

REVISÃO						
N	DATA	POR	DESCRIÇÃO	APR	DATA	APR

 THEMAG <small>ENGENHARIA E GERENCIAMENTO S/C LTDA</small>			
PROJ.	C	MA	DATA 30/11/2000
DES.	C	C	VISTO
VER. DES.	E	E	VISTO
VER. PROJ.	M	S	APROV.
RESPONSÁVEL TÉCNICO PEDRO DIEGO JENSEN		Nº CREA 87583/D	UF
GERENTE DE CONTRATO MARCELO LEITE BARBOSA DE SÁ		Nº CREA 51734/D	UF SP
APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO PEIXE			
ESTUDOS DE VIABILIDADE			
VOLUME 1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO			
ESCALA	SUBSTITUI		
	SUBSTITUÍDO		
Nº THEMAG 6235-01-			REVISÃO

 REDE <small>Empresas de Energia Elétrica</small> <small>Celtins</small>		 EDP <i>Brasil</i> <small>GRUPO EDP</small>		 FURNAS		 ENGEVIX	
CELTINS	EDP	FURNAS	ENGEVIX	Nº CELTINS		REVISÃO	
				Nº FURNAS		REVISÃO	

ÍNDICE

	Pag.
1. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	1
2. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDEDOR	2
3. DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	3
3.1. Descrição Geral do Arranjo	3
3.2. Desvio do Rio e Ensecadeiras	3
3.3. Barragens de Terra e Enrocamento	6
3.4. Vertedouro e Bacia de Dissipação	8
3.5. Tomada d'Água e Casa de Força	9
3.6. Área de Montagem e Edifício de Comando	13
3.7. Subestação Seccionadora	14
3.8. Sistema de Transmissão Associado ao AHE Peixe	14
3.9. Obras de Infra-Estrutura	15
3.10. Logística de Suprimento	16
3.11. Planejamento Construtivo e Cronograma de Construção	17
3.12. Reservatório	19
3.13. Sedimentologia	37
4. JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO	38
4.1. Considerações Gerais	38
4.2. Mercado a ser Atendido pela Usina	38
4.3. Alternativas Tecnológicas	39
4.4. Alternativas Locacionais	47

A) APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Aproveitamento Hidrelétrico Peixe, a ser implantado no rio Tocantins, Estado do Tocantins, terá 450 MW de potência instalada e um reservatório de 294 km² de área total.

O aproveitamento será integrado por uma barragem com altura máxima de 37 m no rio Tocantins, vertedouro de superfície para 42.500 m³/s, e conjunto tomada d'água - casa de força, com 4 conjuntos hidrogeradores Kaplan de 112,5 MW de potência cada um.

As obras serão localizadas nos municípios de Peixe e São Salvador e o reservatório atingirá áreas destes dois municípios, além de Paranã e de pequena porção de Palmeirópolis.

A produção média de energia da usina será de 2.714 milhões de GWh por ano, agregando 292 MW médios de energia firme ao sistema interligado brasileiro.

A disponibilidade de ponta será de 390 MW, considerando a reserva girante e uma taxa média de indisponibilidade.

A usina será interligada com a subestação Gurupi da linha de transmissão Imperatriz - Serra da Mesa, que interliga o Sistema Norte-Nordeste com o Sistema Sul-Sudeste.

Assim, a localização da usina permite que a sua energia seja injetada em um ou em outro Sistema, de acordo com as necessidades e as situações hidrológicas dos reservatórios.

B) APRESENTAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O Aproveitamento Hidrelétrico de Peixe deverá ser construído pelo futuro detentor da concessão para explorar os recursos hídricos nesse trecho do rio Tocantins, de acordo com as leis nºs 8987 de 13/02/95, nº 9074 de 07/07/95 e decretos nº 1717 de 24/11/95 e nº 2003 de 10/09/96.

De acordo com essas leis, quem obtiver a concessão pelo regime de licitação, deverá construir e operar a usina por um período de até 35 anos, renováveis por igual período.

Os Estudos de Viabilidade e os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) foram desenvolvidos pela THEMAG Engenharia, sob contrato com o Grupo CELTINS-EDP-FURNAS-ENGEVIX, que mantém registro ativo na ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, para execução desses estudos.

C) DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

d) Descrição Geral do Arranjo

A Ilustração “Arranjo Geral – Planta” apresenta a disposição geral das estruturas da barragem e da usina, integrada pelas seguintes estruturas:

- Barragem de terra na margem esquerda, com seção homogênea e filtros interceptores verticais e filtros-drenos horizontais de areia, numa extensão de 4.500m;
- Barragem de terra no canal do rio, num comprimento de 870,00m, com seção homogênea e filtros interceptores verticais e filtros-drenos horizontais de areia, com as ensecadeiras de montante e de jusante, da segunda fase de desvio do rio, incorporadas, e seção mista terra-enrocamento junto ao muro do vertedouro;
- Barragem de terra na margem direita, num comprimento de 230m, com seção homogênea e filtros interceptores verticais e filtros-drenos horizontais de areia;
- Vertedouro com 12 vãos, em concreto armado, com perfil Creager, dotados de comportas segmento de 23,10m de altura e 17,00m de largura, projetado para a vazão de 42500 m³/s, num comprimento de 291,00m, uma bacia de dissipação encurtada na cota 224,00m, e um canal de aproximação na cota 232,00m;
- Conjunto tomada d’água e casa de força, em concreto armado, com um comprimento de 123,20m, abrigando 4 unidades geradoras, com 450 MW de potência total instalada e vazão correspondente de 2.120 m³/s, num arranjo típico de usinas de baixa queda;
- Barragens de ligação, tipo gravidade, em concreto convencional, com 29,00m de extensão, entre o vertedouro e casa de força e de 38,00m, entre a área de montagem e a ombreira direita;
- Área de montagem, em concreto armado, contígua à casa de força, com uma largura de 64,00 m;
- Canal de fuga escavado em rocha, com o fundo variável, desde a cota 208,70m até a cota 231,00 m.

e) Desvio do Rio e Ensecadeiras

O desvio do rio foi configurado em duas fases.

Na primeira, o rio permanecerá em sua calha natural, muito pouco obstruído pela construção da ensecadeira, permitindo a proteção de todas as áreas onde serão implantadas as estruturas previstas para a margem direita, ou seja, tomada d’água/casa de força, vertedouro, barragem e muro de ligação, e trecho adjacente da barragem de terra.

Na segunda fase prevê-se a execução de ensecadeiras que irão proporcionar o desvio do rio pelas soleiras rebaixadas do vertedouro, permitindo, assim, a construção da barragem no leito do rio e garantindo a complementação dos aterros contíguos da margem direita. Ensecadeiras auxiliares de montante e jusante irão assegurar o prosseguimento e a conclusão das estruturas de concreto da tomada d'água/casa de força durante o desvio do rio pelas estruturas do vertedouro.

f) Fases de Desvio e Sequência Construtiva

O planejamento construtivo do AHE de Peixe prevê a execução da obra em quatro anos, abrangendo três períodos hidrológicos completos e dois de forma parcial. Ver Ilustração "Desvio do rio e Sequência Construtiva das Obras".

No projeto das estruturas de desvio e planejamento construtivo das obras, foi considerada a sazonalidade hidrológica do rio Tocantins e o regime de chuvas na região, tendo-se adotado os seguintes condicionantes principais:

- As estruturas que ficarão expostas as cheias no período de janeiro a abril, em qualquer fase construtiva, foram dimensionadas para a vazão de $Q = 19.800 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde a um período de recorrência de 50 anos;
- As obras ou fases de obra que operarão apenas fora do período de cheias, isto é, de maio a dezembro, foram dimensionadas com base nas cheias máximas esperadas, com período de retorno de 50 anos, para cada mês em particular, obtidas de estudos estatísticos de eventos máximos, a partir de séries históricas de vazões médias diárias;

As atividades relevantes a serem desenvolvidas para a construção do empreendimento, considerando-se um período ininterrupto de quatro anos, compatível com os volumes envolvidos e obras similares são descritas a seguir:

- Ano 1

Os primeiros serviços serão a execução da terraplenagem do canteiro de obras, as escavações dos canais de adução/aproximação a montante e de fuga/restituição a jusante, em cota final, nos trechos compreendidos entre os tramos da ensecadeira auxiliar de primeira fase, posicionados na planície aluvionar da margem direita, e das estruturas de concreto da tomada d'água/casa de força, barragem de ligação e muros de transição.

No final da estiagem deverá estar concluída a ensecadeira de primeira fase, que ficará exposta à passagem das duas cheias subsequentes.

Ainda no ano 1, deverão ser iniciados os trabalhos de concretagem do vertedouro.

- Ano 2

No segundo ano de obra admite-se a conclusão das escavações de fundação das estruturas posicionadas na margem direita e continuidade no lançamento de concreto nas estruturas. Na margem esquerda, a construção do maciço compactado da barragem será iniciada.

Neste ano, também estarão em andamento as escavações dos canais posicionados a montante e jusante das estruturas de concreto, preservando-se um septo natural nas proximidades da margem do rio até que seja efetivado o desvio do rio.

Antecipando aos serviços da segunda fase de desvio, poderão ser iniciadas, na época seca, as ensecadeiras auxiliares de montante e jusante da casa de força.

- Ano 3

Neste ano terá continuidade a execução das estruturas de concreto da tomada d'água/casa de força, vertedouro, barragem de ligação e muros de transição.

É imperativo que, até a efetivação do desvio de segunda fase, estejam executadas as escavações dos canais previstos a montante e jusante das estruturas de concreto, as obras parciais previstas para o aterro da barragem adjacente ao muro de transição, as ensecadeiras auxiliares montante e jusante de proteção à tomada d'água/casa de força e a concretagem das soleiras rebaixadas e bacia de dissipação do vertedouro.

Serão realizados os rebaixamentos das ensecadeiras de primeira fase de acordo com a curva de recessão da hidrógrafa, até a completa remoção dos trechos que interfiram com o desvio pelo vertedouro.

O desvio do rio pelas soleiras rebaixadas do vertedouro será realizado com o fechamento do rio, através das pré-ensecadeiras da ensecadeira de segunda fase e remoção simultânea dos tramos de montante e de jusante da ensecadeira de primeira fase.

Após o esgotamento do recinto ensecado, serão iniciados os serviços de limpeza e tratamento das fundações da barragem no canal do rio e alteadas as ensecadeiras até às cotas previstas no projeto. Salienta-se que, com a conclusão das ensecadeiras, o aterro da barragem da margem esquerda deverá estar, no mínimo, à cota 253,10 m.

As ensecadeiras de segunda fase irão operar apenas durante uma cheia.

- Ano 4

No quarto e último ano de obra serão prosseguidas e concluídas todas as obras das estruturas de concreto e de terra/enrocamento.

O fechamento do rio terá o seu início com a descida progressiva das comportas segmento acompanhada da execução do alteamento dos vãos do vertedouro. Estas atividades serão precedidas da remoção das ensecadeiras auxiliares de montante e de jusante de proteção à tomada d'água/casa de força e de alguns trechos da vedação da ensecadeira de jusante, para possibilitar a drenagem do tapete drenante horizontal da barragem de terra compreendida no canal do rio.

Com o coroamento e conclusão das estruturas de terra/enrocamento e de concreto, e a complementação da concretagem das ogivas do vertedouro, proceder-se-á ao enchimento do reservatório, aos testes finais dos equipamentos eletromecânicos e ao início da geração comercial da primeira unidade.

g) Projeto das Ensecadeiras

A ensecadeira de primeira fase, implantada na margem direita, será constituída por dois tramos posicionados a montante e a jusante das estruturas do barramento principal, interligados por um outro tramo com um desenvolvimento paralelo à margem do rio. A seção típica será do tipo homogênea em solo compactado, com um tapete drenante horizontal sob o espaldar de jusante. Estes aterros serão construídos com cristas de 10,00m de largura, até as cotas 248,00m e 247,30m, respectivamente a montante e a jusante.

No trecho marginal ao rio está prevista a implantação inicial de uma pré-ensecadeira em enrocamento com vedação externa, na cota 237,70m. Após o esgotamento da água contida no

recinto interno ocorrerá o alteamento da ensecadeira com solo compactado. No talude externo será executada uma proteção constituída por blocos de rocha.

As ensecadeiras de segunda fase serão constituídas por duas ensecadeiras principais posicionadas transversalmente ao canal do rio Tocantins e pelas ensecadeiras auxiliares de proteção da tomada d'água/casa de força.

Objetivando a proteção da tomada d'água/casa de força durante a segunda fase de desvio, deverá ser executada, com antecedência ao fechamento do rio, uma ensecadeira auxiliar a montante e outra a jusante destas estruturas.

A segunda fase de desvio será estabelecida pelo redirecionamento das águas do rio através das soleiras rebaixadas do vertedouro. O fechamento do canal do rio será precedido do lançamento das pré-ensecadeiras nas cotas 240,70m (montante) e 237,70m (jusante), constituídas por um cordão de enrocamento com vedação externa, lançados na água.

Após o esgotamento do recinto interno as ensecadeiras serão alteadas em solo compactado até as cotas 253,10m (montante) e 247,30m (jusante).

h) Barragens de Terra e Enrocamento

Os materiais para construção das barragens serão retirados de áreas de empréstimo, cuja localização pode ser visualizada na Ilustração “Localização das Áreas de Empréstimo – Planta”.

i) Escavação e Tratamento da Fundação

Para implantação das obras de terra nas margens, está prevista a remoção da camada superficial do terreno (~1,0m), que contém raízes e matéria orgânica. Deverão ser também removidos os solos moles e fofos que, localizadamente, podem atingir até 4,00m de profundidade, em áreas alagadiças.

Ao longo do eixo de barramento deverá ser escavada trincheira de vedação, interceptando o pacote aluvionar que contém, na base, camada de cascalho de elevada permeabilidade.

No leito do rio deverá ser removida toda a camada de aluvião com cascalho, ficando a barragem assente diretamente no maciço rochoso gnáissico. Nas eventuais zonas fraturadas ou muito irregulares prevê-se a aplicação de concreto dental e/ou tapete de concreto.

Ao longo do eixo, numa extensão da ordem de 220m na margem direita, todo leito do rio e 1.200m na margem esquerda deverá ser executada cortina de injeção de calda de cimento, com profundidade máxima de 20,00m.

j) Barragem de Terra da Margem Esquerda

Será implantada na margem esquerda em um terreno de topografia monótona, estendendo-se desde o barranco esquerdo do rio Tocantins até a ombreira. Com um comprimento aproximado de 4.500m, o barramento apresenta, neste trecho, alturas máxima e média, respectivamente, de 24,00m e 13,00m.

A seção transversal adotada para a barragem é do tipo homogênea, prevendo-se a utilização predominante de solos oriundos das áreas de empréstimo próximas. As seções transversais típicas estão apresentadas na Ilustração “Barragem de Terra – Seções Típicas”.

Com base nas características geotécnicas dos materiais de construção disponíveis, foi concebida, para o talude externo de montante, uma inclinação de 1V:2,5H. Este talude será

protegido por enrocamento especial de proteção (rip-rap), na zona de oscilação do nível d'água, desde a crista até a cota 258,50m. Abaixo é prevista uma proteção superficial provisória, apenas para preservação do maciço durante o período construtivo.

Os taludes de jusante foram configurados com diferentes inclinações entre as bermas, variando de 1V:2,2H, no trecho imediatamente abaixo da crista, à 1V:2,5H, nas proximidades da fundação.

A jusante do maciço compactado são previstas proteções com materiais pétreos abaixo da berma posicionada na cota 253,00m, abrangendo a zona de oscilação do nível d'água de jusante. No trecho superior será utilizado revestimento vegetal como proteção.

k) Barragem de Terra do Canal do Rio

O trecho de barragem no leito do rio, com extensão de 870,00m, terá altura máxima de 37,00m e concepção análoga à descrita para o maciço compactado da margem esquerda, com exceção de algumas alterações que foram necessárias para adequação às condições locais.

Com a construção dos tramos de montante e de jusante das ensecadeiras de segunda fase, adjacentes ao eixo do barramento, procurou-se maximizar a incorporação destes ao maciço compactado da barragem.

l) Barragem de Terra da Margem Direita

O trecho pouco extenso de barragem, com cerca de 230,00m de desenvolvimento, e, limitado à margem direita do rio, será parcialmente executado no interior do recinto protegido pela ensecadeira de primeira fase. O volume restante, mais significativo do maciço compactado, deverá ser construído simultaneamente com o aterro da barragem do canal do rio adjacente, após a execução das ensecadeiras de segunda fase.

