

# Documento Cópia - SICnet



Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL

Em 25 de outubro de 2011.

Processos: 48500.005684/2008-97 e  
48500.000582/2008-85.

Assunto: Avaliação do nível de jusante da UHE Jirau em consonância com o Aproveitamento Ótimo do Rio Madeira.

## I - OBJETIVO

Tramita, nesta Superintendência, o Processo nº 48500.005684/2008-97, relacionado à elaboração e às modificações do Projeto Básico da UHE Jirau, localizada no rio Madeira, no âmbito desta Agência, sob a responsabilidade da concessionária Energia Sustentável do Brasil S.A. – ESBR (doravante designada Concessionária), inscrita no CNPJ/MF sob o nº. 09.029.666/0001-47.

2. Inicialmente esta Nota Técnica teria por objetivo avaliar a viabilidade de se alterar o nível normal de jusante da UHE Jirau em face à sobre-elevação da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio para a referência 71,3 metros, essa última em decorrência de análise proferida acerca do aproveitamento ótimo do rio Madeira, consubstanciada na Nota Técnica nº. 243/2011, e em observância ao item II do ato de aprovação do projeto de ampliação da UHE Jirau (Despacho nº. 955/2011). Entretanto, no decorrer da análise das informações prestadas pela Concessionária, mostrou-se necessário analisar também a compatibilidade entre os parâmetros aprovados no Projeto Básico aprovado e aqueles considerados na elaboração do Projeto Executivo da UHE Jirau.

## II - DOS FATOS

3. Os fatos elencados na sequência restringem-se àqueles tidos como importantes à adequada compreensão do tema objeto da presente manifestação.

4. O estudo de Viabilidade (EVTE) da UHE Jirau foi aprovado em 02/04/2007 e subsidiou o Leilão ocorrido em 12 de maio de 2008.

5. O Projeto Básico (PB) da UHE Jirau foi aprovado em junho de 2009, mediante o Despacho nº. 2.101, de 04/06/2009.

6. Em agosto de 2010 a Nota Técnica nº 261/2010-SGH/ANEEL foi emitida recomendando a validação dos novos estudos de remanso dos reservatórios das usinas do rio Madeira. É conveniente registrar que os resultados apresentados pelas concessionárias decorreram de um amplo processo de interação com a ANEEL, envolvendo também a Agência Nacional de Águas – ANA, na definição da metodologia e critérios

\* A Nota Técnica é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

48539.018687/2011-00

# Documento Cópia - SICnet



(Fl. 2 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

gerais comuns que melhor representassem o comportamento hidráulico de ambos os reservatórios, trabalho esse conduzido de forma conjunta pelas empresas.

7. O Despacho nº 955/2011, de 1º de março de 2011, aprovou a adequação da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio para a elevação 70,5 metros, nos termos das disposições contidas nas Notas Técnicas nº 261/2010-SGH/ANEEL e nº 286/2010-SGH/ANEEL, validando os estudos de remanso elaborados e as análises energéticas procedidas, respectivamente.

8. Em 08 de abril de 2011, mediante a Nota Técnica nº. 117/2011, a SGH avaliou o Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau, para o qual estabeleceu três condicionantes à sua aprovação, a saber: (i) anuência do IBAMA, (ii) anuência ANA e (iii) desvinculação da parcela de energia relativa à ampliação do montante de garantia física total a ser atribuído ao empreendimento.

9. A viabilidade ambiental sobre a proposta de ampliação a que o parágrafo anterior faz referência foi atestada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio do Ofício nº. 362/2011/DILIC/IBAMA, no qual se dispôs sobre a inexistência de óbices técnicos à implantação da motorização adicional da usina em questão, nos termos exigidos pela condicionante nº. 1.2 da Licença de Instalação nº. 621/2009.

10. A anuência da Agência Nacional de Águas (ANA) ao pleito em referência foi formalizada mediante publicação da Resolução ANA nº. 309, de 16/05/2011, a qual alterou o Artigo 1º da Resolução nº. 269/2009 da mesma agência reguladora.

11. Em 29/07/2011, por meio do FAX cadastrado na ANEEL sob o nº. 48539.014253/2011-00, no qual se encaminhou anexa a Carta VP-FB 1.450/2011, a Concessionária formalizou perante a Agência o compromisso de investir nas seis unidades adicionais da UHE Jirau independentemente da decisão do Poder Concedente em relação ao montante de energia a ser alocado a essa motorização em termos de certificado de garantia física<sup>1</sup>.

12. Tendo em vista o atendimento pleno às condicionantes preconizadas na NT nº. 117/2011, o Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau foi aprovado em 1º de Agosto de 2011, por meio do Despacho nº. 3.104, de 29/07/2011, devendo ser observado o aproveitamento ótimo do Rio Madeira.

13. Concomitantemente à análise acima disposta, avaliou-se também a proposta de ampliação da capacidade instalada da UHE Santo Antônio requerida pela Concessionária Santo Antônio Energia S.A. (doravante designada SAE), por meio de duas notas técnicas NT nº 221/2011, de 01/07/2011 e NT nº 243/2011, de 08/07/2011. A segunda manifestação, a exemplo do caso da UHE Jirau, também estabeleceu condicionantes à sua aprovação: (i) anuência do IBAMA, (ii) anuência da ANA, (iii) desvinculação da energia atrelada à ampliação em relação à garantia física total e (iv) aprovação de Projeto Básico da UHE Jirau nessa nova condição (71,3 m).

14. Após a emissão da NT nº 243/2011, em decorrência de análise proferida acerca do aproveitamento ótimo do rio Madeira, foram iniciadas tratativas junto à ESBR visando à definição da

<sup>1</sup> Tal desvinculação se fez necessária em face ao ganho de energia proveniente da mudança de eixo locacional da usina, o qual foi melhor contabilizado por ocasião da aprovação do novo estudo de remanso do rio Madeira (NT nº. 261/2010), e, até então, ainda não havia sido reconhecido pelo Poder Concedente, também em termos de garantia física. Maiores detalhes sobre esse assunto podem ser consultados na NT nº. 117/2011.

(Fl. 3 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

viabilidade técnica-econômica da sobre-elevação da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio para o nível 71,3 metros.

15. A primeira manifestação da ESBR sobre o assunto foi realizada ainda em julho de 2011, sendo posteriormente complementada em 02/08/2011, com a apresentação de relatórios técnicos contendo avaliação dos possíveis danos à UHE Jirau, caso o reservatório da UHE Santo Antônio fosse estabelecido na cota 71,3 m.

