

# UHE ITAOCARA I

## RIO PARAÍBA DO SUL

Processo nº. 48500.004241/2013-46



### RELATÓRIO FINAL DO PROJETO BÁSICO

### VOLUME I – TEXTO

S0813B03-1-G02-REF-0001\_0

**JULHO/2014**

Elaborado por SPEC Planejamento, Engenharia, Consultoria Ltda.

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO
2. INTRODUÇÃO
3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES
4. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES
5. ESTUDOS BÁSICOS
6. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DO APROVEITAMENTO
7. PROGRAMAS SÓCIOAMBIENTAIS
8. INFRAESTRUTURA E SUPRIMENTO PARA OBRA
9. PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO
10. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS - OPE
11. FICHA RESUMO
12. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA
13. EQUIPE TÉCNICA PARTICIPANTE

## 1 - APRESENTAÇÃO

## ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	3
----------------------	---

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente “Relatório Final do Projeto Básico” da UHE ITAOCARA I elaborado pela SPEC Engenharia, unifica o conjunto dos estudos desenvolvidos no Projeto Básico/PCE Projetos e Consultoria/NOV 2.009 com os estudos elaborados no Projeto Básico Otimizado/SPEC Engenharia/SET 2.010, ressaltando que ambos documentos seguiram as orientações contidas nas “Diretrizes para Elaboração de Projetos Básicos de Usinas Hidrelétricas” (ELETROBRÁS/ANEEL/OUT 2005).

O aproveitamento hidrelétrico UHE ITAOCARA I é o resultado do cenário alternativo proposto ao Instituto IBAMA, durante a retomada das tratativas técnico-institucionais em agosto de 2007, com o objetivo de iniciar-se um novo processo de Licenciamento Ambiental para UHE Itaocara cuja concessão IBAMA foi originalmente outorgada à LIGHT Sinergias Ltda, atual ITAOCARA ENERGIA LTDA em FEV/2.001.

Em 16 de maio de 2008 o IBAMA encaminhou Ofício nº 330/2008 – DILIC/IBAMA solicitando à ITAOCARA ENERGIA, subsidiária da LIGHT S.A. que fosse avaliada oficialmente a possibilidade de revisão do arranjo e partição de queda da UHE ITAOCARA.

A alternativa desenvolvida pela PCE Projetos e proposta à ANEEL em maio de 2009 por meio do documento “UHE Itaocara/Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental”, reduz os impactos ambientais econômicos e sociais verificados no aproveitamento hidrelétrico único, com mudanças no arranjo e partição de queda através da implantação do Empreendimento Único em Dois (02) Eixos mas com a manutenção do eixo da Barragem ITAOCARA no seu local original e fixação dos níveis do NA Máximo Normal da UHE ITAOCARA I na El. 91,00 m e a previsão de construção de nova barragem UHE ITAOCARA II com NA Máximo Normal na El. 102,00 m, em posição a montante de São Sebastião do Paraíba. Essa alternativa de partição em duas (02) UHEs eliminou a necessidade de relocação dos dois núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga.

Nos estudos desenvolvidos pela SPEC Engenharia em SET/2010 para “otimização” do Projeto Básico PCE da UHE Itaocara I foram avaliadas alternativas de nova localização das estruturas principais da Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro. No Projeto Básico PCE foi proposta a implantação das estruturas de concreto no Canal Direito, formado pela Ilha Serena do rio Paraíba do Sul.

Nas alternativas SPEC Engenharia estudadas foram avaliadas a implantação das estruturas num só Canal, Canal Esquerdo ou Canal Direito da Ilha Serena. Com base no estudo das alternativas SPEC, definiu-se como a melhor opção a localização das estruturas Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro no Canal Esquerdo da Ilha Serena, pois além de evitar-se o direcionamento do fluxo d’água durante o período de cheias sobre o distrito de Batatal em localização à jusante, verificou-se, ainda, um ganho de queda na UHE ITAOCARA I.

Em 2014 a Itaocara Energia contratou a SPEC Engenharia para, de posse dos seus estudos de otimização efetuados em 2010, os enquadrassem visando o atendimento às exigências da ANEEL e da ANA para elaboração do Relatório Final de Projeto Básico a ser encaminhado à ANEEL.

