



**Nota Técnica n.º 492/2004/SOC**

Em 23 de setembro de 2004.

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Cobrança  
Assunto: Análise de disponibilidade hídrica para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.  
Processo n.º 02501.000006/2001-51

**1. APRESENTAÇÃO**

Esta Nota Técnica apresenta a análise de disponibilidade hídrica para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. O Projeto prevê duas captações (Eixo Norte e Eixo Leste) localizadas a jusante da barragem da usina hidrelétrica - UHE Sobradinho para atendimento a demandas hídricas situadas nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, referentes ao consumo urbano, industrial e irrigação (intensiva e difusa), até o horizonte de 2025.

A captação do Eixo Norte será implantada no Município de Cabrobró (PE), na calha do rio São Francisco, enquanto que a do Eixo Leste será implantada no Município de Floresta (PE), às margens do reservatório da UHE Itaparica. As vazões captadas deverão complementar as ofertas hídricas locais existentes, aumentando a garantia no fornecimento de água e a racionalidade na utilização de açudes situados nos Estados receptores. A Tabela 1 apresenta algumas características do referido Projeto.

Tabela 1. Características do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Município/UF (Captação 1 – Eixo Norte)	Cabrobró/PE
Município/UF (Captação 2 – Eixo Leste)	Floresta/PE
Manancial de captação	Rio São Francisco
Finalidade	Usos múltiplos (urbano, indústria, irrigação, entre outros)
Vazão máxima de captação (Eixo Norte)	99,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão máxima de captação (Eixo Leste)	28,00 m <sup>3</sup> /s
Coordenadas geográficas do ponto de captação (Eixo Norte)	08° 32' 43,32" de Latitude Sul, 39° 27' 19,86" de Longitude Oeste.
Coordenadas geográficas do ponto de captação (Eixo Leste)	08° 48' 34,72" de Latitude Sul, 38° 24' 23,62" de Longitude Oeste.

Nesta Nota Técnica foram analisadas possíveis condições de atendimento às demandas hídricas do Projeto, baseadas no armazenamento no reservatório da UHE Sobradinho e no atendimento a demandas prioritárias (uso urbano) da região de influência do Projeto.





## 2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

A metodologia adotada para a presente análise de disponibilidade hídrica consistiu na execução de simulações do sistema hídrico da bacia do rio São Francisco em diversas condições de bombeamento das vazões requeridas pelo Projeto em fim de plano, no cenário previsto para o ano de 2025, empregando-se o aplicativo computacional Acquanet (USP, 2004)<sup>1</sup>, que utiliza um modelo de rede de fluxo na análise do atendimento a demandas hídricas. Essas simulações partiram das seguintes premissas:

- O sistema hídrico da bacia do rio São Francisco pode ser representado por seus componentes principais, os reservatórios das UHEs Três Marias, Queimado e Sobradinho;
- A demanda hídrica para outros usos da bacia pode ser caracterizada pelo consumo médio anual, de 262,15 m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>. Para fins de avaliação da disponibilidade hídrica, pode-se considerar essa demanda hídrica totalmente concentrada no reservatório da UHE Sobradinho;
- A demanda hídrica requerida pelo Projeto pode ser caracterizada pela soma das parcelas, que resultam na vazão média anual de 65 m<sup>3</sup>/s:
  - vazão média diária de 26,40 m<sup>3</sup>/s, referente ao consumo humano e a ser mantida todo o tempo;
  - vazão média diária de 87,90 m<sup>3</sup>/s, referente a outros usos da água e a ser bombeada eventualmente;
- Quando operando à capacidade máxima, a soma das duas parcelas referentes à demanda hídrica do Projeto resultará na vazão média diária de 114,30 m<sup>3</sup>/s, referente à utilização da capacidade de bombeamento de 127,00 m<sup>3</sup>/s durante 21,6 horas por dia e todos os dias do mês;
- A vazão média mensal mínima a ser mantida a jusante do reservatório da UHE Sobradinho é de 1.300,00 m<sup>3</sup>/s, referente à atual restrição operativa utilizada pelo setor elétrico;
- As vazões firmes dos reservatórios das UHEs Três Marias, Queimado e Sobradinho são de 513,00 m<sup>3</sup>/s, 34,20 m<sup>3</sup>/s e 1825,00 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>. A vazão firme do reservatório corresponde à vazão máxima que pode ser retirada, ao longo de dado período de tempo, sem que ocorra falha no suprimento ou esvaziamento do reservatório.

