escavação e de revestimentos das superfícies escavadas.
- As alternativas com dois canais totalmente independentes poderiam caracterizar um eventual benefício em termos de planejamento construtivo. A Casa de Força Principal foi dividida em dois conjuntos com 10 e 8 unidades de modo a possibilitar que a primeira unidade entre em operação antes da conclusão total da casa de força. A mesma divisão pode ser feita para o Canal de Derivação, com dois canais independentes, de modo que sua execução em duas etapas redundaria em potencial benefício econômico decorrente da postergação de parte dos investimentos associados aos canais. Este tipo de análise levou à conclusão de que o benefício econômico advindo da postergação do investimento com o segundo canal não compensava os custos adicionais decorrentes de se dividir o canal em dois. Em parte esta defasagem se torna pouco atraente, em função do cronograma de entrada das unidades da Casa de Força Principal, a cada dois meses, conforme estabelecido no Edital do Leilão.
- As avaliações efetuadas com relação a partição da perda de carga levou a se considerar um gradiente constante de perdas de carga ao longo do canal. Em fases posteriores do projeto, este aspecto poderá ser reavaliado.

## UHE BELO MONTE

- A variação dos volumes de escavação do Canal de Derivação com a perda de carga indicou claramente a existência de potencial significativo de redução destes volumes com o aumento das perdas de carga atribuídas ao Canal. Isto conduziu a se buscar uma melhor distribuição das perdas de carga ao longo do circuito de adução e a se estudar a compensação de perdas de cargas totais decorrente de melhores eficiências dos equipamentos de geração.
- Como resultado geral das análises apresentadas, em conjunto com as análises do Reservatório Intermediário, selecionou-se a alternativa de canal único (alternativa 6) que a montante segue pelo leito do igarapé Galhoso e no trecho de jusante o igarapé Paquiçamba, seguindo aproximadamente a diretriz do braço de montante do canal e o trecho da junção dos canais apresentados nos Estudos de Viabilidade. Este canal tem cerca de 20,2 km de extensão, sendo que no trecho inicial com 16,7 km, o canal tem fundo revestido com CCR e os taludes laterais revestidos com enrocamento. No trecho final (3,5 km) o canal é revestido com enrocamento no piso.

### d) Considerações sobre a Geologia

O Canal de Derivação compreende um extenso trecho de escavação onde as investigações geológicas estão baseadas em número reduzido de sondagens diretas (rotativas, percussão e rotopercussão). Estas informações são complementadas por investigações indiretas por geofísica que guarda grau de imprecisão inerente ao processo.

Deste modo, a definição do topo rochoso ao longo do canal apresenta grau de incerteza com implicações diretas na configuração geométrica deste canal. Para as fases subseqüentes do projeto de engenharia, estão previstas investigações adicionais para melhor definição das características geológicas e geotécnicas deste sítio.

## 8.2.5 Dimensionamento do Reservatório Intermediário

### a) Geral

Comparativamente ao Canal de Derivação, o Reservatório Intermediário apresenta maior grau de complexidade no que concerne aos dimensionamentos hidráulicos, visto que o fluxo no Reservatório é predominantemente bidimensional ao passo que no Canal o fluxo é predominantemente unidimensional.

Mesmo sem se considerar as escavações dos Canais de Transposição no Reservatório Intermediário, o fluxo se divide em inúmeros braços com distintas partições da vazão total levando a determinada distribuição das perdas de carga ao longo deste reservatório. Ao se impor escavações distribuídas no reservatório (com inúmeras configurações possíveis), a partição das vazões e das perdas de carga se alteram. Para um mesmo volume escavado, pode haver perdas de carga totais diferentes caso se configurem canais de transposição distintos. A própria delimitação do Reservatório Intermediário associado à disposição dos diques, influi em suas características hidráulicas. Pelo exposto, para estimativa de perdas de carga nesse reservatório, utilizou-se modelo bidimensional do escoamento – River 2D.

## UHE BELO MONTE

O estudo do Reservatório Intermediário é complexo tanto do ponto de vista de possibilidades de configuração como em termos de determinação das condições de fluxo ao longo do mesmo.

Outro aspecto a se observar é que existe a interferência da configuração do Canal de Derivação nas condições de fluxo no Reservatório Intermediário. Por exemplo, as condições de afluência do escoamento no Reservatório Intermediário para a alternativa dos Estudos de Viabilidade são bastante distintas das condições de afluência para a de canal único mais ao Sul. Isto decorre da posição de entrada do fluxo no Reservatório Intermediário e existe a necessidade de se compatibilizar os dois modelos de análise – uni e bidimensional.

Nos estudos desenvolvidos buscou-se manter ao máximo a compatibilização hidráulica entre o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário. Em parte isto foi possível pelos seguintes aspectos:

- os volumes de escavação dos Canais de Derivação são significativamente maiores que os volumes de escavação dos canais do Reservatório Intermediário. Disto resulta que a configuração do fluxo na entrada do Reservatório Intermediário deve ser ditada pelas características do Canal de Derivação por sua maior relevância;
- em decorrência das dimensões do Reservatório Intermediário, as condições de entrada do fluxo afetam somente suas porções iniciais. Para distintas alternativas de Canal de Derivação as condições de fluxo no final do reservatório, para os canais de transposição localizados próximos à tomada de água, não são significativamente afetadas. Isto possibilita que o Reservatório Intermediário possa, com razoável de confiabilidade, ser analisado isoladamente da solução do Canal de Derivação;

Nas etapas iniciais dos estudos, buscou-se avaliar a partição mais favorável de perdas de carga entre o Reservatório Intermediário e o Canal de Derivação, partindo da perda de 1,0 m estabelecida nos Estudos de Viabilidade. Após estabelecida a melhor partição nesta etapa, esta foi mantida fixa temporariamente possibilitando a análise separada do Canal de Derivação e do Reservatório Intermediário. À medida em que os estudos progrediram o valor desta perda total foi alterada determinando-se a partição mais favorável para o novo valor de perda de carga. Deste modo a fixação, em etapas intermediárias do estudo, da partição de perdas de carga entre o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário permitiu que fossem estudados com um certo grau de independência, até se chegar à configuração atual do projeto.

### b) Cálculo de Volumes e Análises Efetuadas

Os cálculos dos volumes de escavação dos canais de transposição do Reservatório Intermediário foram elaborados com base na configuração topográfica do terreno definida pela restituição aerofotogramétrica com curvas de nível com equidistância de 5,0 m, tendo-se calculado os volumes de escavação com uso do software CIVIL 3D.

As diversas configurações de canais de transposição foram avaliadas e resultaram em distintos volumes de escavação e de perdas de carga associadas. De um modo geral conduziram-se dois tipos de análise:



## UHE BELO MONTE

1. Estabelecida uma perda de carga total entre o Reservatório do rio Xingu e a Tomada de Água Principal, determinava-se a partição de perdas de carga entre o Canal Derivação e o Reservatório Intermediário. Uma vez definida a parcela limite de perda para o Reservatório Intermediário, estudaram-se diversas configurações de escavações dos canais de transposição para se obter o menor volume de escavação para esta perda.
2. Nas etapas do estudo para definir a melhor partição de perdas de carga entre o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário, as alternativas mais convenientes para a disposição dos canais de transposição do Reservatório Intermediário, em termos de volumes de escavação, eram mantidas, variando-se (para a mesma vazão máxima turbinada) os níveis de água na tomada de água resultando em distintas perdas de carga ao longo do reservatório.