16. Sobre esse último tema, novos relatórios técnicos foram protocolizados na Agência em 02/09/2011, após solicitação da ANEEL realizada por meio do Ofício nº. 3.010, de 19/08/2011. Nesse mesmo dia, em reunião realizada nesta Superintendência, a ESBR e Themag Engenharia Ltda. (consultora especializada contratada pela Concessionária) expuseram as principais conclusões das verificações realizadas com respeito ao impacto da alteração do nível d'água de jusante no projeto da UHE Jirau.

17. Paralelamente a essa discussão, em 09/09/2011, a Concessionária formalizou consulta à Agência em relação a estudo de otimização por ela conduzido em que foi apresentada proposta adicional de motorização contendo mais quatro unidades geradoras (totalizando 54 máquinas) e uma avaliação adicional sobre o aproveitamento ótimo do rio Madeira, partindo-se de premissa em que os reservatórios das UHEs Santo Antônio e Jirau estabelecer-se-iam nas elevações 70,0 metros e 90,0 metros, respectivamente, com a inclusão de hipótese adicional em que esse último desconsideraria a regra operativa (curva-guia) firmada na Resolução ANA nº. 269/2009.

18. A resposta da SGH em relação a esse estudo foi feita mediante o Ofício nº. 3.322, no qual esta Superintendência apresenta resumo de sua avaliação energética sobre o pleito em questão e cuja conclusão foi por ratificar a deliberação contida na Nota Técnica nº. 243/2011.

### III - ANÁLISE

19. É importante destacar que, como de praxe, todas as análises desempenhadas por esta Superintendência, no âmbito da análise das concepções de projeto das usinas do rio Madeira, basearam-se em estudos aprovados pela Agência, bem como em informações apresentadas por ambas as concessionárias.

20. Não menos relevante é o fato de que as verificações desempenhadas pela Concessionária ESBR em relação aos danos causados à UHE Jirau, na hipótese de elevação da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio para 71,3 m, abrangeram aspectos mecânicos, geotécnicos e estruturais. Detalhes desses impactos estão discriminados em relatórios anexos às correspondências endereçadas à Agência.

21. Não obstante, sem entrar no mérito do critério adotado para dimensionamento das estruturas, critério esse que foge a alçada desta Superintendência, a SGH ateu-se a avaliar o nível de referência considerado nas verificações desempenhadas pela ESBR, ou seja, a condição de contorno estabelecida para a efetuação de todos os cálculos subsequentes. Com efeito, julgou-se oportuno, a partir da premissa de cálculo adotada pela própria Concessionária, avaliar qual seria a condição de contorno que deveria ser observada por ocasião da realização da licitação do empreendimento, bem como suas demais configurações

(Fl. 4 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

em razão do natural avanço sobre o desenvolvimento dos dois projetos, tal como o aprimoramento do estudo de remanso do rio Madeira.

### III.1 – Aspectos Teóricos

22. Diante dessas considerações, faz-se necessário, primeiramente, apresentar conceito oriundo da hidrostática, atrelado à distribuição de pressões atuantes em um corpo sólido submerso, definição essa de importância central no exame dessa questão. Abaixo se dispõe diagrama representando o sistema de forças atuantes em um caso hipotético qualquer:

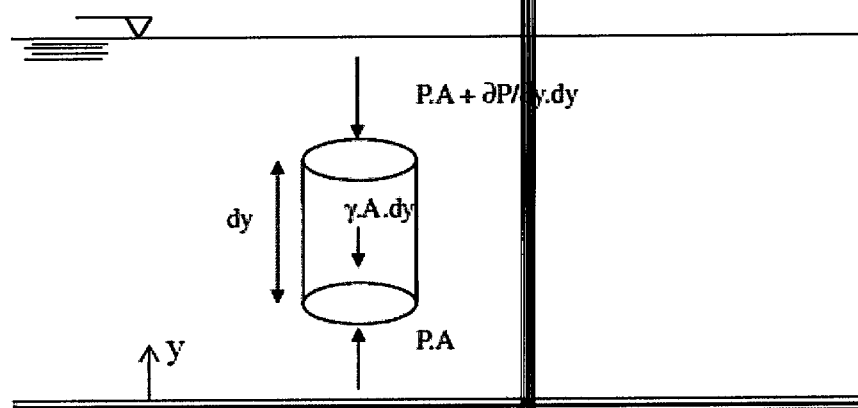


Figura 1 – Diagrama de Forças em Regime Hidrostático

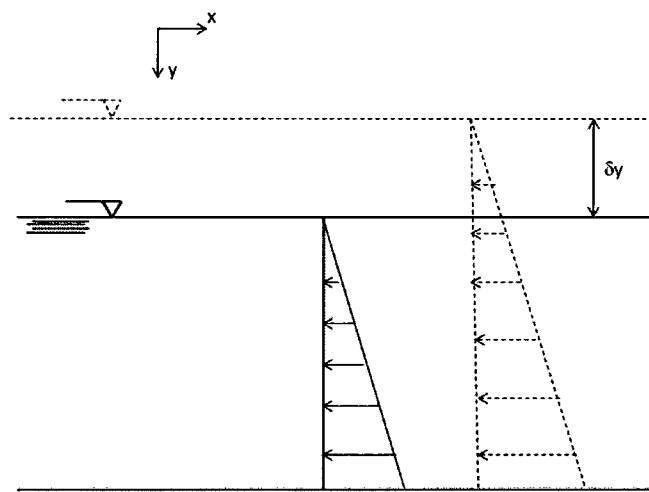
23. A resolução desse sistema de forças para uma situação de equilíbrio (sem aceleração) leva à seguinte equação resultante:

$$P = -\gamma y \quad (1)$$

onde  $P$  representa a pressão hidrostática atuante,  $\gamma$  o peso específico da água e  $y$  a ordenada correspondente ao ponto de atuação da força resultante no sistema de referência adotado.