Adicionalmente, foram utilizados os seguintes parâmetros nas simulações:

- Período de simulação de janeiro de 1931 a dezembro de 2003;
- Vazões naturais médias mensais e evaporações líquidas dos reservatórios obtidas pelo ONS<sup>4</sup>
- Curvas cota-área-volume dos reservatórios obtidas no SIPOT<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> USP (2004). Acquanet – Modelo para Alocação de Água em Sistemas Complexos de Recursos Hídricos. Manual do Usuário. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

<sup>2</sup> ANA (2004a). Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Versão Preliminar – Resumo Executivo e Estudo Técnico de Apoio ao PRHSF nº16. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Brasília, DF. 174 p.

<sup>3</sup> ANA (2004b). Estudo Técnico – Disponibilidade Hídrica do Sistema Formado pelos Reservatórios Três Marias e Sobradinho na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco para Fins de Alocação de Água. Brasília, DF. 62 p.

<sup>4</sup> ONS (2003). Estudo de Revisão das Séries de Vazões Naturais Afluentes aos Principais Aproveitamentos Hidrelétricos do Sistema Interligado Nacional – SIN. Brasília, DF.

<sup>5</sup> ELETROBRAS (2004). Sistema de Informações sobre o Potencial Hidrelétrico Brasileiro. Centrais Elétricas Brasileiras.

A Figura 1 apresenta o arranjo simplificado do sistema simulado, compreendendo os reservatórios das UHEs mencionadas, as principais demandas e a captação pretendida pelo Projeto.

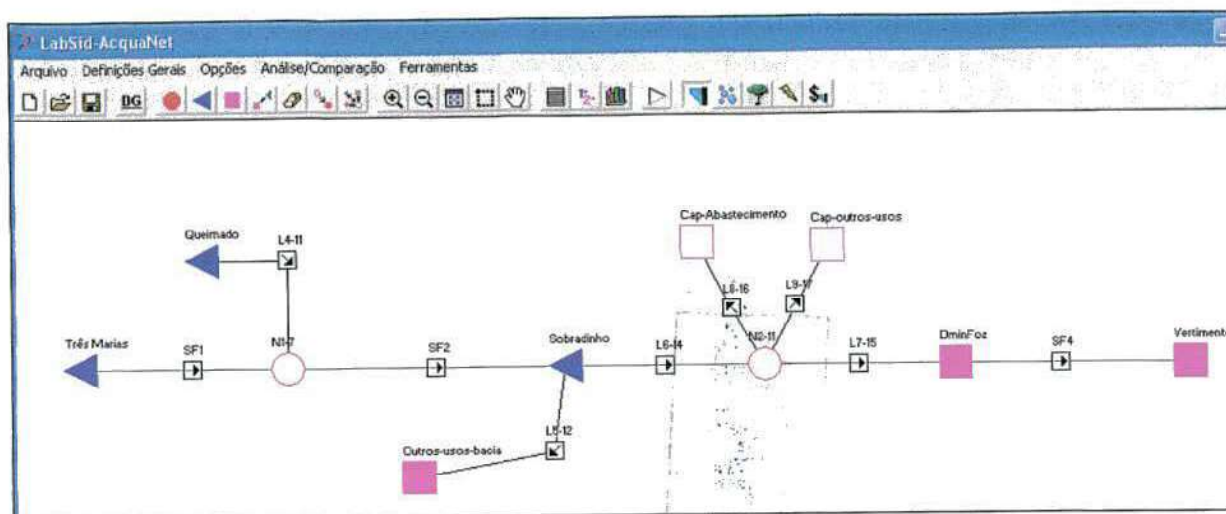


Figura 1 – Representação topológica do sistema simulado.