Isto se tornou necessário, pois o aumento da perda de carga até a Tomada de Água resulta na diminuição dos níveis de água no final do reservatório, e por consequência, na redução das lâminas do fluxo ao longo do Reservatório Intermediário. Deste modo, para uma determinada configuração geométrica dos canais de transposição e do próprio reservatório, a perda de carga no Reservatório Intermediário é função da perda de carga total até a tomada de água. Assim, para a avaliação da partição de perdas de carga entre o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário calcularam-se as perdas de carga no Reservatório Intermediário para diversos valores de perda de carga total neste trecho da adução (como se verá exemplificado em gráficos apresentados na seqüência).

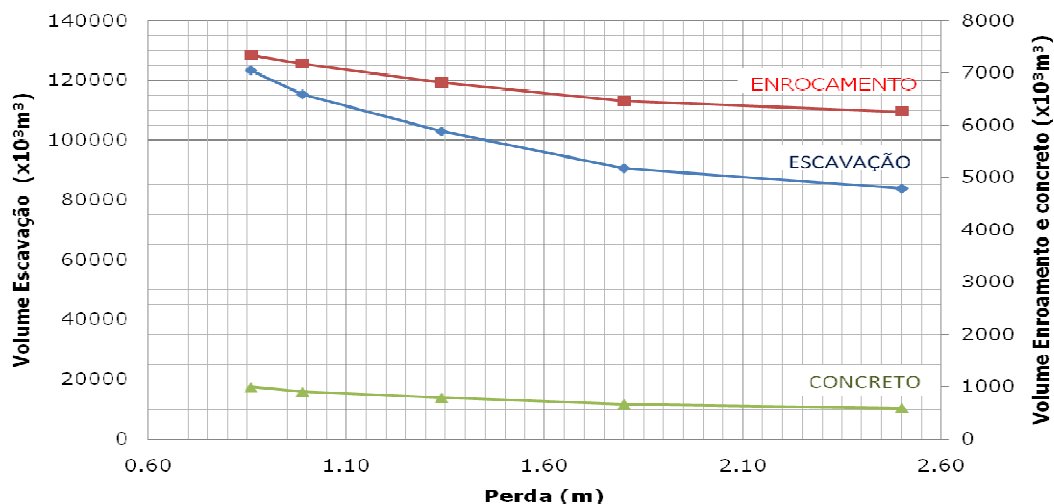
### 8.2.6 Configuração Selecionada do Canal de Derivação e Reservatório Intermediário

Tendo em conta as considerações apresentadas, chegou-se à conclusão de que a perda de carga a ser atribuída ao Canal de Derivação e ao Reservatório Intermediário é de 2,23 m.

Também, as análises efetuadas conduziram para o Canal de Derivação a seleção da alternativa de canal único com seu trecho de montante seguindo o igarapé Galhoso (braço de montante dos canais adotados durante os Estudos de Viabilidade) e no trecho de jusante seguindo o igarapé Paquiçamba (trecho da junção dos canais adotados durante os Estudos de Viabilidade).

Esta alternativa contempla 16,7 km de extensão de canal com seu fundo revestido de CCR e de enrocamento nos taludes laterais. O trecho final 3,5 km do canal é revestido com enrocamento no piso. Para esta configuração de Canal de Derivação apresenta-se na Figura 8.15, para diversas perdas de carga no Canal de Derivação, o cálculo de volumes de escavação total, concreto de revestimento do piso, enrocamento de revestimento das laterais e do piso (rachão).

**Figura 8.15 – Variação dos Volumes de Escavação e Revestimento do Canal de Derivação com a Perda de Carga**



Conforme mencionado, para determinadas condições do Reservatório Intermediário, foram fixadas três alternativas de configurações para os canais de transposição que resultaram em volumes de escavação de 8, 20 e 36 milhões de metros cúbicos. A Figura 8.16 ilustra as curvas de perda de carga em função dos níveis de água na Tomada de Água Principal para as configurações estudadas. Também é apresentada, para referência, a curva de perdas de carga para uma situação limite de não se escavar canais de transposição no Reservatório Intermediário.

Ao se estabelecer a perda de carga total no circuito de adução de 3,58 m, atribuiu-se ao Canal de Derivação e Reservatório Intermediário uma perda total de 2,23 m resultando em um nível na tomada de água na Elevação 94,77.

Para a configuração de Reservatório Intermediário escavado com  $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ , a perda de carga tomada na Figura 8.15 resulta em cerca de 0,61 m sendo a parcela de perda restante, de 1,62 m, atribuída para o Canal de Derivação. Na Figura 8.14, com este valor de perda, o volume total de escavação no Canal de Derivação seria de cerca de  $95 \times 10^6 \text{ m}^3$ , sendo que, neste caso, a soma do volume de escavação deste Canal mais os canais de transposição do Reservatório Intermediário, totalizaria cerca de  $131 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

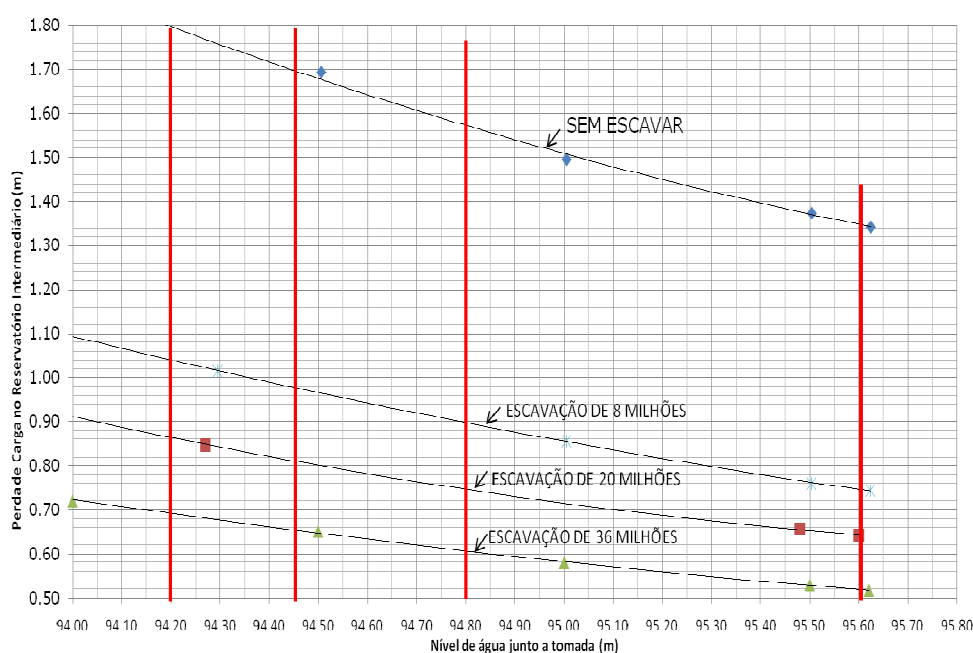
De maneira similar, para a alternativa de Reservatório Intermediário com escavação dos canais de transposição de  $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ , a perda de carga ao longo desse reservatório é de cerca de 0,90 m sendo o valor da perda de carga restante (1,33 m) atribuído ao Canal de Derivação resultando num volume de escavação deste Canal de cerca de  $103 \times 10^6 \text{ m}^3$  e um volume total de  $111 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Deste modo as análises efetuadas conduziram à adoção do Canal de Derivação dimensionado para uma perda de carga de 1,33 m, levando a volumes de escavação da ordem de  $103 \times 10^6 \text{ m}^3$  e o Reservatório Intermediário dimensionado para uma perda de carga de 0,90 m com um volume de escavação de cerca de  $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ , resultando numa escavação total de cerca de  $111 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

## UHE BELO MONTE

Os valores apresentados nesta avaliação serviram de base para a seleção da alternativa atual sendo que, após esta seleção, procedeu-se ao refinamento da alternativa, com a implantação do Canal de Derivação em modelo tridimensional em AutoCAD, resultando em volumes finais ligeiramente distintos aos apresentados nas Figuras 8.15 e 8.16.