24. Note-se, portanto, que o esforço estático atuante em um corpo submerso aumenta de forma linear com o acréscimo de profundidade. No caso em análise, tal definição é importante uma vez que o principal argumento apresentado pela Concessionária, quando instada a avaliar a viabilidade técnica na usina de Jirau em um cenário de elevação do nível operacional do reservatório da UHE Santo Antônio, seria o de que essa sobre-elevação acarretaria em esforços mecânicos adicionais não previstos quando do dimensionamento das principais estruturas da UHE Jirau. Esse argumento é sintetizado, esquematicamente, por meio do diagrama contido na figura a seguir:

(Fl. 5 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)



**Figura 2 – Diagrama de Esforços em Regime Hidrostático**

25. Levando-se em conta a Equação 1 e a referência para o nível d'água conferida pela linha contínua da Figura 2, uma sobre-elevação de nível de ordem  $\delta y$  (linha pontilhada) implicaria num acréscimo de esforço solicitante de magnitude  $\gamma \delta y$ .

### III.2 – Análise do tema no âmbito da ANEEL

26. A partir dessas considerações teóricas, passa-se a examinar a questão do nível operacional de jusante da UHE Jirau à luz das informações encaminhadas pela Concessionária e aprovadas pela Agência desde o marco temporal subsequente à licitação desse empreendimento. Ressalte-se que, em toda essa análise, adotar-se-á, como premissa, o mesmo critério de projeto estabelecido pela Concessionária para o dimensionamento e verificação de suas estruturas, a saber:

- i. Vazão de Dimensionamento: 38.000 m<sup>3</sup>/s (Cheia Média Anual);
- ii. Vazão de Verificação: 41.200 m<sup>3</sup>/s (Cheia Média Anual Majorada).

27. Por ocasião do pedido de mudança de eixo do barramento da UHE Jirau, pleito esse de iniciativa da própria Concessionária, a SGH, primeiramente, em setembro e outubro de 2008, emitiu as Notas Técnicas nºs. 188/2008 e 227/2008, respectivamente, as quais avaliaram a proposta da alteração de eixo *per se*, antes da apreciação e aprovação formal do projeto básico da usina, e julgaram tal iniciativa viável do ponto de vista técnico-regulatório, apoiando-se, para tanto, nas características estruturantes estabelecidas na licitação do empreendimento.

28. De forma especial, na NT nº. 227/2008, em razão da inexistência, à época, de estudo que melhor caracterizasse as condições hidráulicas do leito do rio Madeira no novo sítio da UHE Jirau, para o exame da questão energética atrelada ao tema, a SGH adotou como sendo a informação até então mais representativa a curva-chave oriunda da seção 375,5 do projeto básico da UHE Santo Antônio (seção 21 dos respectivos estudos de viabilidade – também designada S-21). A partir de tal premissa, assegurou-se que não haveria perda da capacidade de produção energética da usina nessa nova configuração.

29. Posteriormente, quando da apreciação da versão definitiva do primeiro projeto básico da UHE Jirau, mediante confecção da Nota Técnica nº. 102/2009, em 11/03/2009, a SGH novamente considerou, à

# Documento Cópia - SICnet



(Fl. 6 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

época, como sendo a melhor informação relativa ao canal de fuga da usina, a referida curva-chave. Não obstante, consta do relatório de projeto básico da Concessionária informação muito aderente a essa mesma curva-chave adotada pela SGH, a qual também remete aos estudos desempenhados na fase da viabilidade técnico-econômica, cujo trecho de interesse contendo os resultados obtidos pela Concessionária são reproduzidos em sua íntegra abaixo<sup>2</sup>:

(...) "As curvas-chave de descarga a jusante da barragem de referência para o canal de fuga, foram traçadas com base nos dados do estudo de remanso em atendimento ao ofício nº 115/2005/SOC-ANA, que foi realizado no estudo de Viabilidade, que abrange o trecho da cidade de Porto Velho até Abunã.

A curva adotada foi estabelecida com base nos níveis d'água calculados na seção S-21 do mencionado estudo de remanso. Na Tabela 7.29 são apresentados os níveis d'água para as condições: natural do rio, e com o reservatório da AHE Santo Antônio nas cotas 70,0m e 72,0m." (...)

(...) "Tabela 7.29 - Rio Madeira na Ilha do Padre, AHE Jirau - Curva-Chave a Jusante do Vertedouro, com e sem Influência de Remanso do AHE Santo Antônio

| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | N.A. jusante rio e Condições naturais | N.A. jusante com Santo Antônio na cota 70,0 (m) | N.A. jusante com Santo Antônio na cota 72,0 (m) |
|---------------------------|---------------------------------------|---|---|
| 5.000                     | 64,79                                 | 70,25   | 72,16   |
| 10.000                    | 68,31                                 | 70,91   | 72,60   |
| 18.000                    | 71,61                                 | 72,43   | 73,72   |
| 39.100                    | 76,78                                 | 76,78   | 77,44   |
| 48.600                    | 78,43                                 | 78,43   | 78,88   |
| 61.200                    | 80,09                                 | 80,09   | 80,42   |
| 72.600                    | 81,42                                 | 81,42   | 81,64   |
| 84.000                    | 82,58                                 | 82,58   | 83,15   |

(...)

30. A aprovação desse projeto foi formalizada por meio do Despacho nº. 2.101, de 04/06/2009. Regressão simples aplicada aos pontos conferidos pelas colunas 1 e 3 da Tabela 7.29, acima especificada, leva aos coeficientes polinomiais dispostos na Tabela 1<sup>3</sup>. O emprego desse polinômio às vazões estabelecidas pela Concessionária para o dimensionamento de suas estruturas, por sua vez, levariam aos níveis de referência dispostos na Tabela 2.

Tabela 1 – Coeficientes polinomiais estimados para os dados da Tabela 7.29 do PB da UHE Jirau

| Índices      | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Coeficientes | 6.9740186E+01  | 6.8915462E-05  | 6.2125055E-09  | -1.0791363E-13 | 5.4613276E-19  |

Tabela 2 – Níveis para o dimensionamento estrutural obtidos a partir do polinômio disposto na Tabela 1

| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | 38.000 | 41.200 |
|---------------------------|--------|--------|
| Nível (m)                 | 76.5   | 77.2   |

31. Ressalte-se que essas referências permaneceram aprovadas e válidas na Agência até a conclusão do novo estudo de remanso do rio Madeira, o qual foi desempenhado por ambas as Concessionárias, depois de devidamente firmadas as diretrizes norteadoras por ANEEL e ANA, notadamente

<sup>2</sup> Página 49 do Relatório 6453-RT-G00-001 – Anexo 78 do processo em epígrafe.

<sup>3</sup> O formato genérico do polinômio ora considerado é este:  $y = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4$ .

(Fl. 7 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

no que se refere ao estabelecimento dos coeficientes de *manning* representativos do escoamento em condição de reservatório<sup>4</sup>.