Para determinação das vazões disponíveis para bombeamento, considerando-se as duas parcelas da demanda hídrica do Projeto, o sistema foi simulado com diferentes demandas operando em função do nível de armazenamento meta do reservatório da UHE Sobradinho, variando entre 90 e 99%, como mostra Tabela 3. Para que o sistema operasse em sua capacidade máxima, foi adicionada uma demanda de passagem a jusante das captações do Projeto, com valor equivalente à vazão firme subtraída das demandas a montante. Assim, determinou-se, em cada nível a vazão firme máxima que pode ser mantida como vazão remanescente a jusante do Projeto. O comportamento do sistema foi avaliado em função das falhas no atendimento às demandas hídricas em cada situação de bombeamento.

Tabela 3. Demandas hídricas segundo o volume armazenado no reservatório da UHE Sobradinho.

Demandas	Situação do volume armazenado em Sobradinho	
	Volume < meta	Volume > meta
Vazão prioritária do Projeto	26,40 m <sup>3</sup> /s	26,4 m <sup>3</sup> /s
Vazão remanescente do Projeto	0,00 m <sup>3</sup> /s	87,90 m <sup>3</sup> /s
Vazão referente a outros usos na bacia	262,15 m <sup>3</sup> /s	262,15 m <sup>3</sup> /s

### 3. RESULTADOS

Um balanço hídrico simplificado preliminar do sistema hídrico, apresentado na equação 1, considerando-se a vazão firme disponibilizada pelo reservatório da UHE Sobradinho (1.825,00 m<sup>3</sup>/s), a demanda hídrica da bacia de 262,15 m<sup>3</sup>/s e a vazão mínima a jusante de 1.300,00 m<sup>3</sup>/s, mostra que existirá, em 2025, uma vazão a ser utilizada de 262,85 m<sup>3</sup>/s, superior e suficiente para o atendimento à vazão média anual de 65,00 m<sup>3</sup>/s requerida pelo Projeto. Entretanto, esquemas diferenciados de bombeamento podem ser adotados, de modo a racionalizar o uso das águas da bacia do rio São Francisco e induzir gerenciamento de recursos hídricos nas bacias receptoras. Para verificação da adequação desses esquemas, foram efetuadas outras simulações do sistema hídrico.

$$Q_{\text{firme}} - Q_{\text{bacia}} - Q_{\text{min}} = Q_{\text{saldo}} > Q_{\text{proj}} \quad (1)$$

$$1825,00 - 262,15 - 1.300,00 = 262,85 > 65,00$$

Em que:

$Q_{\text{firme}}$  = Vazão firme disponibilizada pelo reservatório da UHE Sobradinho;

$Q_{\text{bacia}}$  = Demanda hídrica da bacia em 2025;

$Q_{\text{min}}$  = Vazão mínima a jusante;

$Q_{\text{saldo}}$  = Vazão a ser utilizada em 2025;

$Q_{\text{proj}}$  = Vazão requerida pelo Projeto em 2025.

Para cada nível de armazenamento do reservatório da UHE Sobradinho, foram determinadas a vazão média anual prioritária do Projeto ( $Q_{\text{prioritária}}$ ), a vazão média anual excedente requerida pelo Projeto ( $Q_{\text{excedente}}$ ), resultante do bombeamento da vazão de 87,90 m<sup>3</sup>/s em alguns períodos de tempo e a vazão média anual total disponível para o Projeto ( $Q_{\text{total}}$ ), como mostra a Tabela 4 e a Figura 2. Em todas as simulações, todas as demandas hídricas foram atendidas plenamente, não verificando-se falhas.