**Figura 8.16 – Reservatório Intermediário – Variação de Perda de Carga com os Níveis de Água na Tomada de Água para Diversas Configurações de Escavação no Reservatório**



Sumarizando os estudos apresentados, a solução para o Canal de Derivação definida para detalhamento do Projeto Básico, se constitui de canal único que a montante segue o leito do igarapé Galhoso e no trecho de jusante acompanha o igarapé Paquiçamba, seguindo aproximadamente a diretriz do braço de montante do canal e o trecho da junção dos canais apresentados nos Estudos de Viabilidade. Este canal tem cerca de 20,2 km de extensão sendo que no trecho inicial com 16,7 km (aproximadamente) tem seu fundo revestido de CCR e os taludes laterais revestidos com enrocamento. No trecho final (3,5 km) o canal é revestido com enrocamento no piso.

Da mesma maneira, para detalhamento no Projeto Básico, o Reservatório Intermediário conta com cinco canais de transposição cujas características são apresentadas na tabela abaixo

**Tabela 8.3 – Características Geométricas dos Canais de Transposição do Reservatório Intermediário**

Canal	Largura do Fundo (m)	Elev. Fundo (m)	Comprimento (m)
CTPT1	250	80	1600
CTPT2	125	80	1150
CTPT3	80	80	1300
CTCSm	300	80	350
CTCSj	250	69	1500

## 8.3. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

### 8.3.1 Canal de Derivação

Os estudos realizados conduziram à adoção de Canal de Derivação único seguindo basicamente a diretriz do igarapé Galhoso a montante. O alinhamento do trecho de jusante praticamente coincide com o canal da junção contemplado nos Estudos de Viabilidade. Os desenhos BEL-B-CA-DE-CDA-100-0001 a BEL-B-CA-DE-CDA-100-0006 ilustram a configuração do Canal de Derivação.

O canal possuirá um comprimento total de 20.200 m, dividido em dois trechos principais. O trecho inicial apresenta comprimento de 16.350 m sendo o segundo trecho (denominado junção) com extensão de cerca de 3.350 m. A transição entre os dois trechos conta com uma rampa com cerca de 500 m de comprimento.

No trecho inicial, o canal terá o piso revestido de concreto compactado com rolo - CCR, sendo os taludes laterais revestidos com enrocamento. Este trecho do canal apresentará larguras e elevações de fundo variáveis ao longo do seu desenvolvimento, sendo que junto ao rio Xingu o fundo do canal estará situado na El. 87,00 (extensão de cerca de 250 m). Após este trecho inicial, o canal passará por um trecho de transição com uma extensão de cerca de 850 m. No trecho seguinte, o canal ficará com fundo na El. 70,00 com uma largura de 130,0 m por uma extensão de cerca de 15.250 m.

A seção típica deste trecho do canal terá taludes laterais com declividade 2,0 H:1,0 V intercalado com bermas de 6,0 m de largura dispostas tipicamente a cada 10,00 m de altura. No piso, o canal será revestido de CCR com espessura típica de 0,3 m executado sobre uma camada de material granular tipo "rachão" com espessura média de 0,2 m. Os taludes serão revestidos com uma camada de material granular com 5,0 m de largura horizontal (4,0 m de enrocamento e 1,0 m de transição).

Na atual fase do Projeto Básico, existe um certo grau de incerteza com relação à definição do topo rochoso na região do Canal de Derivação. Nas etapas subseqüentes do Projeto, com informações complementares de investigações geológicas de campo, a geometria do canal escavado será adaptada para a superfície do topo de rocha melhor inferido. Esta adaptação será efetuada adotando-se taludes de escavação em rocha com inclinação de 0,1 H:1,0 V.

## UHE BELO MONTE

Ao longo do canal, serão desenvolvidos acessos nas duas laterais em seu trecho principal. Este acesso consistirá de pista com 12,0 m de largura na El. 100,00. Na lateral deste acesso será construída uma canaleta de drenagem para condução das águas coletadas para o interior do canal. Acima da El. 100,00, os taludes de escavação em solo possuirão declividade de 1,5 H: 1,0 V, intercalados com bermas intermediárias. Nesta região, os taludes de escavação em solo terão proteção vegetal.

No trecho inicial do canal onde o terreno natural está abaixo da El. 100,00, as laterais do canal serão geometricamente conformadas com a criação de um dique, coroado na El. 100,00, que terá também a função de garantir a continuidade do acesso ao longo do canal. Este dique será deslocado da linha de off-set da escavação do canal, mantendo-se, entretanto, o revestimento de enrocamento até a El. 98,00. Tal estrutura também terá a função de apoiar o pé de jusante dos Diques de Contenção de igarapés para disposição final de material de bota-fora. No trecho restante do canal, mais em seu tramo final, onde o terreno natural situar-se abaixo da El. 100,00, os aterros de bota fora serão dispostos lateralmente ao Canal de Derivação não configurando necessariamente um acesso lateral aos canais.

O trecho de canal revestido com enrocamento no piso, terá um comprimento de cerca de 3.350 m, largura de 493 m com fundo na El. 80,00. Os taludes laterais do canal apresentarão inclinação de 3,0 H : 1,0 V. Neste trecho do canal, o fundo será revestido com 0,4 m de espessura de material granular, tipo “rachão”.

Para esta configuração do Canal de Derivação, a vazão turbinada de 13.950 m<sup>3</sup>/s está associada a uma perda de carga de 1,33 m.

### 8.3.2 Canais de Transposição do Reservatório Intermediário

Para possibilitar a condução das vazões turbinadas ao longo do Reservatório Intermediário, sem a ocorrência de perdas de carga excessivas, está prevista a escavação de cinco canais de transposição distribuídos ao longo do Reservatório. Os desenhos BEL-B-CA-DE-CDA-100-0010 a BEL-B-CA-DE-CDA-100-0013 ilustram a configuração do Reservatório Intermediário e dos Canais de Transposição.

Em sua maioria, os canais do Reservatório Intermediário serão escavados em solo, com taludes laterais abaixo ao dos níveis de operação deste reservatório. Os diversos canais terão o fundo revestido com enrocamento tipo “rachão”, com espessura de 0,4 m, e em alguns deles com taludes laterais protegidos com enrocamento com 0,35 m de espessura sobre uma camada de transição de 0,25 m de espessura. A definição de revestimento das laterais dos canais baseou-se nas velocidades do fluxo e na altura dos taludes de escavação dos canais. Para facilitar a construção e lançamento de enrocamento, os taludes laterais terão declividade de 3H :1,0 V intercalados com bermas de 3,0 m de largura espaçadas tipicamente a cada 10,0 m de altura.

Um primeiro conjunto de canais possibilita a transposição entre as bacias do igarapé Paquiçamba e Ticaruca. O canal denominado CTPT 1 possuirá fundo na El. 80,00 com largura de 250 m com extensão de cerca de 1.600 m. Os canais CTPT 2 e CTPT 3 ficarão com fundo na El. 80,00 com largura de 125 m e 80 m, com extensões da ordem de 1.150 m e 1.300 m, respectivamente.

Mais para o final do Reservatório Intermediário, os canais CTCSj e CTCSm propiciarão a transposição entre as bacias dos igarapés Cobal e Santo Antonio. O

## UHE BELO MONTE

canal CTCSm tem seu fundo na El. 80,00, largura de 300 m e extensão de cerca de 350 m e o canal CTCSj fundo na El.69,00, largura de 250 m e extensão de cerca de 1.500m.

