

Nota Técnica n.º 331 / 2005 / SOC

Em 22 de agosto de 2005.

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Cobrança
 Assunto: **Pedido de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico Paulistas**
 Ref.: **Processo n.º 02501.000629/2005-57**

1 APRESENTAÇÃO

1. Esta Nota Técnica trata da solicitação de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica relativa ao aproveitamento hidrelétrico AHE Paulistas a ser implantado no rio São Marcos, na bacia hidrográfica do rio Paraná, formulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL em 25 de abril de 2005 (fl. 2). As principais características do aproveitamento, conforme o Estudo de Viabilidade – EVI apresentado pela ANEEL, além de alguns índices estimados pela SOC, são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1– CARACTERÍSTICAS DO PEDIDO DE DRDH PARA O AHE PAULISTAS

Rio	São Marcos	
Bacia	Paraná	
Localização do eixo	17° 20' 43,67"	Latitude sul
	47° 29' 21,56"	Longitude oeste
Estados/municípios envolvidos, com terras alagadas	Goiás	Cristalina
	Minas Gerais	Paracatu
Área de drenagem da bacia	12.140	km ² (bacia do rio São Marcos)
Área de drenagem do AHE	6.696	km ²
Vazão Q _{MLT}	115,2	m ³ /s *
Vazão mínima média mensal	9,3	m ³ /s *
Vazão média mensal com permanência de 95% do tempo (Q95%)	30,8	m ³ /s *
Vazão máxima média mensal	539,9	m ³ /s *
Vazão máxima Tr = 10.000 anos	2.300,0	m ³ /s
Vazão de projeto do vertedouro	2.200,0	m ³ /s
Vazão mínima remanescente	7,5	m ³ /s (80% da vazão mínima média mensal - proposição)
Vazão máxima turbinada	152,4	m ³ /s
Tempo de construção do AHE	26	Meses

TABELA 1– CARACTERÍSTICAS DO PEDIDO DE DRDH PARA O AHE PAULISTAS (CONTINUAÇÃO)

Tempo de enchimento	86 dias	Para Q10%, iniciando em novembro
	138 dias	Para Q50%, iniciando em novembro
	360 dias	Para Q90%, iniciando em novembro
NA mínimo	785,0	m
NA máximo	800,0	m
NA máx maximorum	801,0	m
NA min de jusante	745,59	m
NA máx normal de jusante	755,84	m
Queda de projeto	39,0	m
Queda de referência	37,7	m
Área inundada no NA máximo normal	138,1	km ²
Volume no NA máximo normal	1.781,6	hm ³
Volume no NA mínimo normal	430,0	hm ³
Volume útil	1.351,6	hm ³
Cota da crista da barragem	804,0	m
Deplecionamento previsto	15,0	m
Potência instalada	52,5	MW (2 turbinas Kaplan de 26,786 MW)
Energia Firme Local	40,4	MWmed
Energia Firme Incremental	61,9	MWmed
Fator de capacidade da usina	0,77	(energia firme local / potência instalada)
Custo total	300.383.240	R\$
IM	25,43	US\$/MWh (72,48R\$/MWh – ref. Outubro/2004)
Número de outorgas a montante	112	Outorgas da ANA
Vazão outorgada a montante	16,7	m ³ /s (vazão máxima instantânea)
Potência instalada / área inundada	0,38	MW/km ²
Tempo de residência médio	179	dias
Usos consuntivos a montante de Paulistas para o ano 2005	1,26	m ³ /s (média anual - ANA)
Usos consuntivos a montante de Paulistas para o ano 2040	7,67	m ³ /s (média anual - ANA)
Área inundada / área da bacia a montante	2,06	%
Propriedades na área inundável	399	Propriedades rurais
Energia gerada equivalente	217.000	habitantes (consumo doméstico <i>per capita</i> de 134 kWh/mês)
Potência instalada relativa	20%	Em relação à potência instalada na bacia do rio São Marcos, valores de inventário

* Esses valores foram revisados no item 4.1 e apresentados na Tabela 4

2 ESTRUTURA DA NOTA TÉCNICA

2. Esta Nota Técnica contempla os itens dispostos pela Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, que dispõe sobre os procedimentos referentes à emissão de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União e dá outras providências. A análise do empreendimento feita nesta Nota Técnica é organizada em 3 Blocos – Hidrologia, Usos Múltiplos e Análise do Empreendimento, conforme mostrado na Figura 1.

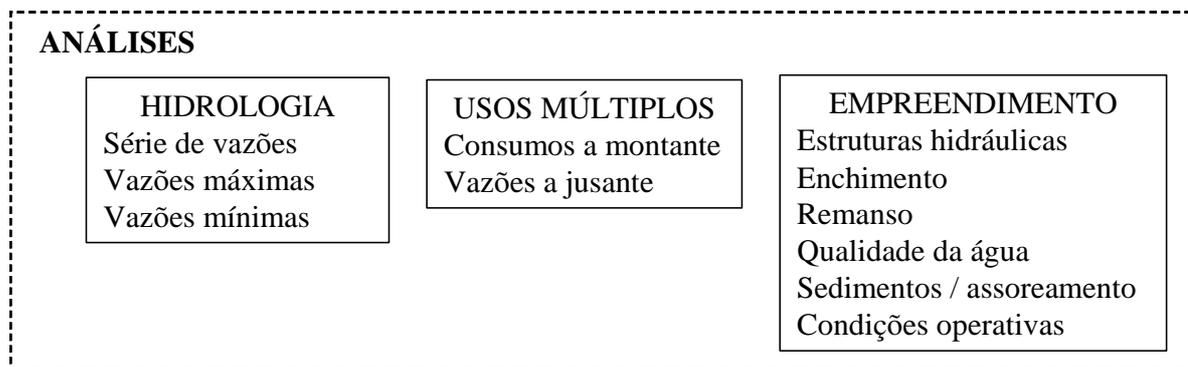


FIGURA 1 – ESTRUTURA DE ANÁLISE DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS NO ÂMBITO DA ANA, VISANDO À EMISSÃO DA DRDH

3. A Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica poderá ser emitida pela ANA em atendimento ao disposto na Lei n° 9.984, de 17 de julho de 2000, e em conformidade com as diretrizes da Resolução ANA n° 131, de 11 de março de 2003. Tendo em vista que a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica será transformada automaticamente, pela ANA, em Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, as análises técnicas abordaram as alterações na quantidade, qualidade e regime das águas resultantes da implantação do AHE Paulistas e a disponibilidade hídrica existente no período de outorga, coincidente com o período de concessão do uso do potencial hidráulico.

4. A documentação apresentada pela ANEEL atende à Resolução ANA n° 131, de 2003, e compreende:

- a) Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico Paulistas – EVI, de novembro de 2004;
- b) Relatório Complementar – AHE Paulistas – Estudos de Viabilidade, de julho de 2005;
- c) Ofício n° 333/2005-SGH/ANEEL, solicitando a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (fl. 2);
- d) Parecer Técnico n° 037/2005 – SGH/ANEEL (fls. 3 a 4).

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENHIMENTO

3.1 O AHE PAULISTAS

5. O AHE Paulistas será implantado no rio São Marcos, um dos afluentes pela margem direita do rio Paranaíba, que, por sua vez, é um dos formadores do rio Paraná. O seu eixo localiza-se na divisa dos municípios de Cristalina e Paracatu, nos estados de Goiás e Minas Gerais, respectivamente, sendo então um rio de dominialidade federal. A localização da área do projeto é apresentada na Figura 2. Na Figura 3, são apresentadas a bacia do rio Paranaíba e a localização da sub-bacia do rio São Marcos, a montante do AHE Paulistas, e na Figura 4 são apresentados o reservatório e a área de drenagem do AHE Paulistas.

6. A sua concepção atual, estudada no EVI, contempla o reservatório na cota 800,0 m, na mesma localização definida no inventário. O arranjo estudado é comum, com a casa de força ao pé da barragem, e prevê um barramento de terra, com crista na cota 804,0 m. O seu vertedouro foi dimensionado para uma cheia de 2.200,0 m³/s, correspondente à cheia com tempo de recorrência de 10.000 anos, amortecida pelo reservatório, com a qual o nível d'água atinge a cota 801,0 m. O seu nível mínimo foi determinado em 785,0 m, de modo que está sendo previsto um deplecionamento de 15,0 m. O arranjo é apresentado na Figura 5.

7. O seu reservatório inundará uma área de 138,1 km², no seu nível máximo normal, com um volume armazenado de 1.781,6 hm³. No seu nível mínimo, a área inundada será de 49,7 km² e o volume de 430,0 hm³. O volume útil do reservatório é de 1.351,6 hm³.

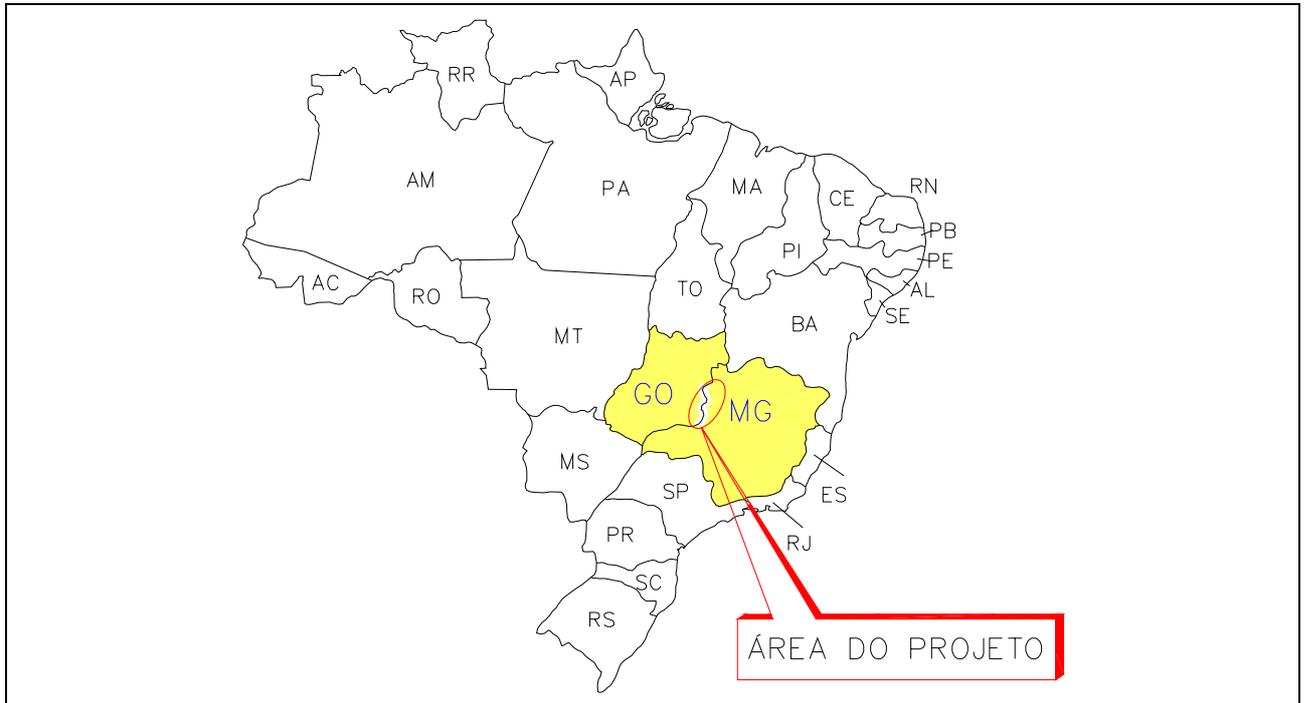


FIGURA 2– LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO DO AHE PAULISTAS

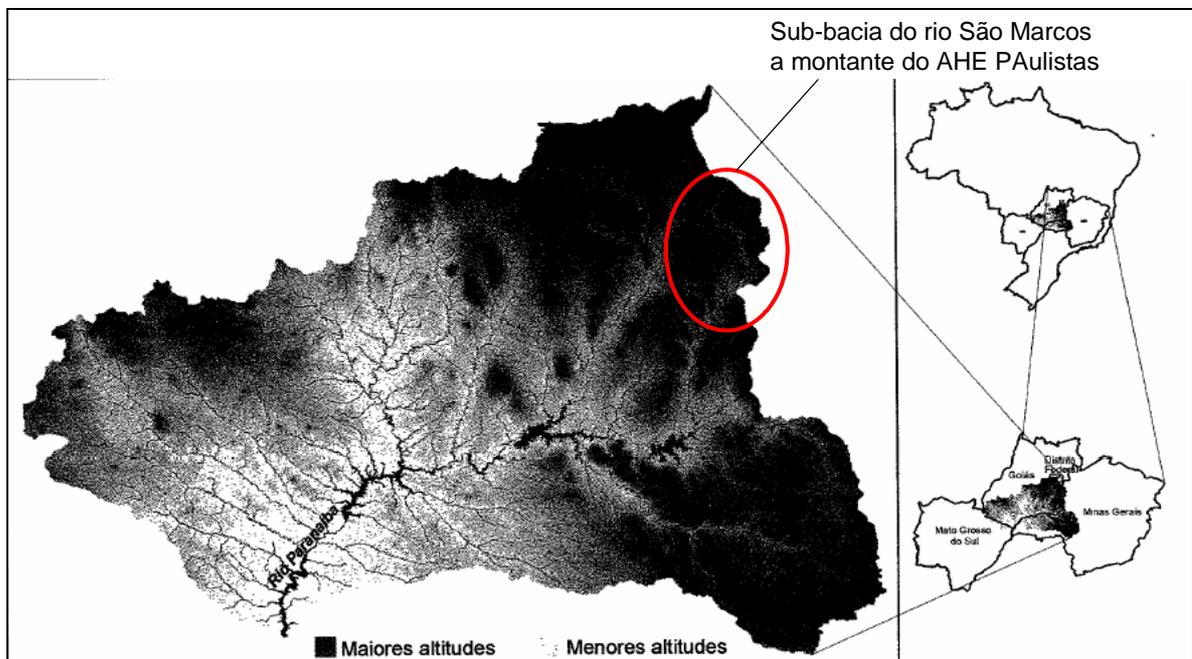


FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PARANAÍBA E DA SUB-BACIA A MONTANTE DO AHE PAULISTAS

3.2 DIVISÃO DE QUEDAS DO RIO SÃO MARCOS

9. Os estudos de inventário da bacia do rio Paranaíba tiveram início na década de 60. Novos estudos foram realizados na bacia do rio São Marcos em 1977, pela CEMIG.

10. O estudo de inventário da bacia do rio São Marcos, elaborado por FURNAS entre 1984 e 1985, selecionou quatro aproveitamentos para o rio São Marcos, das suas nascentes até o remanso da UHE Emborcação, denominados Mundo Novo, Paulistas, Serra do Facão, com alternativas de nível máximo normal de 740m ou 753m, e Paraíso.

11. Em 1988, foi elaborado o estudo de viabilidade do AHE Serra do Facão que avaliou as duas alternativas de níveis d'água e recomendou a adoção da alternativa de nível d'água máximo à cota 753m. Entretanto, o mesmo estudo destaca que, sob determinadas condições operativas, a restrição do tempo de reenchimento do reservatório em, no máximo, três ciclos hidrológicos poderia limitar seu volume útil em 2.800 hm³. Porém, ao avaliar três alternativas de volumes úteis, concluiu que o melhor valor seria 5.600 hm³. Esse estudo alterou, ainda os níveis d'água máximo e mínimo para as cotas 756 m e 732,5 m, respectivamente, em razão de diferenças no levantamento topográfico referente ao AHE Paulistas. Essa alteração não modificou o volume útil adotado.