A concepção da barragem da margem direita é semelhante à adotada para o maciço compactado do trecho adjacente do canal do rio.

m) Vertedouro e Bacia de Dissipação

O vertedouro, do tipo ogiva baixa, com soleira à cota 241,00m, a ser implantado na margem direita do rio Tocantins e com um desenvolvimento de 291,00m, será dotado de doze vãos, controlados por comportas segmento, de 17,00m de largura, por 23,10m de altura e permitirá a passagem da cheia de projeto $Q = 42.500\text{m}^3/\text{s}$. Ver as Ilustrações “Estruturas de Concreto – Planta” e “Vertedouro – Planta, Cortes, Muros e Detalhes”.

A realização de trabalhos de manutenção e reparação das comportas segmento será assegurada por um conjunto de comportas ensecadeiras, comum aos 12 vãos, que também poderá ser utilizado no ensecamento dos vãos por jusante, para eventual manutenção da soleira de descarga. Portanto, cada um dos 12 vãos será provido de conjuntos de ranhuras, tanto a montante como a jusante.

Os pilares de sustentação das comportas, com espessuras variando de 5,00m nos pilares intermédios e 16,00m nos pilares de extremidade, foram projetados com perfil hidrodinâmico a montante e, terminam num plano vertical, coincidente com o início da bacia de dissipação.

As soleiras do vertedouro serão mantidas rebaixadas na cota 235,70m, para garantir a segunda fase de desvio do rio Tocantins. O alteamento dessas soleiras será efetuado com o corte do fluxo pelas comportas segmento e a descida das comportas ensecadeiras, a montante e a jusante da ogiva.

A fim de garantir condições adequadas de escoamento, na aproximação e para o desvio do rio, foi previsto a montante do vertedouro um canal, na cota 232,00m, com largura igual à do vertedouro.

A dissipação de energia será por ressalto hidráulico, em bacia com as dimensões em planta de 259,00m de largura e 150,00m de comprimento; piso à cota 224,00m e apenas metade do seu comprimento teórico revestido com lajes de concreto armado, aproveitando as boas qualidades mecânicas do maciço rochoso. No final do trecho revestido, para prevenir eventuais erosões sob as lajes, foi prevista a implantação de uma soleira terminal, com o coroamento na cota 229,00 m.

Confinando o escoamento na bacia de dissipação, no seu trecho revestido, foram previstos dois muros laterais, coroados na cota 252,00 m.

A ogiva do vertedouro, constituída por um perfil “Creager”, foi projetada para a passagem da vazão de projeto, $Q= 42.500\text{m}^3/\text{s}$, de modo a não introduzir sobrelevação do nível máximo normal do reservatório, na cota 263,00m. No seu dimensionamento levaram-se conta as condições de aproximação e de restituição e as perdas de carga introduzidas pelos pilares.

As estruturas do vertedouro deverão ser apoiadas em maciço rochoso são, coerente e medianamente a pouco fraturado.

O tratamento de fundação será constituído por cortina de injeção de calda de cimento, furos de drenagem e rede de meias-cana para drenagem superficial, além de barras de ancoragem na laje da bacia de dissipação. No trecho não revestido da bacia de dissipação estão previstos tratamentos localizados, através de concreto de regularização, eventualmente chumbado ao maciço rochoso.

A estrutura, do tipo gravidade e em concreto armado, é composta por 12 blocos, sendo 10 típicos e 2 de extremidade, dimensionados e configurados em função das solicitações e geometria das estruturas vizinhas.

Para garantir a estabilidade destas estruturas foram previstas duas galerias de drenagem, a montante e a jusante do vertedouro, a partir das quais foi prevista, a realização de cortinas de injeção para melhorar o desempenho das estruturas.

Sobre os pilares, foram previstas duas pontes, para a operação do pórtico, a montante, e de serviços, a jusante, ambas em concreto protendido.

A bacia de dissipação será constituída por laje de concreto armado, com 1,50m de espessura, drenada por um sistema de meias-canas e ancoradas ao maciço rochoso, por uma malha de chumbadores, para garantir sua estabilidade à ação das solicitações hidrodinâmicas.

O pórtico rolante do vertedouro deslocar-se-á ao longo do vertedouro e também da tomada d'água. Servirá, tanto para a movimentação dos elementos da comporta ensecadeira durante a operação normal e destes elementos e das ensecadeiras provisórias na 2ª fase de desvio do rio, como para o manuseio das comportas ensecadeiras e de emergência da tomada d'água.

n) Tomada d'Água e Casa de Força

o) Descrição Geral

O conjunto tomada d'água/casa de força, com um desenvolvimento de 123,20m, será formado por 4 blocos de concreto armado, de 30,80m de comprimento e 89,00m de largura. Ver Ilustração “Arranjo Eletromecânico – Tomada d'Água e Casa de Força – Seção Transversal”.

Cada tomada d'água possuirá três vãos independentes, separados por septos de 2,70m de espessura, que servirão também de apoio aos painéis das grades.

As grades serão manobradas e limpas por máquina limpa-grades, a partir do coroamento da tomada d'água, na cota 267,00m. Também nesta cota, operará o pórtico de manobra e manutenção das comportas ensecadeira e das comportas de emergência.

Para garantir boas condições de aproximação às tomadas d'água, foi prevista a construção de uma câmara de carga, escavada até à cota 232,00m, abrangendo todo o desenvolvimento das tomadas d'água e num comprimento da ordem dos 40,00m.

A casa de força, do tipo convencional e abrigada, terá o piso principal na cota 243,20m, a cobertura na cota 277,00m e o ponto mais profundo de sua fundação na cota 200,00m. A comunicação externa entre os blocos da casa de força e as áreas de descarga e montagem será feita por uma plataforma, ao longo de toda a extensão da casa de força, na cota 255,00m, e pelo pátio exterior das áreas de descarga e montagem.

A montante do vão central, junto às tomadas d'água, está prevista a galeria de ventilação, que terá seu piso na cota 255,00m, e as que alojarão equipamentos mecânicos, nas cotas 262,00m (central oleodinâmica das comportas da tomada d'água) e 242,70m (sistema de resfriamento, compressores de ar e bombas anti-incêndio). Nesta última, prevê-se a operação de uma ponte rolante de serviço, com capacidade para 50 kN. As centrais de ventiladores de montante estarão situadas no piso à cota 255,00m.

A jusante do vão central estarão as galerias para equipamentos elétricos e mecânicos, com pisos nas cotas 231,85m (trocadores de calor do óleo dos mancais, reservatório de óleo, sistema de medições hidráulicas e demais equipamentos elétricos), 238,35m e 243,20m (galerias de equipamentos elétricos). Na galeria do piso 248,70m serão instalados os dutos (plenum) de ventilação, as válvulas dilúvio, além dos equipamentos elétricos. No trecho da área de montagem serão instaladas as salas de comando, telecomunicações, sanitários, sala de reuniões, copa e central de ar condicionado.

Sobre a plataforma de jusante, na cota 255,00m, estarão os transformadores elevadores de tensão, isolados entre si por paredes corta-fogo.

A fim de coletar as águas de infiltração e encaminhá-las aos poços de bombeamento, estão previstas, na casa de força, duas galerias de drenagem, uma situada abaixo do tubo de sucção da turbina e outra na extremidade jusante, com pisos nas cotas 202,00m e 204,00m, respectivamente.

O tubo de sucção foi projetado com dois vãos independentes de 11,00m de largura, separados por um pilar de 2,50m de espessura. O seu ensecamento será feito por meio de comportas ensecadeira, que serão operadas por uma ponte rolante na cota 262,00m. A estrutura porticada de suporte das vias de rolamento dessa ponte rolante servirá também de apoio ao pórtico de saída das linhas, dos transformadores para a subestação.

Com a finalidade de dotar a saída do tubo de sucção de condições hidráulicas adequadas, será escavado o canal de fuga, com largura igual à da casa de força e inclinação de 1V:6H, até atingir o canal de restituição do vertedouro.

O acesso à casa de força dar-se-á pela área de descarga, a partir do pátio de manobra e recepção de cargas ou da crista da tomada d'água.

No nível do pátio de manobras está prevista uma plataforma, sobre as galerias elétricas, para a instalação, operação e manobras dos transformadores elevadores e reguladores de tensão, além de equipamentos do sistema de ventilação da usina.

As seções de entrada das tomadas d'água foram projetadas para que a velocidade na área bruta das grades, em condições nominais de operação, não exceda a 1,00 m/s.

A câmara de carga foi dimensionada para garantir a redução gradual da velocidade observada no canal de adução, para 1,00 m/s junto às grades.

O canal de fuga foi dimensionado para que, na condição de operação com apenas a vazão média do período crítico, as velocidades não excedam a 1,50 m/s, garantindo assim perdas de carga mínimas .

As estruturas de concreto da tomada d'água/casa de força deverão ser apoiadas em maciço rochoso são, coerente e pouco a medianamente fraturado.

A escavação deverá ser extremamente cuidadosa tendo em vista os planos de fraqueza representados pela xistosidade, evitando dessa maneira tratamentos onerosos nos elevados taludes para implantação da tomada d'água/casa de força, com altura superior a 30,00 m.

O tratamento de fundação deverá ser constituído por uma cortina de injeção de calda de cimento e furos de drenagem.

As 12 aberturas da tomada d'água serão protegidas por grades móveis e passíveis de limpeza por máquinas limpa-grades, concebidas para impedir a entrada de quaisquer materiais arrastados pelo rio com dimensões iguais ou superiores a 150 mm.

As características hidrológicas do rio Tocantins, com cheias de grande intensidade e subidas bruscas dos níveis d'água, invadindo margens e zonas ribeirinhas, alertam para a possibilidade de carreamento de volumes significativos de materiais para as grades. Por este motivo, decidiu-se prever a instalação de uma máquina limpa-grades para recolher tais detritos e minimizar as perdas de carga no circuito hidráulico.

p) Equipamentos Mecânicos

O fechamento e proteção por montante de cada unidade geradora será assegurado por 3 comportas vagão com vedação a montante, projetadas para o fechamento de emergência, sob o nível máximo d'água a montante e vazão máxima da turbina, em condições de disparo, assim como para a abertura sob condição hidráulica não equilibrada, correspondente à diferença entre o nível máximo d'água a montante e pressão atmosférica a jusante (caixa espiral vazia).

Cada comporta será manobrada por um servomotor óleo-hidráulico de simples efeito, capaz de abrir a comporta entre 50 a 100 mm sob condição hidráulica não equilibrada, para enchimento controlado da caixa espiral, completar a abertura com pressões equilibradas e amortecer o fechamento da comporta por gravidade.

As 3 aberturas da tomada d'água de cada unidade geradora poderão ser fechadas por intermédio de 3 comportas ensecadeira, de modo a possibilitar a manutenção das comportas de emergência.

Os estudos de motorização do Aproveitamento de Peixe fixaram uma potência total instalada de 450 MW dividida por 4 unidades geradoras, com queda líquida de projeto de 26,07m e queda líquida de referência de 23,80 m.

A faixa de quedas prevista para o Aproveitamento de Peixe levou à escolha de turbinas do tipo Kaplan.

Sendo a potência de cada unidade geradora, entendida como o conjunto constituído pela turbina, gerador e transformador, igual a 112,5 MW, a potência unitária das turbinas, sob a

queda líquida de referência será de 115,4 MW, admitindo rendimentos do gerador e do transformador iguais a 98,5 % e 99,0 %, respectivamente.

A vazão nominal de cada turbina sob a queda líquida de referência será de 530 m³/s, considerando o rendimento da turbina.

Sob a queda líquida de projeto e sem limitação da abertura do distribuidor, a vazão de cada turbina será de 555 m³/s e a potência correspondente de 132,3 MW.

Estão previstas as seguintes condições hidráulicas de operação:

- níveis d'água de montante:
 - máximo maximorum 263,00 m
 - máximo normal 263,00 m
 - mínimo 261,00 m

- níveis d'água de jusante:
 - máximo excepcional 250,49 m
 - Q = 4 x 530 = 2120 m³/s 236,14 m
 - Q = 555 m³/s 234,21 m
 - Q = 530 m³/s 234,16 m

As 2 aberturas do tubo de sucção de cada turbina serão fechadas por intermédio de 2 comportas ensecadeira, de modo a possibilitar a manutenção da turbina ou a reparação do concreto do próprio tubo de sucção.

A casa de força será equipada com 2 pontes rolantes com a capacidade nominal de 2500 kN, projetadas para trabalhar isoladamente e acopladas. As duas pontes terão por funções a descarga, montagem e manutenção dos equipamentos mais pesados da casa de força.

A capacidade nominal das pontes rolantes do conjunto foi estabelecida pela peça mais pesada a ser movimentada, o rotor do gerador, cujo peso foi estimado em 4300 kN. As demais características foram determinadas em função das exigências de montagem dos grupos turbina-gerador.

A Casa de Força disporá dos seguintes sistemas auxiliares mecânicos:

- Sistema de Água de Resfriamento
- Sistema de Esvaziamento das Unidades
- Sistema de Drenagem
- Sistema de Ventilação
- Sistema de Ar Comprimido
- Sistemas de Proteção Contra Incêndio
- Sistema de Medições Hidráulicas

q) Equipamentos Elétricos

A configuração do Sistema Elétrico contempla quatro geradores síncronos de 137 MVA, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Kaplan, de eixo vertical.

Os geradores serão conectados a transformadores elevadores 13,8/525 kV - 137 MVA (trifásicos) através de barramento blindado de fases isoladas, formando ligações em blocos unitários, aos quais serão ligados o cubículo de surto e transformador de excitação de cada unidade.

De cada transformador elevador sairá uma linha para a Subestação Seccionadora, onde será feito o paralelismo das unidades.

No arranjo físico da casa de força, os equipamentos elétricos ocuparão preferencialmente o lado de jusante. Assim, os transformadores elevadores, os reguladores(13,8kV), o grupo diesel gerador e os reatores limitadores ficarão no lado externo, na cota 255,00m. Já no interior da casa de força, na galeria da cota 248,70m, deverão ficar os equipamentos principais dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada e de Corrente Contínua. Na galeria da cota 243,20m, ficarão os equipamentos de Comando, Controle, Proteção e Supervisão local para cada máquina. Na cota 238,35m ficarão instalados os equipamentos principais dos Serviços Auxiliares de Corrente Contínua e os equipamentos auxiliares de cada máquina, tais como, cubículo de surto, sistema de excitação, cubículo de neutro, etc..

As salas de comando centralizado e de comunicação estarão situadas na área de montagem na cota 248,70m.

Os alimentadores para os Serviços auxiliares serão derivados das unidades 1 e 4.

O sistema de comando, controle e supervisão da usina e subestação será concebido de forma que seja possível a operação a partir de dois níveis, denominados de local e centralizado.

O sistema de comando local se destina ao controle individual das unidades turbina-gerador-transformador, comportas de tomada d'água, vertedouro, serviços auxiliares, e deverá ser equipado com recursos suficientes para o controle completo da unidade ao qual se relaciona.

r) Área de Montagem e Edifício de Comando

A área de montagem, com um comprimento total de 64,00m e distribuída em dois blocos, situa-se na extremidade direita da casa de força, e foi concebida para montagem concomitante de duas unidades geradoras.

O piso principal, à cota 243,20m, possui uma área útil central com 24,00m de largura e 50,00m de comprimento. Na periferia desta área foram projetadas galerias auxiliares, destinadas a oficinas, depósitos e áreas para serviço da usina, e os principais acessos às galerias e poços de drenagem e esgotamento da usina.

No prolongamento da área de montagem junto ao encontro direito, na cota 255,00m, localiza-se a plataforma de descarga, destinada ao recebimento dos equipamentos da usina, com as dimensões de 45,00m por 12,00m de largura.

A sala de comando, incluindo os escritórios e galeria de serviço, estará situada na área de montagem.

O acesso principal à sala de comando será feito pela cota 255,00m, bem como o acesso secundário e de serviços.

s) Subestação Seccionadora

A subestação seccionadora será posicionada na margem direita do rio, numa área relativamente plana, cerca de 600,00m a jusante da casa de força. Ver Ilustração “Arranjo do Canteiro de Obras, Subestação e Acessos – Planta”.

Na concepção da subestação foi selecionado um arranjo totalmente convencional, com esquema de manobra barra dupla, disjuntor simples para os ‘bays’ de entrada de máquinas e disjuntor duplo para a saída da linha de transmissão.