Os canais de transposição foram revestidos com base nas velocidades do fluxo e para evitar eventuais erosões nas superfícies escavadas. Adicionalmente, em algumas regiões do Reservatório Intermediário, fora das áreas escavadas, pode ser necessária a proteção do terreno natural em decorrência das velocidades do fluxo.

Para esta configuração, a perda de carga no Reservatório Intermediário será de 0,90 m para a vazão turbinada de 13.950 m<sup>3</sup>/s.

### 8.4. DESCRIÇÃO DOS BOTA-FORAS

#### 8.4.1 Considerações Gerais

Os canais de transposição escavados no Reservatório Intermediário terão volume de escavação estimado da ordem de 8 milhões de metros cúbicos. Parte deste volume será empregada na construção de diques sendo o restante descartado em pilhas de bota fora próximo aos locais de escavação, sem interferir nas condições de fluxo no Reservatório Intermediário. A cota máxima destes bota fora será limitada de modo que fiquem submersos, após a formação do Reservatório Intermediário.

O volume total de escavação do Canal de Derivação é da ordem de 100 milhões de metros cúbicos sendo que somente uma parte reduzida, da ordem de 10%, deste volume será utilizada para a execução dos revestimentos do próprio canal e construção dos diques laterais ao Canal de Derivação. Deste modo existe um excedente de material das escavações obrigatórias a serem lançados em aterros de bota-fora.

Nos Estudos de Viabilidade, estes bota-foras estavam localizados nas regiões de Igarapés que ladeiam o Canal de Derivação. Na atual concepção do projeto, este conceito foi mantido, sendo os bota-foras localizados no leito de igarapés que afluem lateralmente ao Canal de Derivação. Deve-se observar que as otimizações realizadas no Canal de Derivação reduziram significativamente os volumes de escavação quando comparados aos volumes contemplados nos Estudos de Viabilidade, ou seja, as otimizações do canal além de serem benéficas do ponto de vista econômico, também apresentam benefícios ambientais decorrentes de menores impactos neste sítio.

O desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0001 ilustra a disposição geral atualmente contemplada para os bota-foras totalizando 24 regiões principais para destinação do material escavado. A Tabela 8.4 apresenta as características principais destes bota-foras. Nas próximas fases do Projeto, a configuração dos bota-foras poderá ser alterada em função do processo e do planejamento de construção do Canal de Derivação.

**Tabela 8.4 – Características principais dos bota-fora**

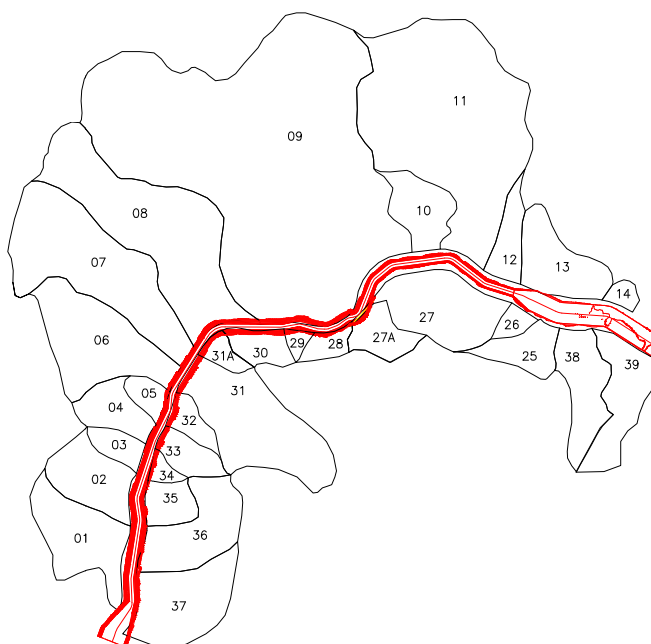
Bota – Fora	Elevação do Bota-Fora (m)	Coroamento do Dique de Contenção (m)	Dique de Contenção de Igarapé
1	100	102	DCII-1
2	105	108	DCI-2
3	105	108	DCI-3
4	105	108	DCI-4
5	115	118	DCI-5 E DCI-6
6	115,5	118	DCI-7
7	116	119	DCI-8
8	110	114	DCI-9 e DCI-10
9	110	113	DCI-11
10	115	118	DCI-12
11	115	118	DCI-13
12	115	117	DCI-14
13	120	123	DCI-15A
14	120	123	DCI-15
15	115	118	DCI-16
16	105	109	DCI-17
17	100	103	DCI-16A e DCI-16B
18	105	109	DCI-19
19	105	108	DCI-20
20	90	93	DCI-21
21	90	94	DCI-21A

Um aspecto que está intimamente associado à configuração dos bota fora e do próprio Canal de Derivação diz respeito ao manejo das águas afluentes a este canal nas fases de construção e de operação. Ao todo se podem contabilizar 31 áreas de drenagem principais que afluem ao Canal de Derivação que totalizam uma área de drenagem da ordem de 126 km<sup>2</sup>. A Figura 8.17 ilustra estas áreas de drenagem sendo que na Tabela 8.5 são apresentadas as áreas de cada bacia de contribuição.

Tabela 8.5 – Áreas de Drenagem laterais ao Canal de Derivação

Bacia	Área de Drenagem (km²)	Bacia	Área de Drenagem (km²)
1	3,74	27	5,57
2	2,74	27A	1,45
3	0,86	28	0,70
4	1,72	29	0,31
5	0,77	30	1,14
6	5,34	31	6,78
7	8,17	31A	0,63
8	9,72	32	0,89
9	34,23	33	1,23
10	2,20	34	0,39
11	15,78	35	1,20
12	1,35	36	3,49
13	2,94	37	4,05
14	0,41	38	2,78
25	1,61	39	3,02
26	0,52		

Figura 8.17 – Áreas de Drenagem Laterais ao Canal de Derivação





## UHE BELO MONTE

Por estar a UHE Belo Monte localizada na Região Amazônica, as precipitações médias anuais são significativas. A precipitação média em Altamira é da ordem de 1.900 mm anuais sendo que a média mensal do mês de março é da ordem de 360 mm. Se toda a contribuição de precipitações, considerando a área de contribuição de cerca de 126 km<sup>2</sup>, for conduzida para o Canal de Derivação durante as escavações, a capacidade requerida para bombeamento seria provavelmente inviável de ser implementada.

A Região é caracterizada por eventos de precipitação bastante intensos tendo sido registrados eventos extremos de precipitação diária em Altamira da ordem de 240 mm. Precipitações da ordem de 150 mm diários ocorrem com maior frequência. Na hipótese de afluência direta das precipitações na região dos canais pelos igarapés, neste tipo de evento haveria certamente a descontinuidade dos trabalhos de escavação, associada à necessidade de sistemas de bombeamento superdimensionado para possibilitar o esgotamento das áreas em tempo compatível com o cronograma da obra. Um aspecto adicional que dificulta este bombeamento é a extensão do canal gerando distâncias consideráveis para restituição das águas para o rio Xingu ou para o Igarapé Paquiçamba.

Em função destes aspectos, concebeu-se um sistema de drenagem para o Canal de Derivação que minimiza a incidência de águas na região das obras. A água de precipitação é barrada por Diques de Contenção de Igarapés e conduzida para o rio Xingu ou para Igarapés (Paquiçamba, Ticaruca, Di Maria, etc.) por meio de canais de drenagem auxiliares e vertedouros. Este sistema constitui-se em uma solução utilizada durante as escavações e proteções do Canal de Derivação, mas também apresenta um caráter definitivo para a drenagem superficial dos bota-foras. A disposição geral deste sistema de drenagem é apresentada no Desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0001 sendo que os desenhos BEL-B-CA-DE-CDA-100-0007 a BEL-B-CA-DE-CDA-100-0009 apresentam as características gerais dos Diques de Contenção de Igarapés, Vertedouros e Canais de Drenagem.