12. A atualização e complementação do estudo de inventário do rio São Marcos, de 1998, ratifica a divisão de quedas do estudo de viabilidade do AHE Serra do Facão, não alterando, entretanto, os níveis d'água máximo e mínimo.

13. A atualização dos estudos de viabilidade do AHE Serra do Facão, de 1999, descreve que a atualização e complementação do estudo de inventário do rio São Marcos, de 1998, constatou uma divergência nos estudos cartográficos que resultou na alteração das curvas cota x área x volume dos reservatórios e na redução dos valores de áreas e volumes anteriormente adotados. Com isso, o volume útil do reservatório do AHE Serra do Facão foi reduzido para 3.580 hm³, definido pelos níveis d'água máximo e mínimo às cotas 756 m e 732,5 m, respectivamente. Com essas características, a exploração do AHE Serra do Facão foi concedida por meio do Contrato de Concessão nº 129/2001 – ANEEL – AHE Serra do Facão.

14. O Projeto Básico do AHE Serra do Facão manteve os níveis d'água máximo e mínimo definidos anteriormente e alterou o volume útil para 3.474 hm³.

15. O estudo “Revisão do inventário Hidrelétrico do Paranaíba a montante da UHE Emborcação”, concluído em 2003, que teve por premissa a manutenção dos aproveitamentos com concessão, como o AHE Serra do Facão, ou em fase de estudo de viabilidade, como o AHE Paulistas, concluiu pela desconsideração do AHE Novo Mundo, por possuir potência instalada inferior a 30MW.

16. No EVI, o AHE Paulistas teve algumas de suas características reavaliadas, chegando-se aos resultados já apresentados na Tabela 1. As principais características de nível d'água foram mantidas e as características de potência e vazões foram alteradas com base em estudos mais precisos.

17. A Tabela 2 apresenta as características principais da divisão de quedas do rio São Marcos, com informações atualizadas, e a Figura 6 mostra a configuração.

TABELA 2 – DIVISÃO DE QUEDA SELECIONADA NO INVENTÁRIO DO RIO SÃO MARCOS

Usina	Potência Instalada (MW)	Número de unidades	NA reservatório (m)		Vol. Reservatório (hm ³)		NA de jusante (m)	Fonte
			Máx. normal	Mín. normal	Máx. normal	Mín. normal		
Mundo Novo	67,0*	2	860,0	840,0	3.230	896	794,6	1
Paulistas	52,5	2	800,0	785,0	1.782	430	755,84	2
Serra do Facão	212,6	2	756,0	732,5	5.199	1.725	675,81	3
Paraíso	51,0	2	678,0	673,0	50,6	48,04	661,0	4

* Potência alterada para valor abaixo de 30MW na revisão do inventário de 2003.

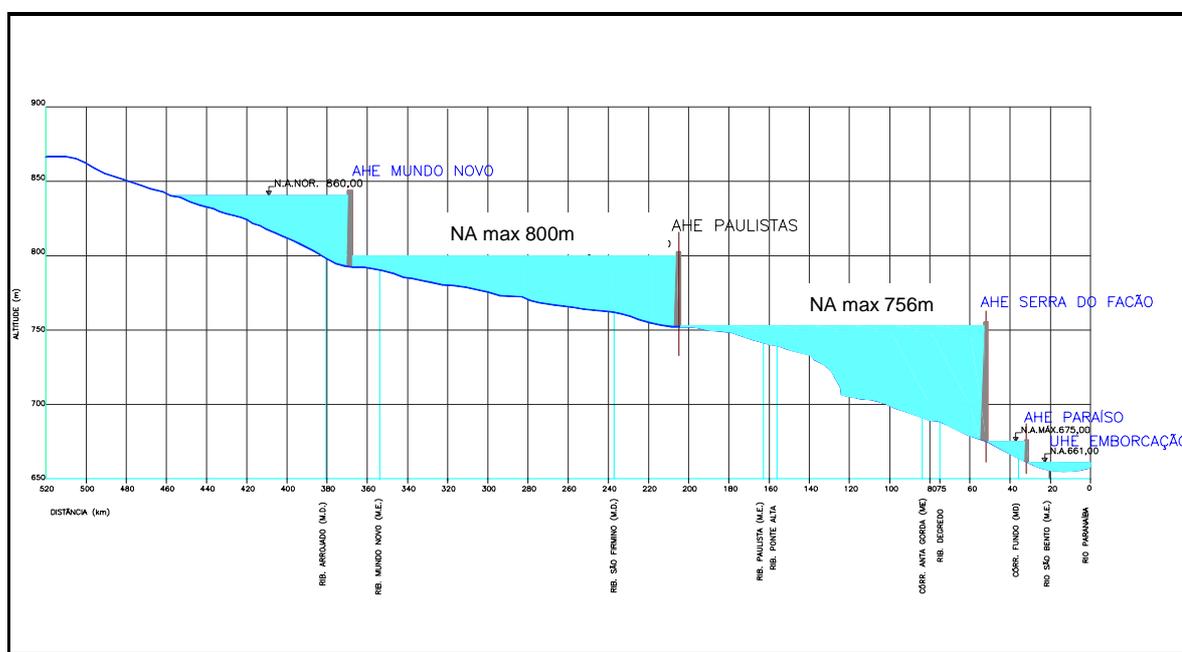
Fontes:

1 – Revisão do estudo de inventário (1998). AHE excluído na revisão do inventário de 2003.

2 – Estudo de Viabilidade do AHE Paulistas (2004)

3 – Projeto Básico do AHE Serra do Facão (2002)

4 – Revisão do estudo de inventário (2003).

**FIGURA 6 – DIVISÃO DE QUEDAS DO RIO SÃO MARCOS**

3.3 AVALIAÇÃO TÉCNICA DA ANEEL

18. A ANEEL procedeu à avaliação preliminar do EVI, abordando alguns aspectos do AHE Paulistas conforme Parecer Técnico n.º 037/2005-SGH/ANEEL (fls. 3 a 4). O Parecer afirma que, embora a avaliação do empreendimento ainda não tenha sido concluída, os principais pontos do projeto, no tocante a vazões médias mensais, máximas e mínimas, estão coerentes, mas podem necessitar de complementações de informações. Ressalta que um dos pontos sensíveis do projeto é a determinação da potência instalada, seguindo metodologia da ELETROBRÁS, que indica a potência de 52,5 MW como limite aceitável e que, com essa potência, em apenas 5 meses ocorre vertimento, considerando somente o período crítico do sistema, de junho de 1949 a novembro de 1956.

4 BLOCO 1 – ANÁLISE HIDROLÓGICA

19. Na análise hidrológica, foram avaliados os principais aspectos de interferência no regime hídrico do rio São Marcos, decorrentes da implantação do AHE Paulistas.

4.1 VAZÕES MÉDIAS

20. Para a determinação da série de vazões médias mensais no local do barramento, o EVI usou três postos no rio São Marcos, apresentados na Tabela 3, e aplicou a Equação 1

$$QM_{PAU} = QM_{PSM} + \left[\frac{QM_{CAG} - QM_{PSM}}{A_{CAG} - A_{PSM}} \times (A_{PAU} - A_{PSM}) \right] \quad (1)$$

onde:

QM_{PAU} vazão média mensal em AHE Paulistas (m^3/s)

QM_{PSM} vazão média mensal na estação Ponte São Marcos (m^3/s)

QM_{CAG} vazão média mensal na estação Campo Alegre de Goiás (m^3/s)

A_{PAU} área de drenagem em AHE Paulistas ($6.696 km^2$)

A_{CAG} área de drenagem na estação Campo Alegre de Goiás ($8.386 km^2$)

A_{PSM} área de drenagem na estação Ponte São Marcos ($4.478 km^2$)

TABELA 3 – POSTOS FLUVIOMÉTRICOS USADOS NO EVI PARA DETERMINAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES

Posto	Código	Extensão
Ponte São Marcos	60020000	1966 a 2001
Campo Alegre de Goiás	60030000	1972 a 2002
Fazenda São Domingos	60040000	1969 a 2001

21. Segundo o EVI, a série de vazões do posto Fazenda São Domingos foi reconstituída no estudo “PROJETO DE CONSISTÊNCIA E RECONSTITUIÇÃO DE SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS BACIA DO RIO PARANAÍBA (até a UHE São Simão, inclusive)”, elaborado pelo ONS/PCE, em 2003. Essa série histórica foi estendida no período de 1931 a 1966, por correlação com postos fluviométricos situados em outras bacias.

22. A série de vazões do posto Ponte São Marcos foi preenchida e estendida para os anos de 1931 a 2001. Entre 01/1931 e 12/1970, a série foi estendida utilizando-se uma correlação com os dados do posto Fazenda São Domingos. Entre 01/1971 e 12/2001, foi utilizada a série observada no próprio posto, sendo as falhas preenchidas por correlação com o posto Campo Alegre de Goiás.

23. A série de vazões do posto Campo Alegre de Goiás foi preenchida e estendida para os anos de 1931 a 2001. Entre 01/1931 e 04/1972, a série foi estendida utilizando-se uma correlação com os dados do posto Fazenda São Domingos. Entre 05/1972 e 12/2001, foi utilizada a série observada do próprio posto sendo as falhas preenchidas por correlação com o posto Fazenda São Domingos.

24. Nos estudos complementares, é informado que a série de vazões do posto Fazenda São Domingos foi estendida entre 1931 e 1969. Entre 01/1931 e 05/1949, foi utilizada uma correlação com os dados do posto Fazenda Santa Fé (código 60880000). Entre 06/1949 e 05/1969, foi utilizada uma correlação com os dados do posto Ponte Veloso (código 60210000). As falhas de observação do posto Ponte Veloso foram preenchidas por correlação com o posto Fazenda Santa Fé. Entre 06/1969 e 12/2001, foram utilizados os dados observados no próprio posto, mas não foi especificado se foram, e nem como foram preenchidas as falhas. Devido à sua importância, é

apresentado, nos estudos complementares, o detalhamento da obtenção da série de dados do posto Fazenda Santa Fé, que embasou toda a série do posto Fazenda São Domingos.

25. Nessas séries, não foram considerados os usos consuntivos a montante do eixo, de forma que a série de vazões apresentadas não é natural. Contudo, os resultados dos estudos do ONS referentes à série de vazões de usos consuntivos a montante do AHE Serra do Facão, situado logo a jusante do AHE Paulistas, mostram que, no período de 1931 a 1995, o efeito dos usos da água sobre as vazões observadas não é muito significativo. A partir de 1995, esse efeito torna-se relativamente importante, notadamente nas épocas de estiagem, quando são baixas as vazões naturais e relevante o uso da água na irrigação.

26. A SOC analisou os procedimentos usados pelo EVI a partir das séries dos postos fluviométricos. Verifica-se que as séries de vazões usadas pelo EVI apresentam pequenas discrepâncias em relação às séries de vazões disponíveis no sistema HIDRO, como mostrado na Figura 7, Figura 8 e Figura 9.