Do pátio de 500 kV, sairá uma LT para a SE Gurupi conectando o AHE Peixe à interligação Norte/Nordeste - Sul/Sudeste.

Estão previstas duas edificações. Um dos edifícios contempla a casa de relés para as linhas de interligação com a usina e linha para Gurupi, barras e uma linha futura. Este edifício será adequadamente posicionado no pátio da subestação, para comportar os quadros de proteção, controle, serviços auxiliares, comunicação, etc.. No outro será instalado o grupo diesel gerador de emergência.

Foi ainda prevista a torre metálica para o sistema de comunicações.

t) Sistema de Transmissão Associado ao AHE Peixe

O sistema de transmissão associado ao AHE de Peixe é constituído por uma linha de transmissão em 500 kV, ligando o AHE às instalações de 500 kV da interligação Norte-Sul (Rede Básica), na subestação Gurupi. O seu traçado preliminar encontra-se representado na Ilustração “Sistema de Transmissão Associado – Rota Preliminar”.

As instalações de 500 kV são caracterizadas pelos seguintes parâmetros básicos:

a) Linha de Transmissão

- Comprimento aproximado:..... 120 km
- Tensão: 500 kV
- Nº de Circuitos: 1 circuito simples
- Cabo Condutor: 3 x 900 MCM

b) Subestações

- Terminal da AHE Peixe - Características básicas conforme Ilustração 65.
- Terminal SE Gurupi - Conforme definido nos Projetos da Interligação Norte-Sul.

c) Aspectos Ambientais

- A rota preliminar, com cerca de 120 km de extensão, atravessa basicamente áreas de cerrados abertos e/ou acompanha a rodovia TO-280;
- As licenças ambientais deverão ser obtidas na fase de elaboração do Projeto Básico destas instalações de transmissão.

u) Obras de Infra-Estrutura

Neste item serão abordados os principais aspectos relativos à infra-estrutura de apoio às obras considerando os acessos desde Gurupi e Peixe, o arranjo do canteiro e o acampamento para a construção.

As cidades de Gurupi, São Valério de Natividade e Peixe, distantes, respectivamente, 108km, 45km e 38km da obra, servirão de apoio logístico à construção do aproveitamento.

v) Acessos

O acesso rodoviário de Gurupi e de Peixe até o local da obra aproveitará parte da malha rodoviária local, cujo estado de conservação pode ser considerado bom. Ver a Ilustração “Mapa de Localização e Acessos”.

Haverá necessidade de beneficiar em termos de traçado, drenagem e pavimentação o trecho que liga a estrada TO-280 (Peixe - Natividade) ao local da obra numa extensão de 14 km.

Embora não seja prevista a pavimentação das vias internas do canteiro de obra, os acessos que servirão de apoio à execução das obras civis deverão ser construídos e mantidos em condições de tráfego durante todo o ano.

w) Canteiro de Obras Civis e Montagem Eletromecânica

O dimensionamento do canteiro de obras civis e de montagem eletromecânica baseou-se no planejamento construtivo, métodos executivos previstos, cronograma e histogramas de produção e na experiência obtida em obras similares.

Considerando que o arranjo detalhado do canteiro está intimamente relacionado com a prática e a experiência das empreiteiras de construção e montagem, o arranjo da Ilustração “Arranjo do Canteiro de Obras, Subestação e Acessos – Planta”, apresenta apenas a concepção geral e a disposição das instalações principais, com fins de planejamento da obra.

Os condicionantes básicos que orientaram o arranjo dos canteiros principais, na margem direita, foram os seguintes:

- Posicionamento da central de concreto o mais próximo possível das estruturas de concreto, para minimizar as distâncias de transporte;
- Localização dos estoques de rocha próximos das escavações obrigatórias e do canteiro industrial;

- Dimensões das áreas necessárias à construção e à operação das diversas instalações, incluindo as relativas ao canteiro provisório;
- Posicionamento das ensecadeiras do canal de fuga, da subestação seccionadora e das saídas de linha.

As características das principais instalações industriais são as seguintes:

- Duas centrais de concreto, com produção máxima total de 50.000 m³/mês;
- Instalações de britagem com produção máxima mensal da ordem de 300 t/h;
- Instalações para refrigeração de concreto constituídas por equipamentos frigoríficos para produção de gelo em escamas;
- Central de ar comprimido com capacidade de até 15.000 m³/h;
- Instalação de pátio de carpintaria para uma produção de 1.500 m²/mês de formas de madeira;
- Instalações para produção de água industrial e tratada, considerando um consumo de cerca de 4.000 m³/h e 100 m³/h, respectivamente;
- Pátio de armação com instalação de máquinas de corte e dobramento de ferro, com capacidade da ordem de 8.000 t/mês.

Além desses itens, foram previstos os demais equipamentos necessários ao atendimento das obras.

Em relação ao alojamento do pessoal envolvido na construção da obra previu-se que os contratados localmente e mais o pessoal técnico/universitário e administrativo/encarregados seriam alojados nas cidades de Gurupi, São Valério da Natividade e Peixe, e os solteiros vindos de fora em alojamentos a serem construídos no local da obra.

x) Logística de Suprimento

A definição da logística de suprimento de materiais, equipamentos e energia para a construção da obra baseou-se nos quantitativos necessários ao abastecimento, decorrentes dos cronogramas e histogramas de produção e consumo, bem como nos acessos existentes.

Os principais itens a serem transportados para a obra, provenientes de outras regiões do país, são o cimento, a pozolana e os produtos siderúrgicos, como chapas, perfis e barras de aço para construção, os equipamentos de construção e os equipamentos eletromecânicos da usina.

Considerou-se que o cimento e a pozolana seriam provenientes das regiões norte, nordeste, centro-oeste e sudeste do país.

Com relação ao suprimento de produtos siderúrgicos, foram considerados fornecedores das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.

O transporte do cimento, da pozolana e dos produtos siderúrgicos para suprimento da obra foi considerado por via rodoviária.

O fornecimento dos equipamentos eletromecânicos da usina foi considerado a partir do parque industrial da Grande São Paulo, utilizando igualmente a via rodoviária.

O suprimento de energia elétrica ao canteiro poderá ser assegurado pelo distribuidor local de energia elétrica ou recorrendo a uma usina termelétrica especialmente construída para esse fim.

Para o canteiro principal, da margem direita, foi definida uma curva de carga que apresenta valores máximos da ordem 1 MVA no primeiro ano, 6,5 MVA no segundo e um pico de 8 MVA no terceiro, decrescendo nos anos seguintes.

Para o canteiro auxiliar, na margem esquerda, estimou-se uma demanda máxima de 0,5 MVA, nos meses secos, para atender à execução das obras de terra.

y) Planejamento Construtivo e Cronograma de Construção

z) Planejamento Construtivo

O planejamento para a construção do AHE de Peixe baseou-se na natureza e volumes dos serviços envolvidos, nos métodos e equipamentos de construção, na produtividade comumente observadas neste tipo de empreendimento, nas características da área e da região onde será implantada a obra e nas condicionantes hidrometeorológicas locais.

O prazo previsto da construção das obras, desde o seu início até a geração da primeira unidade, foi de 4 anos.

Na definição dos prazos de construção e histogramas das obras civis, consideraram-se as seguintes produções máximas mensais:

Concreto	51.900 m ³ /mês
Escavação/Solo	500.000 m ³ /mês
Escavação/Rocha	180.000 m ³ /mês
Aterros	350.000 m ³ /mês

No planejamento global previu-se que a mobilização para o início das obras, instalação do canteiro, acampamento e serviços preliminares de construção de acessos e estradas dar-se-ia no primeiro trimestre do ano 1.

O início efetivo da construção do aproveitamento foi previsto para abril do ano 1.

Foi também adotado na elaboração dos cronogramas o critério de máxima utilização direta dos materiais das escavações obrigatórias, evitando-se portanto, estoques intermediários. Em geral, foi sempre possível utilizar diretamente nas obras de terra e enrocamento o produto das escavações comuns e em rocha.

No caso específico das escavações comuns, foi assumido o aproveitamento de, no máximo, 50% do material escavado. O restante foi destinado aos aterros de canteiro, da subestação, construção dos acessos ou mesmo para bota-fora. Todos os excedentes da escavação em rocha foram direcionados para o estoque.

Quanto à subestação, ela foi considerada o mais próximo possível da casa de força e com dimensões compatíveis para a interligação com o sistema de transmissão Norte-Sudeste. Este posicionamento da subestação norteou a implantação do canteiro industrial em um local um pouco mais distante do local da obra principal.

Tendo em vista os aspectos climatológicos e hidrológicos, considerou-se a execução dos trabalhos de escavação comum no período de abril a novembro e a construção de aterros no

período seco, entre maio e novembro. Não foram considerados períodos de restrições construtivas para escavação em rocha e lançamento de concreto.

aa) Cronograma de Construção

A data de referência para o estabelecimento do cronograma de construção foi janeiro do ano 1, que corresponde ao início da mobilização do pessoal e dos equipamentos necessários à construção da usina.

A construção da estrada de acesso definitivo e do canteiro industrial, começando pelos canteiros provisórios, tem seu início previsto para abril do mesmo ano 1, época em que normalmente a frequência e intensidade das chuvas começa a diminuir.

As escavações comum e em rocha deverão ser iniciadas juntamente com os serviços iniciais de instalação do canteiro, a fim de permitir a obtenção de estoques de rocha, para a execução das ensecadeiras de primeira fase.

Isto será possível pois, apesar de não se ter ainda os acessos definitivos implantados, os equipamentos pesados requeridos para estas atividades poderão chegar ao local mediante pequenas melhorias nas estradas existentes.

Ainda no ano 1, está previsto o ensecamento da área de implantação das estruturas de concreto.

A segunda fase de desvio deverá ocorrer em junho do ano 3, quando deverão estar concluídas as ensecadeiras auxiliares e o vertedouro rebaixado com suas peças fixas e comportas.

A remoção das ensecadeiras auxiliares deverá ocorrer a partir de maio do ano 4, devendo estar concluída até finais de outubro do mesmo ano. A montagem dos equipamentos eletromecânicos principais da usina deverá iniciar-se em setembro do ano 2, devendo a unidade 1, a primeira a ser montada, entrar em operação comercial em 31 de dezembro do ano 4. As demais unidades serão montadas em sequência, com defasagem de quatro meses entre cada uma.

Referem-se de seguida as principais datas-marco:

- Data-marco 0: Mobilização do empreiteiro - janeiro ano 1;
- Data-marco 1: Início das obras civis - abril ano 1;
- Data-marco 2: Desvio de 1ª fase - maio ano 1;
- Data-marco 3: Início das obras de concreto - dezembro ano 1;
- Data-marco 4: Desvio de 2ª fase (soleiras rebaixadas) – junho ano 3;
- Data-marco 5: Enchimento do reservatório – início de novembro ano 4;
- Data-marco 6: Início de geração comercial – final de dezembro ano 4;
- Data-marco 7: operação comercial da última unidade – final de dezembro ano 5.

A adjudicação do fornecimento dos equipamentos deverá ocorrer em janeiro do ano 1.

A Ilustração “Cronograma Geral de Construção” apresenta o cronograma da obra, com a indicação das datas-marco consideradas.

bb) Reservatório

O reservatório apresenta uma superfície de 294 km² e um comprimento da ordem dos 120 km, para o nível d'água máximo normal na cota 263,00m.

As características morfológicas do vale do Tocantins neste trecho do rio conferem ao reservatório um formato predominantemente alongado, orientado no sentido sul - norte. Sua largura varia entre 4,0km e 6,0km no seu trecho inferior, ficando praticamente confinado pelos barrancos do rio no trecho intermediário e superior, sem provocar, desta forma, inundação apreciável.

O volume total do reservatório, de 2,7 km³, a profundidade média da ordem dos 10,10m e o baixo tempo de residência da água de 18 dias, são condições favoráveis à manutenção da atual qualidade da água.

A Ilustração “Reservatório – Áreas e Volumes” apresenta a planta do reservatório e as curvas cota x área e cota x volume.

cc) Estudos de Vento e Borda Livre

Para a definição da borda livre das estruturas de terra e rocha e de concreto, foram pesquisados os dados de vento disponíveis, em localidades que pudessem representar as condições a serem observadas no futuro reservatório.

Os anemogramas considerados nestes estudos, foram obtidos da estação meteorológica de Porto Nacional, abrangendo o período de janeiro de 77 a dezembro de 87, aos quais foi dado o tratamento estatístico necessário para a determinação dos valores extremos da velocidade do vento, para diversos Tempo de Recorrência, cujos valores são apresentados na Tabela.

Velocidades Extremas de Vento.

Tr (anos)	V (m/s)			V (km/h)		
	Log-Normal	Gumbel-Chow	Exponencial	Log-Normal	Gumbel-Chow	Exponencial
10	14.5	15.7	14.5	52.2	56.5	52.2
25	15.8	18.0	16.6	56.9	64.8	59.8
50	16.8	19.6	18.2	60.5	70.6	65.5
100	17.6	21.3	19.8	63.4	76.7	71.3
200	18.5	22.9	21.4	66.6	82.4	77.0
500	19.8	25.1	23.5	71.1	90.5	84.6
1000	20.7	26.8	25.1	74.5	96.5	90.4
10000	23.8	32.3	30.4	85.5	116.4	109.5

Como o reservatório, de acordo com os critérios de projeto, não apresentará sobrelevação na passagem de vazões extremas, as estimativas de borda livre foram para o nível máximo normal, considerando-se um vento de projeto com recorrência de 1.000 anos.

A velocidade máxima adotada foi de 20,7 m/s, determinada pela distribuição Log-Normal, que apresentou o melhor ajuste. Para compensar o efeito da presença do reservatório foi aplicado um fator de correção de 1,284, resultando numa velocidade final sobre a água de 26,58 m/s.

Devido a falta de informações a respeito da direção predominante do vento, tanto no posto de Porto Nacional quanto na área do barramento, arbitrou-se aquela perpendicular ao eixo do barramento como a mais frequente, o que representa a situação mais desfavorável.

A partir das características morfológicas do reservatório, foi determinado o “fetch” efetivo no barramento, que corresponde à extensão contínua de água na qual o vento pode transferir energia ao corpo líquido, formando assim as ondas.

Uma vez determinados o “fetch” efetivo e a velocidade de projeto, para o vento sobre a água, foram determinados, a onda de projeto e seus parâmetros característicos, período e comprimento.

A metodologia utilizada para estes dimensionamentos foi a chamada Fórmula Oceânica (“Ocean Formula”), para o cálculo da altura significativa de ondas (H_s). O “Run-up”, ou seja, a subida de onda quando do encontro com o talude do barramento, foi obtido através de ábacos que relacionam a inclinação e material do talude, com valores relativos da subida de onda (Saville, McClendon e Cochran). Assim os valores característicos da onda de projeto encontrados foram os seguintes:

- H_s (altura significativa) = 1,57m;
- L (comprimento de onda) = 27,23m;
- T (período) = 4,18 s.

Para cada uma das estruturas, de acordo com suas características de taludes e de revestimento, foram determinados os valores máximos esperados, para a sobrelevação do nível d’água (“maré de vento) e escalamento da onda pelo talude.

Para as estruturas em terra, com proteções de enrocamento (“rip-rap”), o valor máximo previsto é de 3,04m e, para as estruturas em concreto, de 2,79m.

Levando-se em conta que os dados disponíveis podem não representar corretamente os eventos no local do barramento e ainda que não se dispõe de informações confiáveis quanto às direções predominantes de ventos significativos no local, para esta fase de estudo, como medida conservadora, foi adotado o valor de 4m, como borda livre tanto para estruturas de terra e rocha como para as de concreto.

dd) Estudos de Enchimento

O estudo de enchimento do reservatório foi elaborado a partir dos seguintes dados e informações:

- Série de Vazões Médias Mensais afluentes ao AHE Peixe, relativas ao mês de novembro, cobrindo o período 1931 a 1994;
- Vazão defluente a jusante do AHE Peixe Foz do Almas de 182 m³/s, admitida igual a 80% da vazão mínima média mensal;
- Data de início do enchimento programado para o dia primeiro de novembro;
- Enchimento do reservatório a partir da cota 241,00m (NA do desvio de segunda fase) até a cota 263,00m para um volume acumulado de 2.668,76 x 10⁶ m³.