A Tabela 8.6 apresenta as características principais dos Diques de Contenção de Igarapés (DCI) ao passo que as características dos Canais de Drenagem (CD) são apresentadas na Tabela 8.7. Na Tabela 8.8 são apresentadas as características principais dos Vertedouros (V) do sistema de drenagem.

## UHE BELO MONTE

**Tabela 8.6 – Diques de Contenção**

Dique	Bacia de Contribuição	Elevação do coroamento do dique (m)	Elevação Bota-foras (m)	Dique	Bacia de Contribuição	Elevação do coroamento do dique (m)	Elevação Bota-foras(m)
DCI - 1	37	102,00	100,00	DCI - 13	31A	118,00	115,00
DCI - 2	1	108,00	105,00	DCI - 14	8	117,00	115,00
DCI - 3	36	108,00	105,00	DCI - 15 A	30	123,00	120,00
DCI - 4	35	108,00	105,00	DCI - 15	29	123,00	120,00
DCI - 5	2	118,00	115,00	DCI - 16	28	118,00	115,00
DCI - 6	3	118,00	115,00	DCI - 17	9 e 10	109,00	105,00
DCI - 7	4	118,00	115,50	DCI - 16B	27A	103,00	100,00
DCI - 8	5	119,00	116,00	DCI - 16A	27	103,00	100,00
DCI - 9	33 e 34	114,00	110,00	DCI - 19	9 e 10	109,00	105,00
DCI - 10	32	113,00	110,00	DCI - 20	11 e 12	108,00	105,00
DCI - 11	31	113,00	110,00	DCI-21	13 e 14	93,00	90,00
DCI - 12	6 e 7	118,00	115,00	DCI-21A	25, 26, 38 e 39	94,00	90,00

**Tabela 8.7 – Canais de Drenagem**

Canal de Drenagem	Largura (m)	Lâmina Máxima (m)	Comprimento (m)	El inicial (m)	El final (m)	Vazão Máxima (m³/s)
CD - 1	8,00	3,20	400,00	96,00	95,60	60
CD - 2	8,00	3,20	950,00	101,00	100,00	59
CD - 3	8,00	2,50	150,00	100,00	100,00	38
CD - 4A	9,00	1,24	190,00	105,00	105,00	12
CD - 4	15,00	3,44	160,00	101,00	101,00	39
CD - 5	15,00	0,74	180,00	115,50	115,00	14
CD - 6	4,00	1,72	280,00	115,80	115,50	11
CD - 7	5,00	2,00	400,00	110,00	109,60	17
CD - 8	5,00	1,77	900,00	110,00	109,10	13
CD - 10	30,00	1,40	1100,00	110,00	105,60	94
CD - 9	8,00	4,10	900,00	111,00	110,10	94
CD - 10A	5,00	2,10	375,00	110,40	110,00	18
CD -11	12,00	2,10	600,00	106,50	105,00	63
CD -12A	5,00	1,85	415,00	120,00	119,60	15
CD - 12B	4,00	2,30	375,00	115,40	115,00	18
CD -12	5,00	1,80	330,00	115,00	114,60	14
CD -14	60,00	2,20	300,00	105,00	104,40	271
CD -15	5,00	1,27	325,00	100,00	100,00	3
CD -15A	4,00	3,10	1800,00	91,80	90,00	36
CD -16	47,00	2,90	600,00	93,90	93,00	304
CD -17	8,00	1,60	350,00	75,50	75,00	20
CD -21	6,00	4,00	250,00	80,25	80,00	74

**Tabela 8.8 – Vertedouros**

Vertedouro	Elevação do Dique (m)	Elevação da Crista do Vertedouro (m)	Largura do Vertedouro (m)	Vazão (m³/s)	Lâmina (m)
V - 1	102,00	100,00	40,00	59	0,92
V - 2	108,00	105,00	20,00	59	1,44
V - 3	108,00	105,00	10,00	38	1,70
V - 4	118,00	115,00	15,00	39	1,32
V - 9	118,00	115,00	30,00	94	1,50
V - 10A	118,00	115,00	5,00	18	1,63
V - 11	117,00	115,00	50,00	63	0,82
V - 12B	123,00	120,00	4,00	18	1,89
V - 15A	103,00	100,00	15,00	36	1,27
V - 16	108,00	105,00	125,00	304	1,27
V - 17	93,00	90,00	10,00	20	1,13
V - 21	94,00	90,00	12,00	74	2,36

## 8.4.2 Considerações sobre o Dimensionamento do Sistema de Drenagem

### a) Aspectos Hidráulicos e Hidrológicos

Para o dimensionamento do sistema de drenagem descrito utilizaram-se dados do posto pluviométrico de Altamira que apresentam totais diários de precipitação para o período de 1951 até 2009. Para este posto efetuou-se um estudo de frequência de eventos extremos (Gumbel) de precipitação máxima diária ao longo dos anos sendo o resultado apresentado na Tabela 8.9. Pode-se observar que eventos com 5 anos de recorrência apresentam totais diários de precipitação de 143 mm ao passo que eventos com 1.000 anos de recorrência apresentam totais diários de precipitação de 316 mm. Em linhas gerais isto demonstra que a região apresenta eventos de precipitações extremas com intensidade alta.

**Tabela 8.9 – Recorrências de Precipitações com 1 Dia de Duração em Altamira**

Recorrência (anos)	Precipitação Diária (mm)	Recorrência (anos)	Precipitação Diária (mm)
1,1	67	100	242
2	107	200	264
5	143	500	294
10	167	1,000	316
25	197	10,000	389
50	220		

Nas etapas iniciais do dimensionamento do sistema de drenagem estabeleceram-se os hidrogramas afluentes para cada bacia de contribuição de modo a se considerar o efeito de amortecimento nos reservatórios criados pelos Diques de

## UHE BELO MONTE

Contenção (estando o volume morto ocupado por material de bota fora) com atenuação das vazões efluentes e redução das dimensões dos canais de drenagem e vertedouros intermediários. Entretanto verificou-se que este procedimento estava conduzindo a volumes afluentes subestimados por se calcular tempos de concentração relativamente curtos para os eventos. Isto ocorre porque os métodos adotados visam maximizar o valor de pico das vazões afluentes e não os volumes afluentes. Em linhas gerais, os hidrogramas obtidos apresentavam vazões afluentes elevadas com curta duração resultando em volumes totais afluentes bastante inferiores aos totais diários observados em Altamira.

Visto que, neste caso, a segurança do sistema de drenagem está associada aos volumes afluentes optou-se por adotar os volumes totais diários associados aos eventos de precipitação com 1.000 anos de recorrência (316 mm diários). Em termos de dimensionamento, o valor diário de precipitação foi reduzido para 80 % do valor estimado gerando uma precipitação efetiva de 253 mm diários. A adoção da recorrência de 1.000 anos se deve ao fato de que eventuais galgamentos dos Diques de Contenção tem que apresentar baixa probabilidade devido à possibilidade de obstrução do Canal de Derivação, caso ocorra o galgamento dos Diques próximos ao canal.

De um modo geral, buscou-se nos dimensionamentos realizados limitar a carga dos Vertedouros de modo a manter a vazão específica baixa. O desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0007 apresenta as características dos vertedouros com calhas providas de blocos de dissipação. Nas próximas etapas do Projeto se procederá ao detalhamento destes vertedouros e análise de outras alternativas de vertedouros (gabião, por exemplo).