Tabela 4 – Disponibilidade de vazões para bombeamento segundo o volume armazenado no reservatório da UHE Sobradinho.

% Volume máx.	$Q_{\text{prioritária}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{excedente}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{total}}$ (m <sup>3</sup> /s)
99	26,4	29,10	55,50
98	26,4	31,71	58,11
97	26,4	33,41	59,81
96	26,4	35,92	62,32
95	26,4	37,43	63,83
94	26,4	39,33	65,73
93	26,4	40,74	67,14

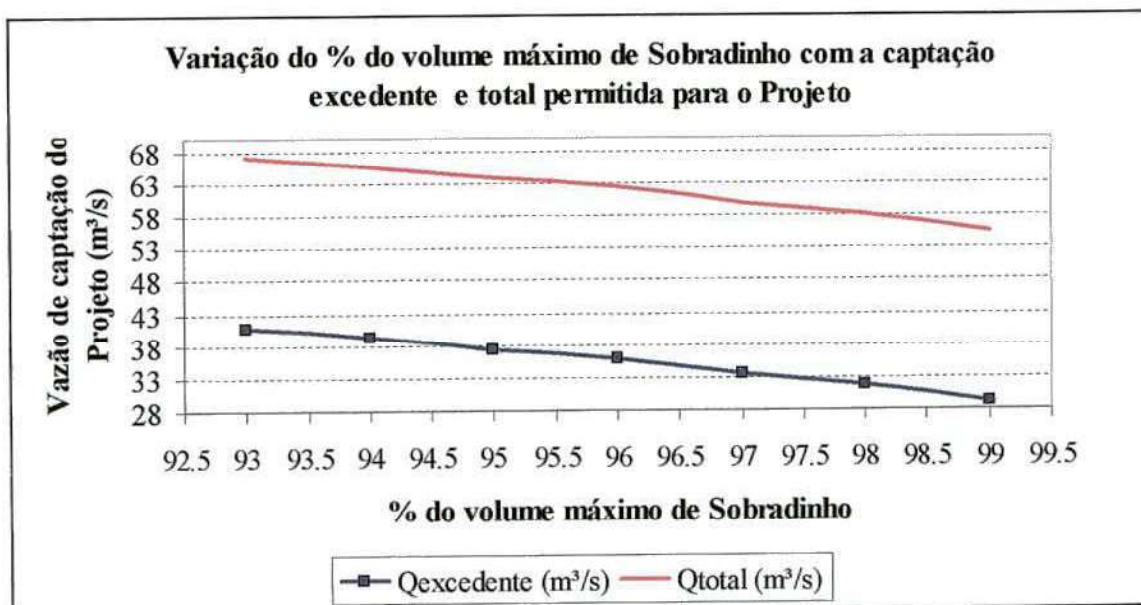


Figura 2 – Vazão média anual excedente e total requerida pelo Projeto em função dos níveis de armazenamento do reservatório da UHE Sobradinho.



As Figuras 3 e 4 ilustram o comportamento nos volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e das vazões passíveis de bombeamento ao longo de todo o período de simulação e nos últimos dez anos, respectivamente, para a situação em que a capacidade máxima de bombeamento (114,3 m<sup>3</sup>/s) é restrita a níveis de armazenamento superiores a 94%.