O Relatório apresenta, também, a elaboração dos estudos de Remanso do Reservatório da UHE Itaocara I, considerando-se o cenário de assoreamento do leito do rio que conduziram à “otimização” do seu NA Máximo Normal para a El. 89,60 m, sem que houvesse perda energética significativa para o conjunto das UHEs ITAOCARA I e ITAOCARA II, em relação à Energia Física Assegurada que foi objeto de concessão para a UHE Itaocara em condição de única Usina.

Os estudos elaborados nesta fase estão apresentados e distribuídos nos seguintes Volumes que compõe o “Relatório Final do Projeto Básico”:

- Volume I - Texto
- Volume II - Desenhos
- Volume III - Levantamentos Cartográficos e Topográficos
- Volume IV - Investigações Geológico-Geotécnicas
- Volume V - Documentos Complementares

## 2 - INTRODUÇÃO

## ÍNDICE

<b>2.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Localização e Acessos .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Histórico dos Estudos Anteriores.....</b>	<b>4</b>
2.2.1	Estudos de Inventário Hidrelétrico.....	4
2.2.2	Estudos de Viabilidade.....	5
2.2.3	Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental .....	6
2.2.4	Otimização do Projeto Básico PCE .....	9
<b>2.3</b>	<b>Características Técnicas Principais da UHE ITAOCARA I .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4</b>	<b>Ficha Resumo .....</b>	<b>10</b>



## 2. INTRODUÇÃO

Nesta etapa dos estudos do Projeto Básico SPEC Engenharia, a partir dos dados existentes e dos levantamentos complementares de campo, foram “otimizadas” as características físicas e energéticas do Projeto Básico PCE Engenharia apresentado à ANEEL em NOV/2.009. Esta “otimização” é desenvolvida basicamente na relocação das estruturas da Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro que são deslocadas para o Canal Esquerdo da Ilha Serena. Em conjunto com este estudo de relocação das estruturas TOMADA D’ÁGUA/CASA DEFORÇA/VERTEDOIRO, foi feita uma revisão dos estudos energéticos tendo em vista um ganho de queda, em torno de 2,0m, na nova locação da Tomada D’Água/Casa de Força da UHE ITAOCARA I.

Em seguida, os estudos foram realizados de forma a definir-se com a precisão requerida para esta etapa do projeto de engenharia, o detalhamento das obras civis e dos equipamentos eletromecânicos contratados à SPEC Engenharia, bem como os estudos e projetos /programas socioambientais contratados à ECOLOGY Brasil.

Estes detalhamentos, consolidados no presente Relatório, permitirão o planejamento e implantação da UHE Itaocara I dentro dos critérios de segurança das estruturas e dos equipamentos, bem como atenderão a obrigatoriedade legal da legislação em vigor.

Para atendimento ao objetivo dos estudos atuais, foram contratados serviços de campo anteriores abrangendo:

- restituição aerofotogramétrica da área do reservatório da UHE Itaocara I, a partir de levantamentos realizados pelo LACTEC em junho de 2.009, gerenciados pela ECOLOGY;
- nivelamento geométrico desde a UHE Ilha dos Pombos até o sítio da UHE Itaocara I, realizado pela LSF Andrade entre abril e maio de 2.009 e gerenciado pela PCE Engenharia;
- levantamentos topográficos no sítio da UHE Itaocara I, realizados entre março e maio de 2009 pela LSF Andrade e também gerenciados pela PCE Engenharia;
- investigações geológico-geotécnicas com o objetivo de aprofundar a pesquisa de materiais naturais de construção no sítio da UHE Itaocara I, realizadas pela equipe de geologia da própria PCE Engenharia;
- levantamento de seções topobatimétricas visando sobretudo aos estudos de remanso, bem como instalação e operação de postos limnimétricos e fluviométricos para subsidiar a definição de curvas-chaves de interesse no sítio do barramento e na localidade de São Sebastião do Paraíba, serviços esses realizados pela COHIDRO sob o gerenciamento da PCE Engenharia;
- investigações geológico-geotécnicas complementares com sondagens Mistas e Rotativas no Canal Esquerdo da Ilha Serena, Margem Direita, Margem Esquerda e Leito do Rio com o intuito de recolher dados e subsídios técnicos para estudos de “otimização” de implantação das estruturas de concreto da Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro (serviços sob encargo da Minas Solos Sondagem em MAI/2.010 e NOV/2.011);

- Levantamento Topobatimétrico Complementar, realizado no período de 08 a 10/JUN/2.010 sob a responsabilidade da CEMIG, com o intuito de levantamento de seções topobatimétricas no Canal de Fuga/Canal Esquerdo da Ilha Serena com o objetivo de “otimização” do arranjo da UHE Itaocara I. Maiores informações estão reportadas no Relatório CEMIG RT-PO/PE-004/2010 (Volume III, Tomo II de II).