Com relação aos canais de drenagem, buscou-se manter velocidades relativamente baixas para as condições de dimensionamento (eventos de 1.000 anos de recorrência) em condições normais de operação do sistema. Está prevista a proteção com grama sendo que nas fases posteriores se avaliará a utilização de outros tipos de revestimento (proteção vegetal). Esta avaliação será feita após investigações adicionais referentes às características do solo nos quais os canais serão escavados e ao aprofundamento dos estudos hidrológicos que definem o sistema de drenagem.

### b) Aspectos Geotécnicos

Os Diques de Contenção serão dotados de um dreno de pé e configurados com taludes com inclinação suave de 3,0 H:1V, tanto a montante quanto a jusante das áreas de deposição. Eles terão elevações do coroamento variáveis, de forma a garantir a capacidade de armazenamento dos materiais de escavação obrigatória a serem descartados nos botas-fora.

Serão constituídos por aterro semi-compactado com emprego dos materiais terrosos provenientes das escavações obrigatórias. O processo de construção está sendo considerado através de compactação por tráfego de equipamento de construção, devendo atingir grau de compactação médio de 94% da energia do Proctor Normal.

## UHE BELO MONTE

Para que tais aterros sejam construídos em área seca, os talvegues e córregos serão barrados inicialmente por ensecadeiras que tem por finalidade conter as águas e permitir o desvio para os Canais de Drenagem.

### 8.4.3 Descrição do Sistema de Drenagem

O conjunto de estruturas apresentado anteriormente pode ser agrupado em nove sistemas de drenagem independentes.

A seguir descreve-se o Sistema 1 sendo que os demais sistemas seguem o mesmo tipo de concepção não sendo por isso detalhados na mesma profundidade. A disposição das estruturas citadas é apresentada no desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0001. Deve-se observar que o dimensionamento deste sistema de drenagem foi efetuado com base nas informações topográficas obtidas a partir da restituição aerofotogramétrica sendo necessário, nas próximas etapas de Projeto adequar o sistema tendo como base novos levantamentos topográficos na região.

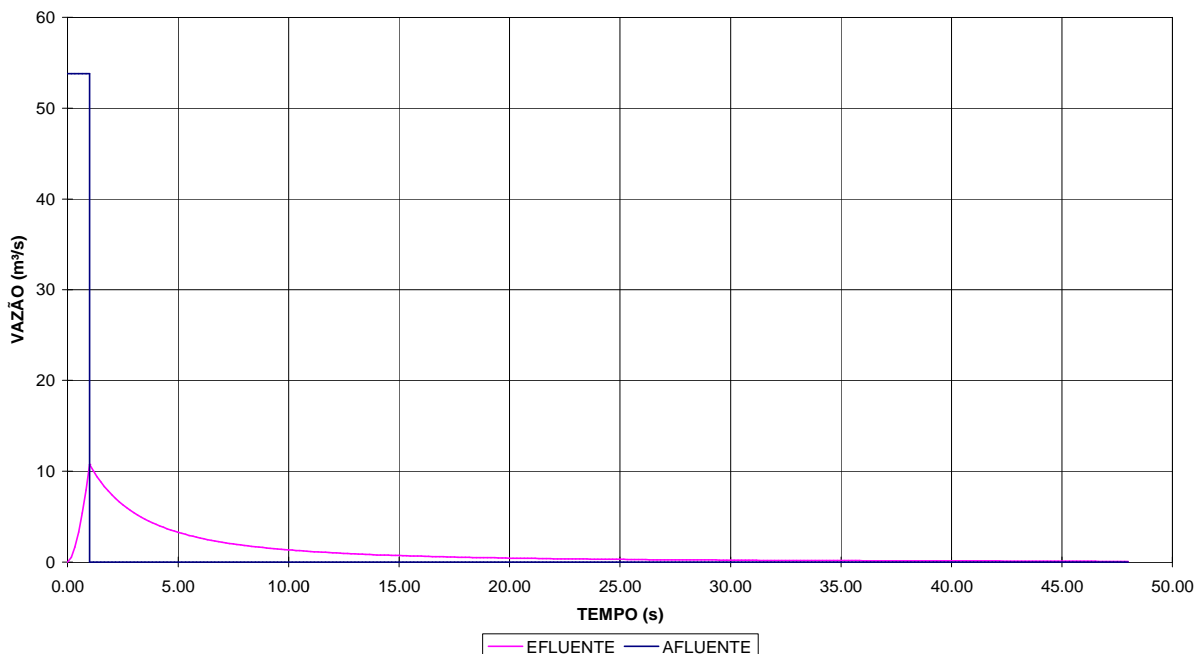
#### a) Sistema 1 - Bacias 1, 2, 3, 4 e 5

Este sistema é formado pelos Diques de Contenção de Igarapés (DCI) 2, 5, 6, 7 e 8 e pelos Canais de Drenagem (CD) 2, 4, 5 e 6 além dos Vertedouros (V) 2 e 4.

O dique DCI-8 está coroado na El. 119,00 sendo que o bota fora está limitado à El. 116,00. Este reservatório recebe a contribuição da Bacia 5 que apresenta uma área de drenagem de 0,77 km<sup>2</sup>. Para uma precipitação efetiva de 253 mm existe o acúmulo de cerca de 300.000 m<sup>3</sup> que resulta numa sobrelevação de cerca 1,72 m associado a um nível máximo na El. 117,72. Por hipótese admite-se a precipitação distribuída ao longo de 1 hora o que equivale a uma vazão de afluente de 53,8 m<sup>3</sup>/s. O dique DCI-8 coroado na El. 119,00 apresenta borda livre suficiente para este evento.

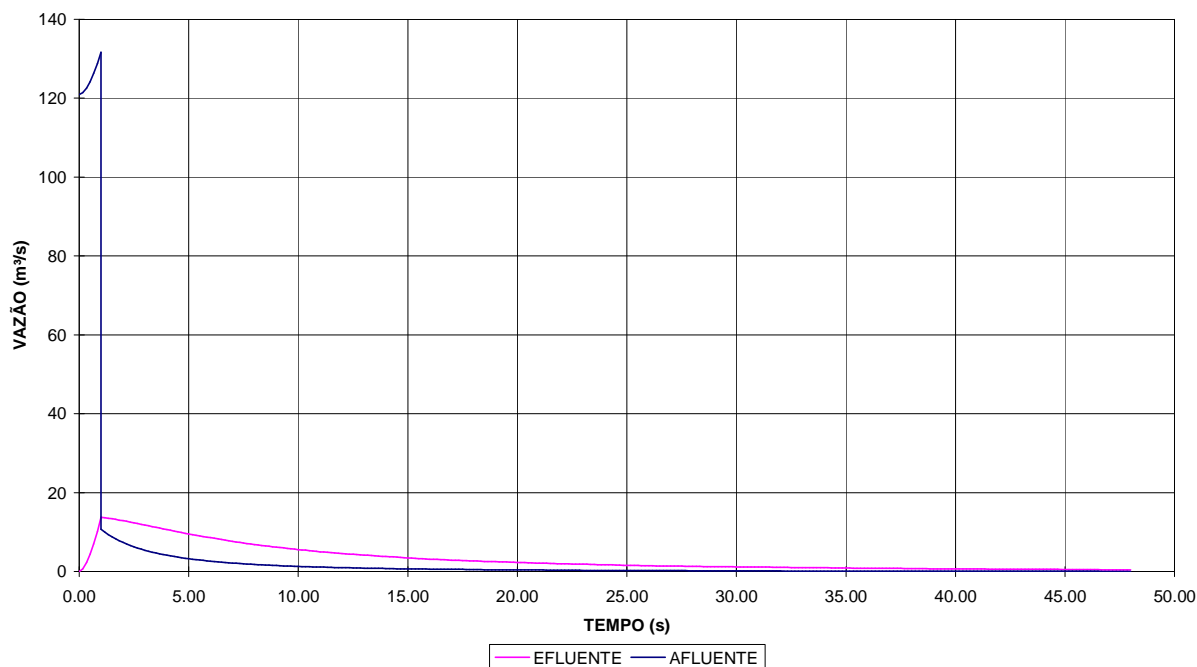
Esta sobrelevação já considera os efeitos de amortecimento decorrente das vazões efluentes pelo canal de drenagem CD-6. Para esta situação, a vazão máxima efluente é de cerca de 11,0 m<sup>3</sup>/s, que foi utilizada para o dimensionamento do canal CD-6 (largura de 4,0 m com comprimento de 280 m com cota inicial na El. 115,80 e final na El. 115,50. A Figura 8.18 ilustra o fenômeno de laminação neste reservatório.