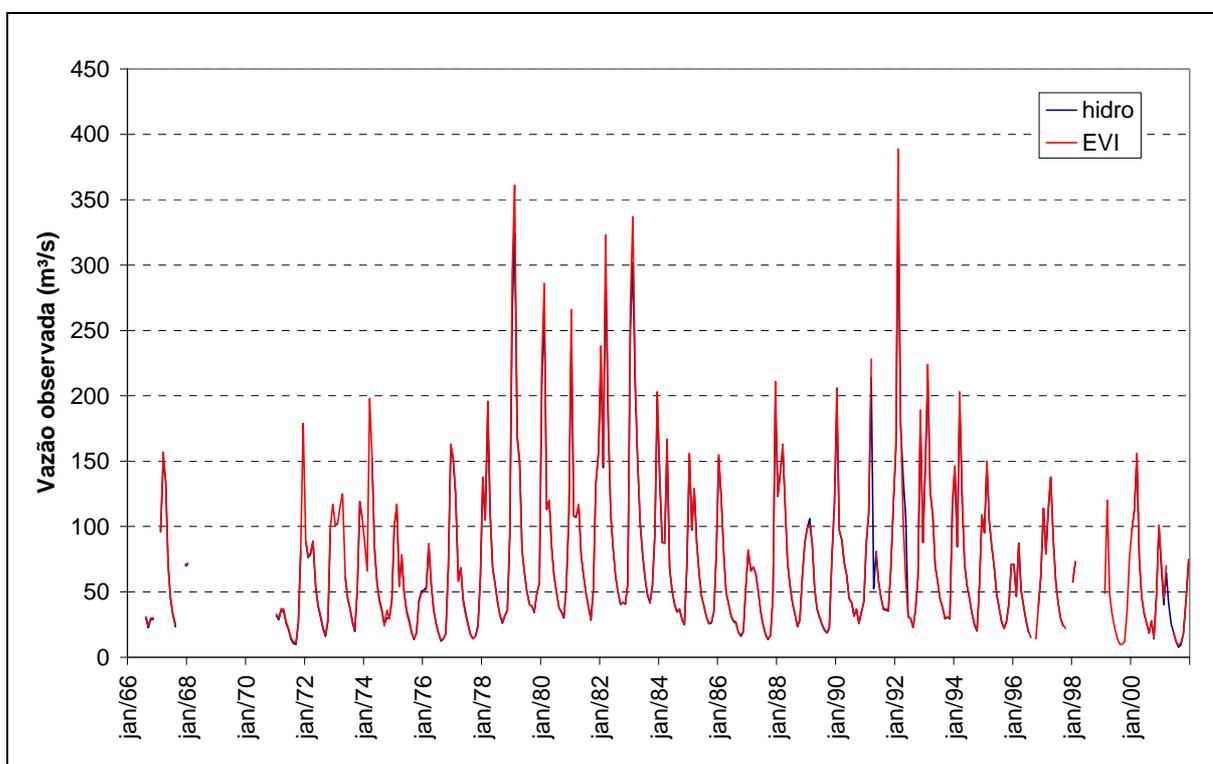


FIGURA 7 – VAZÕES OBSERVADAS EM PONTE SÃO MARCOS SEGUNDO O EVI E O HIDRO

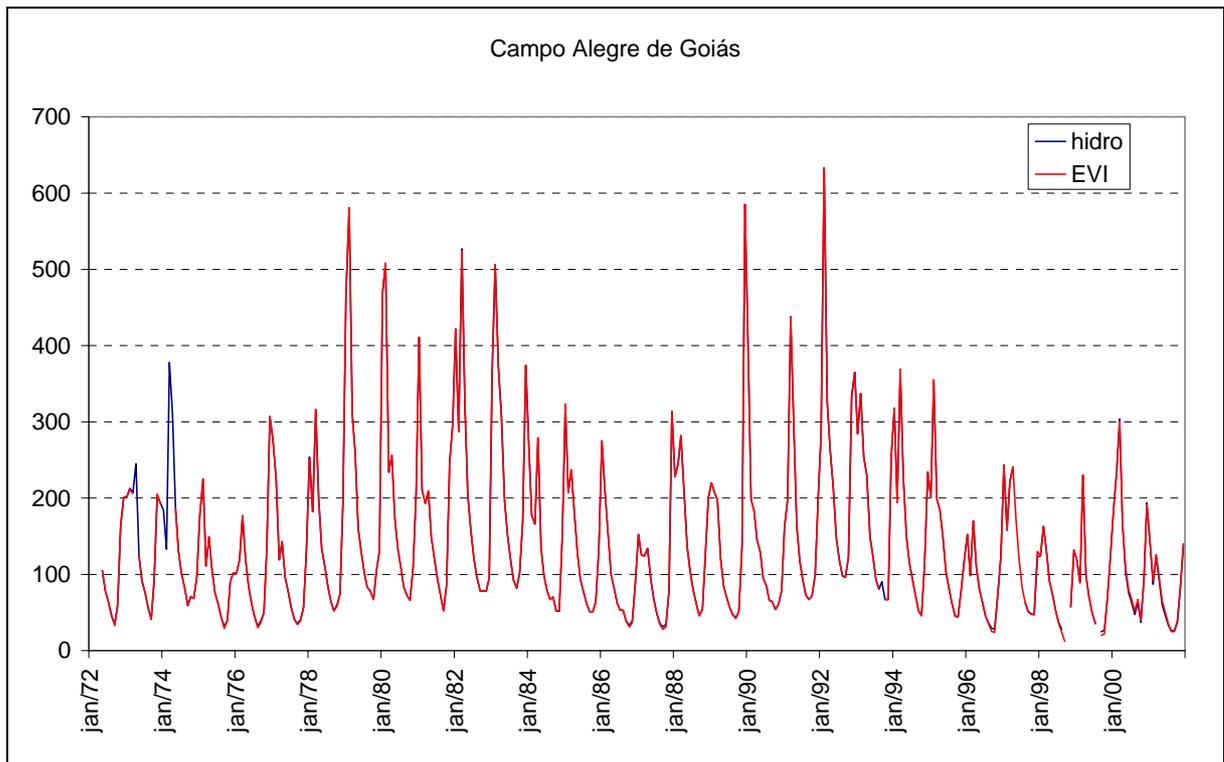


FIGURA 8 - VAZÕES OBSERVADAS EM CAMPO ALEGRE DE GOIÁS SEGUNDO O EVI E O HIDRO

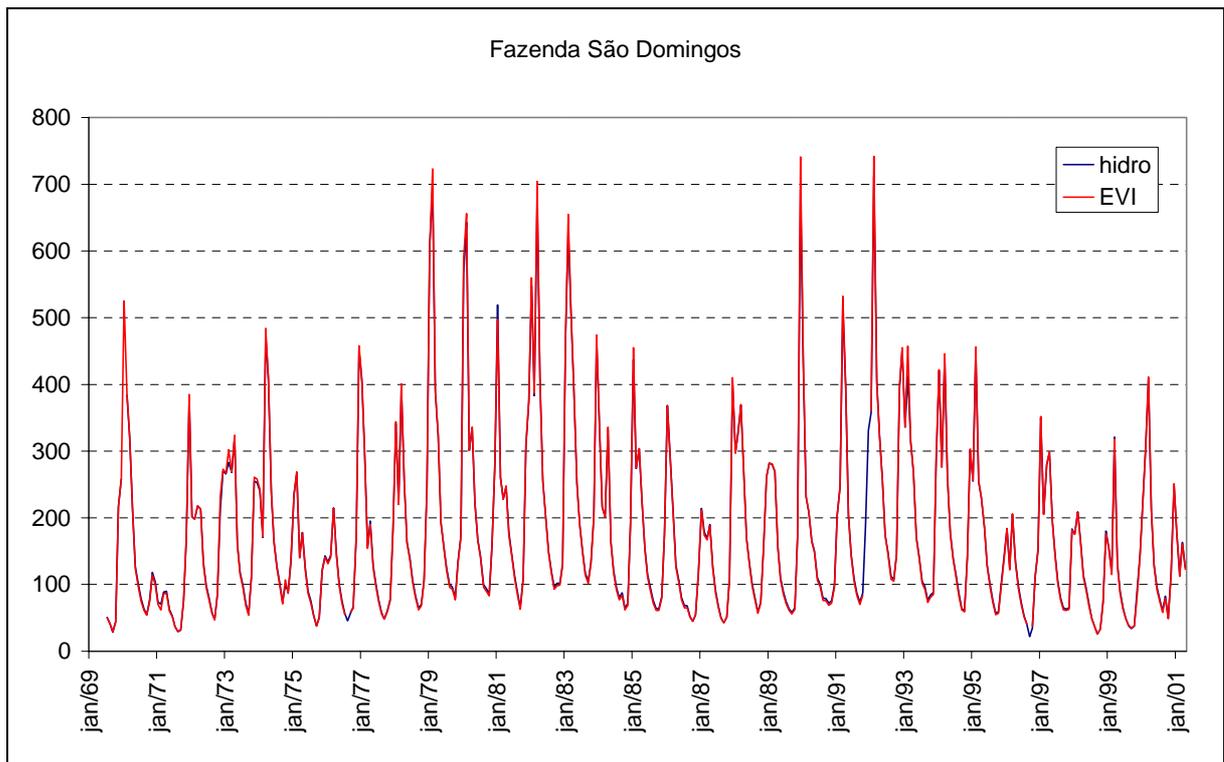


FIGURA 9 – VAZÕES OBSERVADAS EM FAZENDA SÃO DOMINGOS SEGUNDO O EVI E O HIDRO

27. O ONS, juntamente com a ANA, a ANEEL e o Ministério de Minas e Energia – MME, empreendeu a revisão das séries de vazões naturais afluentes aos principais aproveitamentos hidrelétricos do Sistema Interligado Nacional – SIN, incorporando o efeito das séries de vazões de usos consuntivos da água¹. A ANEEL autorizou o ONS a utilizar as novas séries de vazões naturais em seus processos de planejamento e operação dos aproveitamentos hidrelétricos do SIN, por meio da Resolução Autorizativa n.º 243, de 2004. No caso da bacia do rio Paranaíba, a ANA aprovou as séries de vazões de usos consuntivos da água por meio da Resolução n.º 216, de 2004. Entretanto, o AHE Paulistas não foi incluído nesses estudos.

28. Para verificação da série de vazões apresentada no EVI, a SOC gerou nova série a partir dos dados dos postos Ponte São Marcos e Campo Alegre de Goiás e da série de vazões naturais de Serra do Facão, objeto da Resolução n.º 243, de 2004, da ANEEL, seguindo o seguinte procedimento:

- a. Preenchimento e extensão da série de vazões no período de 1931 a 2001 em Ponte São Marcos por correlação com a série de Serra do Facão, obtida no período de 1966 a 1995, quando os usos consuntivos eram pouco significativos (Figura 10);
- b. Preenchimento e extensão da série de vazões no período de 1931 a 2001 em Campo Alegre de Goiás por correlação com a série de Serra do Facão, obtida no período de 1972 a 1995, quando os usos consuntivos eram pouco significativos (Figura 11);
- c. Obtenção da série de vazões naturais em Paulistas pela aplicação da Equação 1.

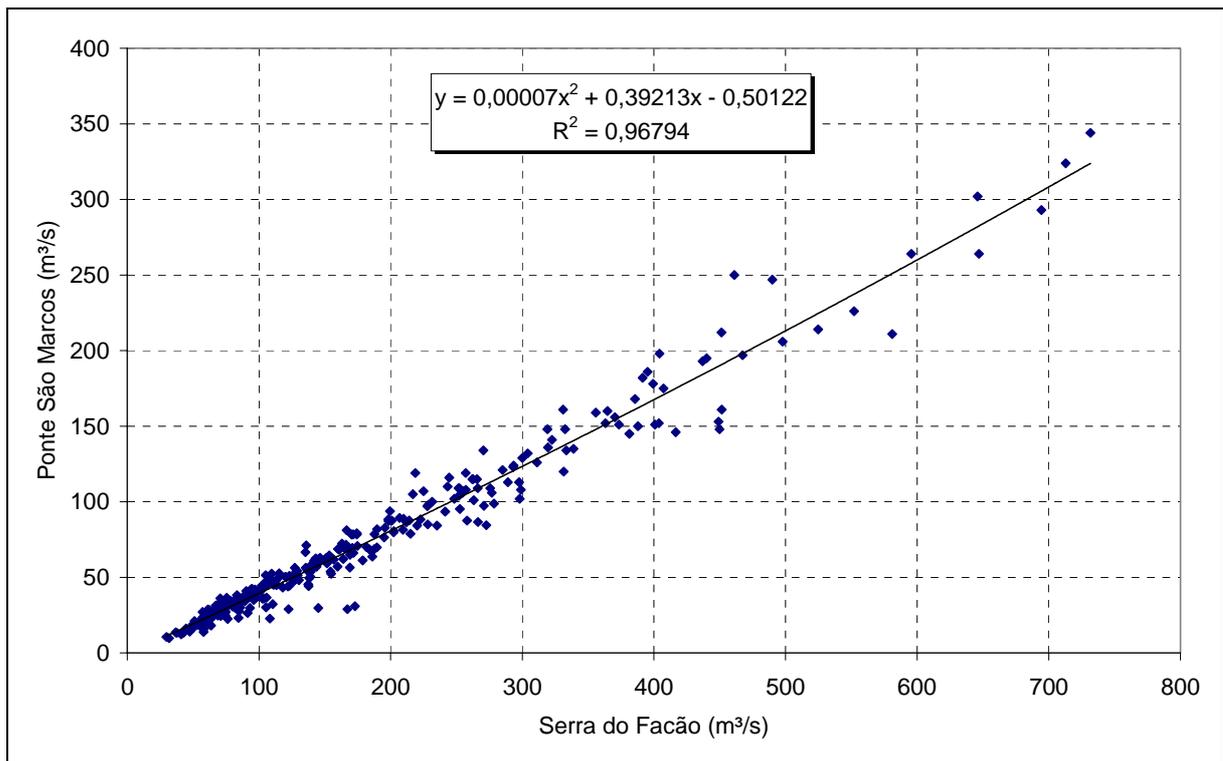


FIGURA 10 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES DE SERRA DO FACÃO E PONTE SÃO MARCOS (1966 A 1995)

¹ ONS (2003). Estimativa das Vazões para Atividades de Usos Consuntivos da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Operador Nacional do Sistema. Contrato DPP n.º 068/2003. Brasília, DF.

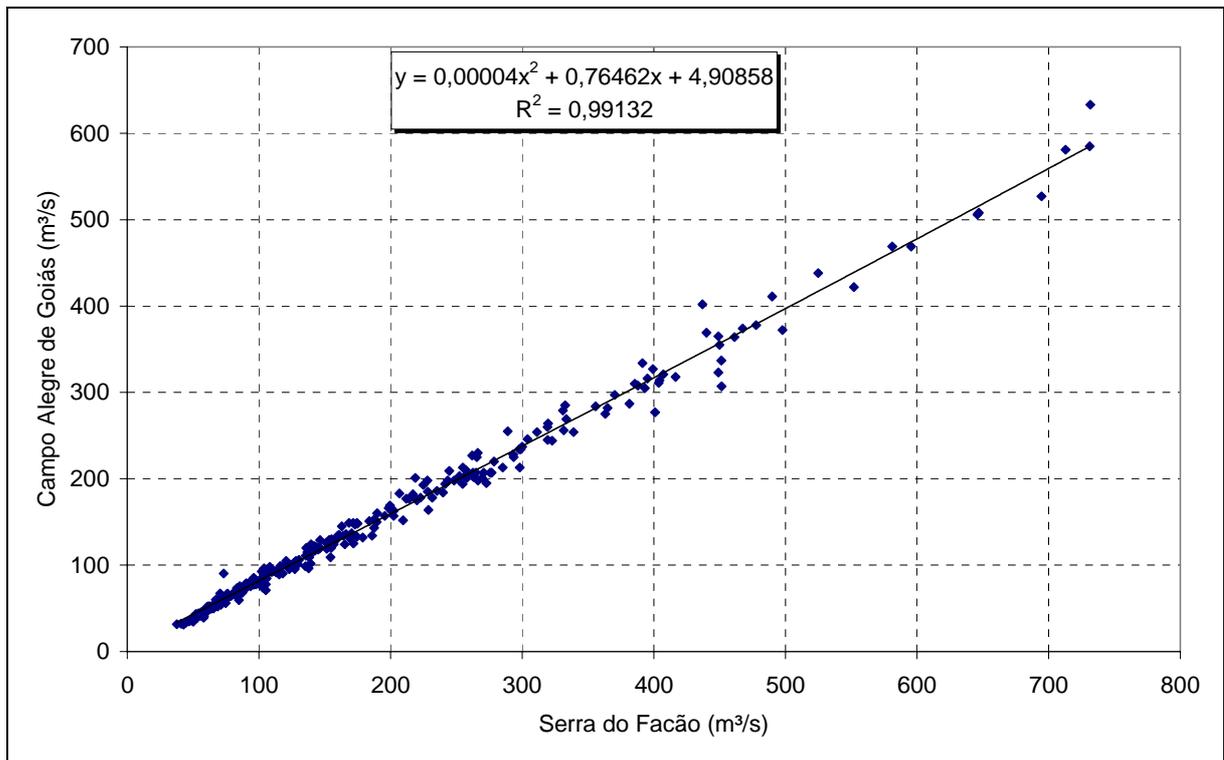


FIGURA 11 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES DE SERRA DO FACÃO E CAMPO ALEGRE DE GOIÁS (1972 A 1995)

29. Como mostra a Figura 12, a série obtida por correlação com a série de vazões naturais em Serra do Facão possui valores bastante próximos aos obtidos pelo EVI. Por outro lado, a série obtida por simples relação entre áreas de drenagem apresenta boa aderência à série obtida no EVI. Considerando-se a atual fase dos estudos e que a série do EVI não está corrigida quanto aos efeitos dos usos consuntivos a montante, recomenda-se que, para conversão da DRDH em outorga, seja apresentada a revisão da série de vazões naturais.

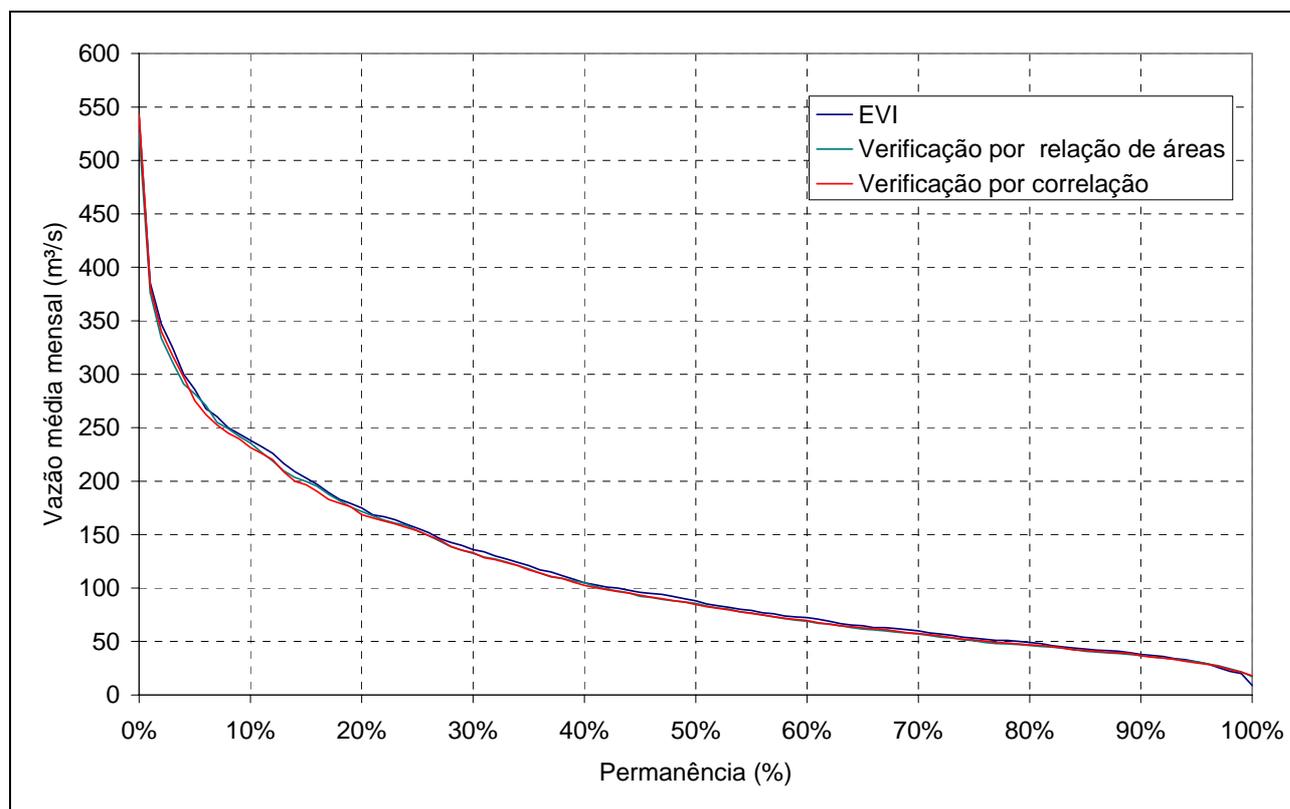


FIGURA 12 – PERMANÊNCIA DAS VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS SEGUNDO O EVI E VERIFICAÇÕES

30. Com base nos resultados obtidos nesta análise, foi verificada uma diferença considerável entre a vazão mínima média mensal obtida no EVI e a obtida pela série gerada na ANA. No EVI, essa vazão mínima teria ocorrido no mês de setembro de 1998. Neste mês, os dados registrados no HIDRO mostram uma falha na leitura, fato também observado pelo projetista.