Para o mês de novembro definiu-se a curva de permanência de vazões médias mensais. A partir desta curva adotou-se como vazão afluente a mediana correspondente a 50% do tempo e a vazão mais seca, correspondente a 90% do tempo (10% de risco).

Definidas as vazões afluentes para as diferentes situações, calcula-se os correspondentes volumes que na relação com o volume 2.668,76 x 10⁶ m³, determinou-se o número de dias necessários para o enchimento do reservatório até a cota 263,00m.

Considerando-se a data de primeiro de novembro, verificou-se serem necessários 28 dias para enchimento com a vazão média mensal deste mês; 31 dias considerando-se a vazão mediana de 50% do tempo e 45 dias para a vazão mais seca, correspondente a 90% do tempo.

ee) Estudos de Remanso

Para os estudos de remanso do reservatório de Peixe foram utilizadas 22 seções , ao longo de cerca de 135 km no rio Tocantins e 8 seções, ao longo de 65 km, no rio Paranã, de acordo com a tabela seguinte.

Estudos de Remanso - Seções Utilizadas

Seção	Rio	Distância da Origem
1	Tocantins	0
1A	Tocantins	1600
2	Tocantins	5700
3	Tocantins	11600
3A	Tocantins	14200
4	Tocantins	23100
4A	Tocantins	29200
5	Tocantins	42500
6	Tocantins	49300
6A	Tocantins	52100
7	Tocantins	61900
8	Tocantins	76700
9	Tocantins	85100
10	Tocantins	99900
11	Tocantins	103000
12	Tocantins	106800
13	Tocantins	110100
14	Tocantins	114000
15	Tocantins	117100
16	Tocantins	120300
16A	Tocantins	128600
16B	Tocantins	135400
17	Paraná	63300
18	Paraná	75100
19	Paraná	87700
21	Paraná	98700
20	Paraná	100700
22	Paraná	104700
23	Paraná	114800
24	Paraná	116800

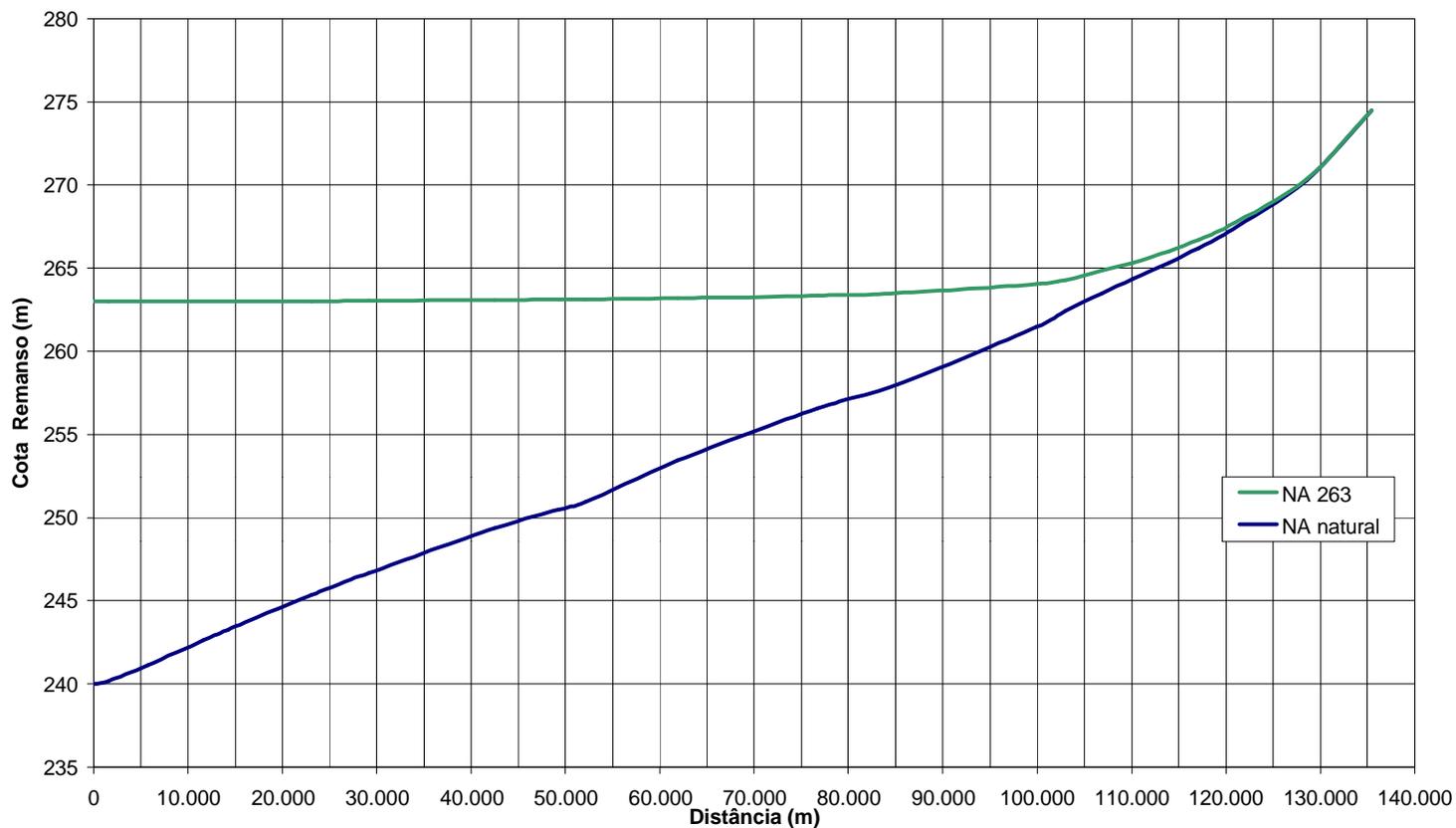
A geometria das seções foi obtida a partir das plantas de cobertura aerofotogramétrica do reservatório, na escala 1:25.000, complementadas por levantamentos topobatimétricos, nas diversas seções representativas.

Os perfis da linha d'água foram obtidos por simulação matemática, através do modelo "Standard Step Method", com coeficientes de Manning ajustados para cada uma das margens e para o leito do rio, de sorte a que, nos postos de controle, os níveis simulados coincidissem com os valores observados ou estabelecidos pelas curvas-chave naqueles locais.

Os postos de controle selecionados foram Angical e São Salvador, no rio Tocantins, e Paranã, no rio Paranã, além das curvas-chave estabelecidas para os eixos de barramento inventariados, imediatamente a montante do reservatório de Peixe.

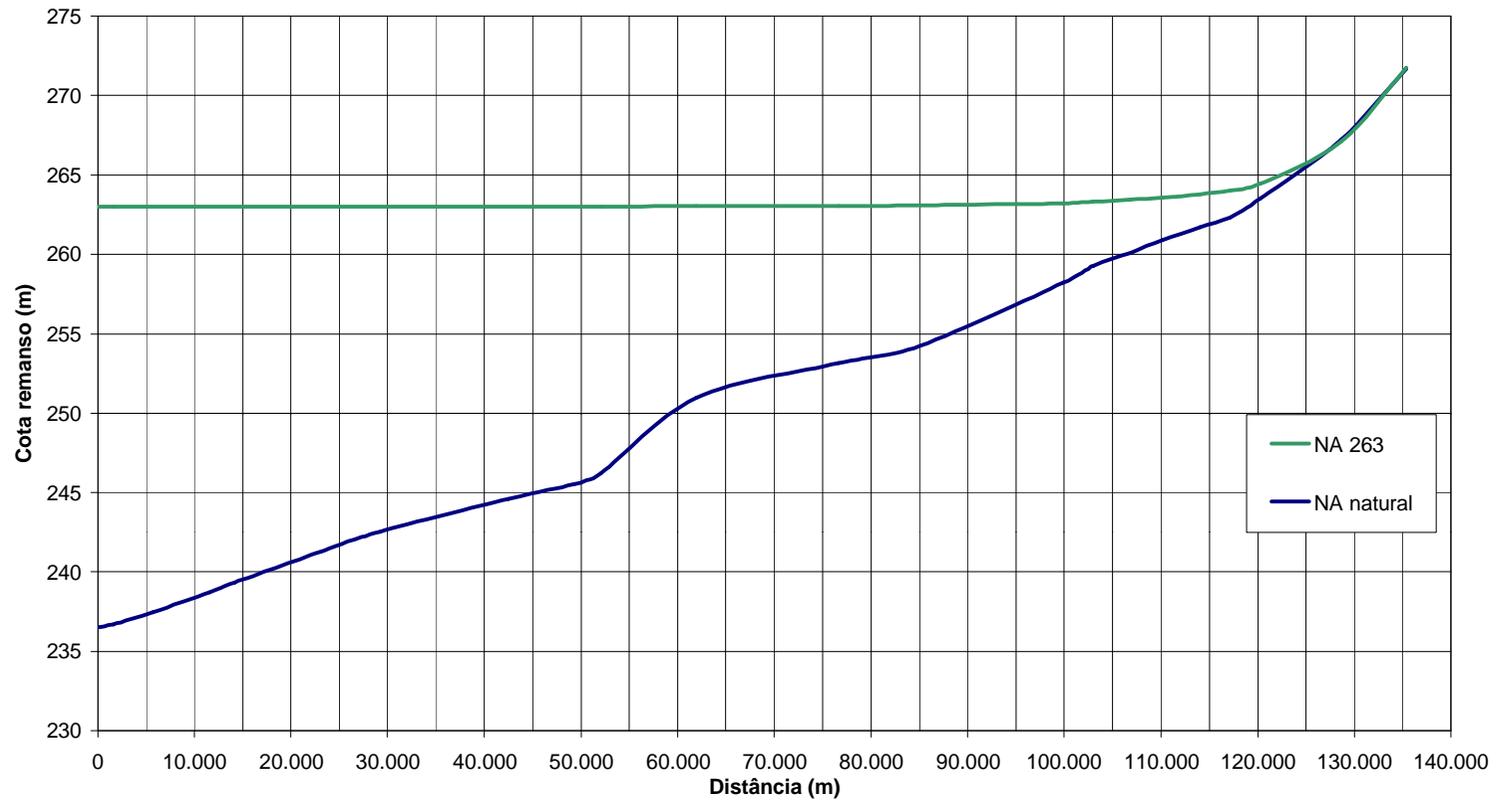
Uma vez calibrado o modelo para os perfis observados foram feitas as verificações do comportamento do rio em condições naturais e com o reservatório ($N_{a_{max}} = 263,00m$) para vazões correspondentes à média de longo termo (MLT), cheia média anual (CHMA), permanência de 10%, e vazões com tempo de recorrência de 10 anos ($Tr 10$), 25 anos ($Tr 25$), 50 anos ($Tr 50$) e 100 anos ($Tr 100$).

Os resultados destas simulações estão expressos nas Figuras apresentadas a seguir.



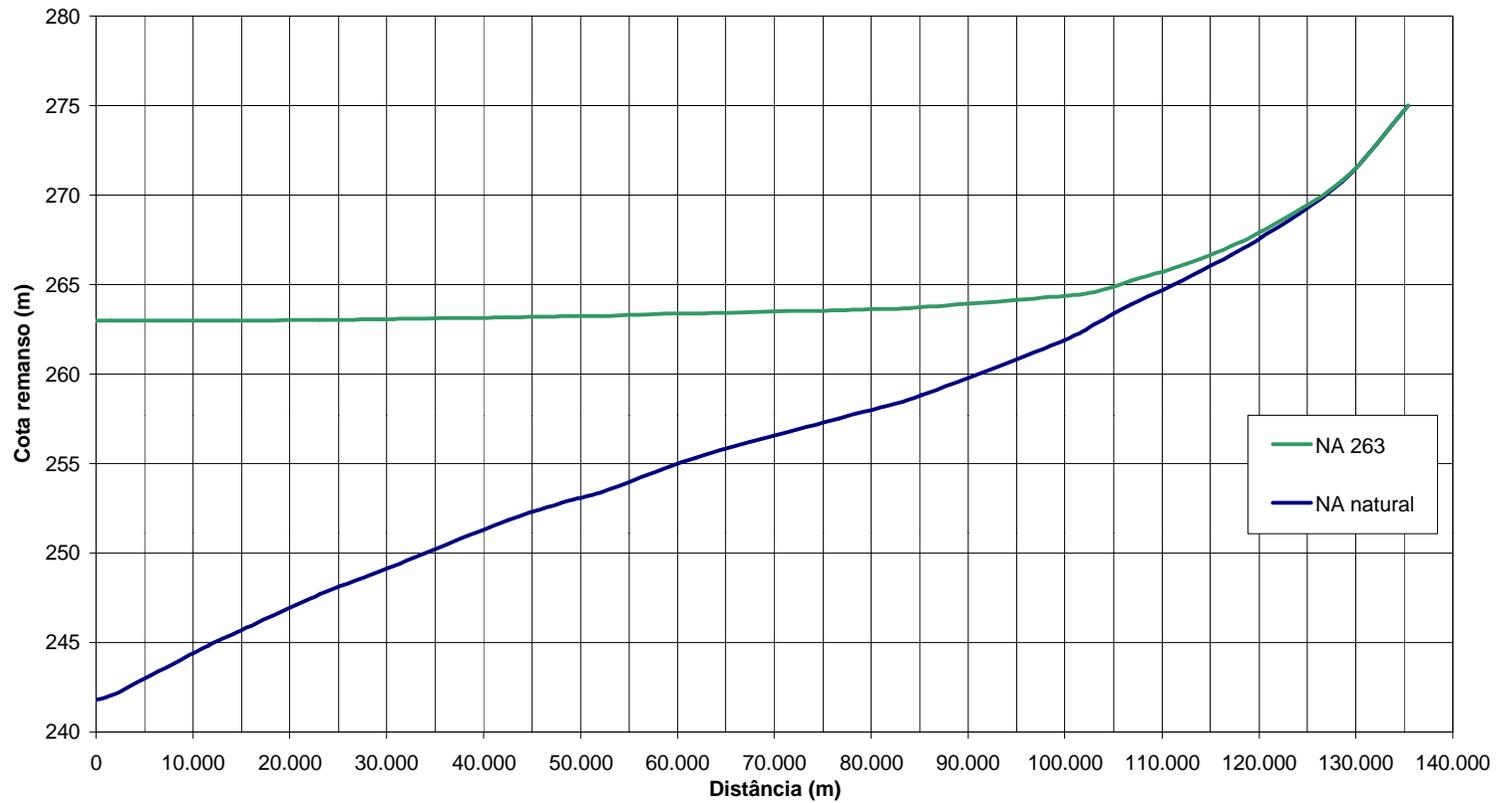
Obs.: Eixo S. Salvador 1 - km 109/S. Salvador 2 - km 122/S. Salvador 3 - km 124