Figura 8.18 – Laminação no Reservatório do dique DCI-8



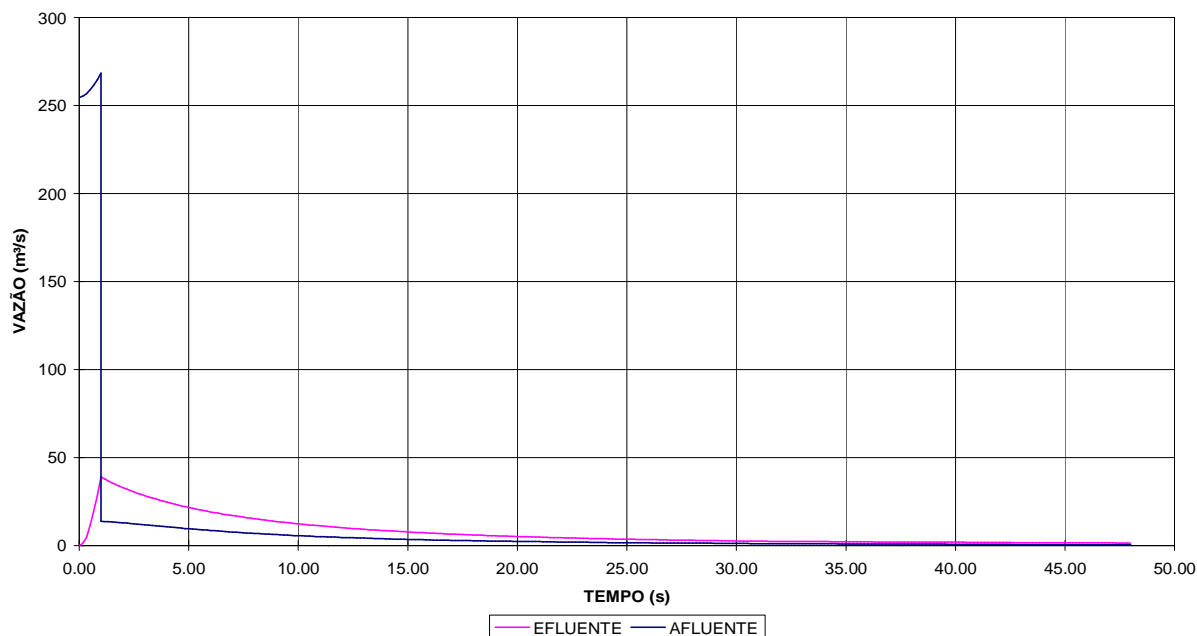
As vazões efluentes do canal CD-6 são descarregadas no reservatório formado pelo Dique DCI-7 que está coroado na El. 118,00 e o bota fora coroado na El. 115,50. O reservatório formado por este dique recebe a contribuição da bacia 4 (área de drenagem de 1,72 km<sup>2</sup>) que resulta num volume precipitado de 435.000 m<sup>3</sup>. Este volume equivale a uma vazão de 120,9 m<sup>3</sup>/s em 1 hora (precipitação de 253 mm). Esta vazão se soma à vazão recebida do canal CD-6 sendo que os efeitos de laminação resultam num nível máximo deste reservatório na El. 116,24 (0,74 m de sobrelevação). Esta laminação já leva em conta as vazões descarregadas pelo Canal de Drenagem CD-5 que atingem um valor máximo da ordem de 14,0 m<sup>3</sup>/s e que definiu as dimensões deste canal (180 m de comprimento com cota inicial na El. 115,50 e cota final na El. 115,00. A Figura 8.19 ilustra o amortecimento neste reservatório.

Figura 8.19 – Laminação no Reservatório do Dique DCI-7



As vazões efluentes do canal CD-5 são descarregadas no reservatório formado pelos diques DCI-6 e DCI-5 que estão coroadas na El. 118,00 estando o bota fora coroado na El. 115,00. O reservatório formado por estes diques recebe a contribuição das bacias 2 e 3 com área de drenagem conjunta de 3,63 km<sup>2</sup> que resulta num volume precipitado de 916.500 m<sup>3</sup>. Este volume equivale a uma vazão de 254,6 m<sup>3</sup>/s em 1 hora (precipitação de 253 mm). Esta vazão se soma à vazão recebida do canal CD-5 sendo que os efeitos de laminação resultam num nível máximo deste reservatório na El. 116,32 (1,32 m de sobrelevação). Esta laminação já leva em conta as vazões descarregadas pelo Vertedouro 4 que atingem um valor máximo da ordem de 39,0 m<sup>3</sup>/s, que definiu as dimensões deste vertedouro (crista na El. 115,00 com 15,0 m de larguras. Este vertedouro descarrega as vazões vertidas no reservatório formado pelo dique DCI-2 cujo bota-fora situa-se na El. 105,00, ou seja, o desnível vencido pelo vertedouro é da ordem de 10 m. A jusante deste vertedouro está o Canal de Drenagem CD-4 que também foi dimensionado para esta vazão de 39 m<sup>3</sup>/s o que resultou numa largura de 15,0 m com fundo horizontal na El. 105,00. A Figura 8.20 ilustra o amortecimento no reservatório das barragens DCI-5 e DCI-6.

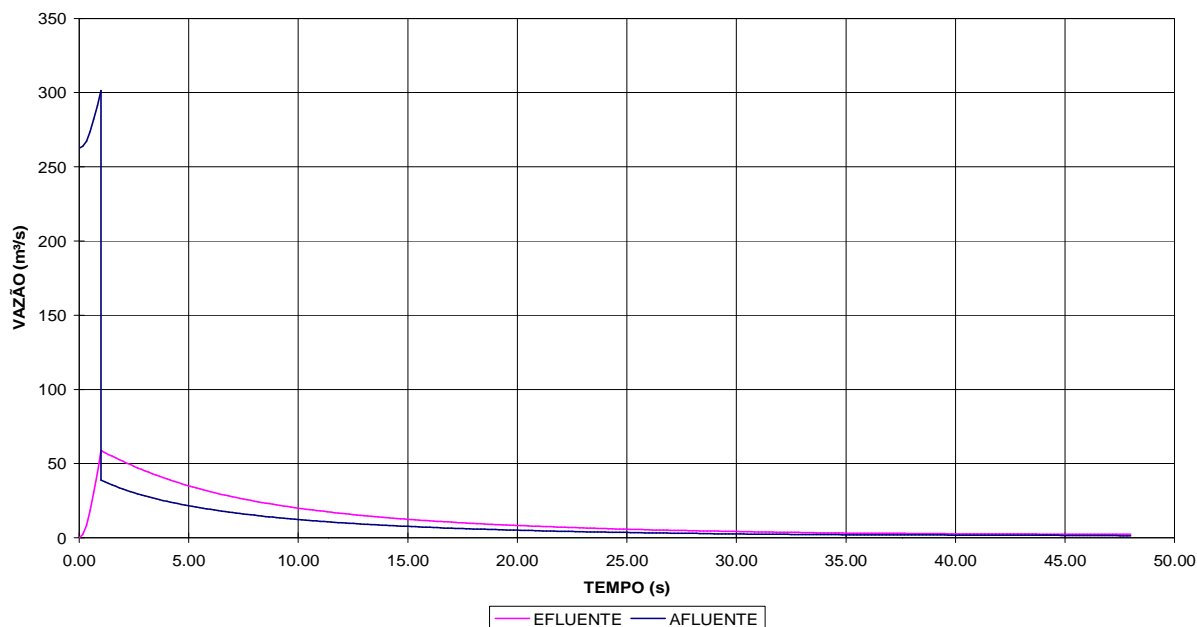
Figura 8.20 – Laminação no Reservatório dos Diques DCI-5 e DCI-6