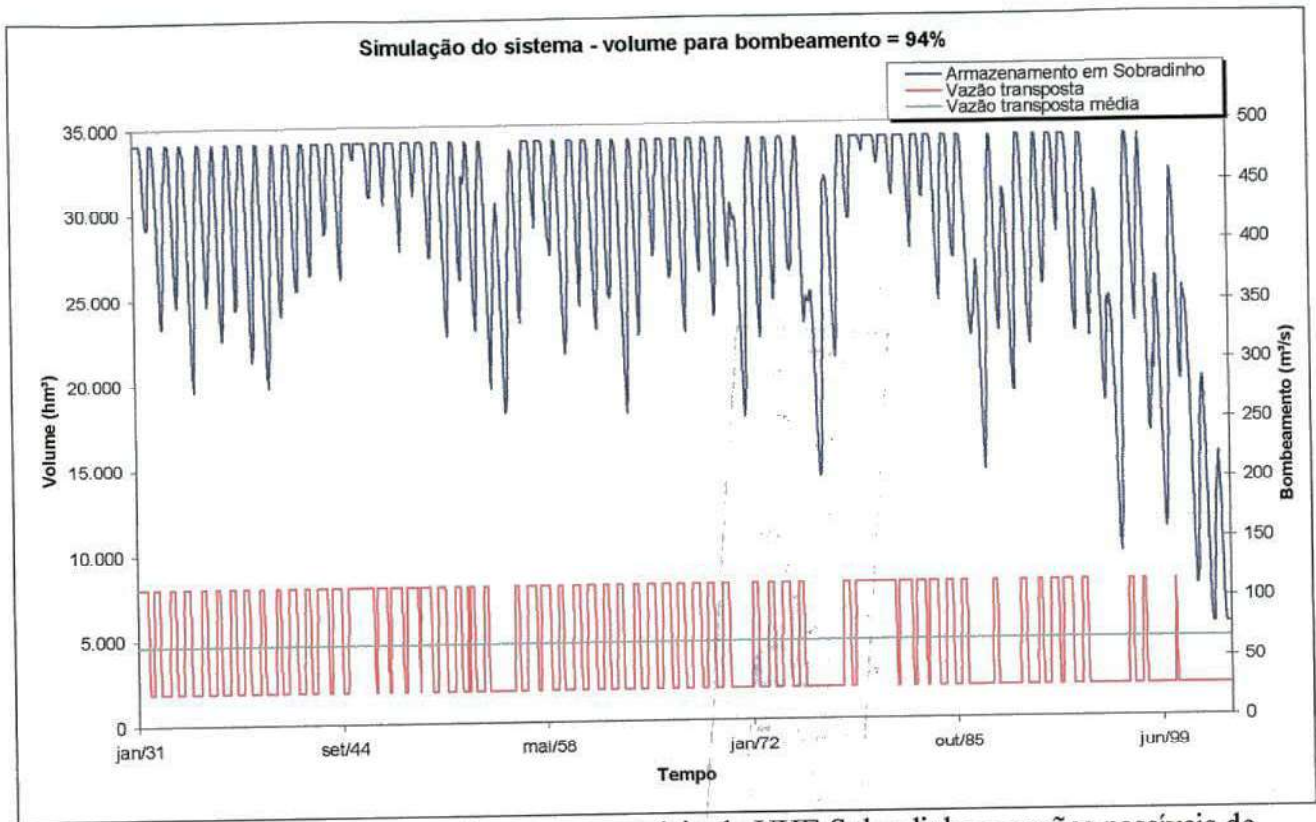


Figura 3 - Volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e vazões passíveis de bombeamento ao longo de todo o período de simulação.