Resultados dos Estudos de Remanso para a Cheia Média Anual – Rio Tocantins



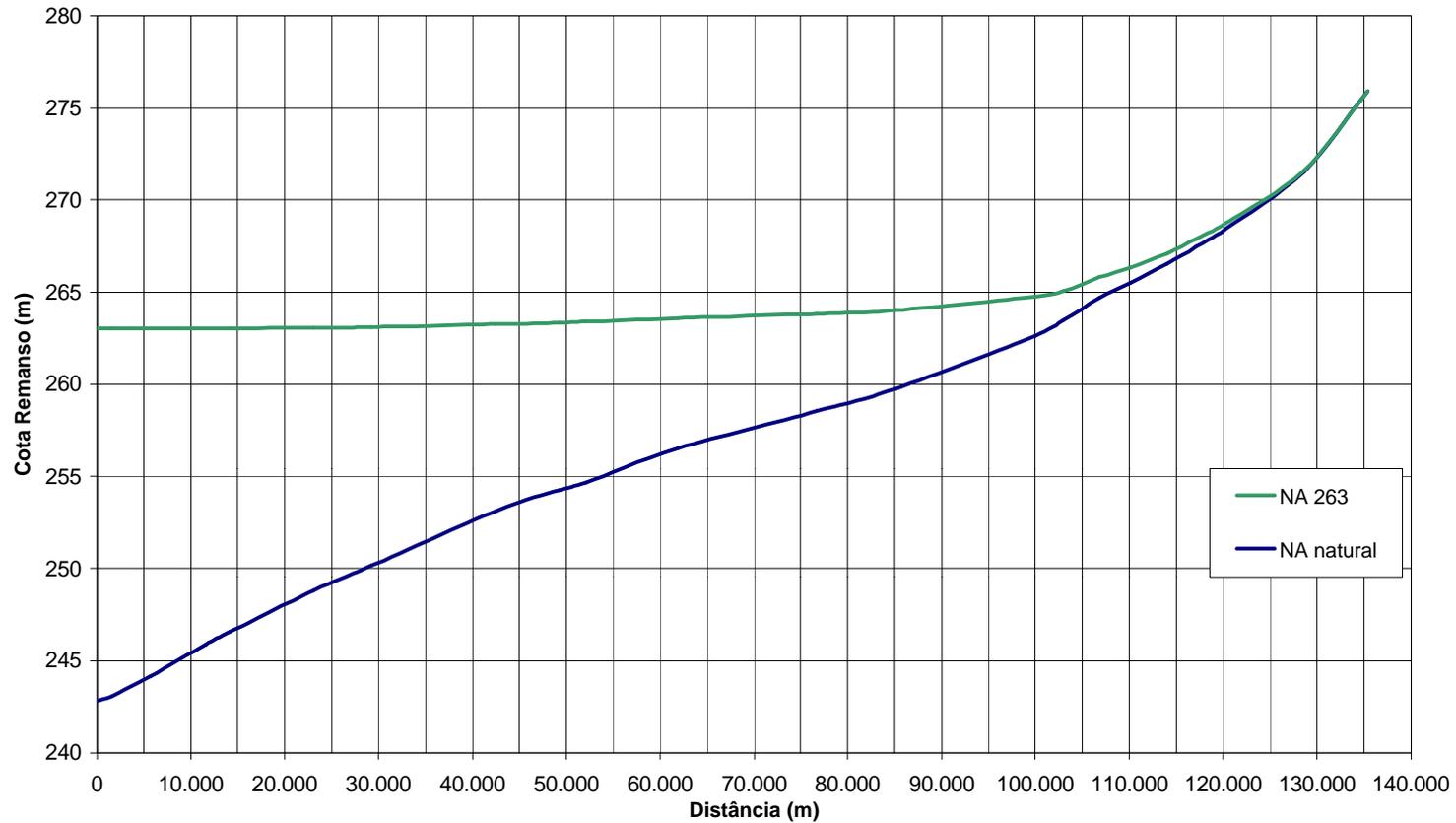
Obs.: Eixo S. Salvador 1 - km 109/S. Salvador 2 - km 122/S. Salvador 3 - km 124

Resultados dos Estudos de Remanso para Vazões com Permanência de 10 %– Rio Tocantins



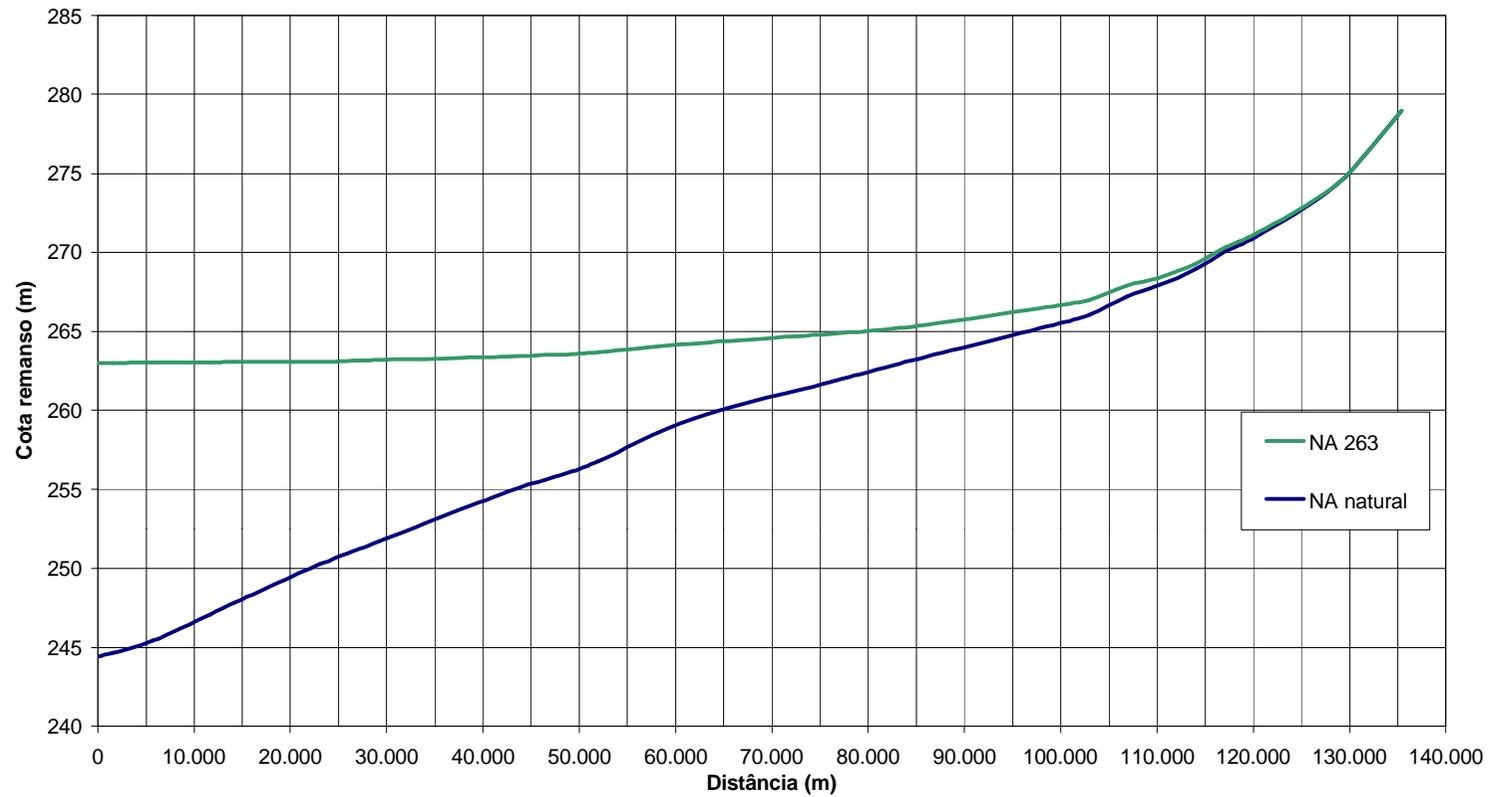
Obs.: Eixo S. Salvador 1 - km 109/S. Salvador 2 - km 122/S. Salvador 3 - km 124

Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $T_r=10$ anos - Rio Tocantins



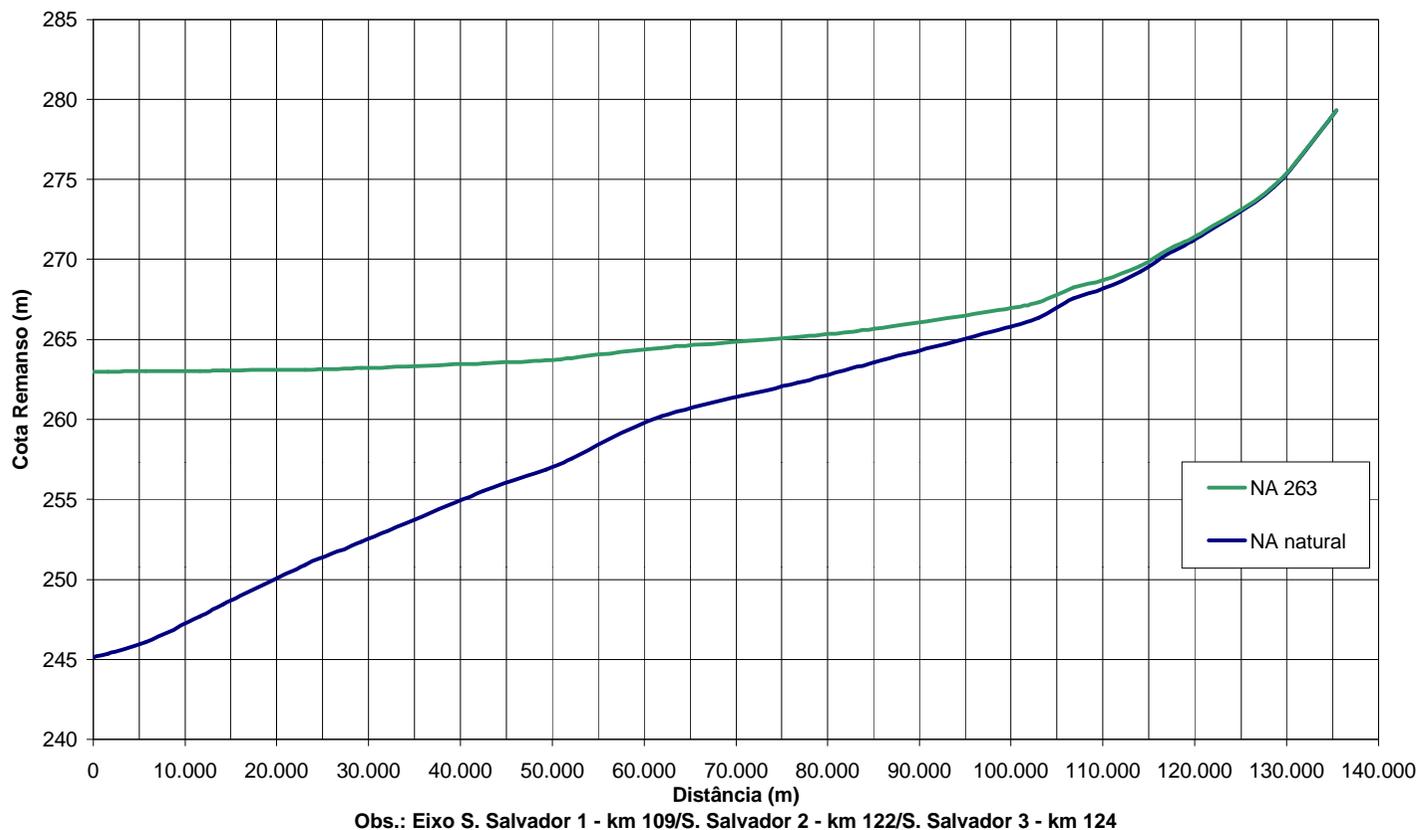
Obs.: Eixo S. Salvador 1 - km 109/S. Salvador 2 - km 122/S. Salvador 3 - km 124

Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $T_r=25$ anos - Rio Tocantins

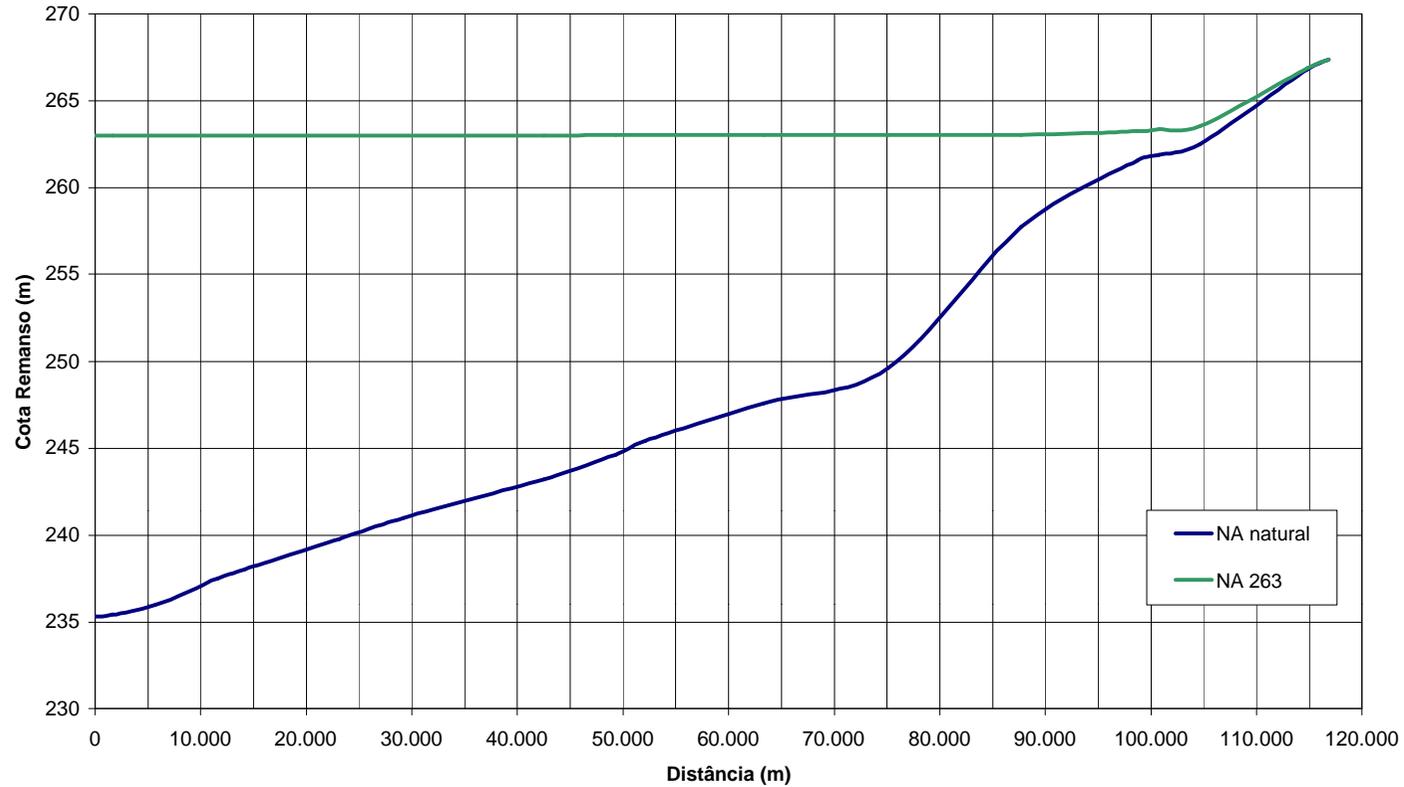


Obs.: Eixo S. Salvador 1 - km 109/S. Salvador 2 - km 122/S. Salvador 3 - km 124

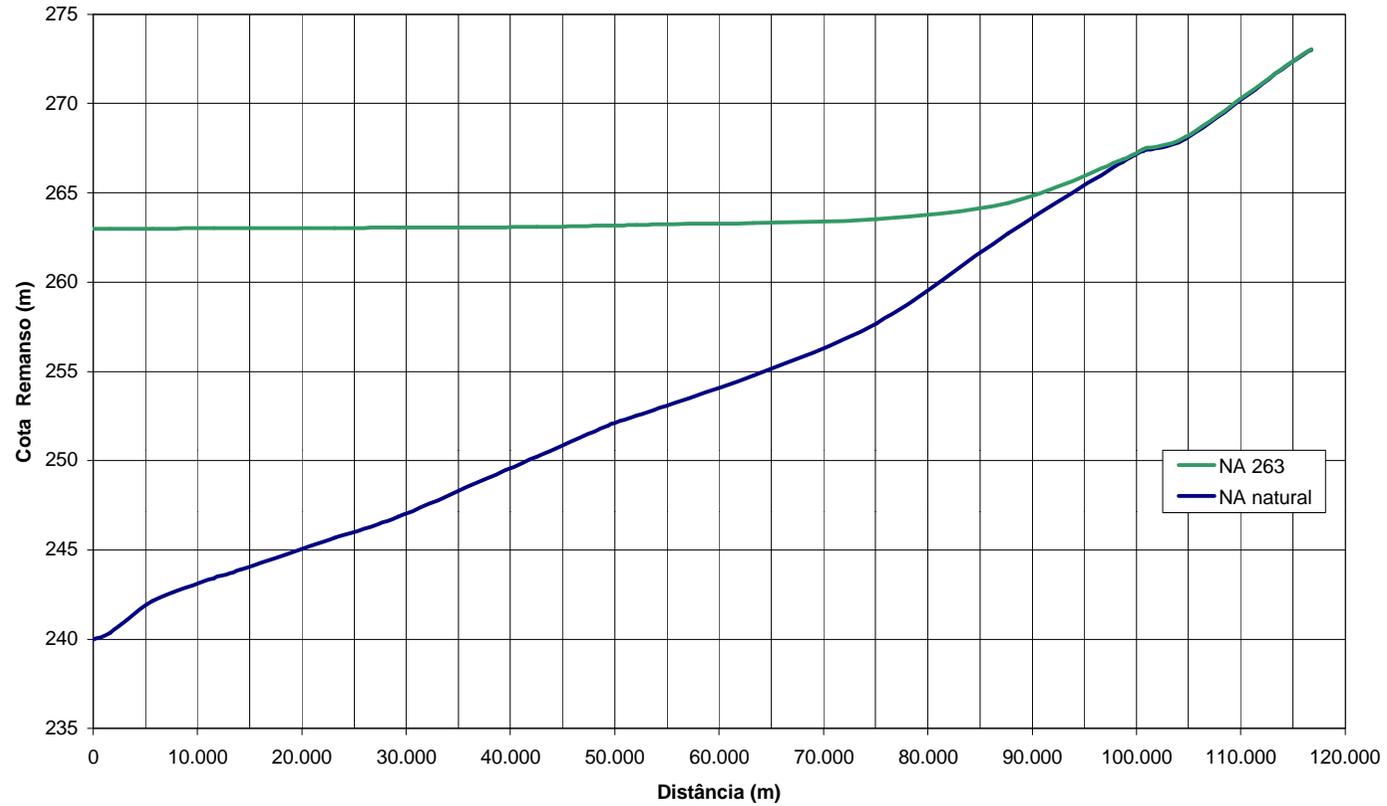
Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $Tr=50$ anos - Rio Tocantins