As vazões efluentes do canal CD-4 são descarregadas no reservatório formado pelo Dique DCI-2 que está coroado na El. 108,00 e o bota fora coroado na El. 105,00. O reservatório formado por este dique recebe a contribuição da bacia 1 com área de drenagem de 3,74 km<sup>2</sup> o que resulta num volume precipitado de 945.500 m<sup>3</sup>. Este volume equivale a uma vazão de 262,6 m<sup>3</sup>/s em 1 hora (precipitação de 253 mm). Esta vazão se soma à vazão recebida do canal CD-4 sendo que os efeitos de laminação resultam num nível máximo deste reservatório na El. 106,44 (1,44 m de sobrelevação). Esta laminação já leva em conta as vazões descarregadas pelo Vertedouro V-2 que atingem um valor máximo da ordem de 59,0 m<sup>3</sup>/s. Esta vazão definiu as dimensões deste vertedouro (crista na El. 105,00 com 20,0 m de largura). Este vertedouro descarrega as vazões vertidas no Canal de Derivação CD-2 que conduz as vazões ao rio Xingu. O Canal de Drenagem CD-2 foi dimensionado para esta vazão de 59 m<sup>3</sup>/s que resultou numa largura de 8,00 m, comprimento de 950 m com fundo inicialmente na El. 101,00 e no final na El. 100,05. A Figura 8.21 ilustra o amortecimento no reservatório do dique DCI-2.



**Figura 8.21 – Laminação no Reservatório do dique DCI-2**



b) Sistema 2 - Bacias 6 e 7

Este sistema coleta a vazão da área de drenagem das Bacias 6 e 7 conduzindo as águas coletadas para o reservatório formado pelo dique DCI-12. As vazões efluentes são vertidas pelo vertedouro V-9 e conduzidas pelo Canal de Drenagem CD-9 para um talvegue natural com foz no rio Xingu.

c) Sistema 3 - Bacias 8, 9, 10, 11 e 12

Este sistema coleta as vazões das áreas drenadas pelas Bacias 8, 9, 10, 11 e 12 conduzindo as águas drenadas para o igarapé Ticaruca. Após o início da geração a restituição se dará no próprio Reservatório Intermediário.

O dique DCI-14 coleta as águas provenientes da Bacia 8 sendo as mesmas derivadas pelo Vertedouro V-11 e conduzidas pelo Canal de Drenagem CD-11 até o reservatório formado pelos diques DCI-17 e DCI-19. Além das vazões descarregadas pelo Vertedouro V-11, o reservatório formado pelos diques DCI-17 e DCI-19 recebe a contribuição das Bacias 9 e 10 sendo as mesmas conduzidas pelo Canal de Drenagem CD-14 até o reservatório formado pelo dique DCI-20 que recebe a contribuição das Bacias 11 e 12. A restituição deste sistema se dá pelo Vertedouro V-16 e pelo Canal de Drenagem CD-16 que conduzem as águas coletadas para a bacia de contribuição do igarapé Ticaruca.

## UHE BELO MONTE

d) Sistema 4 - Bacias 13 e 14

Este sistema coleta a vazão da área de drenagem das Bacias 13 e 14 conduzindo as águas coletadas para o reservatório formado pelo dique DCI-21. As vazões efluentes são vertidas pelo vertedouro V-17 e conduzidas pelo Canal de Drenagem CD-17 para o igarapé Paquiçamba.

e) Sistema 5 - Bacias 35, 36 e 37

O reservatório formado pelo dique DCI-4 coleta as águas precipitadas na bacia 35 sendo as mesmas derivadas, pelo Canal de Drenagem CD-4A até o reservatório formado pelo dique DCI-3 que também recebe a contribuição de precipitação da Bacia 36. Estas águas são então vertidas pelo Vertedouro V-3 e conduzidas pelo Canal de Drenagem CD-3 até o reservatório formado pelo dique DCI-1. A condução final deste sistema de drenagem se dá pelo Vertedouro V-1 e Canal de Drenagem CD-1 que restituem as vazões coletadas em um córrego com foz no rio Xingu.

f) Sistema 6 - Bacias 31, 31A, 32, 33 e 34

O reservatório formado pelo dique DCI-9 recebe a contribuição das Bacias 33 e 34 e conduz as águas coletadas para o reservatório formado pelo dique DCI-10 através do Canal de Drenagem CD-7. O reservatório formado pelo dique DCI-10 recebe as aflúências provenientes do canal CD-7 e da Bacia 32 sendo as águas derivadas pelo Canal de Drenagem CD-8 conduzidas até o reservatório formado pelo dique DCI-11. O reservatório formado pelo dique DCI-13 recebe a contribuição da bacia 31A sendo as águas coletadas conduzidas pelo Canal de Derivação CD-10A até o reservatório formado pelo dique DCI-11. O reservatório formado pelo dique DCI-11 recebe a contribuição dos Canais de Drenagem CD-8 e CD-10A além da contribuição da bacia 31 transpondo as águas coletadas para a bacia de contribuição do igarapé Di Maria (com foz no rio Xingu) através do Canal de Drenagem CD-10.

g) Sistema 7 - Bacias 30

O reservatório formado pelo dique DCI-15A recebe a contribuição da Bacia 30 sendo as águas coletadas desviada pelo Canal de Drenagem CD-12A para a bacia de drenagem do igarapé Di Maria.

h) Sistema 8 - Bacias 28 e 29

O reservatório formado pelo dique DCI-15 recebe a contribuição da Bacia 29 sendo as águas coletadas desviadas pelo Canal de Drenagem CD-12B para o reservatório formado pelo dique DCI-16 que coleta as águas drenadas na Bacia 29 e conduz as mesmas para a bacia de drenagem do igarapé Di Maria através do Canal de Derivação CD-12.

---

## UHE BELO MONTE

i) Sistema 9 - Bacias 25, 26, 27, 27A, 38 e 39

O reservatório formado pelo dique DCI-16B recebe a contribuição da Bacia 27A sendo as águas coletadas desviadas pelo Canal de Drenagem CD-15 para o reservatório formado pelo dique DCI-16A que coleta as águas drenada na Bacia 27 e restitui as mesmas no reservatório formado pelo dique DCI-21A através do Vertedouro V-15A e canal de Drenagem CD-15A. O reservatório formado pelo dique DCI-21A recebe a contribuição das Bacias 26, 25, 38 e 39 sendo as águas coletadas descarregadas pelo vertedouro V-21 e conduzidas com o Canal de Drenagem CD-21 até o igarapé Paquiçamba.