32. Com efeito, o reconhecimento do mérito desse estudo foi feito mediante emissão da NT nº. 261/2010, em 03/08/2010, a qual recomendou a validação e a incorporação de seus resultados aos projetos básicos então aprovados de ambas as usinas.

33. A partir da referida nota técnica, a relação matemática entre nível e vazão estabelecida para o canal de fuga da usina de Jirau, considerando-se ainda a UHE Santo Antônio na El. 70,0 m, passou a ser aquela representada pelos coeficientes polinomiais dispostos na Tabela 3. Os níveis de referência para o dimensionamento estrutural, obtidos a partir do emprego dos critérios de dimensionamento preconizados pela Concessionária, seriam aqueles dispostos na Tabela 4.

**Tabela 3 – Coeficientes polinomiais relativos ao canal de fuga da UHE Jirau após NT nº. 261/2010 (Santo Antônio na El. 70,0 m)**

| Índices      | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Coeficientes | 7.0000000E+01  | 9.8416018E-06  | 5.0358161E-09  | -7.9922273E-14 | 4.3195309E-19  |

**Tabela 4 – Níveis para o dimensionamento estrutural obtidos a partir do polinômio disposto na Tabela 3**

|                           |        |        |
|---------------------------|--------|--------|
| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | 38.000 | 41.200 |
| Nível (m)                 | 74.2   | 74.6   |

34. Atendendo à determinação da ANEEL contida na N.T. 261/2010, a Concessionária incorporou o resultado desses estudos à sua proposta de projeto básico de ampliação da UHE Jirau, essa contendo 50 unidades geradoras, formalmente levada ao conhecimento da Agência em 12/08/2010, por meio da Correspondência VP/MC – 1092/2010 (fls. 824 a 826 do processo de referência). Nesse projeto, a curva-chave considerada é muito próxima daquela conferida pelos coeficientes da Tabela 3, conforme se depreende do extrato de texto copiado do relatório da Concessionária e reproduzido na sequencia<sup>5</sup> e do gráfico disposto na Figura 3.

**(...) “5.3 Curva-chave de Jusante da UHE Jirau**

*Usando a mesma metodologia usada pela ESBR para cálculo do remanso no reservatório de Jirau, a SAE realizou simulações do remanso ao longo do reservatório da UHE Santo Antônio, apresentadas em seu relatório PJ0696-X-H41-GR-ED-006-1A “Estudos de Remanso do Reservatório da UHE Santo Antônio – Relatório de Modelagem” de junho de 2010.*

*Os níveis de água calculados pela SAE imediatamente a jusante do eixo da UHE Jirau, para o reservatório na elevação 70,00 m, foram adotados como a curva-chave remansada de jusante na saída dos canais de fuga da UHE Jirau.” (...)*

<sup>4</sup> No processo em epigrafe, há atas de reunião que comprovam a realização das supracitadas discussões técnicas entre as duas agências reguladoras e as concessionárias envolvidas.

<sup>5</sup> Páginas 37 do Relatório 1110-JI1-RT-USC/GR-00002 – Anexo 98 do processo de referência.

(Fl. 8 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

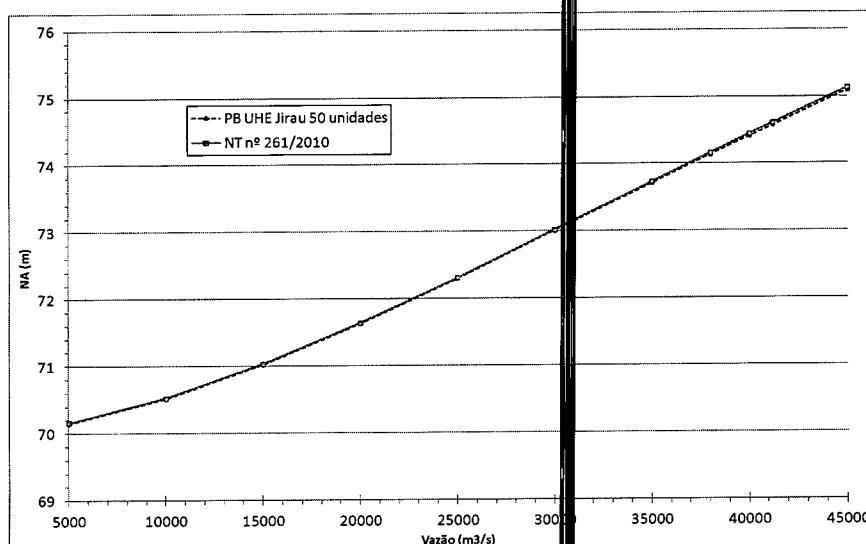


Figura 3 – Curvas-chave para o canal de fuga da UHE Jirau (Santo Antônio na El. 70,0 m)

35. Por ocasião da mudança da referência altimétrica associada ao reservatório da UHE Santo Antônio para a El. 70,5 m, essa fundamentada pelas Notas Técnicas nºs. 261/2010 e 286/2010, e devidamente formalizada, após deliberação da Diretoria da ANEEL, mediante celebração de terceiro termo aditivo ao contrato de concessão dessa usina (Despacho nº. 955, de 01/03/2011), à aprovação do referido projeto de ampliação, exigiu-se o devido reconhecimento e incorporação dessa nova condição, por parte da Concessionária, à proposta até então submetida à apreciação da Agência.

36. Tal exigência foi levada ao conhecimento da Concessionária por meio do Ofício nº. 958/2011-SGH/ANEEL, de 21/03/2011, a qual realizou as devidas adequações ao seu projeto por meio de correspondências entregues em 24/03/2011, 29/03/2011 e 31/03/2011, conforme comprovam os textos a seguir transcritos do processo em epígrafe.

Em resposta ao Ofício 958/2011-SGH ANEEL, a Energia Sustentável do Brasil S.A. esclarece que o projeto básico da UHE Jirau não sofrerá qualquer alteração em função da elevação da cota de operação da UHE Santo Antonio prevista no Despacho ANEEL 955 de 01/03/2011.

A UHE Jirau foi projetada e está sendo construída de acordo com critérios técnicos que suportam a nova cota prevista no referido Despacho. Entretanto, apesar de não haver impacto estrutural, esta alteração reduz a energia assegurada de Jirau, especialmente no montante de energia atribuível às máquinas adicionais.