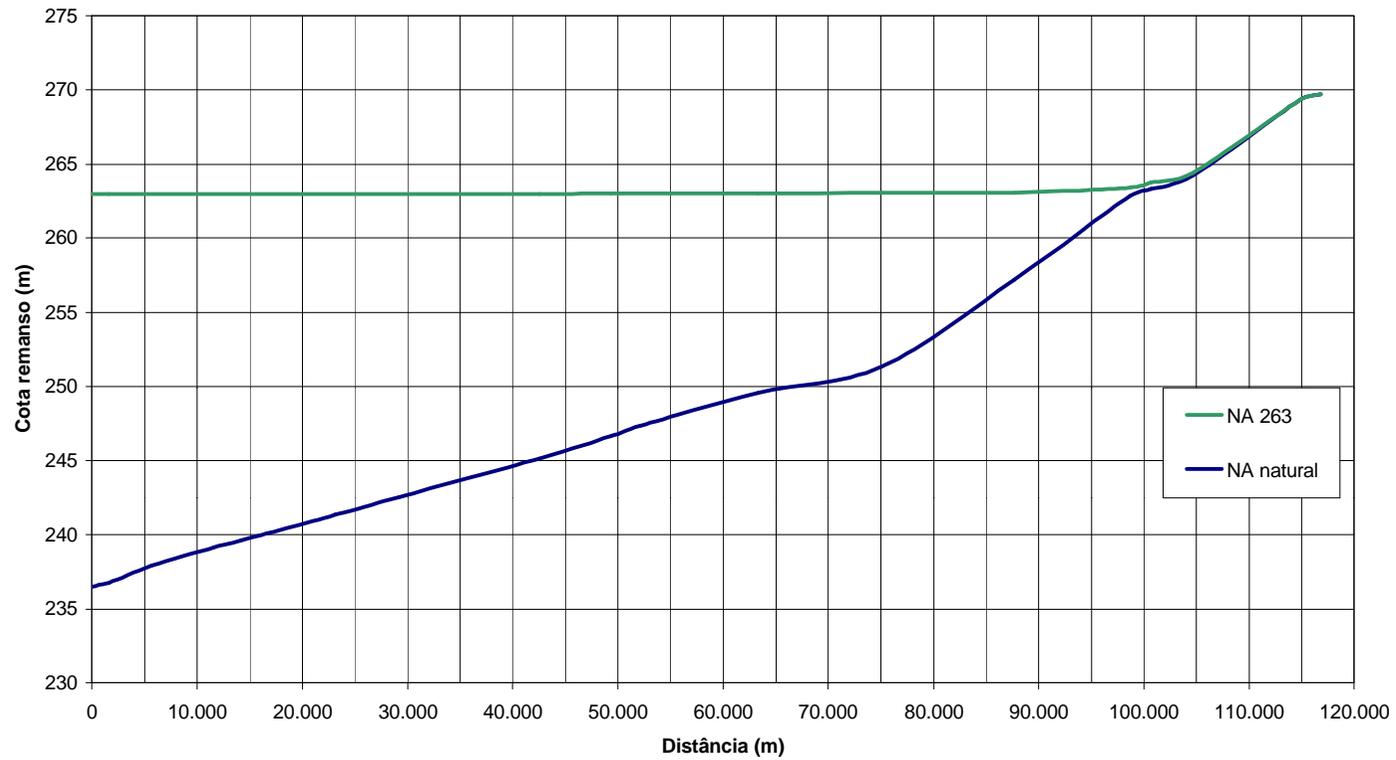
Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $T_r=100$ anos - Rio Tocantins



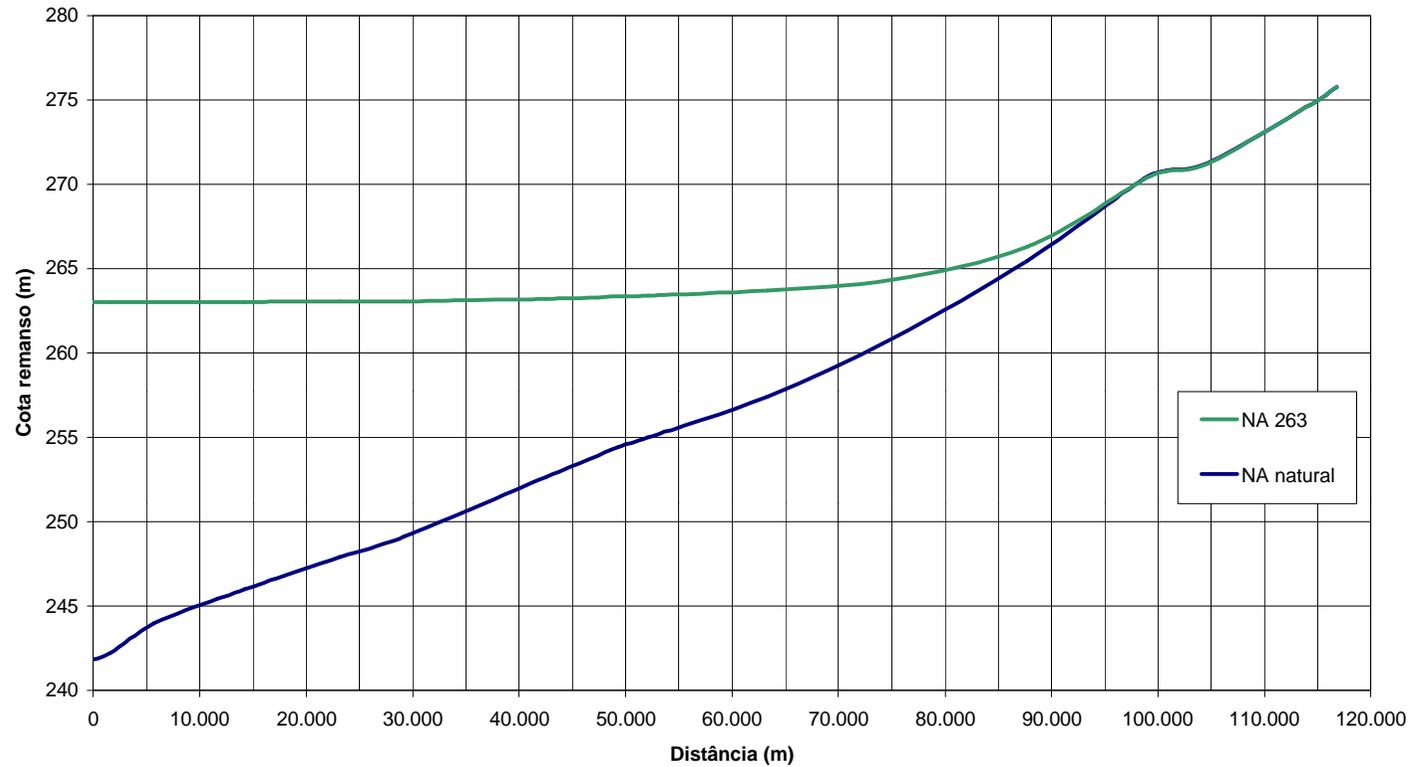
Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão Média de Longo Termo - Rio Tocantins / Paranã



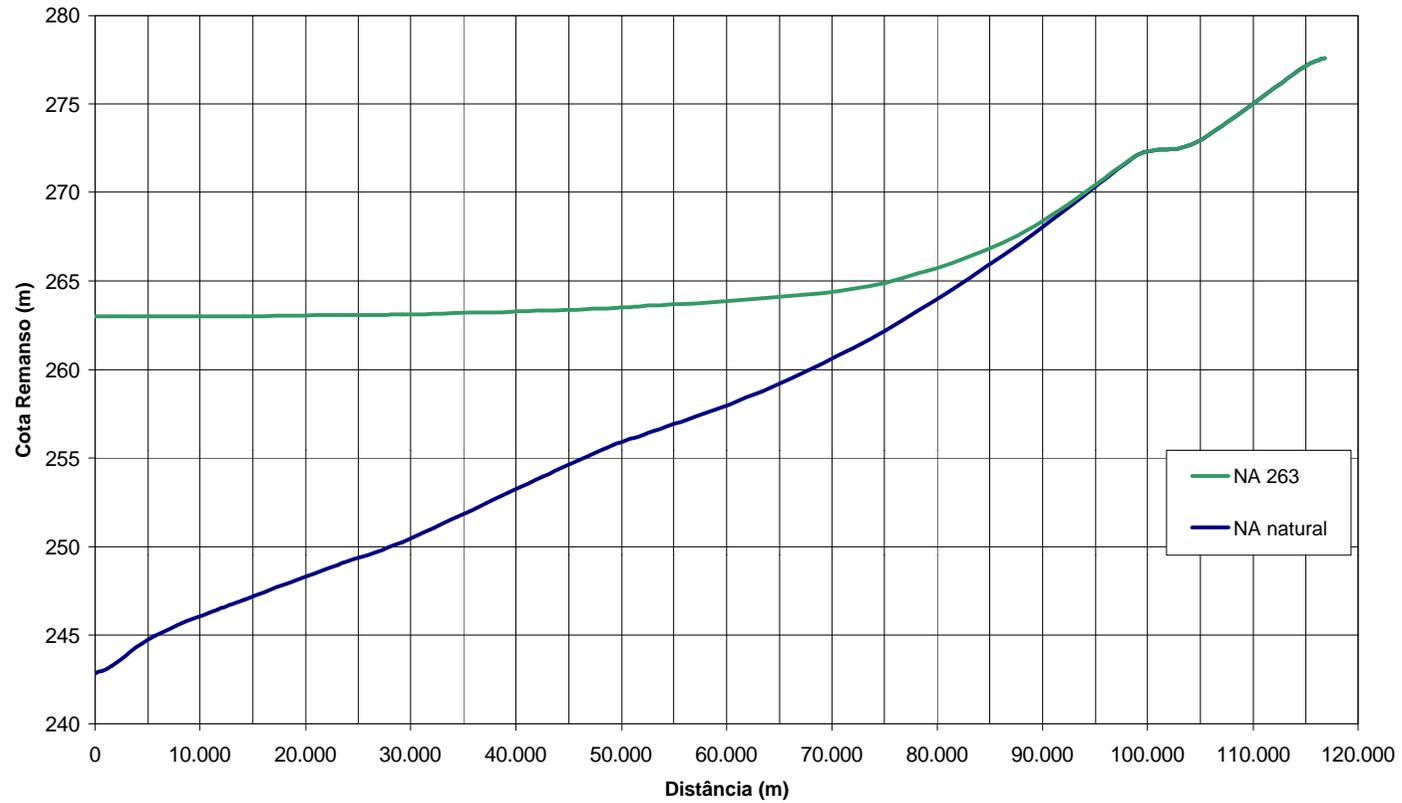
Resultados dos Estudos de Remanso para Cheia Média Anual - Rio Tocantins / Paraná



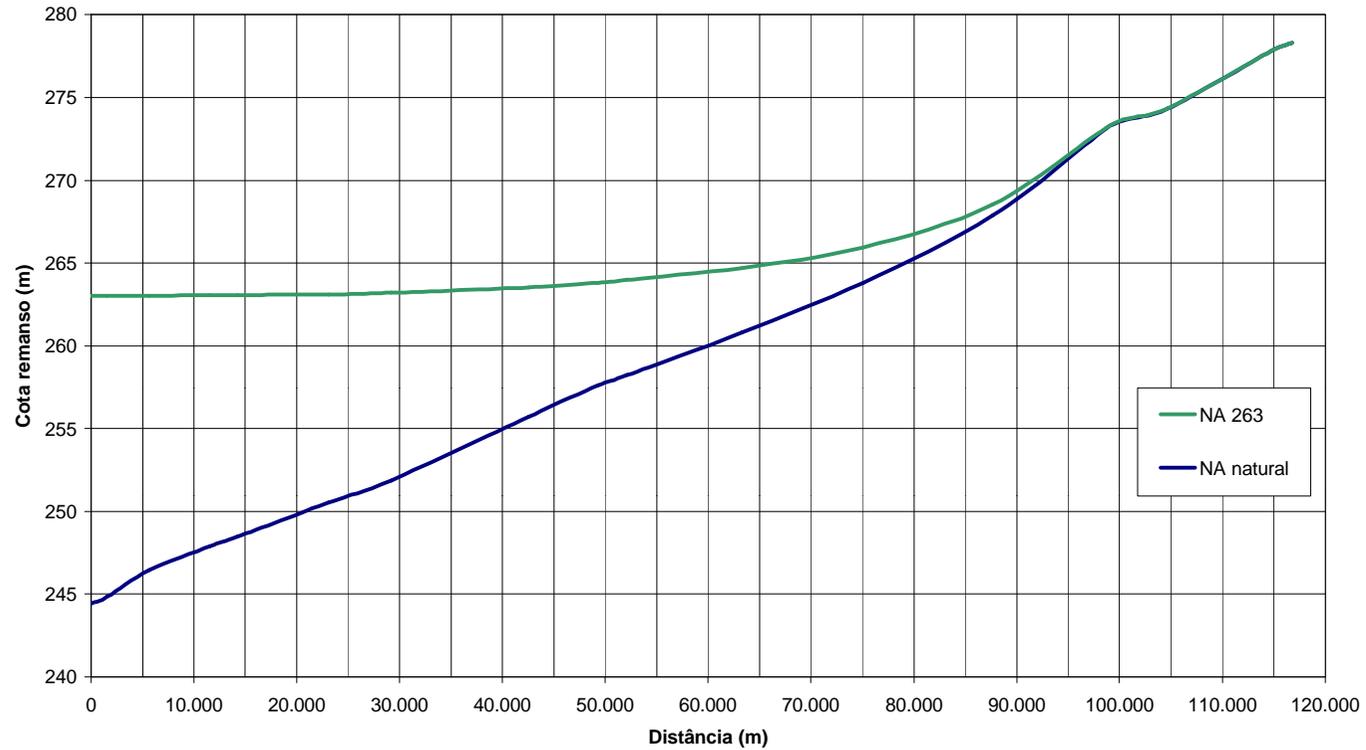
Resultados dos Estudos de Remanso para Vazões com Permanência de 10 %– Rio Tocantins / Paranã