31. Nos estudos complementares, foi informado que, no referido mês, os postos Ponte São Marcos e Campo Alegre de Goiás apresentam falhas de observação, sendo os valores preenchidos por correlação com o posto Fazenda São Domingos. Acontece que a aplicação das equações de correlação não reproduz os resultados apresentados nas tabelas, o que caracteriza uma inconsistência, corroborando a necessidade de revisão da série de vazões naturais.

32. Segundo os estudos realizados na ANA para esta análise, foram encontrados os valores notáveis apresentados na Tabela 4. Para a continuidade das análises, serão adotados os valores obtidos na série gerada pela ANA. Para fins de DRDH e estudos energéticos subsequentes, recomenda-se a adoção da série de vazões gerada pela ANA, que guarda poucas diferenças em relação à série obtida no EVI e utiliza os dados atualmente disponíveis no sistema HIDRO.

TABELA 4 – VAZÕES OBTIDAS NA SÉRIE DE VAZÕES DO EVI E A SÉRIE GERADA NA ANA

	EVI	ANA
Vazão Q_{MLT}	115,2 m³/s	112,2 m³/s
Vazão máxima média mensal	539,9 m³/s	542,6 m³/s
Vazão mínima média mensal	9,3 m³/s	18,0 m³/s
Vazão com 95% de permanência $Q_{95\%}$	30,8 m³/s	30,0 m³/s

4.2 VAZÕES MÁXIMAS

33. No EVI, os estudos das vazões máximas contemplaram dois períodos:
→ Cheias anuais, abrangendo o ano hidrológico completo; e
→ Estiagem, abrangendo somente o período de estiagem na bacia, que vai de maio a outubro de um mesmo ano.
34. A análise do período de cheias anuais serviu para determinar a vazão de projeto para o vertedouro e a análise do período de estiagem serviu para a determinação da vazão de projeto para as estruturas de desvio e para o planejamento da construção. Os dados que embasaram esse estudo consistiram dos valores máximos anuais das vazões médias diárias registrados para os postos Ponte São Marcos, Campo Alegre de Goiás e Fazenda São Domingos.
35. Para o período de cheias anuais, foram coletados, para todos os postos, os dados relativos aos valores máximos diários observados em cada ano. Esses dados foram analisados estatisticamente e ajustados a duas distribuições de probabilidade: Gumbel e Exponencial de dois parâmetros. Para todos os postos, foi selecionada a distribuição de Gumbel. Foi testada a aderência dessa distribuição aos dados, utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo demonstrada a sua boa aderência, evidenciando um bom ajuste.
36. Foram então calculadas, para determinados tempos de recorrência, as vazões máximas em cada posto. Como estes resultados ainda não apontavam para o eixo do AHE, foram determinadas equações regionais, relacionadas à área de drenagem, para os mesmos tempos de recorrência. Essas equações permitiram determinar as vazões máximas diárias para o eixo do AHE Paulistas. Com a aplicação do critério de Füller, foram determinadas as vazões máximas instantâneas. Os resultados finais estão coerentes e são apresentados na Tabela 5, onde se observa a vazão de cheia de 10.000 anos de recorrência com o valor de 2.300,0 m³/s. Esse valor é bastante próximo daquele determinado no estudo de inventário, de 2.322 m³/s.

TABELA 5 – VAZÕES MÁXIMAS MÉDIAS DIÁRIAS E MÁXIMAS INSTANTÂNEAS PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA – PERÍODO DE CHEIAS ANUAIS

TR (anos)	Vazão máxima média diária (m³/s)	Vazão máxima instantânea (m³/s)
25	933	1.110
50	1.050	1.249
100	1.167	1.387
1.000	1.551	1.844
10.000	1.934	2.300

37. Para o período de estiagem, foram analisados os dados de vazões diárias em cada posto somente no período de maio a outubro de cada ano. Os dados selecionados sofreram o mesmo tratamento dos dados do período completo, inclusive selecionando a mesma distribuição de Gumbel, testando a aderência dos dados e determinando equações regionais. Os resultados podem ser vistos na Tabela 6.

TABELA 6 – VAZÕES MÁXIMAS MÉDIAS DIÁRIAS E MÁXIMAS INSTANTÂNEAS PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA – PERÍODO DE ESTIAGEM

TR (anos)	Vazão máxima média diária (m³/s)	Vazão máxima instantânea (m³/s)
25	225	267
50	251	298
100	277	329
1.000	363	432
10.000	449	534

38. Embora os estudos estejam bastante coerentes, o projetista foi questionado sobre a cheia de projeto da ensecadeira, que considerou somente o período de estiagem. O motivo do questionamento foi que a vazão de projeto para a ensecadeira da UHE Serra do Facão, logo a jusante, foi determinada considerando-se o ano hidrológico completo. Essa cheia quando transferida para o eixo do AHE, por área de drenagem, resulta num valor bastante superior ao estabelecido no EVI.

39. O projetista justificou que, para a AHE Paulistas, seria desnecessário considerar o ano hidrológico completo, já que se prevê o desvio do rio somente no período de estiagem, devido ao arranjo da usina, e, por isso, não haveria a possibilidade da ensecadeira ficar exposta às cheias do período úmido.

4.3 VAZÕES MÍNIMAS

40. No EVI, o estudo de vazões mínimas limitou-se à determinação das vazões médias mínimas de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência. Esse estudo baseou-se nas séries de vazões médias diárias observadas nos postos Ponte São Marcos, Campo Alegre de Goiás e Fazenda São Domingos. Para cada posto foram selecionadas, em cada ano, as vazões médias mínimas de 7 dias de duração. Esses valores foram ajustados a duas distribuições de probabilidade: uma empírica, baseada na posição de plotagem, e a de Weibull. Foi selecionada a distribuição de Weibull.

41. Foram então calculadas as vazões $Q_{7,10}$ em cada posto. Como estes resultados ainda não apontavam para o eixo do AHE, foi determinada uma equação regional, relacionada à área de drenagem. Essa equação permitiu determinar a vazão $Q_{7,10}$ para o eixo do AHE Paulistas. Os resultados finais estão coerentes e são apresentados na Tabela 7, onde se obteve a vazão $Q_{7,10}$ com o valor de 16,20 m³/s.

42. Observa-se que esse valor é superior à vazão mínima média mensal, determinada com base na série de vazões obtida no EVI, havendo, portanto, uma inconsistência. Como esse estudo de vazões mínimas está bastante coerente, confirma-se a necessidade de se reavaliar os estudos de vazões médias para redefinição da vazão remanescente.

TABELA 7 – DETERMINAÇÃO DA VAZÃO $Q_{7,10}$ PARA O AHE PAULISTAS

Estação	Área de drenagem (km²)	Distribuição empírica (m³/s)	Distribuição de Weibull (m³/s)	Valores adotados (m³/s)
Ponte São Marcos	4.478	10,22	10,71	10,71
Campo Alegre de Goiás	8.366	18,80	18,52	18,52
Fazenda São Domingos	10.789	29,60	29,88	29,88
AHE Paulistas	6.696	---	---	16,20

43. Na apresentação técnica do empreendimento, foram questionadas algumas discrepâncias observadas nas séries de dados apresentadas para os postos utilizados e os dados disponíveis no sistema HIDRO, notadamente no mês referente à vazão mínima média mensal (setembro de 1998). Nos estudos complementares, foi informado que os dados dos postos utilizados passaram por um processo de consistência e que por isso encontram-se divergentes em alguns períodos. Especificamente, no mês de setembro de 1998, os postos Ponte São Marcos e Campo Alegre de Goiás apresentam falhas de observação, sendo os valores preenchidos por correlação com o posto Fazenda São Domingos.

44. No entanto, para o posto Campo Alegre de Goiás, a aplicação da correlação não confirmou o resultado apresentado no EVI. Em consulta ao sistema HIDRO, no referido mês, verifica-se que são apresentados alguns dados diários, mas que não completam o mês. Com isso, pode-se observar que a aplicação da correlação aproxima-se bastante desses dados, mostrando que a correlação apresenta-se coerente e que o dado apresentado no EVI está incorreto.

45. Como esse dado é importante para a determinação da vazão remanescente do reservatório, a SOC determinou a vazão mínima média mensal a partir da série de vazões gerada por correlação dos postos Ponte São Marcos e Campo Alegre de Goiás com a série de vazões naturais do AHE Serra do Facão, usada pelo ONS por autorização da ANEEL, como descrito nesta Nota Técnica.

4.4 REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES

46. O EVI não apresentava nenhum estudo sobre a capacidade de regularização de vazões do reservatório. Durante a apresentação, o projetista foi questionado sobre o assunto e apresentou, nos Estudos Complementares, os resultados da sua análise.

47. Foi apresentada a tabela reproduzida na Tabela 8 abaixo, relacionando o volume útil do reservatório com a vazão com 100% de garantia de atendimento, desconsiderando as perdas devido à evaporação líquida do reservatório. A curva de regularização é apresentada na Figura 13.

TABELA 8 – CURVA DE REGULARIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DO AHE PAULISTAS

Vazão regularizada		Volume útil
% Q_{MLT}	Q_{Reg} (m ³ /s)	(hm ³)
10	11,5	0,0
20	23,0	46,2
30	34,6	141,5
40	46,1	292,8
50	57,6	584,0
60	69,1	1.068,5
70	80,7	1.638,7

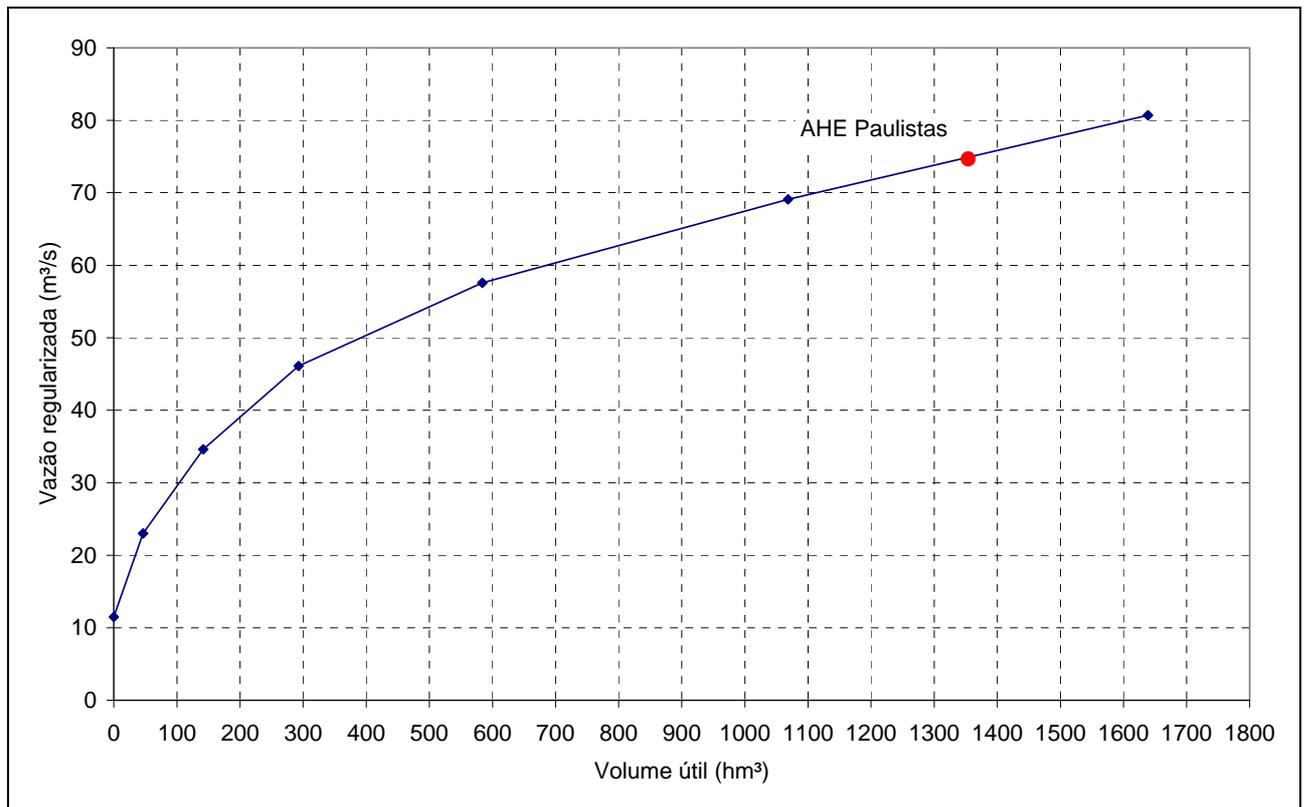


FIGURA 13 – CURVA DE REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM AHE PAULISTAS

48. Observa-se que os resultados foram estendidos para volumes superiores ao volume útil estabelecido para o reservatório. Como esse volume está estimado em 1.351,6 hm³, os dados da tabela informam que o reservatório terá capacidade de regularização de cerca de 65% da Q_{MLT} , o que equivale a cerca de 75,0 m³/s.

49. Destaca-se, na curva de regularização, que o volume e a vazão regularizada do reservatório estão em um trecho praticamente linear que sinaliza baixa eficiência hídrica, uma vez que, relativamente, acima do volume de 600hm³, são necessários incrementos significativos de volume e de área inundada para produzir ganhos pouco expressivos de vazão regularizada. No entanto, como será descrito nesta Nota Técnica, o reservatório continua eficiente energeticamente, pois o pequeno acréscimo de vazão regularizada implica em ganhos energéticos em toda a cascata de aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Paraná.

5 BLOCO 2 – USOS MÚLTIPLOS

5.1 USOS CONSUNTIVOS A MONTANTE

50. O Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, em articulação com a ANEEL, Ministério de Minas e Energia – MME e ANA, contratou o desenvolvimento de estudos para estimativa de usos consuntivos da água nas bacias de contribuição dos principais aproveitamentos hidrelétricos do Sistema Interligado Nacional – SIN¹. As séries de vazões de usos consuntivos, no período de 1931 a 2001, e as previsões para o período de 2001 a 2010 foram aprovadas pela ANA por meio das Resoluções n° 209 a n° 216, de 2004. A Resolução n° 216, de 2004, trata dos usos consuntivos estimados para a bacia do rio Paranaíba.

51. Os estudos do ONS¹ foram consolidados no Sistema para Estimativa dos Usos Consuntivos da Água – SEUCA, que é um sistema computacional de armazenamento e recuperação

de dados que determina séries de vazões de usos consuntivos a partir de dados de cada Município, conforme a metodologia usada nos estudos, resumida na Nota Técnica SUM nº 5/2004, referente à bacia do rio Paranaíba.