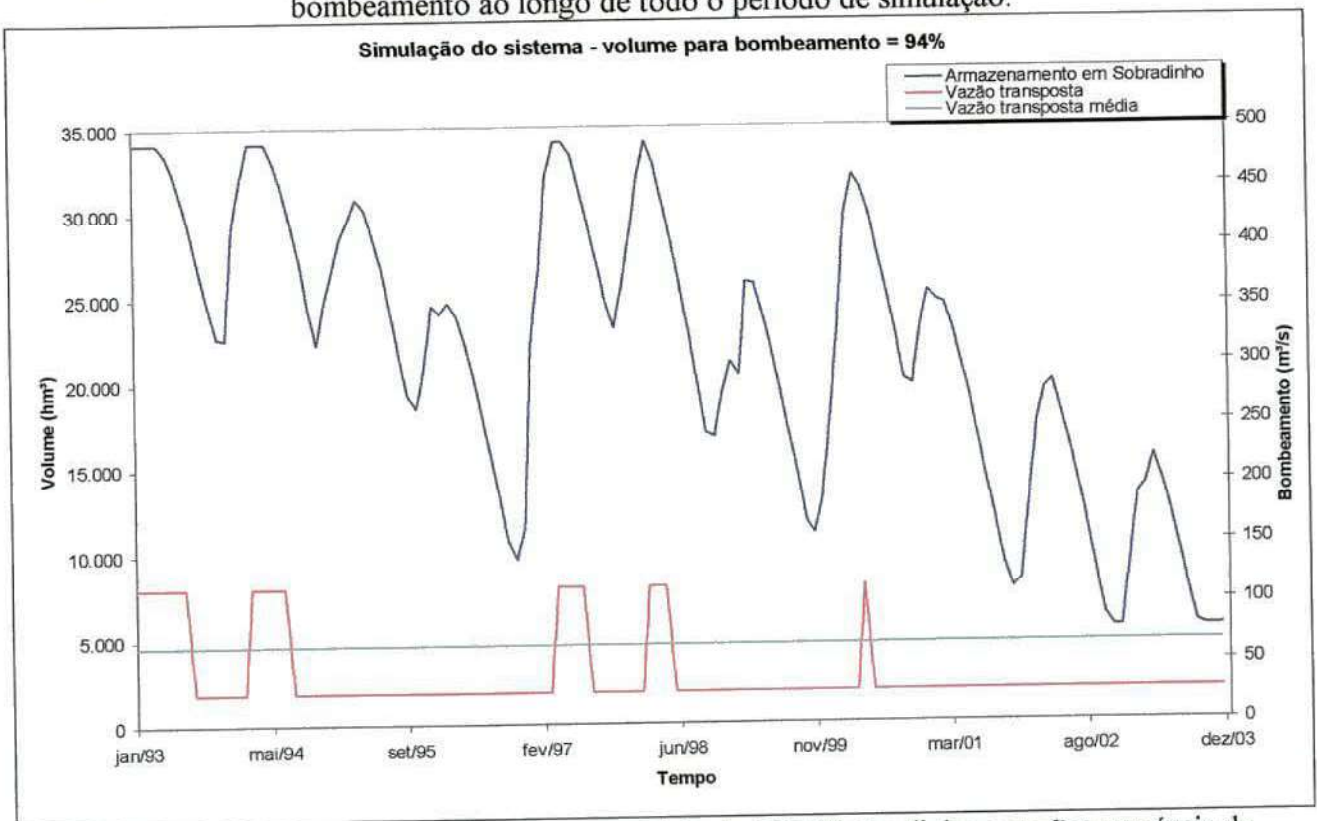


Figura 4 - Volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e vazões passíveis de bombeamento nos últimos dez anos.



As Figuras 5 e 6 ilustram o comportamento nos volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e das vazões remanescentes a jusante do Projeto ao longo de todo o período de simulação e nos últimos dez anos, respectivamente, para a situação em que a capacidade máxima de bombeamento (114,3 m<sup>3</sup>/s) é restrita a níveis de armazenamento superiores a 94%.