## 2.1 Localização e Acessos

A UHE Itaocara I, distante cerca de 200,00 km da cidade do Rio de Janeiro, localiza-se no trecho médio inferior do rio Paraíba do Sul, aproximadamente a 13,00 km a montante da cidade de Itaocara/RJ. O eixo de seu Barramento está situado em torno das coordenadas geográficas 21º41'44”SOUTH e 42º08'57”WEST, correspondentes a 794.990m ESTE e 7.598.140m NORTE em coordenadas UTM.

A partir da cidade do Rio de Janeiro, o acesso é feito inicialmente pela rodovia federal BR-040 até o entroncamento com a BR-393, próximo à cidade de Três Rios/RJ. Prossegue-se por esta rodovia BR-393 até à cidade de Santo Antonio de Pádua/RJ e daí segue-se pela rodovia estadual RJ-116 até às cidades de Aperibé e Itaocara.

O acesso ao local do sítio da UHE ITAOCARA I é feito por estradas vicinais não pavimentadas existentes: a partir da cidade de Aperibé pela margem esquerda e da cidade de Itaocara, passando pela localidade de Coronel Teixeira, pela margem direita.

## 2.2 Histórico dos Estudos Anteriores

### 2.2.1 Estudos de Inventário Hidrelétrico

Desde a década de 1.960 a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, no seu todo ou em trechos específicos, tem sido objeto de muitos estudos relativos ao aproveitamento de seu potencial hidrelétrico.

Particularmente, a parcela dessa bacia que compreende o trecho do rio Paraíba do Sul entre as cidades de Sapucaia e São Fidélis foi objeto de estudos por várias empresas interessadas: CEMIG/Companhia Energética de Minas Gerais (1.964 a 1.966); CFLCL/Companhia de Força e Luz Cataguases-Leopoldina (1.969 a 1.982); IBRA/Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (1.967) e DNAEE/Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1.970).

Em 1.984 a empresa FURNAS Centrais Elétricas iniciou os estudos relacionados à exploração do potencial disponível, no trecho limitado pela confluência com o rio Pirai, a montante e o município de Campos à jusante, dividindo-o em três áreas (Sub-Bacias I, II e III).

A área de interesse direto à UHE Itaocara I é a Sub-Bacia II que se estende da Estação Ferroviária de Benjamin Constant, logo à jusante da cidade de Sapucaia até pouco além da foz do rio Pomba, afluente pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul.

Os Estudos de Inventário da Sub-Bacia II desenvolvidos pela THEMAG Engenharia e concluídos em 1986, indicaram a atratividade técnico-econômica da UHE Itaocara.

## **2.2.2 Estudos de Viabilidade**

### **2.2.2.1 Estudos Realizados por FURNAS**

Os primeiros Estudos de Viabilidade da UHE Itacara, também desenvolvidos por FURNAS e THEMAG, foram concluídos em 1.987. Contudo a empresa FURNAS interrompeu os estudos nesta fase, dando prosseguimento ao desenvolvimento dos projetos básicos dos aproveitamentos hidrelétricos de Anta e Simplício, localizados a montante da UHE Ilha dos Pombos, Usina da LIGHT já em fase de operação.

### **2.2.2.2 Estudos Realizados pela LIGHT**

No início de 1.998 a ENGEVIX Engenharia elaborou para a LIGHT uma reavaliação dos principais impactos ambientais e outros impactos associados, com a construção dos sítios de Itacara e São Fidélis.

Os resultados desta avaliação indicaram impactos de pequena magnitude para a UHE Itacara. Sendo assim, a LIGHT contratou a ENGEVIX para desenvolver os estudos em 02(duas) fases: Fase I/Diagnóstico Técnico-Econômico e Fase II/Estudos de Viabilidade que seriam desenvolvidos em função dos resultados obtidos no “Diagnóstico Técnico-Econômico/Fase I”.

Os resultados preliminares, obtidos na Fase I, confirmaram a atratividade técnica e econômica do Empreendimento UHE Itacara, fornecendo subsídios à LIGHT para dar prosseguimento aos estudos na Fase II.

Os Estudos de Viabilidade realizados pela ENGEVIX englobaram os serviços de engenharia consultiva, as investigações/ levantamentos de campo e a elaboração dos documentos ambientais EIA/Estudos de Impacto Ambiental e respectivo RIMA/Relatório de Impacto Ambiental.