52. O AHE Paulistas não foi contemplado por esses estudos, embora vários outros aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Paranaíba tenham sido. Assim, para a estimativa dos usos consuntivos atuais e futuros na bacia de contribuição do AHE Paulistas, foi seguido o seguinte procedimento:

- a) Identificação dos Municípios situados a montante do AHE Paulista e frações das áreas territoriais e das sedes contidos na área de contribuição do AHE Paulistas;
- b) Determinação, por meio do SEUCA, das vazões consumidas referentes aos usos urbano, rural, animal, industrial e irrigação para cada Município identificado;
- c) Determinação das frações das vazões consumidas referentes a cada uso e a cada Município que ocorrem dentro da bacia de contribuição do AHE Paulistas;
- d) Determinação do somatório das vazões consumidas referentes a cada uso;
- e) Determinação das projeções de usos consuntivos para o período de 2005 a 2040, de cinco em cinco anos, com base nas taxas tendenciais de crescimento de usos consuntivos utilizadas pelo ONS¹ e constantes da NT SUM nº 5/2004.

53. A identificação dos Municípios e a determinação das respectivas frações de áreas territoriais e sedes situadas a montante do AHE Paulistas foram realizadas a partir do traçado da área de drenagem do AHE Paulistas, utilizando-se o software ArcView®, com base nas bases de dados geográficos disponíveis na ANA (mapa de microbacias elaborado pelo Núcleo de Gestão da Informação – NGI). A Tabela 9 apresenta os Municípios existentes a montante, frações de áreas e sedes identificadas dentro da bacia e que podem ser vistos na Figura 4.

TABELA 9 – MUNICÍPIOS A MONTANTE DO AHE PAULISTAS

Município	UF	Fração na bacia (%)	Sede na bacia
Paracatu	MG	15,2%	0
Unaí	MG	15,8%	0
Cristalina	GO	65,8%	1
Distrito Federal		1,2%	0

54. As estimativas de usos consuntivos realizadas pelo ONS basearam-se em dados censitários disponíveis em apenas alguns anos do período de 1931 a 2001. Para os usos urbano, rural, animal e industrial, as vazões em cada mês foram obtidas pela interpolação dos valores determinados em cada data com dados censitários disponíveis. Para a irrigação, as vazões em cada mês foram obtidas a partir de dados de precipitação, evapotranspiração, coeficiente médio de cultura, coeficiente médio de umidade, eficiência média e área irrigada. Apenas a área irrigada foi obtida por interpolação com base nos dados censitários disponíveis.

55. Na estimativa dos usos consuntivos a montante do AHE Paulistas, foram determinadas as vazões de cada Município nas datas com dados censitários disponíveis. No caso dos usos rural, animal e irrigação, as frações dessas vazões que ocorrem dentro da área de contribuição do AHE Paulistas foram determinadas com base nas frações das áreas territoriais de cada Município (Tabela 9). No caso dos usos urbano e industrial, as vazões de cada Município foram consideradas concentradas em suas respectivas sedes municipais, não sendo computadas quando as sedes situam-se fora da área de contribuição do AHE Paulistas.

56. A Tabela 10 apresenta o somatório das vazões consumidas que ocorrem dentro da área de contribuição do AHE Paulistas, nos anos em que existe disponibilidade de dados censitários (à exceção da irrigação, que foi quantificada para todos os anos).

TABELA 10 – SOMATÓRIO DAS VAZÕES CONSUMIDAS QUE OCORREM DENTRO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DO AHE PAULISTAS – DADOS DISPONÍVEIS NO SEUCA

Ano	Consumos para cada tipo de uso (m ³ /s)				
	Animal	Rural	Urbano	Industrial	Irrigação
1931	0,018	0,006	0,000		
1940	0,016	0,005	0,000	0,000	
1950	0,024	0,008	0,000	0,000	0,000
1960	0,029	0,010	0,000	0,000	0,003
1970	0,031	0,006	0,000	0,000	0,005
1975	0,050			0,000	0,017
1980	0,052	0,011	0,004	0,001	0,176
1985	0,056			0,000	0,047
1990				0,000	0,428
1991		0,008	0,007		0,404
1995				0,000	0,656
1996	0,081				0,732
2000		0,007	0,011		0,805
2001				0,000	0,932

Fonte: SEUCA, v. 1.02, arquivo da base de dados: SEUCAcompleto.mdb, 399,62 MB.

57. O ONS elaborou três cenários de crescimento dos consumos em cada bacia: o tendencial, o normativo e o otimista. Nesta Nota Técnica, foram utilizados os parâmetros do cenário tendencial, como recomendado pela NT SUM n.º 5/2004. Este cenário admite que a situação atual não deve experimentar grandes mudanças no futuro, supondo-se que as variáveis determinantes do cenário continuem seguindo a mesma tendência do período de 1997 a 2001. Tendo como base os últimos anos com valores de vazões consumidas disponibilizadas pelo SEUCA (ano base) e as taxas anuais de crescimento do cenário tendencial, a Tabela 11 apresenta as vazões consumidas médias anuais previstas para cada uso, no período de 2005 a 2040.

TABELA 11 – PROJEÇÃO DAS VAZÕES DE CONSUMO MÉDIAS ANUAIS NO HORIZONTE 2001 A 2034

Parâmetro		Animal	Rural	Urbano	Industrial	Irrigação	Total	
Ano base		1996	2000	2000	2001	2001	-	
Consumo médio no ano	(m ³ /s)	0,081	0,007	0,011	0,000	0,932	-	
Taxa de crescimento	(% a.a.)	0,300	0,000	3,830	1,150	5,500	-	
Consumo	2001	(m ³ /s)	0,082	0,007	0,011	0,000	0,932	1,032
Consumo	2005	(m ³ /s)	0,083	0,007	0,013	0,000	1,155	1,258
Consumo	2010	(m ³ /s)	0,084	0,007	0,016	0,000	1,509	1,616
Consumo	2015	(m ³ /s)	0,085	0,007	0,019	0,000	1,972	2,083
Consumo	2020	(m ³ /s)	0,087	0,007	0,023	0,000	2,578	2,695
Consumo	2025	(m ³ /s)	0,088	0,007	0,027	0,000	3,369	3,491
Consumo	2030	(m ³ /s)	0,089	0,007	0,033	0,000	4,403	4,532
Consumo	2035	(m ³ /s)	0,091	0,007	0,040	0,000	5,755	5,893
Consumo	2040	(m ³ /s)	0,092	0,007	0,048	0,000	7,521	7,668

58. Os consumos animal, rural, urbano e industrial não possuem variações mensais significativas, o que não ocorre com a irrigação. De acordo com a metodologia apresentada na NT

SUM nº 5/2004, a variação mensal dos consumos para irrigação se deve, principalmente, a fatores climáticos, como precipitação e evapotranspiração, aos calendários de plantio e colheita e às culturas irrigadas em cada mês. Na projeção dos consumos, foram utilizados valores médios mensais desses fatores. Para compatibilidade com os estudos do ONS, foi adotada a mesma sazonalidade obtida para a projeção para 2005 dos consumos da irrigação referente ao AHE Serra do Facão, situado logo a jusante do AHE Paulistas, apresentada na Tabela 12.

TABELA 12 – VAZÕES CONSUMIDAS E SAZONALIDADE DA IRRIGAÇÃO PREVISTAS PARA 2005, REFERENTES AO AHE PAULISTAS

Mês	Vazão consumida (m ³ /s)			Sazonalidade*
	Total	Irrigação	Outros usos	
Jan	0,175	0,000	0,175	0,000
Fev	0,175	0,000	0,175	0,000
Mar	1,311	1,136	0,175	0,648
Abr	2,375	2,200	0,175	1,254
Mai	2,553	2,378	0,175	1,355
Jun	3,625	3,450	0,175	1,966
Jul	3,934	3,758	0,175	2,142
Ago	3,908	3,733	0,175	2,128
Set	4,118	3,942	0,176	2,247
Out	0,632	0,456	0,176	0,260
Nov	0,176	0,000	0,176	0,000
Dez	0,176	0,000	0,176	0,000
Média anual	1,930	1,754	0,175	1,000

*Sazonalidade = vazão mensal / vazão média anual

Fonte: SEUCA, v. 1.02, arquivo da base de dados: SEUCAcompleto.mdb, 399,62 MB.

59. Aplicando-se os mesmos fatores de sazonalidade obtidos para o AHE Paulistas (Tabela 12), foram determinadas as vazões médias mensais consumidas na irrigação referentes ao AHE Paulistas no período de 2005 a 2040, apresentadas na Tabela 13.

TABELA 13 – VAZÕES CONSUMIDAS PELA IRRIGAÇÃO A MONTANTE DO AHE PAULISTAS

Mês	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Sazonalidade
Jan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fev	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mar	0,748	0,977	1,277	1,669	2,181	2,851	3,726	4,870	0,648
Abr	1,448	1,892	2,473	3,232	4,224	5,521	7,216	9,431	1,254
Mai	1,565	2,045	2,673	3,494	4,566	5,968	7,800	10,195	1,355
Jun	2,270	2,967	3,878	5,069	6,625	8,658	11,316	14,790	1,966
Jul	2,473	3,233	4,225	5,522	7,217	9,432	12,327	16,111	2,142
Ago	2,457	3,211	4,196	5,484	7,168	9,368	12,244	16,002	2,128
Set	2,595	3,391	4,432	5,792	7,570	9,894	12,931	16,900	2,247
Out	0,300	0,393	0,513	0,671	0,876	1,146	1,497	1,957	0,260
Nov	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dez	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Média	1,155	1,509	1,972	2,578	3,369	4,403	5,755	7,521	1,000

60. A Tabela 14 apresenta as vazões consumidas totais previstas, obtidas pela soma das vazões referentes à irrigação (Tabela 13) e das vazões referentes aos demais usos (Tabela 11).

Como mostram as Figuras 14 e 15, os valores obtidos estão compatíveis com os definidos para o AHE Serra do Facão, conforme Resolução nº 216, de 2004, da ANA.

TABELA 14 – CONSUMOS MENSAIS TOTAIS PREVISTOS NO HORIZONTE 2005 A 2040

Mês	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Jan	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15
Fev	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15
Mar	0,85	1,08	1,39	1,79	2,30	2,98	3,86	5,02
Abr	1,55	2,00	2,58	3,35	4,35	5,65	7,35	9,58
Mai	1,67	2,15	2,78	3,61	4,69	6,10	7,94	10,34
Jun	2,37	3,07	3,99	5,18	6,75	8,79	11,45	14,94
Jul	2,58	3,34	4,34	5,64	7,34	9,56	12,46	16,26
Ago	2,56	3,32	4,31	5,60	7,29	9,50	12,38	16,15
Set	2,70	3,50	4,54	5,91	7,69	10,02	13,07	17,05
Out	0,40	0,50	0,62	0,79	1,00	1,27	1,63	2,10
Nov	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15
Dez	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15
Média	1,26	1,62	2,08	2,69	3,49	4,53	5,89	7,67

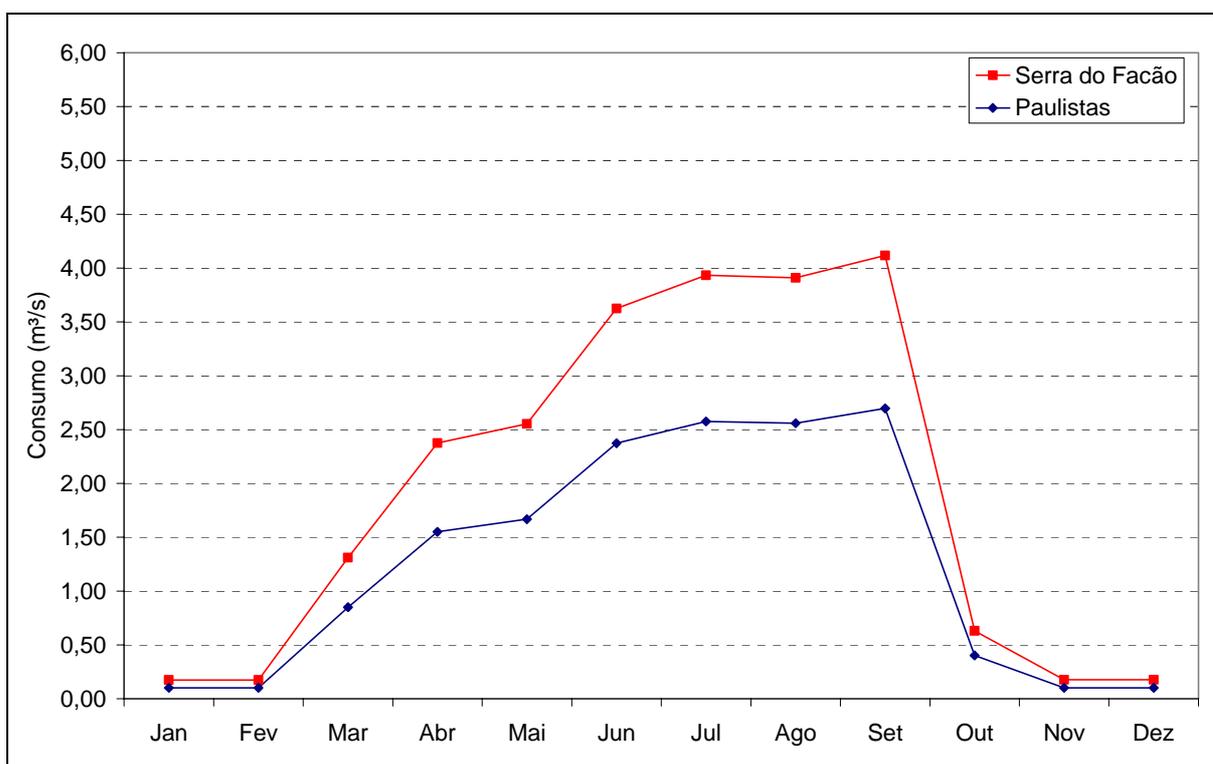


FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMOS PREVISTOS A MONTANTE DOS AHES SERRA DO FACÃO E PAULISTAS EM 2005

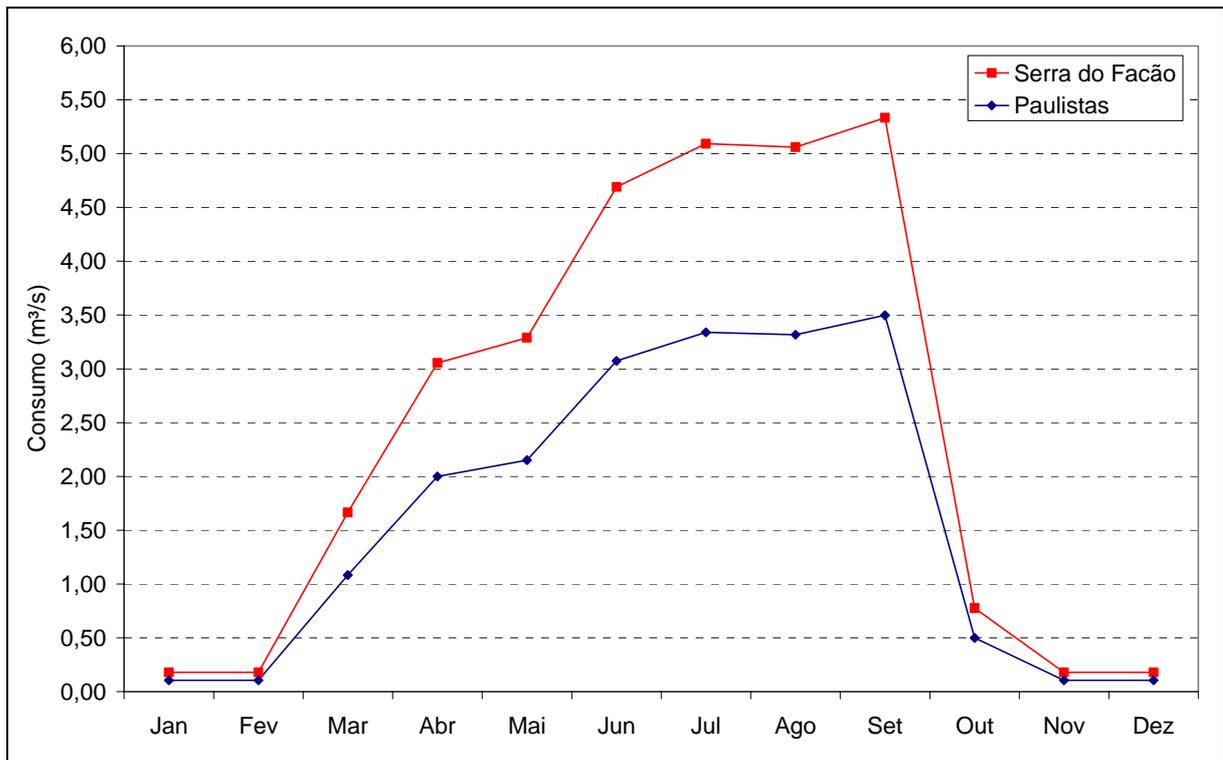


FIGURA 15 – COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMOS PREVISTOS A MONTANTE DOS AHEs SERRA DO FACÃO E PAULISTAS EM 2010

5.2 VAZÕES REMANESCENTES A JUSANTE

61. O EVI estimou como vazão remanescente no período do enchimento o valor de 7,5 m³/s, referente a aproximadamente 80% da vazão mínima média mensal, calculada em 9,3 m³/s. Todavia, na avaliação da série obtida no EVI, constatou-se uma incoerência da vazão mínima média mensal, de 9,3 m³/s, referente ao mês de setembro de 1998.