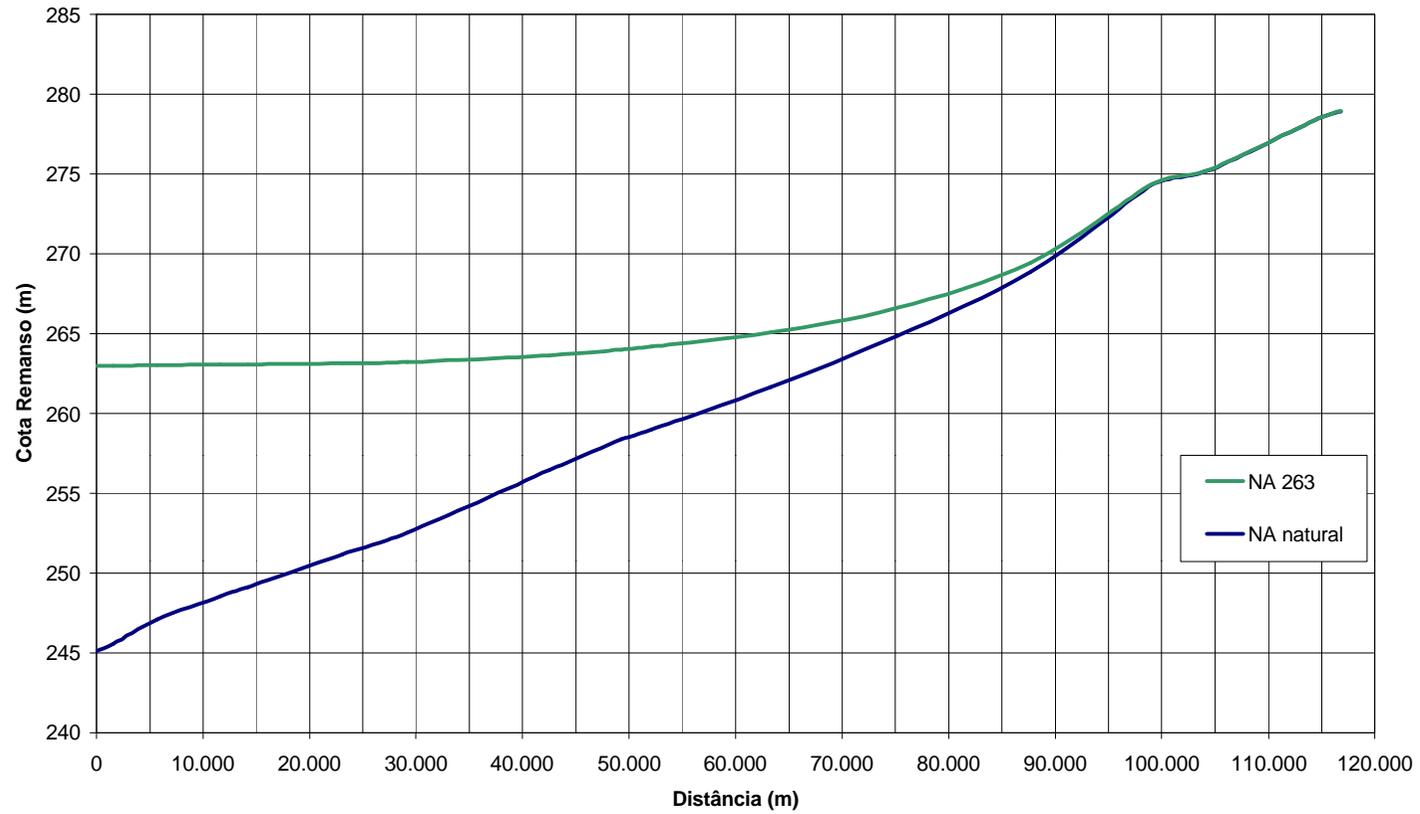
Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $Tr=10$ anos - Rio Tocantins / Paranã



Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $Tr=25$ anos - Rio Tocantins / Paranã



Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $T_r=50$ anos - Rio Tocantins / Paranã



Resultados dos Estudos de Remanso para Vazão com $T_r=100$ anos - Rio Tocantins / Paranã

ff) Sedimentologia

Com base nas medições de descargas líquidas e sólidas do posto Fazenda Angical, cobrindo o período junho/95 a novembro/99, foi definida a curva de melhor ajuste que relaciona as duas variáveis.

De posse da curva, definiu-se a equação da curva-chave de sedimentos, conforme preconizado por Newton de O. Carvalho, na publicação “Hidrossedimentologia Prática – CPRM/Eletróbrás, 1994”, ou seja:

$$Q_{sd} = 0,0002 \times Q_{líq}^{2,3741} \quad (1)$$

A seguir, obteve-se a descarga sólida média diária aplicando-se a equação (1) à série de vazões de Fazenda Angical.

A partir da definição do deflúvio médio anual igual a 10.229.000 t/ano, já acrescido da parcela relativa à descarga sólida de arraste, definiu-se a eficiência de retenção, $E_R = 0,77$. Com base no tipo de operação do reservatório, define-se o peso específico aparente, para um tempo $T = 100$ anos (igual a duas vezes a vida econômica do empreendimento) $\gamma_{100} = 1,270 \text{ t/m}^3$.

Considerando um deflúvio sólido médio igual ao dobro do valor que será calculado, para ter em conta um possível aumento na produção de sedimentos devido a ações antrópicas, obtém-se o volume em 100 anos de $V_{100} = 1,240 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Como o volume até a cota 261,00m (NA mínimo normal do reservatório) é igual a $2,1 \times 10^9 \text{ m}^3$ o prazo para o assoreamento total é superior a 100 anos.

GG) JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO

hh) Considerações Gerais

De acordo com as análises econômicas apresentadas nos Estudos de Viabilidade do AHE Peixe, o custo de geração na usina situa-se pouco abaixo de US\$ 30,00/MWh. O planejamento do setor elétrico indica custos marginais de expansão para o sistema interligado, na próxima década, superiores a esse valor. Dessa forma, fica evidenciada a atratividade do empreendimento em termos econômicos.

As características energéticas do AHE Peixe podem ser resumidas como segue:

- Potência instalada de 450 MW com disponibilidade média efetiva de ponta de cerca de 390 MW, considerando reserva girante e taxas de indisponibilidade.
- Geração média de energia de 2.714 GWh/ano, proporcionando uma adição de 292 MW médios à energia firme do sistema interligado.

ii) Mercado a ser Atendido pela Usina

Do ponto de vista mercadológico, a localização do AHE Peixe é altamente estratégica, pela sua proximidade com a subestação de Gurupi, da linha de transmissão da interligação Norte/Sul. Dessa forma, os montantes de energia gerados em Peixe podem ser fisicamente introduzidos, tanto no sistema interligado Sul/Sudeste/Centro Oeste como no Norte/Nordeste.

Já se encontra em fase inicial de implantação mais um circuito de 500 kV, na linha Norte/Sul, o que permitirá o transporte de blocos de energia de até 2.500 MW, aumentando a flexibilidade operacional dos sistemas interligados.

A energia firme da usina poderá ser comercializada através de contratos de suprimento com concessionárias de serviço público de energia elétrica e com consumidores finais habilitados, dando origem a fluxos comerciais entre geradores, detentores de concessões de usinas e distribuidores e consumidores com opção de compra.

Desta maneira, devido à sua proximidade com os centros de carga das regiões Sudeste e Centro-Oeste, o AHE Peixe deverá abastecer prioritariamente essas regiões. Contudo, a sua área de influência pode também ser ampliada para o mercado das regiões Norte e Nordeste.

De acordo com os estudos de mercado do Setor Elétrico, as previsões de consumo total de energia elétrica para esses dois sistemas são apresentadas na tabela a seguir.

AHE Peixe - Mercado - Energia Total (TWh)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Mercado mais Provável Sul/Sudeste/Centro-Oeste	240,4	251,9	261,5	270,1	282,4	295,2	308,5	321,6	335,3	349,5
Mercado Ampliado Norte/Nordeste	62,7	67,0	71,4	75,3	78,9	82,4	89,4	93,4	98,2	102,6
Total	303,1	318,9	332,9	345,43	361,3	377,6	397,9	415,0	433,5	452,1

Pode-se verificar que a produção média da usina de 2,7 TWh/ano é uma fração relativamente pequena do mercado disponível. Considerando a expansão do mercado entre 2005 e 2010, da ordem de 20 TWh por ano, a energia da usina representa aproximadamente 15% das necessidades anuais de expansão do sistema.

jj) Alternativas Tecnológicas**kk) Considerações Gerais**

O Setor Elétrico Brasileiro está em processo de reestruturação para introduzir a competição nos segmentos de geração e comercialização, através da desverticalização das empresas e do livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição. Fazem parte deste novo modelo entidades especializadas para executar as funções de regulação, planejamento da expansão, operação e comercialização de energia de curto prazo. A ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, o ONS – Operador Nacional do Sistema e o MAE – Mercado Atacadista de Energia, desempenham especificamente a primeira, terceira e a quarta funções. A entidade responsável pelo planejamento da expansão é o recém criado Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos – CCPE, vinculado ao Ministério das Minas e Energias. Esse órgão irá substituir paulatinamente o GCPS - Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos, que era vinculado à ELETROBRÁS.

As novas condições de concorrência que estão sendo introduzidas no setor elétrico criam novos paradigmas para a atividade de planejamento. Estas condições repercutem nos estudos de previsão de mercado, já que os agentes passam a atribuir conotação estratégica a uma série de informações antes compartilhada, sem restrições, com todos os participantes do processo de planejamento do setor. Alteram também as premissas e os principais objetivos do planejamento de expansão da oferta, agora de natureza indicativa.

O planejamento da transmissão é impactado da mesma forma, uma vez que pretende-se estabelecer um sistema de transporte de energia que não iniba a concorrência entre os agentes de mercado, um condicionante necessário para a minimização dos custos de fornecimento.

Tendo em conta estas considerações, deverão ser objetivos principais do CCPE:

- Orientar ações de governo para assegurar o fornecimento de energia nos níveis de qualidade e quantidade demandados pela sociedade, em consonância com a Política Energética Nacional, emanada do Conselho Nacional de Política Energética;
- Oferecer aos agentes do mercado elétrico um quadro de referência para seus planos de investimento; e
- Estabelecer a expansão mais adequada da rede elétrica de transmissão, em consonância com os aspectos operacionais do sistema.

Neste novo ambiente institucional o planejamento deverá ser conduzido como função do governo federal, exercida pelo Ministério das Minas e Energia. Contudo, a representação dos agentes e entidades do setor deverá ser garantida pela composição da estrutura do CCPE, através da participação de entidades de classe em consultas públicas para avaliação e aprovação dos principais produtos, refletindo um processo decisório participativo e aberto.

No sentido de atender aos requisitos acima mencionados e na qualidade de Agente Planejador do Sistema Elétrico Brasileiro, o CCPE terá, entre outras atribuições:

- Elaborar, de forma integrada, o planejamento de longo prazo do setor elétrico;
- Elaborar e manter atualizados os Planos Indicativos de Expansão e o Programa Determinativo da Transmissão;
- Estruturar e manter atualizado o Sistema de Informações Técnicas do planejamento da expansão do setor de energia elétrica, disponibilizando-o aos agentes que atuam no setor e à sociedade e m geral;
- Estimar os investimentos de capital para expansão da oferta de geração e de transmissão de energia elétrica, subsidiando as ações de governo na busca de adequação ou viabilização dos mesmos;
- Acompanhar as condições de atendimento ao mercado de energia elétrica, sugerindo ações para manter este atendimento em níveis de qualidade preestabelecidos; e
- Propor à ANEEL, os critérios, normas, procedimentos e referências de qualidade para o desempenho do sistema elétrico na realização da atividade de planejamento.

Mesmo com o aumento previsto da geração termelétrica, o potencial hidrelétrico deverá responder por cerca de 75% da geração ao final do horizonte decenal. Isso decorre da alta competitividade econômica do potencial hidrelétrico, reforçado pelo fato de ser uma fonte renovável e tecnologicamente conhecida. Além disso, os reservatórios das hidrelétricas, desde que planejados e operados adequadamente dentro da ótica de usos múltiplos da água, possibilitam a implantação de empreendimentos com inserção regional.

As restrições aos empreendimentos hidrelétricos são fundamentalmente de ordem sócio-ambiental. Atualmente, contudo, o setor elétrico tem reorientado suas ações no sentido de consolidar e sistematizar o conhecimento nessa área, avaliar e caracterizar os custos e benefícios sócio-ambientais, intensificar e ampliar as ações mitigadoras e, por fim, ampliar a participação da sociedade no processo de discussão de programas e projetos. Essas ações visam atenuar os aspectos negativos e ampliar os aspectos positivos dos empreendimentos,

cabendo à sociedade como um todo a responsabilidade de estabelecer a medida de exploração desse potencial, a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentado.

II) Energia Termelétrica

A opção pelas usinas hidrelétricas foi a trajetória tecnológica escolhida pelo país devido à ampla disponibilidade de potenciais hidráulicos, a custos não excessivamente elevados e, sobretudo, devido à falta de disponibilidade nacional de combustíveis fósseis.

Hoje, a participação hidrelétrica, como fonte primária para a geração de energia elétrica no Brasil alcança cerca de 90%.

A Região Sudeste detém a maior parcela da capacidade instalada de geração, com destaque para os Estados de Minas Gerais e São Paulo.

A fim de atender ao crescente consumo de energia elétrica no país, principalmente no que se refere às Regiões Sul e Sudeste, o governo brasileiro vem desenvolvendo uma política abrangente de planos e programas de investimentos para o Setor Elétrico Brasileiro, visando inclusive diversificar a matriz energética do país.

Dentre esses programas, destaca-se o Programa Prioritário de Termelétricas (PPT), que tem por objetivo aumentar a oferta de energia no país em mais de 15 mil MW a partir da implementação, até 2003, de 49 novas usinas termelétricas em 18 Estados brasileiros, além da conversão de 4 usinas existentes para funcionamento com gás natural.

O Programa pretende promover uma alteração da matriz energética brasileira, aumentando para cerca de 25% a geração de energia de origem térmica nos próximos dez anos.

Essa nova composição da matriz energética, principalmente com utilização de gás natural, propicia condições de atendimento ao mercado a curto prazo e permite ganhos de confiabilidade e eficiência no sistema gerador de energia elétrica. Dessa forma, a participação do gás natural na matriz energética nacional, que hoje é de 3%, deverá aumentar para 10%.

Além disso, a geração termelétrica com o seu avanço tecnológico traz inúmeras vantagens, tais como: atendimento aos requisitos ambientais; instalação próxima aos centros de carga, otimizando o carregamento e a expansão dos sistemas de transmissão; geração estratégica para a operação de hidrelétricas e menor prazo de construção.

Dado que as novas bases de funcionamento e regulamentação do setor visam garantir a prática da livre competição sem degeneração da qualidade do serviço, torna-se necessário garantir e promover o adequado equilíbrio entre disponibilidades e demandas, por meio de esforços nas áreas de planejamento e gestão de recursos naturais e financeiros. Dessa forma, dado que em 2003 se inicia efetivamente a prática do livre mercado, para tal horizonte foi definida a implantação das usinas termelétricas listadas na tabela a seguir.

Programa Prioritário de Termelétricas

USINAS	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA (MW)
USINAS DE COGERAÇÃO A GÁS NATURAL		
VALE DO AÇU	RIO GRANDE DO NORTE	240
SERGIPE	SERGIPE	90
TERMOBAHIA	BAHIA	460
TERMORIO	RIO DE JANEIRO	450
CUBATÃO	SÃO PAULO	180

USINAS	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA (MW)
RHODIA PAULÍNIA	SÃO PAULO	152
RHODIA SANTO ANDRÉ	SÃO PAULO	100
ALTO TIETÊ I, II	SÃO PAULO	88
CAPUAVA	SÃO PAULO	230
VALPARAÍSO	SÃO PAULO	220
IBIRITÉ	MINAS GERAIS	240
USINAS A GÁS NATURAL EM CICLO COMBINADO		
DUNAS	CEARÁ	250
PARAÍBA	PARAÍBA	150
TERMOALAGOAS	ALAGOAS	120
TERMOPERNAMBUCO	PERNAMBUCO	460
VITÓRIA	ESPÍRITO SANTO	500
NORTE FLUMINENSE	RIO DE JANEIRO	720
CABIUNAS	RIO DE JANEIRO	450
RIOGEN	RIO DE JANEIRO	500
POÇOS DE CALDAS	MINAS GERAIS	500
JUIZ DE FORA	MINAS GERAIS	78
SANTA BRANCA	SÃO PAULO	1067
VALE DO PARAÍBA	SÃO PAULO	480
ARARAQUARA	SÃO PAULO	500
PAULÍNIA	SÃO PAULO	240
PAULÍNIA DSG	SÃO PAULO	550
CARIOBA	SÃO PAULO	750
ABC	SÃO PAULO	500
BARIRI	SÃO PAULO	700
CACHOEIRA PAULISTA	SÃO PAULO	180
INDAIATUBA	SÃO PAULO	180
DUKE ENERGY 1	SÃO PAULO	350
ARAUCÁRIA	PARANÁ	480
TERMOCATARINENSE	SANTA CATARINA	300
USINAS	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA (MW)
GAUCHA	RIO GRANDE DO SUL	480
TERMOSUL	RIO GRANDE DO SUL	750
CAMPO GRANDE	MATO GROSSO DO SUL	300
CORUMBÁ	MATO GROSSO DO SUL	250
CUIABÁ II	MATO GROSSO	480
TERMONORTE II	RONDÔNIA	340
MANAUS	AMAZONAS	180
USINAS A GÁS NATURAL		
TERMONORTE I	RONDÔNIA	64
PITANGA	PARANÁ	20
USINAS COM OUTROS COMBUSTÍVEIS		
COFEPAR	PARANÁ Resíduo Asfáltico (RASf)	616

USINAS	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA (MW)
FIGUEIRA	PARANÁ Carvão	100
SÃO MATEUS	PARANÁ Xisto	70
SUL CATARINENSE	SANTA CATARINA Carvão	400
SEIVAL	RIO GRANDE DO SUL Carvão	250
CANDIOTA III	RIO GRANDE DO SUL Carvão	350
USINAS EXISTENTES A SEREM CONVERTIDAS PARA GÁS NATURAL COM PROCESSO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA		
MANAUS	AMAZONAS	500
SANTA CRUZ	RIO DE JANEIRO	1125
CAMAÇARI	BAHIA	420
BONGI	PERNAMBUCO	213

De acordo com os dados da tabela anterior, nota-se que a concretização do Programa Prioritário de Termelétricas, além de incrementar a utilização do gás natural, também visa a utilização de combustíveis nacionais como o carvão mineral e o xisto, porém com uma participação bem inferior à do gás.