Fonte: Correspondência da ESBR VP/PC 539/2011, de 24/03/2011 (fl. 963 do processo)

**USINA HIDRELÉTRICA DE JIRAU**  
**PROJETO BÁSICO - 50 UNIDADES GERADORAS**  
**1110-JI1-RT-USC/GR-00002-0A**  
**Revisão de Agosto de 2010**

Nos desenhos da tabela abaixo os níveis d'água de Jusante de Jirau devem ser considerados como se segue:

**N.A. MÁXIMO MAXIMORUM:** de EL. 79,00m para EL. 80,20m  
**N.A. MÁXIMO NORMAL:** de EL. 73,00m para EL. 74,70m  
**N.A. MÍNIMO NORMAL:** de EL. 70,00m para EL. 70,50m

Fonte: Anexo à correspondência da ESBR VP/EO 650-2011, de 31/03/2011 (fl. 998 do processo)



(Fl. 9 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

37. Nessas cartas, fica evidente que a Concessionária reconhece como sendo válida, em seu projeto, a mesma equação polinomial presente na NT nº. 286/2010, cujos coeficientes são destacados na Tabela 5 e, a exemplo do desempenhado anteriormente, dispõem-se na Tabela 6 os níveis de referência para o dimensionamento estrutural, calculados a partir dos mesmos critérios já discutidos.

**Tabela 5 – Coeficientes polinomiais relativos ao canal de fuga da UHE Jirau após NT nº. 261/2010 (Santo Antônio na El. 70,5 m)**

| Índices      | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Coeficientes | 7.0500000E+01  | 6.6244655E-06  | 4.6535045E-09  | -7.0618369E-14 | 3.6949953E-19  |

**Tabela 6 – Níveis para o dimensionamento estrutural obtidos a partir do polinômio disposto na Tabela 5**

|                           |        |        |
|---------------------------|--------|--------|
| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | 38.000 | 41.200 |
| Nível (m)                 | 74.4   | 74.8   |

38. Note-se, portanto, que a informação conferida pela curva-chave contida na Tabela 1 permaneceu válida na Agência por mais de dois anos, se consideradas a entrega do Projeto Básico e a data de publicação do Despacho nº 955/2011, que também validou os estudos de remanso. De qualquer forma, os agentes envolvidos na elaboração dos estudos de remanso do rio Madeira já tinham conhecimento formal dos resultados avaliados por esta Superintendência desde a emissão da NT nº 261/2010.

39. Destaque-se ainda que, o ato de aprovação do projeto básico de ampliação da UHE Jirau (Despacho nº. 3.104, de 29/07/2011), em face a todas as tratativas e exigências feitas por esta Superintendência junto à Concessionária e as discussões em andamento acerca do aproveitamento ótimo do rio Madeira, estabeleceu que “[...] o nível normal de jusante deverá respeitar o aproveitamento ótimo da cascata do rio Madeira.”

40. Por fim, visando à adequada delimitação das condições de contorno atreladas ao cenário apontado na Nota Técnica nº. 243/2011, de 08/07/2011, na qual se dispôs sobre uma configuração das usinas do rio Madeira em que o reservatório da UHE Santo Antônio estabelecer-se-ia na El. 71,3 m, combinada ao acréscimo de quatro unidades geradoras nessa usina e à ampliação da UHE Jirau com seis máquinas adicionais – essa última já aprovada –, a qual proveria a máxima produção energética do conjunto hidrelétrico, dispõe-se a seguir as mesmas informações sobre polinômio e níveis para o dimensionamento estrutural realizada nos casos anteriores.

**Tabela 7 – Coeficientes polinomiais relativos ao canal de fuga da UHE Jirau após NT nº. 261/2010 (Santo Antônio na El. 71,3 m)**

| Índices      | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Coeficientes | 7.1263320E+01  | 3.1764138E-06  | 4.0662101E-09  | -5.7741004E-14 | 2.9045799E-19  |

**Tabela 8 – Níveis para o dimensionamento estrutural obtidos a partir do polinômio disposto na Tabela 6**

|                           |        |        |
|---------------------------|--------|--------|
| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | 38.000 | 41.200 |
| Nível (m)                 | 74.7   | 75.1   |

41. Diante das informações ora apresentadas e, levando-se em conta a cronologia dos fatos registrada no processo, note-se que, como era de se esperar, após aprovação dos novos estudos de remanso, há uma crescente elevação do nível de referência para o dimensionamento estrutural à medida em que se também eleva o nível operacional do reservatório da UHE Santo Antônio. Contudo, se tais referências forem comparadas aos níveis oficiais que vigoraram até o reconhecimento das novas condições hidráulicas

# Documento Cópia - SICnet



(Fl. 10 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

do rio Madeira (NT nº. 261/2010), em agosto de 2010, percebe-se que todas elas estão abaixo do limite anterior, conforme se ilustra na figura a seguir.