Os estudos desenvolvidos entre os anos 1.999 e 2.000 reafirmaram a viabilidade técnica e econômica de implantação do Empreendimento UHE Itacara para atendimento às necessidades do mercado de energia elétrica.

Com uma Capacidade Instalada de 195,00 MW e 98,50 MW médios de Energia Firme, o investimento previsto para implantação da UHE Itacara totalizava cerca de 156 milhões de dólares, incluindo juros durante o período de construção, correspondendo a um custo de implantação de 800.00 US\$/kW instalado, na base econômica JUL/1.999. No custo total estava incluído a implantação da Linha de Transmissão até a conexão na Subestação da UHE Ilha dos Pombos, Subestação Elevadora e Sistema de Transposição de Peixes. O custo médio de geração da UHE Itacara conforme cálculos recomendados pela ELETROBRÁS, atingia 23.96 US\$/MWh.

Considerando a Lei 9.074/95 referente às concessões outorgadas por licitação pública que estabelece os encargos e impostos incidentes sobre empreendimentos hidrelétricos, elevava o custo médio de geração de 23.96 para 30.70 US\$/MWh.

A comparação do custo médio de geração calculado em 30.70 US\$/kW versus o custo marginal de expansão indicado pelo Plano Decenal de Expansão de 1.999/2.008 da ELETROBRÁS, justificava sob o ponto de vista energético a implantação do aproveitamento UHE Itaocara I.

## **2.2.3 Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental**

### **2.2.3.1 Antecedentes**

Em fevereiro de 2.001 foi outorgada pelo Poder Concedente à LIGHT Sinergias – atual empresa Itaocara Energia e subsidiária da LIGHT S.A. a concessão de exploração do potencial hidráulico denominado UHE Itaocara, com potência mínima a instalar de 195,00 MW. No mês posterior, março de 2.001, foi assinado o Contrato de Concessão nº 12/2.001 entre ANEEL/UHE ITAOCARA que regulava a exploração do empreendimento e as garantias de implantação da UHE pela Itaocara Energia Ltda.

O processo de Licenciamento Ambiental da UHE Itaocara teve início em fevereiro de 1.999 com a emissão do “Termo de Referência/TR” para “Estudos de Impacto Ambiental/EIA” pelo IBAMA. Em agosto de 2.000 foi apresentado ao IBAMA o EIA/Estudos de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental/RIMA, tendo sido requerida, nessa ocasião, a Licença Prévia LP do empreendimento.

Desde então, o processo de “Licenciamento Ambiental da UHE Itaocara” sofreu diversos tipos de interferências, principalmente no que diz respeito à solicitação de novas informações e complementações dos estudos ambientais por parte dos órgãos ambientais estaduais, IBAMA, Ministério das Minas e Energia, Ministério Público Federal e IPHAN, dentre outros. Além disso, o processo sempre enfrentou forte resistência da sociedade civil organizada, principalmente do município de Cantagalo/RJ, contrária à implantação do empreendimento em função da inundação da localidade de São Sebastião do Paraíba.

Saliente-se que a análise procedida pelo Ministério Público Federal, expressa na Informação Técnica nº 105/2002/ 4ª CCR e encaminhada ao IBAMA, cita o documento EIA na descrição da Vila de São Sebastião do Paraíba, mostrando que a localidade distingue-se por ser muito bem cuidada; suas ruas organizadas em xadrez em volta de duas praças, são arborizadas, calçadas e iluminadas; sendo bem equipada com serviços sociais, tais como posto médico, escola, igreja, cemitério, água por rede pública, algumas facilidades para o lazer, além de um ancoradouro. Essa análise conclui que o processo de “Licenciamento Ambiental” da UHE Itaocara encontrava-se prejudicado, sendo necessário para saná-lo que os documentos EIA/RIMA fossem refeitos, de forma a contemplar a realização de outros estudos sobre a população diretamente afetada que serviriam de subsídios para a elaboração das medidas e programas de compensação e minimização de impactos sobre o meio socioeconômico.