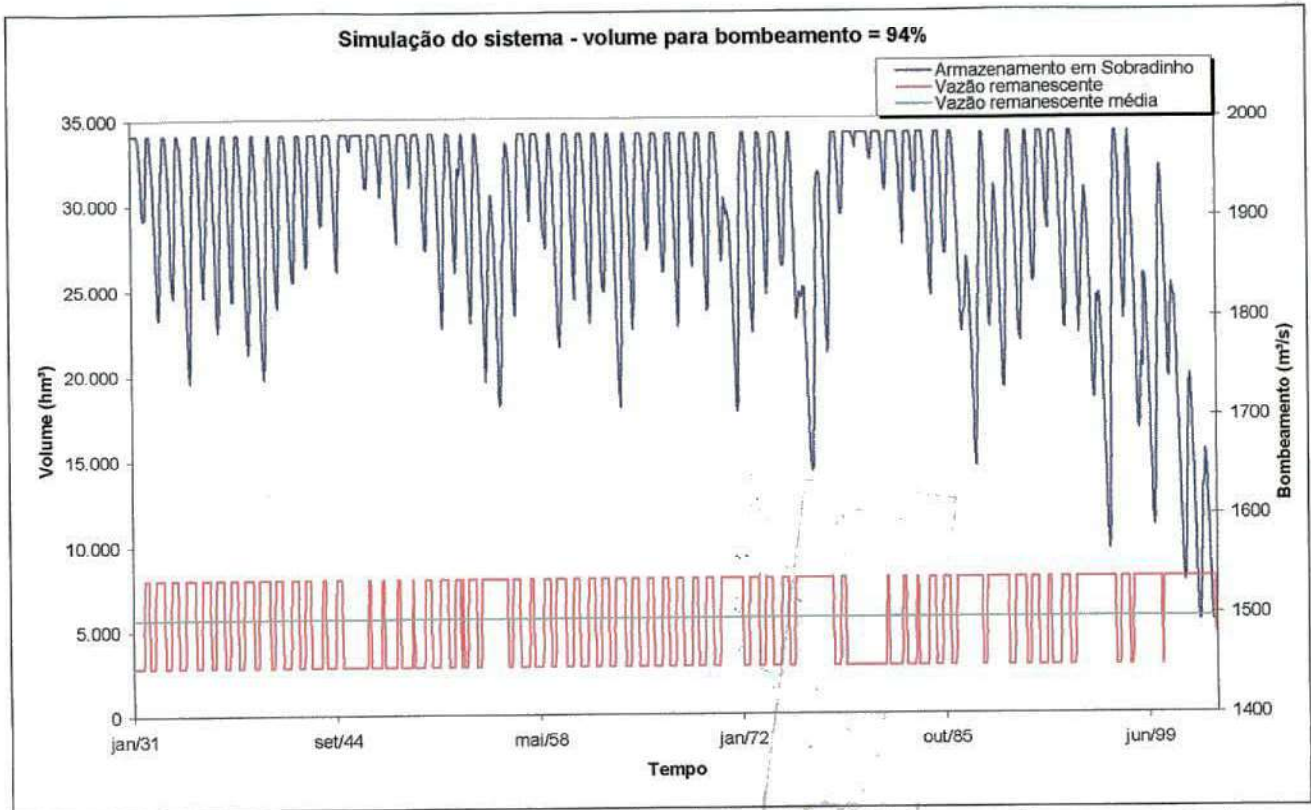


Figura 5 – Volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e vazões remanescentes a jusante do Projeto ao longo de todo o período de simulação.