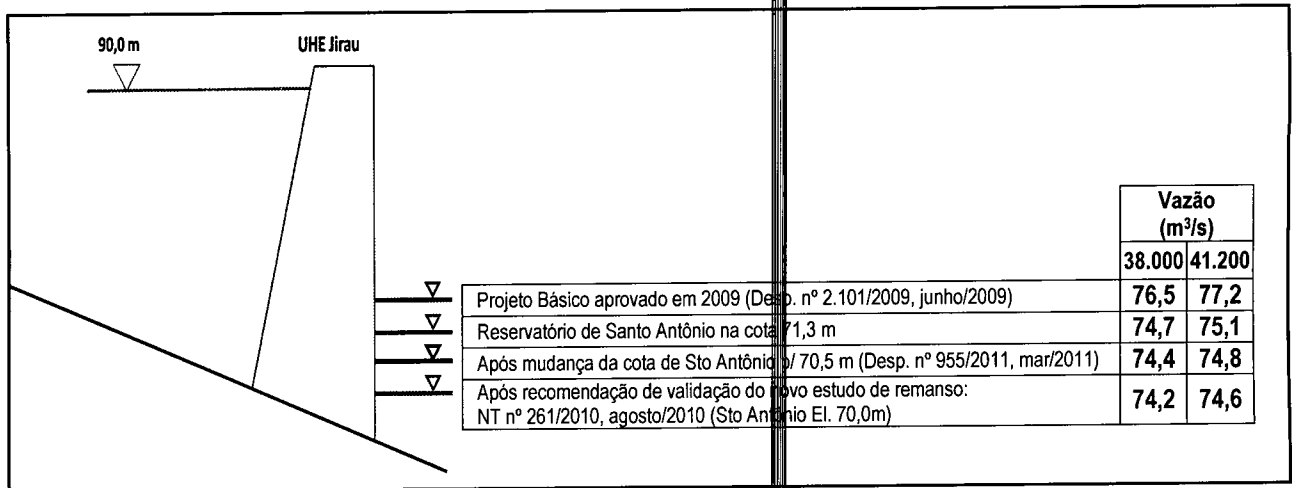


Figura 4 – Níveis de jusante da UHE Jirau

42. Com efeito, se também forem levados em consideração o conceito disposto na Equação 1, o marco temporal referente à homologação dos novos estudos de remanso e a adequação da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio para El. 70,5 m (Despacho nº. 955, publicado no Diário Oficial da União em 10/03/2011) – além do cronograma de andamento do projeto apresentado pela ESBR em reunião realizada na Agência em 02/09/2011 (Figura 4) –, infere-se que as referências de níveis contidas na Tabela 2 permaneceram válidas por cerca de 65% do tempo referente à elaboração do projeto.

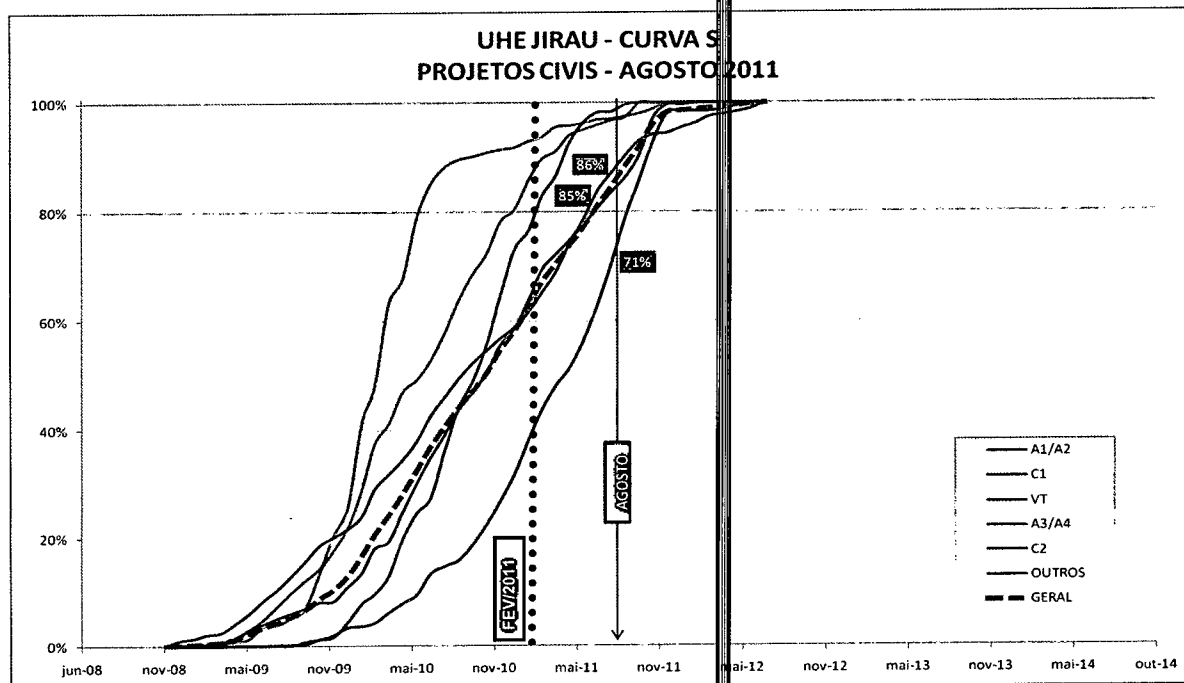


Figura 5 – Curva Referente ao Andamento do Projeto da UHE Jirau (Fonte: ESBR e Themag Engenharia)

\* A Nota Técnica é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

(Fl. 11 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

43. Com respeito à proposta de alteração da cota operacional do reservatório da UHE Santo Antônio na El. 71,3 m e, levando-se em conta a aprovação do projeto básico de ampliação da UHE Jirau (Despacho nº. 3.104), pode-se afirmar que os esforços solicitantes resultantes dessa ação seriam menores que aqueles informados pela Concessionária e que permaneceram aprovados pela agência até agosto de 2010, quando, segundo a curva disposta na Figura 5, o projeto executivo da UHE Jirau encontrava-se 65% concluído.

### III.3 – Nível de referência adotado pela Concessionária

44. Como já exposto nos fatos, ao longo dos últimos meses a SGH manteve tratativas junto à Concessionária visando a aferir a viabilidade técnica do aproveitamento ótimo do rio Madeira, nos termos da NT nº 243/2011. Dando continuidade às análises já proferidas no item III.2, a SGH avaliou, neste tópico, o nível de referência adotado nas verificações realizadas pela ESR.

45. A avaliação realizada pela Concessionária contemplou os aspectos mecânicos, geotécnicos e estruturais. Entretanto, o ponto levantado como prioritário foi o relativo à segurança das estruturas civis da usina, tendo em vista que boa parte delas já foram edificadas e o projeto executivo está em fase avançada de elaboração (Figura 5).

46. Nas diversas correspondências enviadas pela Concessionária, bem como nos relatórios protocolados, o nível de referência de jusante adotado nas verificações foi o de 73,0 metros. Conforme consta desses mesmos documentos, este nível está vinculado à cheia média anual (38.000 m³/s). Os textos e as tabelas a seguir transcritos confirmam essa informação:

Pode-se observar que ocorrem variações no nível de jusante, nas condições de dimensionamento, basicamente, que consideram o nível máximo normal (na cheia média anual), que variou da revisão 0B para a revisão 00 da cota 73,0m para 74,7m e da cota do nível d'água máximo maximum de jusante que variou de 78,9m para 80,2m (para cheia de projeto ANEEL 81.899 m³/s).  
 Fonte: Anexo à correspondência da ESR s/ nº, de 02/08/2011 (fl. 1.171 do processo)

| NÍVEIS D'ÁGUA OPERACIONAIS (m)                    | 1020-JI2-RT-USC/HH-00024 - R0B                                    | 1020-JI2-RT-USC/HH-00075- R0A                           |
|---|---|---|
|   | Emissão: 29/06/2010<br>Fechamento: 15/07/2010<br>Qualificação: CC | Emissão: 28/07/2011<br>Fechamento: -<br>Qualificação: - |
| Nível Máximo Normal de Montante                   | 90,0  | 90,0  |
| Nível Mínimo Normal de Montante                   | 82,5  | 82,5  |
| Nível Máximo Normal a jusante (cheia média anual) | 73,0  | 74,7 (Q =38.000 m³/s)                                   |
| Nível Máximo Normal a jusante para verificação    | -   | 75,4 (Q =41.200 m³/s) (1)                               |