Por outro lado o IBAMA, ao final de sua análise, expediu o Parecer Técnico nº 340/2002/IBAMA/DILQ/Coordenadoria Geral de Licenciamento onde diz que o meio socioeconômico é o grande desafio do Empreendimento quanto à sua Viabilidade Ambiental, admite que as complementações ao EIA/RIMA incorporadas pelo Empreendedor retratam um significativo avanço no que se refere aos Programas Sociais a serem implantados, contudo ainda permanecem questões que mereciam ser melhor esclarecidas e encaminhadas, como o caso de São Sebastião do Paraíba, Distrito de Cantagalo/RJ, cuja comunidade, através de suas lideranças e associações, solicitou uma nova “Audiência Pública” exatamente para esse fim. O mesmo IBAMA, após considerar a recomendação do MPF / 4ªCCR, conclui pela realização de mais uma “Audiência Pública”, agora no Distrito de São Sebastião do Paraíba. Ao longo do processo a Concessionária Itaocara Energia procurou atender todas as solicitações dos órgãos ambientais para complementação dos estudos. No entanto, em agosto de 2.005, a Itaocara Energia foi informada de que o Ministério de Minas e Energia/MME passou a desconsiderar a UHE ITAOCARA no planejamento da expansão da oferta de energia. E informou, complementarmente que sua reinclusão nos Estudos de Planejamento do Setor Elétrico somente ocorreria após os resultados da “Avaliação Ambiental Integrada/AAI” dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do Paraíba do Sul.

Diante desses fatos, foram solicitados esclarecimentos ao MME no sentido de conhecer seu posicionamento no que se referia à continuidade do processo de Licenciamento Ambiental. Tal decisão foi comunicada ao IBAMA em junho de 2.006.

No entanto, apesar de justificada, a falta de movimentação do processo porque se aguardava o posicionamento do MME para dar continuidade à complementação dos estudos ambientais solicitados, ensejou o arquivamento do processo em março de 2007 conforme decisão da presidência do IBAMA (Ofício nº 183/2007 – DILIC/IBAMA). Diante de tal decisão, o requerimento da Licença Ambiental só poderia ser realizado com a abertura de novo processo de licenciamento.

Desta forma em agosto de 2.007, a Itaocara Energia retomou as tratativas institucionais junto ao órgão ambiental IBAMA para início de um novo processo de licenciamento. Num primeiro momento, a reação da equipe técnica do IBAMA diante da UHE Itaocara diante da configuração original do projeto de engenharia (uma única Usina), foi de forte rejeição. Contudo, o IBAMA estava aberto a “soluções alternativas” que reduzissem os impactos ambientais e sociais em face do estigma negativo existente em relação ao Projeto, destacando-se a inundação da localidade de São Sebastião do Paraíba.

Foi então, levado ao IBAMA, o resultado do estudo de análise de risco que estava sendo desenvolvido na época e que propunha a análise e comparação dos riscos e custos do cenário atual(uma Usina única) versus um cenário alternativo que considerava a realização do empreendimento em dois eixos, uma UHE na cota 91,00m com a manutenção do eixo da barragem no seu local atual, e a previsão de construção de nova UHE cota 102,00m a montante de São Sebastião do Paraíba. Essa alternativa de partição de queda de uma(01) Usina em dois(02) eixos, eliminava a necessidade de relocação dos dois núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga.

Diante dessa proposta, em 16 de maio de 2.008 o IBAMA encaminhou o Ofício nº 330/2008/DILIC/IBAMA solicitando que fosse avaliada oficialmente a possibilidade de revisão da partição de queda e do arranjo UHE Itaocara, de modo a minimizar seus impactos socioambientais com a substituição de uma UHE Itaocara única por duas UHEs Itaocara I e Itaocara II. Cabe dizer que em 05 de junho de 2.008, a Itaocara Energia protocolou na ANEEL carta solicitando modificação do projeto original, anexando o referido ofício do IBAMA.

Em continuidade às tratativas com o IBAMA, em 17 de julho de 2008 a Itaocara Energia enviou a carta nº 016/2008 informando ter iniciado uma série de estudos no sentido de avaliar a melhor alternativa de projeto, tanto do ponto de vista técnico-econômico quanto socioambiental.

Informava ainda, que a minuta de “Termo de Referência” já enviada para análise considerou a nova alternativa do projeto e que a nova proposta já havia sido apresentada à população, com o intuito de tornar o processo de licenciamento mais transparente e participativo.

Assim em outubro de 2.008 o IBAMA emitiu o “Termo de Referência”/TR para elaboração do novo estudo EIA/RIMA para o arranjo proposto com nova partição de queda em dois(02) eixos e que subsidiou os novos estudos ambientais. O novo EIA/RIMA foi então elaborado e concluído em dezembro de 2.009. Foi mantida a linha de detalhamento do projeto de engenharia em dois(02) eixos e obteve-se a Licença Prévia Ambiental/LP em maio de 2.010.