62. Com base na nova série de vazões gerada pela SOC, conforme descrito nesta Nota Técnica, a vazão mínima média mensal foi calculada com o valor de 18,0 m³/s. Seguindo o mesmo critério para a determinação da vazão remanescente, 80% da vazão mínima média mensal, o seu valor atualizado será de **14,4 m³/s**.

63. Na fase de operação, a vazão remanescente pode ser determinada compatibilizando-a com outros importantes empreendimentos na bacia. Uma importante usina já instalada a jusante, no rio Paranaíba, é a UHE Emborcação. Segundo dados do ONS, para essa usina foram definidas vazões de restrição a jusante de 136,0 m³/s, para o período de piracema, e de 100,0 m³/s, para fora desse período. Essas restrições são puramente operativas. Assim, considerando proporcionalmente as áreas de drenagem, pode-se definir, para o AHE Paulistas, as vazões remanescentes de 31,0 m³/s, para o período de piracema, e 23,0 m³/s, para fora do período. Essas vazões estão dentro do limite de regularização de vazões.

64. Assim, recomenda-se, para a emissão da DRDH, que seja estabelecido que o projetista deva manter, na fase de enchimento do reservatório, a vazão mínima de 14,4 m³/s, como restrição de jusante. Para a fase de operação, deverá ser mantida a vazão mínima operativa de 31,0 m³/s, para o período de piracema, e de 23,0 m³/s, para fora desse período, respeitando, assim e também, as restrições de outras importantes usinas do rio Paranaíba a jusante.

65. Ressalta-se que as condições de operação, que incluem as vazões remanescentes, poderão ser alteradas pela ANA, por meio de Resolução, em articulação com o ONS, nas fases de construção e de operação, de modo a compatibilizar os múltiplos usos da bacia, incluindo os reservatórios existentes, além de possíveis exigências ambientais definidas pelo órgão ambiental, tanto em relação às vazões mínimas quanto em relação às taxas máximas de variação das defluências.

5.3 USOS DA ÁGUA A JUSANTE

66. Segundo o EVI, durante a fase de enchimento, a manutenção da vazão remanescente de 7,5 m³/s poderia “ocasionar algum transtorno, devido ao rebaixamento dos níveis d’água do rio São Marcos, nas captações para irrigação e abastecimento de residências, além de provocar alterações na fauna aquática” (EVI, pg. 133). Realmente, essa redução da vazão perdurará enquanto o reservatório estiver em processo de enchimento, o que pode durar de 3 a 16 meses, a depender do comportamento natural do rio.

67. O projetista foi questionado sobre esse assunto na sua apresentação e apresentou, nos Estudos Complementares, a justificativa de que “como não foi identificada nenhuma captação para abastecimento público ou industrial no trecho do rio logo a jusante, a redução das vazões durante o enchimento não deverá causar problemas sobre os usos a jusante, devido ao rebaixamento do rio São Marcos (...)”.

68. Porém, apesar de não haver captações expressivas, existem no local alguns irrigantes que poderão, sim, ser afetados com a diminuição dos níveis. Observando a curva-chave estabelecida para o canal de fuga do AHE Paulistas, observa-se que, da vazão média para a vazão remanescente há uma variação do nível da água de cerca de 2,5 m. Com o aumento da vazão remanescente determinada no Item 5.2, esse transtorno será diminuído, mas não evitado.

69. Recomenda-se que eventuais medidas a serem empregadas para evitar transtornos a usuários da água a jusante constem do Plano de Usos do Reservatório, a ser apresentado como condicionante para conversão da DRDH em outorga.

6 BLOCO 3 – EMPREENDIMENTO

6.1 ESTRUTURAS HIDRÁULICAS E INTERFERÊNCIAS NO REGIME HÍDRICO

70. As primeiras interferências hidrológicas e hidráulicas do AHE Paulistas sobre a região ocorrerão durante o período de construção do empreendimento. Neste período, para possibilitar a construção a seco das estruturas de terra e concreto, o fluxo natural do rio será provisoriamente desviado, mas o seu curso normal não será alterado.

71. Este desvio será realizado por duas ensecadeiras de terra e pelo túnel de desvio, localizado na margem esquerda. As duas ensecadeiras serão construídas perpendicularmente ao leito do rio, a montante e a jusante do eixo do barramento e da casa de força. A sua construção forçará a passagem da água pelo túnel de desvio. Essa passagem ocorrerá com velocidade de escoamento mais elevada do que seria no leito normal, de modo que, ao sair do túnel, a água terá uma energia cinética mais elevada. Como o canal de restituição é relativamente longo, essa energia poderá ser dissipada a níveis aceitáveis antes de alcançar o leito do rio, sem promover, portanto, acréscimo considerável de processos erosivos.

72. Após a construção da barragem e com a operação do empreendimento, as interferências passarão a ser diretas e permanentes. A vazão do rio a justante, descontando o volume armazenado, será turbinada ou extravasada pelo vertedouro.

73. O vertedouro foi dimensionado para permitir a passagem da vazão decamilenar amortecida de 2.200,0 m³/s, proporcionando uma sobrelevação de 1,0 m sobre o NA máximo normal. Trata-se de um vertedouro de soleira baixa, com um perfil desenvolvendo uma reduzida curva normal seguida de uma longa calha, com alta declividade, que conduzirá a água até o leito do rio. A elevada energia cinética da água, após a passagem pelo vertedouro, terá uma parte dissipada na passagem por essa calha e a outra parte dissipada no leito rochoso escavado na margem do rio, antes de alcançar o leito normal. Deste modo, os processos erosivos no leito do rio também não deverão sofrer acréscimos significativos.

6.2 ENCHIMENTO

74. O EVI apresenta estudos de enchimento do reservatório que tiveram como base a curva cota x volume do reservatório e a série de vazões médias, tendo como premissas:

- Enchimento iniciando no dia 1º de novembro (data de fechamento do desvio); e
- Vazão remanescente para jusante de 7,5 m³/s.

75. Foram simuladas três situações, hipoteticamente representativas de anos úmido, médio e seco, correspondendo às vazões mensais com permanências de 10%, 50% e 90% do tempo, respectivamente. De acordo com os estudos, o período de enchimento pode estender-se de cerca de 3 meses, para um ano úmido, a até cerca de 1 ano, para um ano seco, conforme pode ser visto na Tabela 15.

TABELA 15 – TEMPOS DE ENCHIMENTO, COM INÍCIO EM 1º DE NOVEMBRO

NA (m)	Tempo (dias)		
	Q10%	Q50%	Q90%
785,0 (NA mínimo normal)	32	55	74
788,0 (Soleira do vertedouro)	41	67	97
790,0	45	72	109
795,0	64	98	152
800,0 (NA máximo normal)	86	138	360

76. Os estudos energéticos avaliaram o enchimento do reservatório a partir da série de vazões regularizadas obtida pela simulação do sistema com o modelo MSUI. No entanto, não fica claro qual período da série ou quais condições de afluência foram usadas. Esses estudos foram conduzidos em duas etapas, resultando no tempo de enchimento de 9 meses:

- a. Na primeira, determinou-se o tempo de enchimento do volume morto (abaixo do nível mínimo normal, até a operação da primeira unidade geradora) fixando-se a vazão mínima a jusante de 7,5 m³/s;
- b. Na segunda, determinou-se o tempo de enchimento desde o nível mínimo normal até o nível máximo normal (volume útil), considerando-se que a vazão defluente deve atender à capacidade instalada, no horário de ponta, e à geração mínima de uma unidade, no horário fora de ponta. Considerando-se a “geração mínima de uma unidade” igual à vazão turbinada de uma unidade, a vazão mínima defluente (média diária) deveria ser de 85,7 m³/s.

77. Na apresentação técnica, a equipe da ANA questionou o fato do estudo ter considerado o início do enchimento somente em novembro, não contemplando a possibilidade real de atrasos no

cronograma previsto. O projetista reconheceu que a questão é pertinente e concordou que, para o Projeto Básico, esses estudos poderão ampliados considerando outras datas para início do enchimento.

78. A SOC verificou os estudos de enchimento do EVI aplicando a série de vazões naturais gerada por correlações com a série de Serra do Facão e adotando-se a vazão mínima remanescente de 14,4 m³/s. A Tabela 16 mostra os tempos de enchimento estimados pela SOC para início do enchimento em todos os meses do ano.

TABELA 16 – TEMPOS DE ENCHIMENTO ESTIMADOS PELA SOC

Mês de início do enchimento	Tempo para enchimento para vazões afluentes (dias)					
	10%	Média	50%	75%	90%	95%
Janeiro	67	118	138	324	409	462
Fevereiro	73	175	219	342	413	481
Março	104	277	286	340	413	520
Abril	223	286	293	340	435	625
Mai	233	277	284	333	517	623
Junho	218	260	268	322	551	608
Julho	196	240	248	307	538	593
Agosto	171	216	225	292	519	571
Setembro	145	190	200	272	492	546
Outubro	119	164	174	252	465	519
Novembro	93	138	148	236	438	492
Dezembro	74	119	131	242	418	473

79. Verifica-se que os tempos de enchimento poderão ser superiores aos estimados pelo EVI, podendo atingir 16 meses, para início em novembro. Durante esse tempo, os atuais usuários da água (alguns outorgados) a montante do eixo de barramento ficarão impedidos de usar a água nos trechos afetados pela inundação do reservatório, uma vez que já terão de ter sido relocados. Os usuários estabelecidos a jusante, poderão enfrentar dificuldades no acesso à água em função da vazão mínima ou da qualidade da água descarregada pelo reservatório em formação.

80. Dessa forma, recomenda-se que seja alertado na DRDH que o futuro outorgado será responsável por qualquer dano ou encargo necessário à garantia do acesso ou à compensação pelo impedimento temporário de acesso à água por parte dos usuários estabelecidos devidamente outorgados.

81. Adicionalmente, recomenda-se que, como condicionante para conversão da DRDH em outorga, seja exigida a apresentação do Plano de Uso do Reservatório, que deverá conter, dentre outros itens, as medidas necessárias para compatibilização do empreendimento com os demais usos da água, durante a fase de enchimento. Também, os estudos de enchimento deverão ser revistos de modo a considerar o início do enchimento em todos os meses do ano e a vazão mínima remanescente de 14,4 m³/s.

6.3 REENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

82. Segundo o Manual de Estudos de Viabilidade da ELETROBRAS, a análise do reenchimento é realizada por meio da simulação da usina integrada ao sistema de referência para todas as séries hidrológicas disponíveis, considerando-se que, após deplecionamento total de todos os reservatórios, o sistema deve atender à demanda equivalente à energia firme ou garantida do sistema, até que todos os reservatórios reencham completamente. Simulações já realizadas, usando-se séries de vazões no período de 1949 a 1982, mostram que os tempos esperados de reenchimento de grandes reservatórios existentes (Emborcação, Furnas, Itumbiara, Sobradinho e Três Marias) variam de 24 a 36 meses. Assim, é razoável e recomenda-se como critério de tempo máximo de reenchimento o valor de **36 meses**.

83. A fixação desse tempo é particularmente importante no caso da inclusão de um novo reservatório a montante de uma cascata existente, quando as condições de reenchimento de reservatórios a jusante podem piorar, **já que todos utilizam as vazões provenientes de uma mesma área de drenagem**. Desse modo, é possível que um determinado reservatório em estudo, mesmo apresentando um tempo esperado de reenchimento abaixo do limite máximo (no caso, 36 meses), leve a um incremento inaceitável no tempo de reenchimento de um reservatório existente a jusante. Nesse caso, segundo o Manual de Viabilidade, deve-se limitar o volume útil do reservatório em estudo, em favor dos existentes.

84. De posse dos tempos de reenchimento do reservatório em estudo e dos principais reservatórios do sistema, adota-se o mesmo procedimento da análise dos tempos de enchimento inicial do reservatório. Se os tempos de reenchimento forem excessivos, existem três procedimentos possíveis:

- a. Reduzir o valor do nível d'água máximo;
- b. Elevar o valor do nível d'água mínimo;
- c. Assumir o risco da usina não conseguir reencher o volume útil na mesma época dos outros reservatórios.

85. Os estudos energéticos do EVI avaliaram o reenchimento do reservatório considerando, no instante inicial, todos os reservatórios do sistema em seu nível d'água mínimo. Como resultado, o valor considerado como representativo do tempo de reenchimento do reservatório do AHE Paulistas foi de 31 meses. O estudo observa que o tempo de reenchimento encontrado é inferior aos tempos correspondentes da maioria dos principais reservatórios existentes no Sistema Interligado Nacional. Nos estudos energéticos, o sistema de referência utilizado foi o sistema gerador hidráulico empregado nos estudos de médio prazo do setor (Plano Decenal de Expansão 2003/2012), acrescido das usinas previstas e já inventariadas da bacia do rio São Marcos.

86. Embora os resultados do EVI sejam satisfatórios para o reservatório do AHE Paulistas, os estudos de viabilidade não descrevem qual critério de vazão defluente foi usado nos estudos de reenchimento e não apresentam os efeitos sobre os demais reservatórios da cascata, em especial, sobre o reservatório do AHE Serra do Facão. Como previsto no Manual de Viabilidade e no estudo de viabilidade do AHE Serra do Facão, de 1988, é possível que a introdução do reservatório de Paulistas na cascata resulte em tempos de reenchimento excessivos para o reservatório de Serra do Facão.

87. Com base em análises realizadas pela SOC, pode-se estimar as vazões regularizadas com 100% de garantia pelos reservatórios dos AHEs Paulistas e Serra do Facão em 72 m³/s e 136 m³/s, respectivamente. Na condição em que os reservatórios operam defluindo as vazões regularizadas, as análises da SOC mostram que os tempos de reenchimento necessários nos dois

reservatórios, na ocorrência de situações hidrológicas desfavoráveis, os tempos de enchimento tornam-se superiores ao máximo recomendável de 36 meses.