Os níveis indicados no relatório 1020-JI2-RT-USC/HH-00024, revisão 0B são os considerados nos cálculos das estruturas. O Relatório 1020-JI2-RT-USC/HH-00075 apresenta os níveis d'água levando em conta os estudos de remanso do reservatório de Santo Antônio e o aumento do nível máximo desse reservatório para 71,30m.  
 Pode-se observar que ocorrem variações, basicamente, nas condições de dimensionamento, relacionadas ao Nível d'Água Máximo Normal a Jusante (na cheia média anual), que variou da cota 73,0m para 74,7m conforme relatórios 1020-JI2-RT-USC/HH-00024, revisão 0B, e relatório 1020-JI2-RT-USC/HH-00075, revisão 0A, respectivamente, bem como ao Nível d'Água Máximo Maximum de Jusante que variou de 78,9m para 80,2m (para cheia de projeto ANEEL, com vazão 81.899 m³/s).  
 Fonte: Anexo à correspondência da ESR s/ nº, 02/08/2011 (fls. 1179 e 1180 do processo)

# Documento Cópia - SICnet



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

(Fl. 12 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

| NÍVEIS D'ÁGUA OPERACIONAIS (m)                    | 1020-J12-RT-USC/HH-00024 - R0B (1)            | 1020-J12-RT-USC/HH-00075 - R0A (2)            | 1020-J12-RT-USC/HH-00024 - R01 (2)            |
|---|---|---|---|
|   | Emissão: 29/06/2010<br>Fechamento: 15/07/2010 | Emissão: 28/07/2011<br>Fechamento: 15/08/2011 | Emissão: 25/07/2011<br>Fechamento: 25/07/2011 |
| Nível Máximo Normal de Montante                   | 90,0  | 90,0  | 90,0  |
| Nível Mínimo Normal de Montante                   | 82,5  | 82,5  | 82,5  |
| Nível Máximo Normal a Jusante (cheia média anual) | 73,0  | 74,7 (Q = 38.000 m³/s)                        | 74,2 (Q = 38.000 m³/s)                        |
| Nível Máximo Normal a Jusante para verificação    | 73,6  | 75,1 (Q = 41.200 m³/s)                        | 74,7 (Q = 41.200 m³/s)                        |
| Nível Máximo Maxiorum de Jusante                  | 78,9 (Q = 81.899 m³/s)                        | 80,2 (Q = 81.899 m³/s)                        | 80,2 (Q = 81.899 m³/s)                        |
| Nível Mínimo Normal a Jusante                     | 70,0  | 71,3  | 70,5  |

(1) Níveis de jusante utilizados no Dimensionamento e Estudos de Estabilidade - Ref. Básico Consolidado (Abril/2008)  
(2) Níveis de jusante - Ref. Estudos de Remanso PCE / ANEEL

Fonte: Apresentação da Themag/ESBR realizada em 02/09/2011

47. Os relatórios apresentados pela Concessionária concluem que a elevação do reservatório da UHE Santo Antônio para a cota 71,3 m poderá ocasionar danos às estruturas da UHE Jirau. Um dos principais pontos indicados pela empresa foi a redução dos fatores de majoração de cargas, os quais estariam abaixo dos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. A tabela a seguir contém um resumo desses fatores contabilizados pela projetista da usina, os quais foram apresentados pela ESBR em reunião realizada na Agência em 02/09/2011.

Tabela 9 – Fatores de majoração de cargas

| VAZÃO                         | NA. SANTO ANTÔNIO | NA. JIRAU PÉDA BARRAGEM | LAJE DE FUNDAÇÃO | FATOR DE MAJORAÇÃO DAS AÇÕES |      |                   |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|------------------------------|------|-------------------|
|                               |                   |                         |                  | CASO DE FORÇA                |      | ÁREAS DE MONTAGEM |
|                               |                   |                         |                  | PAREDE DE JUSANTE            | LAJE | POÇOS             |
| Uma unidade em operação       | 70                | 70                      | -                | -                            | -    | -                 |
| Max. Med. Anual (41.200 m³/s) | 70                | 73                      | 1,4              | 1,4                          | 1,4  | 1,4               |
| Max. Med. Anual (41.200 m³/s) | 70,5              | 74,7                    | 1,284            | 1,26                         | 1,16 | 1,32              |
| Max. Med. Anual (41.200 m³/s) | 71,3              | 75,1                    | 1,16             | 1,12                         | 1,12 | 1,3               |
| Max. Max. (81.900 m³/s)       | 70                | 79                      | 1,1              | 1,1                          | 1,1  | 1,1               |

**Observações**  
FS (Condição Normal) = 1,40 (ABNT)  
FS (Condição Excepcional) = 1,10 (ABNT)

Fonte: Apresentação da Themag/ESBR realizada em 02/09/2011

48. Entretanto, considerando o histórico percorrido no item III.2, não foi possível identificar, nos autos do processo, a origem do nível de referência adotado (73,0 metros) pela Concessionária para as verificações realizadas. Com o intuito de ilustrar os níveis de jusante da UHE Jirau validados na Agência para uma vazão de 38.000 m³/s, ao longo do tempo, e compará-los ao desenvolvimento do projeto executivo dessa usina<sup>6</sup>, a SGH traçou a curva abaixo (Figura 6), em que mostra os principais níveis de jusante avaliados no tópico anterior<sup>7</sup>, o nível de referência adotado pela Concessionária e a curva "S" de seu projeto.