O programa conta com a participação da Petrobrás, da Eletrobrás, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Particularmente, a participação da PETROBRÁS tem um papel fundamental, pois é o agente que deverá garantir o suprimento de gás natural, por prazo de até vinte anos, ao preço de US\$ 2,26/MMbtu, na base de setembro de 1999, para as usinas vinculadas ao sistema elétrico interligado, de acordo com a política de gás natural nacional e de acordo com as demais condições de comercialização constantes nos contratos firmados para o gás natural importado. Os preços serão variáveis a cada ano dependendo da maior ou menor disponibilidade de gás brasileiro. O MME e a ANP estão estudando uma fórmula permanente para correção destes valores, visando definir critérios para o preço do gás para geração termelétrica.

A questão do suprimento de gás é um dos aspectos que tem trazido grande polêmica ao programa. Como há o risco de aumento dos preços do gás natural importado, devido à variação cambial, e como, por outro lado, não há garantias de repasse desse aumento para a tarifa, os investidores tem tido dificuldades em viabilizar as operações de financiamento, principalmente junto aos agentes internacionais.

Atualmente, a proposta do Ministério das Minas e Energia é adotar um fundo de compensação semelhante à Conta Consumo de Combustíveis, do setor de derivados de petróleo.

De qualquer forma, o equacionamento desse impasse é fundamental para a continuidade do programa.

Outro aspecto relevante e vital para o sucesso do PPT refere-se à disponibilidade de fornecimento de turbinas no mercado internacional. Atualmente, os fabricantes de turbinas estão com sua capacidade de produção esgotada devido ao crescimento da demanda,

principalmente por parte dos EUA que estão atravessando uma fase de prosperidade econômica, e vem planejando a implantação de uma série de térmicas a gás natural.

Do ponto de vista ambiental, a implantação e operação de usinas termelétricas provoca uma série de impactos ambientais, particularmente ligados às emissões aéreas e de efluentes líquidos.

mm) Energia Nuclear

O Programa Nuclear brasileiro é alvo de grande polêmica. As questões mais controvertidas no tocante à energia nuclear referem-se aos riscos de acidentes e à destinação final dos resíduos radioativos de forma segura e controlada. Após a tragédia de Chernobyl, a opinião pública mundial ficou muito mais sensível à implantação dessas centrais, gerando uma resistência coletiva acentuada por parte das populações em geral.

Em 1968, o Governo Brasileiro decidiu ingressar no campo da produção da energia nucleoeleétrica, com o objetivo primordial de propiciar ao setor elétrico a oportunidade de conhecer esta moderna tecnologia e adquirir experiência para fazer frente às possíveis necessidades futuras. Como naquela época já estava prevista uma complementação termelétrica na área do Rio de Janeiro, foi decidido que este aumento se fizesse mediante a construção de uma usina nuclear de cerca de 600MW. Esta incumbência foi, então, confiada pela ELETROBRÁS à FURNAS Centrais Elétricas S.A., que realizou uma concorrência internacional, vencida pela empresa norte-americana Westinghouse.

A construção de Angra 1 foi iniciada em 1972, a primeira reação nuclear em cadeia foi estabelecida em março de 1982 e a usina entrou em operação comercial em 1985.

Mesmo obedecendo aos mais exigentes padrões internacionais de segurança, a Usina Nuclear de Angra 1, construída na Praia de Itaorna, Angra dos Reis, vem sendo alvo de debates e discussões, principalmente após o acidente de Chernobyl, na antiga União Soviética.

Em junho de 1975, o Governo Brasileiro assinou com a República Federal da Alemanha o Acordo sobre Cooperação para Uso Pacífico da Energia Nuclear. Dentro do âmbito deste acordo, em julho de 1975 foi concretizada a aquisição das usinas Angra 2 e 3 da empresa alemã Kraftwerk Union A.G. - KWU, subsidiária da SIEMENS.

As obras civis de Angra 2 foram iniciadas em 1976. Entretanto, a partir de 1983, o empreendimento teve o seu ritmo progressivamente desacelerado devido à redução dos recursos financeiros disponíveis.

Em 1991, o Governo decidiu retomar as obras de Angra 2 e a composição dos recursos financeiros necessários à conclusão do empreendimento foi definida ao final de 1994.

Angra 2, com 1309 MW de potência, entrou em operação comercial em 2000.

A usina de Angra 3, com 1309 MW de potência, foi contratada juntamente com Angra 2, visando uma redução de custos. As datas originais de entrada em operação no sistema elétrico eram, para Angra 2, maio de 1983 e, para Angra 3, dezembro de 1984. Neste espírito, o projeto de Angra 3 foi sendo desenvolvido em paralelo ao de Angra 2, embora com uma defasagem crescente.

Em 1991, o Governo decidiu concluir Angra 2 e interromper os trabalhos relativos à construção de Angra 3, visando concentrar todos os recursos para atingir o primeiro objetivo.

A Eletronuclear, subsidiária da Eletrobrás encarregada de gerir o Programa Nuclear, está efetuando estudos técnicos e de viabilidade econômica de Angra 3, para submetê-los às autoridades do setor elétrico.

Por outro lado, vários países da Europa, além de EUA e Canadá, estão desativando suas usinas nucleares existentes e/ou abandonando seus programas de implantação de novos reatores. Esse fato decorre dos graves problemas gerados com o destino dos rejeitos radioativos e dos riscos associados de contaminação ambiental e humana, cujos resultados podem ser catastróficos.

nn) Fontes Alternativas de Energia

O setor elétrico tem procurado intensificar o uso de energias renováveis, entre elas a solar, eólica e de biomassa, não só porque elas vêm despertando grande interesse devido às crescentes exigências de preservação do meio ambiente, como também pelos seus custos, que podem se tornar competitivos.

Em termos estratégicos, as nações desenvolvidas sinalizam essas fontes alternativas de energia (FAE) como tecnologias do futuro, investindo expressivamente na sua disseminação através de incentivos, subsídios e, inclusive, créditos especiais.

Apesar do sistema elétrico brasileiro não contribuir significativamente para a degradação ambiental, é importante considerar a promoção de transferência tecnológica e as capacitações técnica e industrial necessárias à adoção, em nosso País, de geração descentralizada em escala, particularmente de FAE.

Desse modo, é possível antever, mesmo que a longo prazo, algum redirecionamento dos investimentos em energia para empreendimentos localizados mais próximos aos centros de consumo, resultando em uma maior eficiência em função da redução de perdas na transmissão de blocos de energia centralizada, além da redução de custos decorrentes da expansão da rede.

- Biomassa

Uma das ações mais importantes nessa área é o Projeto WBP/SIGAME - Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade - que visa o aproveitamento de biomassa florestal como combustível primário na geração de energia elétrica, desenvolvido em parceria com a CHESF e a SHELL, no Município de Mucuri, no Sul da Bahia. O potencial desse projeto é da ordem de 32 MW, e sua operação comercial está prevista para 2006.

Da mesma forma, esforços também estão sendo direcionados para o uso da energia da biomassa associada a óleos vegetais e o aproveitamento de resíduos agro-industriais, como por exemplo, as sobras de madeira, o bagaço-de-cana e os rejeitos do setor de papel e celulose.

Com relação ao bagaço-de-cana, resíduo proveniente das usinas de álcool, a potência instalada atual é de 1000 MW, concentrada no Estado de São Paulo.

O potencial técnico do setor é avaliado em cerca de 4000 MW, que pode ser agregado através da instalação de unidades produtoras, envolvendo a substituição de caldeiras e a construção de subestações e ramais de transmissão.

Contudo, existem algumas questões que devem ser equacionadas para que o setor venha a realizar os investimentos necessários. Dentre eles se destacam a necessidade de financiamentos com condições de amortização compatíveis com a realidade do setor, criação de regras claras para compra dos excedentes energéticos e definição de uma política energética para a produção de álcool.

- Energia Eólica

Atualmente, existem 7 empreendimentos de energia eólica no Brasil, totalizando uma capacidade de cerca de 20 MW. Dentre estes, destaca-se o projeto de Prainha, no Ceará, que responde por cerca de 50% desse total.

Está prevista a implantação de mais 8 projetos dessa natureza ao longo da próxima década. Esse potencial é estimado em cerca de 350 MW, onde se destacam os projetos de Palmas, no Paraná, com cerca de 90 MW, e o de Jericoacara no Ceará, com capacidade de 100 MW.

- Energia Solar

Com a finalidade de desenvolver um mercado sustentável de energia, levando a eletricidade à quase 100.000 comunidades desassistidas do País, o governo instituiu o Programa para o Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), voltado para a implementação de sistemas descentralizados, com predominância de uso de painéis fotovoltaicos. O escopo do Programa engloba o atendimento de cerca de 100 mil comunidades e de 3 milhões de propriedades rurais não assistidas do País.

Recentemente o PRODEEM foi integrado ao programa "Brasil em Ação" do Governo Federal. Pela sua dimensão, o programa deverá ser gradativamente descentralizado, bem como estabelecer condições para desenvolvimento de forma sustentada, para que possa, nos próximos 10 anos, atingir a curto prazo 3.000 comunidades/ano e, a mais longo prazo, a marca de 10.000 comunidades/ano.

oo) Conclusões sobre Alternativas Tecnológicas

Com base no panorama exposto pode-se notar que a alternativa hidroelétrica ainda é altamente atrativa, tanto do ponto de vista técnico e econômico, como estratégico e ambiental.

Mesmo com o aumento previsto da participação termelétrica, o montante a ser adicionado ainda é marginal em relação ao potencial de desenvolvimento da hidroeletricidade.

Por outro lado, a expansão da energia nuclear está altamente comprometida, sendo que o planejamento oficial prevê apenas a implantação de Angra 3, sendo esta talvez a última usina nuclear brasileira.

O papel das Fontes Alternativas de Energia (FAE) está associado, pelo menos para a próxima década, a aspectos estratégicos e suplementares. Mesmo com a desregulamentação do Setor, ainda são necessárias algumas ações complementares específicas para tornar as FAE efetivamente uma oportunidade de negócio interessante para a iniciativa privada. Uma das principais barreiras é a questão da competitividade com as fontes convencionais de energia.

A experiência vivida pelos países mais desenvolvidos aponta para a necessidade de incentivos para tornar as FAE competitivas com relação às fontes convencionais. No caso brasileiro, este aspecto se reveste de maior gravidade pelo baixo custo da energia hidrelétrica, hoje fortemente amortizada, e pela incorporação do gás natural à base térmica com custos bastante interessantes.

pp) Alternativas Locacionais

A escolha de alternativas em relação a localização de uma usina hidrelétrica envolve vários aspectos, sendo os mais importantes aqueles relacionados com a bacia hidrográfica, os impactos ambientais, a escolha de eixo e o mercado.

Os Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias Hidrográficas, que estabelecem os aproveitamentos mais convenientes para aproveitamento do potencial do rio, constituem as bases para definição da alternativa locacional das usinas hidrelétricas.

Assim, o Aproveitamento de Peixe aparece pela primeira vez nos estudos realizados pelo consórcio ENGEVIX-ECOTEC para a ELETROBRÁS/ELETRONORTE a partir de 1973, referentes ao Inventário Hidrelétrico do rio Tocantins ao longo de todo seu curso. Nesses estudos foi definido o aproveitamento de Peixe nas proximidades da foz do rio Santa Cruz, com reservatório na cota 300,30 m, para combinar com o aproveitamento de São Félix, a montante.

Na década de 80, os estudos de inventário do rio Tocantins, referentes ao trecho ao sul do paralelo 12° S, foram retomados por FURNAS, resultando numa divisão de quedas que incluiu os seguintes aproveitamentos:

- Peixe, no local Santa Cruz, com reservatório na cota 287,00 m;
- Cana-Brava, com reservatório na cota 331,00 m;
- Serra da Mesa, com reservatório na cota 460,00 m.

O aproveitamento de Serra da Mesa já se encontra em operação comercial, todavia a fase de enchimento do reservatório ainda não está concluída e o de Cana-Brava está em construção, assim como o de Lajeado, mais ao norte.

Em 2000, o Consórcio CELTINS-EDP-FURNAS-ENGEVIX realizou uma reavaliação da divisão de quedas no trecho Lajeado-Cana-Brava, com vistas a encontrar uma solução para os altos impactos ambientais do AHE Peixe com reservatório na cota 287,00 m, que inundava totalmente as cidades de Paranã e São Salvador, e a localidade de Retiro, além das pontes sobre os rios Paranã, Palma e Tocantins da estrada Natividade-Palmeirópolis e de mais de 110.000 ha dos municípios de Paranã, Peixe, São Salvador e Palmeirópolis.

A conclusão desse estudo, que analisou 7 alternativas de divisão de quedas no trecho, foi o rebaixamento da cota da barragem de Ipueiras e a substituição do aproveitamento Peixe 287,00 m por um conjunto de 4 barragens: Peixe com reservatório na cota 263,00 m (24 metros abaixo do original) e mais três barragens localizadas no final dos 3 ramos principais desse reservatório, nos rios Tocantins, Paranã e Palma. O conjunto desses 4 empreendimentos menores terá uma área afetada da ordem da metade daquela do Peixe 287,00m original, e não inundará as cidades de Paranã e São Salvador, atingindo pequena porção da localidade de Retiro.

Por outro lado, a produção de energia do conjunto de 4 usinas é praticamente igual à da usina original, sendo a energia adicionada da ordem de 10% menor, em função da perda de volume de regularização do rio, que era bastante grande no reservatório de Peixe 287,00 m. Ver Ilustração “Divisão de Queda do rio Tocantins”.

A comparação de alternativas de divisão de quedas levou em conta, de acordo com procedimentos estabelecidos pelo setor elétrico, índices de custo-benefício energético e índices ambientais que consideram 6 componentes-síntese do meio ambiente: ecossistemas terrestres, ecossistemas aquáticos, base econômica, modos de vida, organização territorial e população indígena. A escolha foi decidida considerando peso 0,6 para o índice ambiental e peso 0,4 para o índice custo-benefício energético, resultando uma alternativa com grandes vantagens ambientais.

Na fase seguinte, de Estudos de Viabilidade do AHE Peixe, foi ainda elaborado um estudo de alternativas de localização do eixo da barragem, considerando 5 locais possíveis, entre o antigo eixo Santa Cruz, no extremo montante do trecho e o Travessão de São Miguel, no extremo jusante. Ver Ilustração “Posição dos Eixos Estudados”. A medida que se consideram eixos mais a jusante o aproveitamento ganha queda e portanto energia, visto que o reservatório de Ipueiras teve o seu nível rebaixado para a cota 235,00 m a fim de minimizar interferências na cidade de Peixe.

A contrapartida de incremento de área de reservatório, decorrente do deslocamento do eixo para jusante, é pequena até encontrar os afluentes rio das Almas e Tucum, na margem esquerda. O vale desses dois rios agrega da ordem de 35% de área ao reservatório, quando se chega ao eixo Travessão de São Miguel. A planície que seria inundada desses tributários, por outro lado, apresenta características bióticas e sócio-econômicas que aconselham a sua preservação.

Como consequência, foi escolhido um eixo localizado logo a montante da confluência do rio das Almas, denominado Foz do Almas, que combina vantagens energéticas e ambientais.