88. Nesse sentido, para que as condições de reenchimento dos reservatórios sejam adequadas, recomenda-se que o nível mínimo operacional do reservatório do AHE Paulistas seja definido como o maior valor entre:

- a. Cota de 785,0 m.;
- b. Cota que assegure que o reenchimento simulado dos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos Paulistas e Serra do Facão se processe em um período máximo de 36 meses.

6.4 REMANSO DO RESERVATÓRIO

89. No EVI, o remanso do reservatório do AHE Paulistas foi estudado somente para o rio São Marcos e para o seu principal afluente na região do empreendimento, o rio São Firmino, com a aplicação do modelo matemático HEC-RAS. Para este estudo, foram selecionadas algumas seções topobatimétricas do rio São Marcos, levantadas em campo, e algumas seções dos rios São Marcos e São Firmino levantadas com base na planta do reservatório, obtidas por meio de restituição aerofotogramétrica.

90. A calibração dos parâmetros do modelo foi realizada buscando ajustar os níveis d'água simulados aos níveis observados naturalmente no rio, considerando-se os níveis d'água observados em 20/04/2002, em duas estações limnimétricas instaladas no rio São Marcos. As vazões utilizadas em cada seção simuladas do rio São Marcos foram obtidas por relação de áreas de drenagem com as vazões observadas em dois postos fluviométricos do local. No rio São Firmino, foi considerada a mesma vazão em todas as seções. Não foram apresentados detalhes desse ajuste, mas os resultados apontaram para uma uniformidade do coeficiente de Manning ao longo da região simulada.

91. Com os parâmetros ajustados, foram realizadas 4 novas simulações com a vazão média Q_{MLT} e as vazões máximas com recorrências de 100, 1.000 e 10.000 anos, para as situações natural e com reservatório. O NA foi considerado na cota 800,0 m, para todas as vazões, exceto para a vazão com 10.000 anos de recorrência, onde o NA foi considerado na cota 801,0 m, representando a situação do NA máximo maximorum.

92. O rio foi simulado então para as condições naturais e para o reservatório formado. Para as condições naturais foram utilizados os parâmetros calibrados. Para as simulações com o reservatório, o coeficiente de Manning foi minorado na região mais próxima do barramento, a mais profunda. Observa-se que esse procedimento não inviabiliza as simulações, pois não afeta consideravelmente os resultados, que continuam aceitáveis.

93. Ao final, os resultados apontam que, para a vazão média, o nível d'água praticamente não sofre alteração ao longo do reservatório, permanecendo próximo da cota 800,0 m, em todas as seções simuladas. Para as vazões de cheia, há um aumento considerável nos níveis d'água nas seções de montante. No entanto, o efeito proporcionado pelo remanso é pouco significativo em relação à simulação em condições naturais. A diferença encontrada entre as duas situações é de cerca de 0,5 m, na seção simulada mais a montante, para todas as vazões máximas.

94. Não há centros urbanos ou atividades industriais nos limites da área inundada pelo reservatório. Somente áreas rurais, com exploração agrícola e pecuária, e alguns estabelecimentos de lazer, cuja interferência é discutida no item 6.5 desta Nota Técnica. No entanto, foi observada a existência de uma ponte na BR-040 sobre o rio São Marcos, cujo tabuleiro encontra-se na cota 805,0 m e a face inferior de sua viga na cota 802,0 m. Na apresentação do projetista, a equipe da ANA questionou sobre o nível d'água na seção dessa ponte. O projetista esclareceu que, segundo os

estudos de remanso, a ponte não deverá ser afetada, já que foi observado que será mantida uma folga, ainda que abaixo da prevista pelo DNER. Para a cheia de 10.000 anos, ainda haverá folga.

6.5 INTERFERÊNCIAS DIRETAS DO RESERVATÓRIO

95. O EVI já previa que o alagamento proporcionado pela formação do reservatório afetará diretamente áreas de assentamentos rurais e terras produtivas, incluindo pastagens e lavouras, fazendo uma estimativa inicial dos efeitos diretos.

96. Na apresentação do projetista, a equipe da ANA alertou que algumas outorgas foram expedidas em rios da região e que, provavelmente, as instalações referentes a elas deverão ser relocadas. O projetista mostrou ciência desse fato e apresentou um estudo detalhado e abrangente das interferências diretas do reservatório sobre a região. Esse estudo faz parte do diagnóstico sócio-econômico do EIA/RIMA apresentado ao IBAMA.

97. Nesse estudo foi feito o levantamento pormenorizado das propriedades e benfeitorias afetadas diretamente e indiretamente pelo reservatório. Como citado anteriormente, não foram identificados centros urbanos ou atividades industriais na região. Os estabelecimentos rurais levantados foram divididos em três categorias, apresentadas na Tabela 17:

- Estabelecimentos rurais produtivos;
- Assentamentos rurais do Programa de Reforma Agrária do INCRA; e
- Propriedades de lazer.

TABELA 17 – PROPRIEDADES ATINGIDAS NA ÁREA INUNDÁVEL

Município	Categoria		Número de propriedades
Cristalina-GO	Estabelecimentos rurais		27
	Assentamentos INCRA	Vista Alegre	123
		Buriti das Gamelas	78
		São Marcos	54
		Casa Branca	20
	Propriedades de lazer		17
Paracatu-MG	Estabelecimentos rurais		33
	Assentamentos INCRA	Jambeiro	26
	Propriedades de lazer		21
TOTAL			399

98. Dos 60 estabelecimentos rurais, 30 terão áreas destinadas à produção agrícola alagadas. Nesses estabelecimentos, foram cadastrados 64 residências e 15 ranchos diretamente afetados pelo alagamento. Várias benfeitorias cadastradas também serão afetadas.

99. Nos assentamentos do INCRA, foram levantados 301 lotes afetados diretamente. Os Estudos Complementares mostram que, excluindo o assentamento Casa Branca, serão afetados 281 lotes, contando com 754 pessoas, no total. No assentamento Casa Branca, somente 7 lotes serão afetados, sendo que apenas uma residência foi cadastrada. Nesses assentamentos predomina a cultura de subsistência.

100. Nas 38 propriedades de lazer, foram cadastradas 48 residências a serem inundadas.

101. O EVI apresenta um Programa de Indenização e Remanejamento da População, cujo objetivo é “propiciar às famílias afetadas condições que permitam a recomposição de suas condições sociais e econômicas em situação, no mínimo, similar às atuais”. É importante lembrar que o EVI foi realizado em etapa anterior ao EIA/RIMA e que foram realizadas consultas à população afetada buscando definir ações prioritárias que satisfizessem os seus anseios. Com isso, o detalhamento deste programa encontra-se no EIA/RIMA, que deverá ser apresentado para apreciação da ANA, como condicionante para conversão da DRDH em Outorga.

6.6 ESTUDO DA CAPACIDADE DE AMORTECIMENTO DA CHEIA DE PROJETO

102. Para determinar a capacidade de amortecimento do reservatório, foi determinado o hidrograma de cheia de projeto para o AHE Paulistas. Esse baseou-se em um hidrograma observado no posto Campo Alegre de Goiás, entre 01/12/1989 e 31/01/1990, correspondendo ao mês com a maior cheia registrada. Para cada dia, essa cheia foi adimensionalizada pelo seu pico e transferida para o AHE Paulistas multiplicando-se os adimensionais pelas vazões máximas com tempos de recorrência de 100, 1.000 e 10.000 anos.

103. O amortecimento da cheia de projeto foi estudado por meio da simulação do balanço hídrico no reservatório. Os dados utilizados para o estudo foram o hidrograma da cheia, a curva de capacidade do vertedouro e a curva cota x volume do reservatório. Foi considerado como condição inicial o nível normal (cota 800,0 m e volume 1.781,61 hm³) e toda a vazão defluente do reservatório sendo descarregada pelo vertedouro, não havendo turbinamentos.

104. Os resultados finais foram:

- Vazão máxima afluente: 2.300 m³/s;
- Vazão máxima defluente: 2.100 m³/s;
- NA máximo maximorum: 800,68 m;
- Capacidade de amortecimento: 9% para a cheia de projeto.

105. Por segurança, apesar do amortecimento previsto, foi adotada a vazão de projeto de 2.200 m³/s para o vertedouro e, para o barramento, foi considerado o NA máximo maximorum de 801,0 m. Para fins da DRDH, recomenda-se a ratificação desse resultado.

6.7 QUALIDADE DA ÁGUA

106. Os estudos complementares apresentaram avaliações detalhadas da qualidade da água realizadas no âmbito do processo de licenciamento ambiental do empreendimento. Essas avaliações compreendem modelagens da qualidade da água do reservatório e do rio São Marcos, a jusante do eixo de barramento, por meio dos modelos CE-QUAL-R1 e QUAL-2E, respectivamente.

107. No caso da modelagem do reservatório, o modelo CE-QUAL-R1 representa o reservatório como uma seqüência de camadas verticais bem misturadas e considera aspectos físicos, hidrodinâmicos e climatológicos na simulação de diversos parâmetros de qualidade da água, além da temperatura. Já o modelo QUAL-2E representa o rio como uma seqüência de segmentos bem misturados e considera os efeitos advectivos e dispersivos do transporte de constituintes ao longo da linha principal de fluxo da água.

108. Na simulação do reservatório, foram usados como dados de entrada as concentrações de parâmetros de qualidade da água medidos no rio São Marcos, apresentados na Tabela 18, valores usuais de taxas e coeficientes de decaimento e coeficientes de degradação da fitomassa obtidos pelo laboratório de hidrobiologia da Universidade de São Carlos. As simulações consideraram o período de 3 anos após o início do enchimento do reservatório e compreenderam sete cenários, apresentados na Tabela 19, variando-se as condições hidrológicas (média, úmida e seca) e as condições de remoção da fitomassa.

Tabela 18 – Parâmetros de qualidade da água medidos no rio São Marcos

Parâmetro	Período de cheia (16/05/04)	Período de seca (17/09/03)
Nitrogênio total (mg/L)	7,66	0,45
Fósforo total (mg/L)	< 0,1	< 0,1
OD (mg/L)	8,42	8,52
DBO (mg/L)	2,0	7,6
Vazão estimada* (m ³ /s)	97,2	39,5
Carga afluyente de fósforo (Kg P/ano)	306.530	124.567
Carga específica (Kg P/km ² .ano)	46	17

* Vazão média mensal

Tabela 19 – Cenários adotados para simulação do reservatório

Cenário	Condições hidrológicas			Desmatamento da área do reservatório		
	MLT	Ano seco	Ano úmido	Sem remoção	Entre 795m e 800m	Remoção total
QM1	X			X		
QM2	X				X	
QM3	X					X
QS1		X		X		
QS3		X				X
QC1			X	X		
QC3			X			X

109. Na simulação do trecho do rio São Marcos a jusante do AHE Paulistas, foram usados como dados de entrada as concentrações de parâmetros de qualidade da água resultantes da simulação do reservatório, a vazão mínima remanescente de 7,5 m³/s, as vazões incrementais dos quatro principais afluentes e valores usuais de taxas e coeficientes de decaimento. O trecho, de 70km de comprimento total, foi dividido em 6 subtrechos, com comprimentos e seções transversais diferenciadas. As simulações compreenderam 32 cenários, variando-se as condições hidrológicas (média, úmida e seca), as condições de remoção da fitomassa e o período de análise (após um mês do início do enchimento, primeiro mês de vertimento, 11 meses após o início do enchimento, 2 anos após o início do enchimento e início da geração no período seco).

110. Na simulação do reservatório, as simulações mostraram reduzida diferença entre os cenários, variando mais em função das condições hidrológicas do que em função do desmatamento da área inundada. Segundo as análises dos estudos complementares, o reservatório apresentou baixa tendência à estratificação térmica, anoxia nas camadas profundas nos meses de enchimento, concentrações de fósforo da ordem de 50 a 70 µg/L, nas fases iniciais de enchimento, e de 10 µg/L na fase de estabilização e altas concentrações de DBO das vazões liberadas a jusante apenas na fase de enchimento (de 10 a 35 mg/L).

111. Na simulação do trecho do rio São Marcos a jusante do AHE Paulistas, foram obtidos níveis satisfatórios de OD e fósforo em todos os cenários e concentrações altas de DBO no primeiro mês após o início do enchimento e no primeiro mês a verter.

112. Verifica-se, de um modo geral, que o reservatório não apresentará piora de parâmetros de qualidade da água, à exceção da DBO, que, na fase de enchimento, poderá atingir valores altos, a depender das condições hidrológicas. Todavia, em relação à carga específica de fósforo e ao processo de eutrofização, ressalta-se que foram consideradas cargas relativamente baixas, adequadas às medições realizadas nas condições atuais, simulando-se o reservatório totalmente misturado em cada camada. Em alguns braços, notadamente o que drena parte da área urbana da cidade de Cristalina, as condições hidráulicas associadas a cargas de fósforo mais altas, decorrentes do lançamento de esgotos domésticos, poderão favorecer a eutrofização. Assim, recomenda-se que o Plano de Uso do Reservatório contenha ações que reduzam a probabilidade de ocorrência desse processo.

113. Por outro lado, destaca-se que, na fase de enchimento, poderá ocorrer degradação significativa da qualidade da água a jusante, com efeitos negativos sobre outros usos da água. Nesse sentido, recomenda-se que o Plano de Uso do Reservatório preveja medidas para compatibilização ou compensação temporária desses usuários, de modo a preservar o múltiplo uso da água, durante a fase de enchimento.

6.8 SEDIMENTOS E ASSOREAMENTO

114. A avaliação da hidrossedimentologia do rio São Marcos levou em consideração a baixa disponibilidade de dados hidrossedimentométricos da região. Somente algumas medições foram realizadas recentemente na estação Campo Alegre de Goiás, sendo 11 no total.

115. Os resultados dessas medições foram relacionadas com as vazões e foi gerada uma curva-chave de descargas sólidas. A descarga sólida de fundo foi considerada como 10% da descarga sólida em suspensão, procedimento bastante usual e recomendado. A partir da série de vazões médias mensais foi então gerada a série de descarga sólida mensal afluyente ao reservatório.

116. Para efeitos de comparação, foram consultadas duas referências de estudo para a bacia do rio São Marcos, cujos resultados apresentaram uma boa concordância com os resultados obtidos pela curva-chave de sedimentos estabelecida inicialmente:

- Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros, da ELETROBRÁS (setembro/1998); e
- Aproveitamento Hídrico Serra do Facão – Estudos de Viabilidade, de FURNAS/MDK.

117. Como há falta de informações, a granulometria dos sedimentos foi adotada igual à estabelecida por FURNAS/MDK para o AHE Serra do Facão. Com isso, obteve-se a evolução dos valores de peso específico do sedimento ao longo do tempo. Para 100 anos, o peso específico foi estimado em 1,13 t/m³.

118. O assoreamento do reservatório foi estudado seguindo a metodologia usual para usinas hidrelétricas. Os resultados apontaram para uma vida útil de 71 anos.

119. Na apresentação do projetista, a equipe da ANA argumentou que o cálculo do aporte de sedimentos, determinado no EVI com base na vazão média mensal, não seria o mais adequado. Esse procedimento subestima o aporte de sedimentos e, conseqüentemente, superestima a vida útil do reservatório. O mais correto seria a utilização da vazão média diária. O projetista reconheceu a pertinência do comentário e concordou que os estudos de assoreamento poderão ser revisados no Projeto Básico.