<sup>6</sup> Dados extraídos da Figura 5

<sup>7</sup> Dados extraídos da Figura 4

(Fl. 13 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

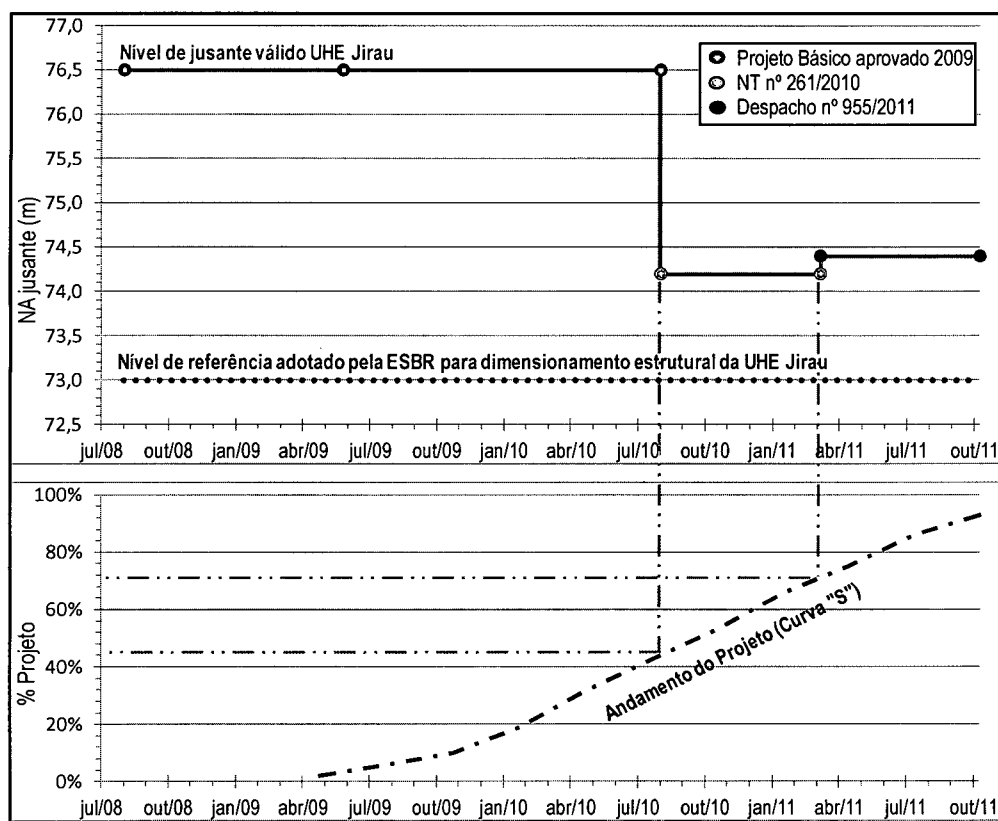


Figura 6 – Níveis de Jusante da UHE Jirau ( $Q = 38.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e Curva "S" do Projeto da UHE Jirau

49. Não obstante, conforme consta da correspondência VP/PC 539/2011, de 24/03/2011 (Parágrafo 36), no momento da adequação do projeto de ampliação da UHE Jirau, a Concessionária afirmou que "[...] A UHE Jirau foi projetada e está sendo construída de acordo com critérios técnicos que suportam a nova cota prevista no referido Despacho. Entretanto, apesar de não haver impacto estrutural, esta alteração reduz a energia assegurada de Jirau [...]". Tal afirmação contradiz o que foi apresentado recentemente à Agência, principalmente com relação aos fatores de majoração de cargas, visto que, conforme consta da Tabela 9, para o reservatório de Santo Antônio na El. 70,5m, os fatores estariam abaixo dos preconizados em norma.

50. Considerando o que foi apresentado pela Concessionária até o momento, resta claro para esta Superintendência que o nível de referência adotado pela ESBR não está compatível com os projetos submetidos à apreciação e posteriormente aprovados por esta SGH/ANEEL.

51. Assim, com o intuito de dirimir as dúvidas sobre a origem do nível de jusante adotado no dimensionamento de suas estruturas, cabe a ESBR apresentar os devidos esclarecimentos sobre os critérios de projeto adotados e seus impactos em relação à referência oficialmente homologada pela Agência, por ocasião da aprovação dos novos estudos de remanso do rio Madeira.

# Documento Cópia - SICnet



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

(Fl. 14 da Nota Técnica nº 451/2011-SGH/ANEEL, de 25/10/2011)

## IV - FUNDAMENTO LEGAL

52. Esta Nota Técnica fundamenta-se na Resolução ANEEL nº 395, de 04/12/1998, que estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação de estudos de viabilidade e projeto básico de empreendimentos de geração hidrelétrica.

## V - CONCLUSÃO

53. A análise aqui desempenhada leva à conclusão de que a referência de 73,0 metros como condição de contorno para o dimensionamento das estruturas da UHE Jirau foi subestimada em relação aos parâmetros homologados pela Agência quando da aprovação dos respectivos projetos básicos dessa usina.

54. Ademais, diante do exposto, não foi possível identificar esse nível de referência a partir do histórico do processo ora levantado, considerando-se os mesmos critérios de projeto adotado pela Concessionária (vazões iguais a 38.000 m<sup>3</sup>/s e 41.200 m<sup>3</sup>/s).

55. Além disso, segundo as informações prestadas pela Concessionária até o momento, há indícios de que o dimensionamento e a estabilidade das estruturas da usina de Jirau podem não estar atendendo aos critérios de segurança preconizados na norma brasileira, mesmo considerando o reservatório da UHE Santo Antônio na cota 70,5 m.

56. Com efeito, considere-se que a avaliação do nível de jusante da UHE Jirau, em consonância com o Aproveitamento Ótimo do Rio Madeira, nos termos da NT nº 243/2011, fica sobrestada até que as questões supracitadas sejam apuradas.

## VI - RECOMENDAÇÃO

57. Assim, com o objetivo de dirimir as dúvidas levantadas a respeito do nível de referência de jusante de 73,0 metros, além de corretamente aferir-se o resultado da análise estrutural e de estabilidade das principais estruturas da UHE Jirau, recomenda-se que seja solicitado à Concessionária a apresentação de esclarecimentos sobre os pontos levantados nesta manifestação. Destaque-se que essas informações deverão ser prestadas de forma célere para possibilitar a conclusão das análises aqui iniciadas.

58. Recomenda-se também que se dê ciência às concessionárias ESBR e à SAE das conclusões contidas nesta Nota Técnica.

  
**MARIANA SAMPAIO GONTIJO VAZ**  
Especialista em Regulação

  
**BRUNO GOULART-FREITAS MACHADO**  
Especialista em Regulação

De acordo:

  
**ODENIR JOSÉ DOS REIS**

Superintendente de Gestão e Estudos Hidroenergéticos