



**GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH**

**ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO DA UHE TUCURUÍ, UTILIZANDO VIGAS ESPELHO NO
VERTEDOIRO.**

Carmo Gonçalves *	Rogério R. Gonçalves	Igor de M. Fernandes	Paulo Cesar M. Domingues
ELETRONORTE	ELETRONORTE	ELETRONORTE	ELETRONORTE

RESUMO

Em 2000, para fazer frente à falta de disponibilidade de energia no Sistema Interligado Brasileiro, houve manifestação formal do ONS à Eletronorte solicitando a operação da UHE Tucuruí acima da cota 72,00 m, incrementando assim, benefícios energéticos.

Com a elevação para a cota 74,00 m, houve um acréscimo na energia assegurada de 109 MW médios para a primeira etapa e de 94 MW médios, considerando as duas etapas concluídas.

Para alcançar as novas metas, houve a necessidade de se aparelhar o vertedouro com 23 vigas espelho para a contenção de vertimento pelo lado superior da comporta.

PALAVRAS-CHAVE

Vertedouro - Viga Espelho – Viga de Vedação - Tucuruí

1.0 - INTRODUÇÃO

A UHE Tucuruí, está situada no rio Tocantins, no Estado do Pará a 350 km de Belém, e pertence à Eletronorte.

A operação comercial da 1ª etapa com suas 12 unidades geradoras de 330 MW cada, está baseada em uma queda líquida de 63,00 m, com a cota do reservatório em 72,00 m.

Com a retomada da 2ª casa de força com 11 unidades geradoras de 375 MW cada e com a falta de energia no Sistema Interligado Brasileiro houve a necessidade de se agregar mais energia firme ao sistema de geração da UHE Tucuruí com a elevação do nível do reservatório para a cota 74,00 m.

Para se alcançar este objetivo, foram utilizadas 23 vigas de vedação a montante das comportas de segmento do vertedouro, permitindo com segurança, a operacionalidade da usina.

Este trabalho tem o intuito de descrever as ações adotadas e os ganhos de energia com a implementação das vigas espelhos.

2.0 - HISTÓRICO

Em 1973, ano de sua fundação, a Eletronorte assumiu a responsabilidade dos estudos de inventário do rio Tocantins e da viabilidade da UHE Tucuruí e somente em 1975 estabeleceu definitivamente a localização do eixo da barragem.

Com a cheia excepcional de 1980 (68.400 m³/s) houve a necessidade de revisar os estudos de cheias do rio Tocantins, levando à necessidade de alteamento das obras principais de concreto a fim de permitir a passagem em "ultimate capacity" da cheia máxima de 110.000 m³/s.

Em seu projeto básico adotou-se a cota de 72,00 m para o nível d'água máximo normal de represamento tendo em vista os estudos econômicos do empreendimento e os limites de inundação da cidade de Marabá.

3.0 - COMPORTAS DO VERTEDOIRO

Para atendimento a vazão próxima de 110.000 m³/s, foram instaladas no vertedouro, 23 comportas de segmento de 20,00 x 21,22 m de 240 t cada, acionadas por dois servo-motores, com a cota superior da comporta totalmente fechada em 72,75 m.

O sistema de acionamento das comportas foi fornecido tendo como base os cálculos do esforço máximo de 309 t com a comporta totalmente aberta, não permitindo qualquer acréscimos em sua estrutura.

O fornecedor das comportas, após acordos com a Eletronorte, concebeu um projeto de instalação de futuras vigas espelho para atender a elevação do reservatório, para a cota 74,00 m.

As comportas do vertedouro instaladas na 1^a. Etapa de construção da usina, tem os seguintes parâmetros:

- Altura: 21,22 m
- Largura: 20,00 m
- Raio externo do paramento: 20,00 m
- Peso unitário: 240 t
- Vão livre de cada abertura: 20,00 m
- Cota da soleira: 51,53 m
- Cota do centro do munhão: 60,60 m
- Cota inferior totalmente aberta: 70,50 m
- Cota superior fechada: 72,75 m
- Cota inferior da viga espelho: 71,90 m
- Cota do coroamento: 77,50 m
- Velocidade de subida e descida: 0,3 m/min
- Paramento e vedação a montante
- Acionamento por cilindro hidráulico

4.0 - CONDIÇÕES GERAIS

Em 2000, para fazer frente à falta de disponibilidade de energia no Sistema Interligado Brasileiro, houve manifestação formal do ONS (Operador Nacional de Sistema) solicitando a operação acima da cota 72,00 m, incrementando assim benefícios energéticos., agregando mais energia firme ao sistema de geração da UHE Tucuruí, que fornecia energia elétrica para os estados do Pará, Maranhão e Tocantins permitindo ainda o intercâmbio de energia com a CHESF.