6.9 CONDIÇÕES OPERATIVAS

120. O nível máximo normal operativo do reservatório foi fixado em 800,0 m, conforme definido nos estudos de Atualização e Complementação do Inventário da Bacia do Rio São Marcos.

121. A determinação do nível mínimo operacional do reservatório foi realizada considerando a potência instalada definida no inventário, de 81 MW, e limitando o deplecionamento a um terço da queda bruta máxima, avaliado em 15,0 m. O estudo considerou que não existem outras limitações.

122. A avaliação do deplecionamento ótimo levou em consideração o índice benefício energético/custo incremental e mostrou que o aumento do deplecionamento conduziu a índices bastante atrativos e a limitação ocorreu por questões meramente físicas, já que não foram atingidos os limites econômicos da metodologia. Com isso, ficou definido em 15,0 m o deplecionamento para o reservatório, valor já previsto no inventário.

123. Nos Estudos Complementares, foi apresentada a curva de permanência de níveis para cada valor de deplecionamento estudado, para a potência instalada de 52,5 MW, reproduzida na Figura 16. Os resultados mostram que, para o deplecionamento máximo previsto, em cerca de 84% do tempo o reservatório manterá o nível deplecionado em até 2,0 m e que em cerca de 95% do tempo esse deplecionamento será de até 4,0 m.

124. Ainda nos Estudos Complementares, foi apresentada uma relação entre os deplecionamentos estudados e os valores de energia firme local e do sistema, reproduzida na Tabela 20. Os resultados podem ser visualizados na Figura 17.

125. Esses resultados mostram que a energia firme local do empreendimento decresce com o aumento do deplecionamento enquanto a energia firme incremental do sistema aumenta significativamente. Percentualmente, como pode ser visto na Figura 18, os ganhos de energia firme do sistema, em relação ao reservatório sem deplecionamento, aumentam consideravelmente enquanto os ganhos de energia firme local diminuem muito pouco. No entanto, em relação ao deplecionamento anterior, verifica-se que os ganhos relativos de energia firme do sistema decrescem rapidamente, alcançado quase um patamar, com pouca variação. Isso ocorre para o deplecionamento de 9,0 m, onde o ganho em relação ao deplecionamento de 6,0 m aumenta de 14,0%, contra os 28,9% de ganho relativo entre os deplecionamentos de 6,0 e 3,0 m.

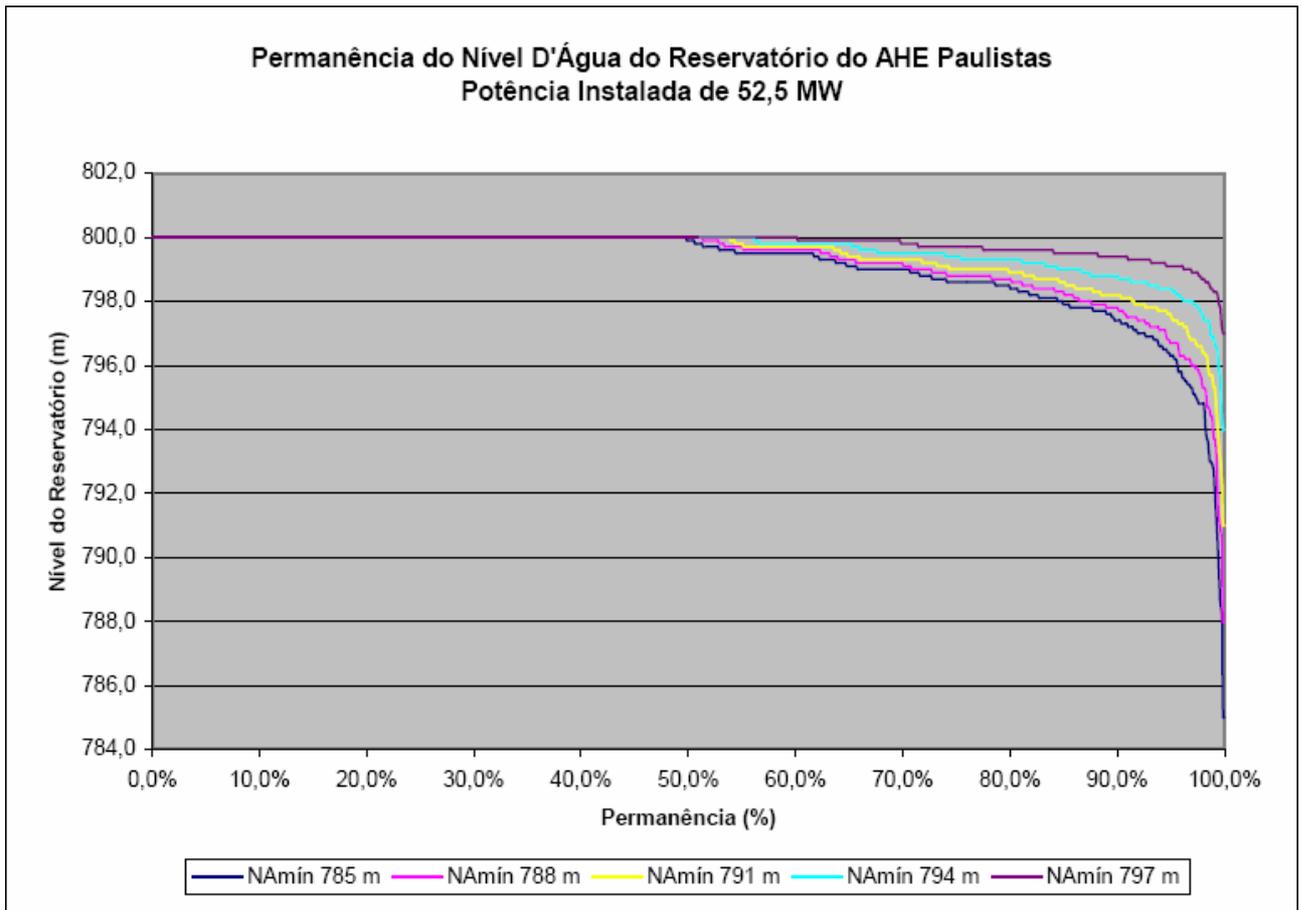


FIGURA 16 – CURVAS DE PERMANÊNCIA DE NÍVEIS PARA CADA VALOR DE DEPLECIONAMENTO

TABELA 20 – ENERGIAS FIRMES PARA OS DIVERSOS VALORES DE DEPLECIONAMENTO

NA mínimo (m)	Deplecionamento (m)	Energia Firme Local (MW médios)	Energia Firme Incremental (MW médios)	Energia Firme do Sistema (MW médios)
800	0	42,5	26,1	52.791,8
797	3	42,0	39,4	52.805,1
794	6	41,3	50,8	52.816,5
791	9	40,6	57,9	52.823,6
788	12	39,7	64,1	52.829,8
785	15	38,8	68,6	52.834,3

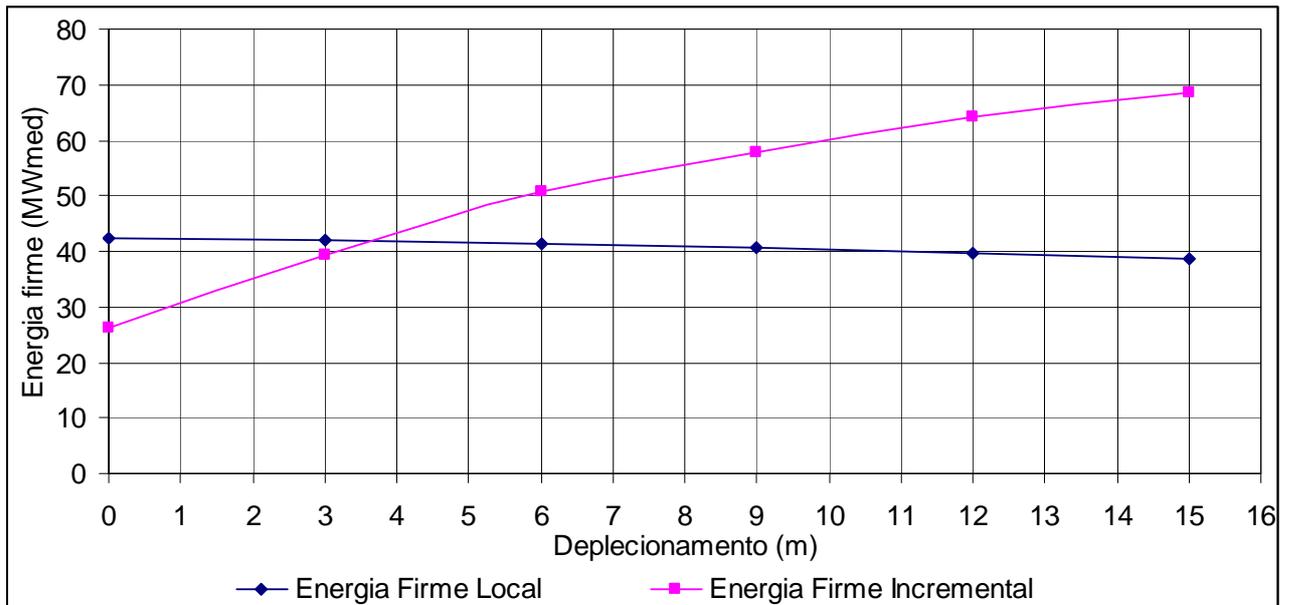


FIGURA 17 – RELAÇÃO ENTRE O DEPLECIONAMENTO E AS ENERGIAS FIRMES LOCAL E INCREMENTAL DO SISTEMA

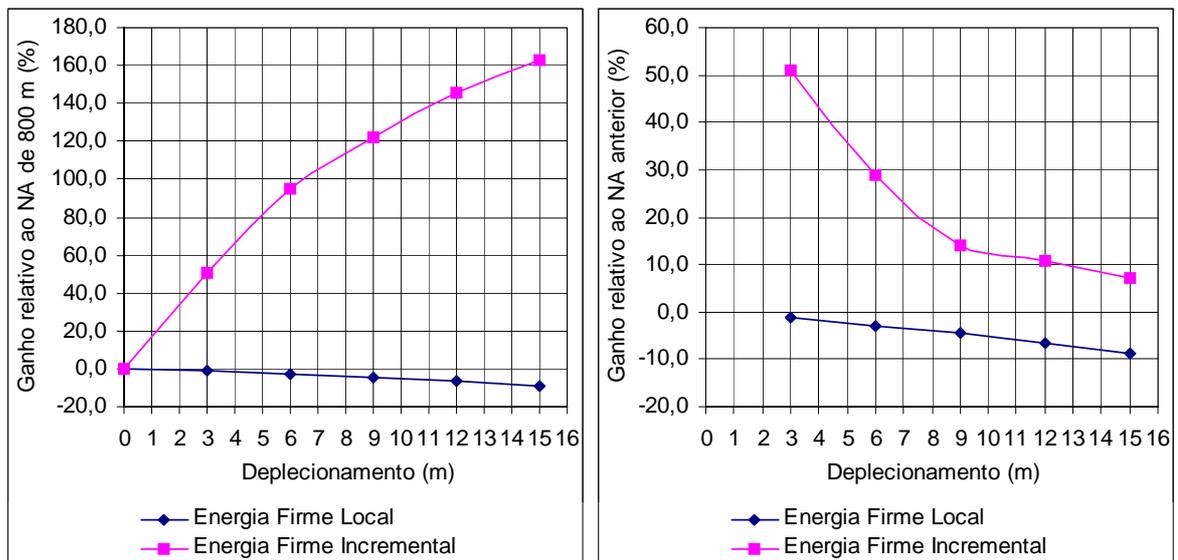


FIGURA 18 – RELAÇÕES PERCENTUAIS ENTRE O DEPLECIONAMENTO E OS GANHOS DE ENERGIAS FIRMES LOCAL E INCREMENTAL DO SISTEMA

126. Considerando o grande deplecionamento previsto para o reservatório, o EVI prevê a indução de ocorrência de escorregamentos de encostas e aumento dos processos erosivos nas margens do reservatório. Esses processos podem ser acentuados pela formação de ondas, que ao atingirem a margem provocam solapamentos. Para minimizar esse problema, o projetista propõe um Programa de Monitoramento das Condições de Erosão para identificar regiões suscetíveis a instabilidades e erosões e aplicar medidas de proteção.

127. Na avaliação da ANA, além desse programa, o projetista deverá apresentar um Plano de Usos do Reservatório, como condicionante para conversão da DRDH em outorga, que deverá conter, no mínimo:

- Medidas de proteção das margens;
- Relocação e compatibilização dos usos da água existentes, a montante e a jusante;
- Previsão de Usos Múltiplos do Reservatório, contemplando captações de água para abastecimento e irrigação e para lazer.

7 CONCLUSÕES

128. Tendo em vista as análises realizadas, recomenda-se a emissão da declaração de reserva de disponibilidade hídrica referente ao AHE Paulistas, nas seguintes condições:

- a. Ficam reservadas as vazões naturais subtraídas das vazões destinadas aos múltiplos usos a montante, definidas pela Tabela 14;
- b. Condições gerais:
 - i. Coordenadas geográficas: 17º 20' 44" de latitude sul e 47º 29' 22" de longitude oeste;
 - ii. NA máximo normal: 800,0 m;
 - iii. NA máximo maximorum: 801,0 m;
 - iv. Área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 138,1 km²;
 - v. Volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 1.781,6 hm³;
 - vi. Altura máxima da barragem: 52 m;
 - vii. Vazão máxima turbinada: 152,4 m³/s;
 - viii. Vazão mínima de dimensionamento do vertedor: 2.200 m³/s;
 - ix. Manutenção das condições adequadas de operação mediante monitoramento e controle do assoreamento;
 - x. O nível mínimo operacional do reservatório do AHE Paulistas será definido como o maior valor entre:
 - Cota de 785,0 m.;
 - Cota que assegure que o reenchimento simulado dos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos Paulistas e Serra do Facão se processe em um período máximo de 36 meses.
- c. Condições operativas:
 - i. Vazão remanescente na fase de enchimento: 14,4 m³/s, compatibilizando-se com a operação dos demais reservatórios existentes;
 - ii. Vazão remanescente na fase de operação: 30,1 m³/s, no período de piracema, e 23,0 m³/s, fora do período, compatibilizando-se com a operação dos demais reservatórios existentes;
 - iii. Variação dos níveis d'água e deplecionamento compatíveis com o atendimento aos múltiplos usos do reservatório;
- d. Monitoramento:
 - i. Vazões afluentes, turbinadas, vertidas e defluentes;
 - ii. Níveis d'água a montante e a jusante;
 - iii. Parâmetros de qualidade da água, a serem definidos posteriormente em articulação com o órgão ambiental;
 - iv. Seções batimétricas;
 - v. Assoreamento;

- e. Conversão em outorga
- i. Projeto básico do aproveitamento hidrelétrico;
 - ii. Reavaliação da série de vazões médias mensais;
 - iii. Reavaliação dos estudos de enchimento do reservatório, considerando as vazões remanescentes e contemplando outras datas para o seu início;
 - iv. Revisão dos estudos sedimentológicos e de assoreamento do reservatório, considerando a série de vazões médias diárias;
 - v. Apresentação do EIA/RIMA aprovado no órgão ambiental;
 - vi. Apresentação do Plano de Usos do Reservatório, contendo medidas de proteção das margens, plano de relocação e compatibilização de usos da água existentes, a montante e a jusante, e plano de usos futuros do reservatório, contemplando captações de água para abastecimento e irrigação e para lazer.

À consideração superior,

ALAN VAZ LOPES
Especialista em Recursos Hídricos

RUBENS MACIEL WANDERLEY
Especialista em Recursos Hídricos

De acordo,

FRANCISCO LOPES VIANA
Superintendente de Outorga e Cobrança