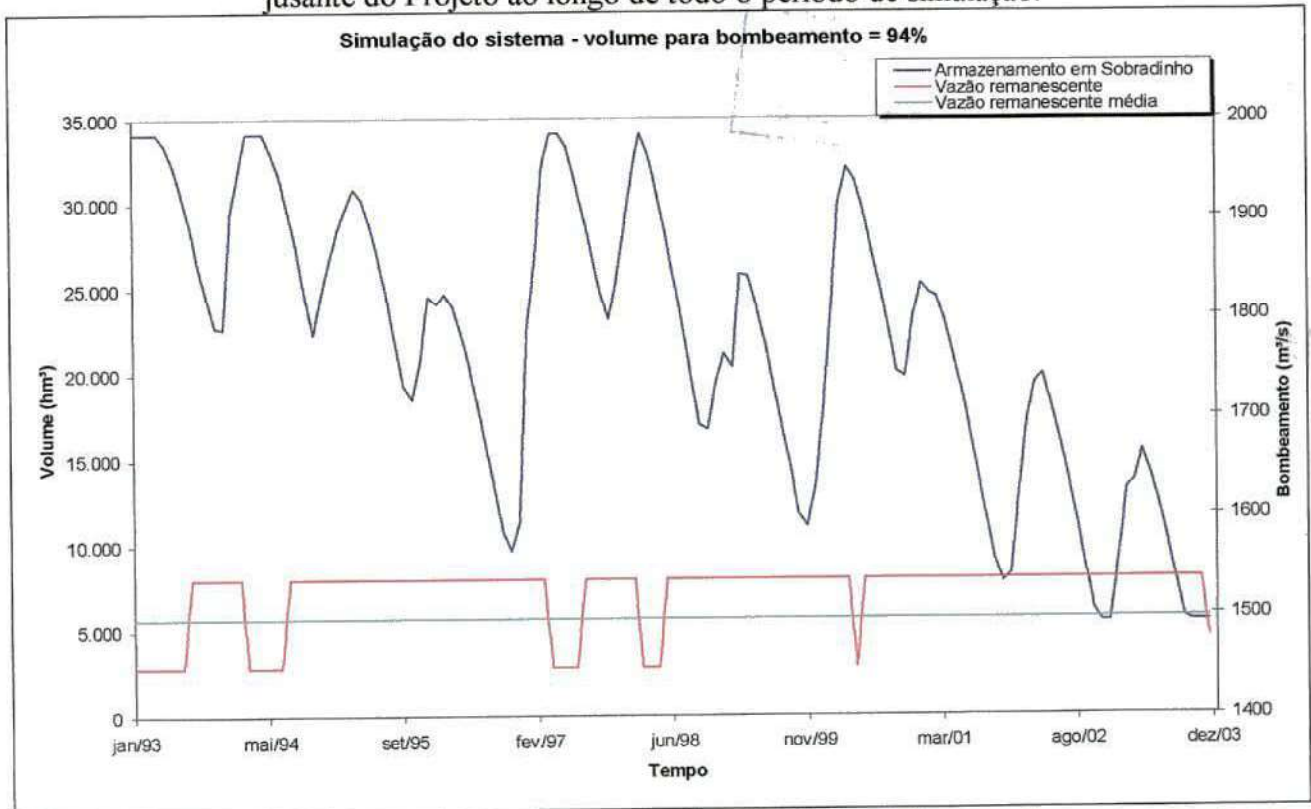


Figura 6 – Volumes armazenados no reservatório da UHE Sobradinho e vazões remanescentes a jusante do Projeto nos últimos dez anos.

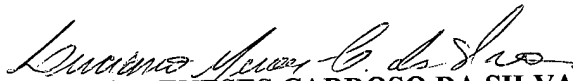



#### 4. CONCLUSÃO

A presente análise permite concluir que há disponibilidade hídrica para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.

Ressalta-se que não foram considerados nas simulações hidrológicas os volumes de espera praticados pela CHESF na UHE Sobradinho. Quando considerados, há a previsão de que aumentará a frequência de captação das vazões extras.

Atenciosamente,

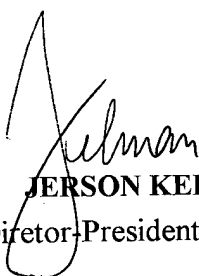
  
**LUCIANO MENESES CARDOSO DA SILVA**  
Especialista em Recursos Hídricos

  
**ALAN VAZ LOPES**  
Especialista em Recursos Hídricos

De acordo,

  
**FRANCISCO LOPES VIANA**  
Superintendente de Outorga e Cobrança

De acordo,

  
**JERSON KELMAN**  
Diretor-Presidente da ANA