A expansão da Casa de Força da UHE Tucuruí, com o início da construção da 2^a. etapa em 1998, com a instalação de 11 unidades de 375 MW , possibilitará a expansão do fornecimento de energia para os sistemas elétricos Norte-Nordeste e Sul-Sudeste-Centro-Oeste.

Para tanto, foi contratado no ano de 2001 o fornecimento de 23 vigas espelho que foram instaladas a montante das comportas de segmento do vertedouro.

A elevação do nível do reservatório em 2,8%, ocasionou um aumento percentual de 9,18% em sua área de inundação e de 12,91% em seu volume armazenado o que proporcionará a Eletronorte uma energia assegurada de 109 MW médios para a primeira etapa e de 94 MW médios ao final das duas etapas totalmente concluídas, devido a elevação da cota de jusante.

As condições do reservatório nas duas etapas concluídas são as seguintes:

- Nível máximo do reservatório: 75,30 m
- Nível normal do reservatório: 74,00 m
- Nível mínimo de operação: 51,60 m
- Vazão de cheia máxima: 110.000 m³/s.
- Volume total cota 72,00: 44,52 km³
- Volume total cota 74,00: 50,27 km³
- Área inundada cota 72,00: 2755 km²
- Área inundada cota 74,00: 3008 km²

5.0 - VIGAS ESPELHO

A viga espelho consiste em uma estrutura fechada, em chapas de aço carbono ASTM-A-36 de 1350 x 2700 x 21000 mm que, depois de instalada foi preenchida com concreto aumentando seu peso sua inércia e rigidez.

Na parte inferior das vigas foram instaladas mantas de borrachas e raspadores que em contato com uma borracha instalada no paramento da comporta de segmento e a pressão do reservatório permitiram a vedação do fluxo e conseqüente elevação da cota 72,00 m para 74,00 m.

O sistema de vedação entre a viga e o topo da comporta de segmento é constituído de um conjunto de 10 placas mistas, cuja parte superior é em borracha SBR, e a parte inferior em chapas de aço inoxidável AISI 316.

A ligação/fixação entre a borracha e chapa de inox é feita através de ranhura e parafusos em aço inoxidável. A parte inferior da chapa de inox é em forma de curva e na sua extremidade é fixada uma barra de teflon/madeira que serve de raspador do paramento da comporta de segmento durante a abertura da mesma.

Na parte superior do paramento da comporta foi fixado, por parafusos inoxidáveis e talas, uma borracha especial em forma de "U" com abas nas extremidades que permite a ação da pressão da água de dentro para fora.

A vedação completa do sistema é obtida pela compressão da borracha "U" da comporta sobre a superfície da placa de inox, que também é pressionada pela coluna d'água.

A vedação não é total e para controle dos vazamentos foram instaladas na parte superior do paramento, duas caixas coletoras d'água.

Esta água é conduzida por tubulação de forma controlada para a rampa do vertedouro a jusante onde existem dissipadores de energia que reduzem o contato direto com o concreto.

Foram instalados, também na parte inferior das vigas, grelhas protetoras em vergalhões para contenção de material flutuante evitando danos às borrachas de vedação.

As vigas foram montadas utilizando o pórtico rolante do vertedouro com capacidade de 250 t e uma viga de içamento especialmente construída para este fim.

Inicialmente, os nichos foram limpos e instalados uma manta de borracha para receber a viga.

Após o alinhamento das vigas tendo por base o paramento da comporta, as mesmas foram preenchidas parcialmente com concreto conforme Fig.1, verificando uma flecha máxima de 2mm no centro da viga.

Em seguida as extremidades que ficaram apoiadas nos nichos, foram concretadas evitando assim qualquer movimentação ou mesmo vazamentos nestes pontos.

Com o posicionamento definitivo da viga, a borracha em "U" foi instalada no paramento da comporta.

5.1 CUSTO

Com a instalação das 23 vigas espelho, elevando o reservatório em 2,0 m, a Eletronorte terá um acréscimo de energia assegurada de 94 MW médio ao final das duas etapas concluídas com um retorno financeiro de aproximadamente R\$ 3.850.000,00 (U\$ 1,375,000) ao mês.

O valor do contrato para o fornecimento das 23 vigas foi de R\$ 4.549.999,93 em junho de 2001 e para os serviços de montagem R\$ 870.625,00 totalizando R\$ 5.420.624,93 (U\$ 1,935,937)

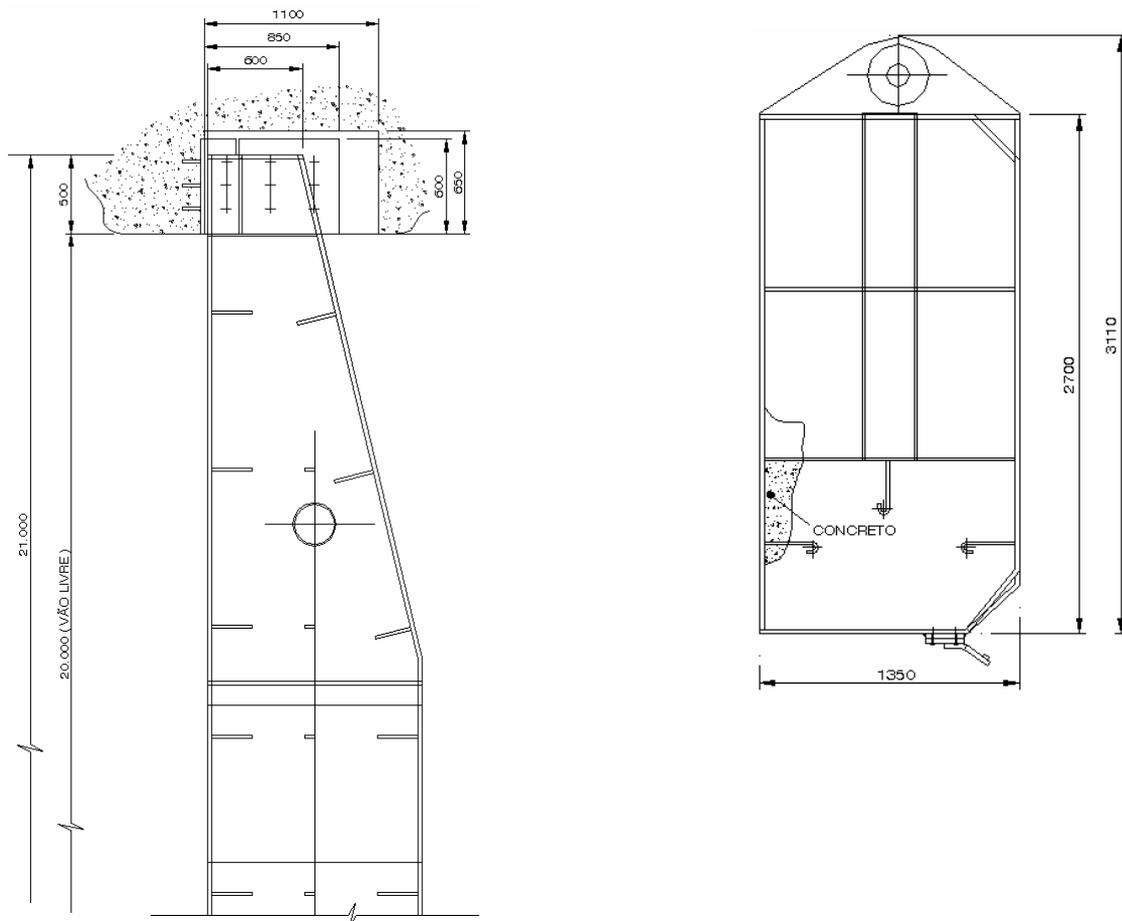


FIGURA 1– Dimensões da viga espelho

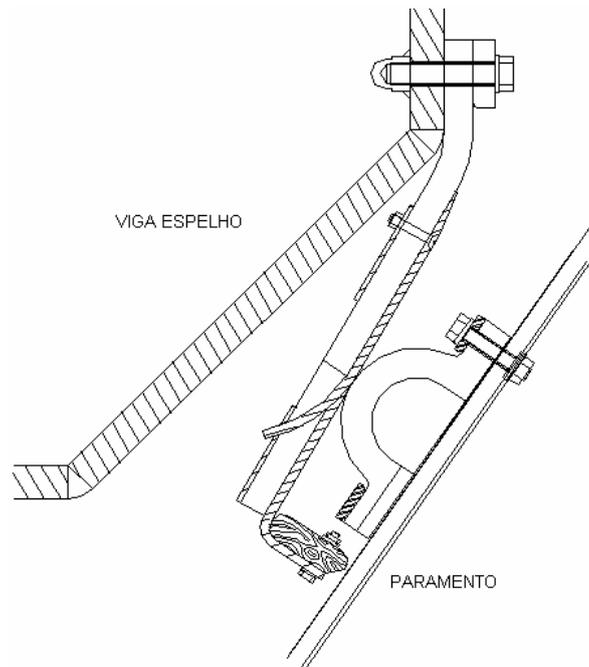


FIGURA 2– Corte mostrando o sistema de vedação entre a viga espelho e o paramento da comporta

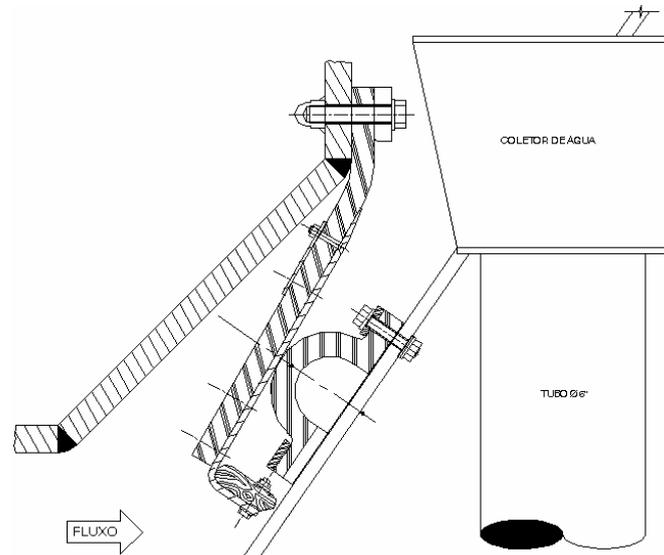


FIGURA 3– Corte mostrando o sistema de captação dos vazamentos



FIGURA 4– Fabricação das vigas espelho



FIGURA 5– Nicho para a instalação das vigas espelho

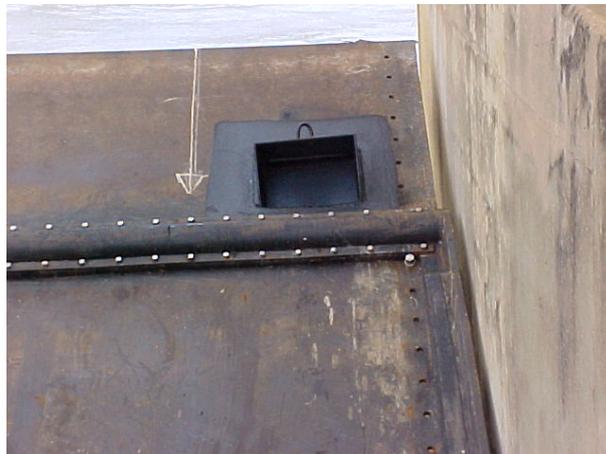


FIGURA 6– Vedação do paramento e Caixa Coletora de vazamentos



FIGURA 7– Instalação da viga espelho



FIGURA 8– Vista inferior com a grade de proteção



FIGURA 9– Montagem da borracha, chapas de aço inoxidável e raspador da vedação



FIGURA 10– Vista do dissipador de energia a jusante

6.0 - CONCLUSÃO

- A elevação do reservatório não comprometeu as estruturas existentes da Usina;
- Não houve necessidade de ampliação de novas estruturas civis;
- A capacidade de armazenamento do reservatório cresceu de 12,91%;
- Haverá um acréscimo geração hidráulica de 94 MW médios;
- O custo benefício oriundo desta implantação foi positivo para a Eletronorte.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ERBISTI, PAULO C.F. “ Comportas Hidráulicas” Rio de Janeiro: Interciência, 2002 Brasil.
- (2) Especificações Técnicas ELETRONORTE.
- (3) Memória do Empreendimento da UHE Tucuruí - 1988.