### **2.2.3.2 Estudos para Validação da Alternativa de Engenharia**

Com a emissão do “Termo de Referência” para elaboração do novo EIA/RIMA solicitado pelo IBAMA, a Itaocara Energia contratou em DEZ/ 2.008 a PCE Projetos para realizar os estudos de engenharia para validação da alternativa proposta ao IBAMA, bem como elaborar os Projetos Básicos das UHEs Itaocara I e II.

Com enfoque nos estudos energéticos, o “Relatório de Validação” teve a finalidade de demonstrar a Viabilidade Técnico-Econômica do novo projeto do Complexo Itaocara (UHE ITAOCARA I e UHE ITAOCARA II) e a manutenção da produção energética objeto do Contrato de Concessão da ANEEL 012/2.001. O “Relatório de Validação” foi apresentado à ANEEL em maio de 2.009.

O novo projeto “Complexo UHEs Itaocara” reduz impactos ambientais e sociais, já que prevê a implantação de dois eixos, um eixo UHE Itaocara I no local definido pelos Estudos de Viabilidade com Nível D’água Máximo Normal do reservatório na El. 89,60m, de forma a preservar os núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga.

O outro eixo, UHE Itaocara II, com a Casa de Força projetada ao “pé” da nova Barragem situada a montante desses núcleos populacionais e com reservatório no Nível D’água Máximo Normal na El. 102,00 m, garante o aproveitamento integral do potencial hidráulico do trecho de rio abrangido pelo projeto original de uma única UHE, com significativa redução da área alagada.

## 2.2.4 Otimização do Projeto Básico PCE

Por solicitação da LIGHT a SPEC Engenharia, em JUL/2.010, fez o desenvolvimento dos estudos de “Otimização” do Projeto Básico PCE considerando as premissas básicas indicadas em seguida:

- No trabalho foram adotados os mesmos estudos hidrológicos, vazões médias, máximas e mínimas desenvolvidos na etapa do Projeto Básico PCE;
- A Curva-Chave adotada para o Canal de Fuga da UHE Itaipava I foi determinada a partir de avaliações, objetivando-se o ganho de queda com a locação das estruturas principais Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro, no braço esquerdo do rio Paraíba do Sul formado pela Ilha Serena. Deve-se ressaltar, também, que um benefício relevante foi conseguido com a locação das estruturas no braço esquerdo da Ilha Serena: evitar o direcionamento do fluxo d’água, em período de cheias, sobre o distrito de Batatal localizado à jusante da UHE Itaipava I;
- As investigações geológico-geotécnicas de campo utilizadas na “Otimização” também se referem às apresentadas na fase do Projeto Básico PCE;
- A sequência de Desvio do Rio foi subdividida em duas fases:
  - Primeira fase – as ensecadeiras foram dimensionadas para uma vazão de 5.194 m<sup>3</sup>/s com tempo de recorrência de 50 anos e verificadas para a vazão com tempo de recorrência de 100 anos, vazões estas referentes ao período completo. Nesta fase, o rio foi desviado pelo braço direito da Ilha Serena e foram construídas as estruturas na margem esquerda;
  - Segunda fase – as ensecadeiras foram dimensionadas para a mesma vazão de 5.194 m<sup>3</sup>/s com tempo de recorrência de 50 anos e verificadas para a vazão com tempo de recorrência de 100 anos, vazões estas referentes ao período completo. Nesta segunda fase, o rio foi desviado pelas Adufas de Desvio e foi executada a Barragem de Terra no leito do rio e Margem Direita.

Os estudos foram concluídos SET/2.010 com a emissão do “Relatório Final do Projeto Básico Otimizado”, documento N.º: ST-813-B-RE-G00-001 em dois Volumes ( Volume I/Texto e Volume II/Desenhos).

## 2.3 Características Técnicas Principais da UHE ITAOCARA I (Referência Projeto Básico SPEC)

N.A. máximo maximorum montante: .....	90,90m
N.A. máximo normal de operação: .....	89,60 m
N.A. mínimo normal de operação:.....	89,60 m
N.A. máximo maximorum de jusante:.....	68,40 m
N.A. normal de jusante:.....	61,28 m
N.A. mínimo de jusante:.....	59,49 m
Área do reservatório no N.A. máximo normal:.....	40,4 km <sup>2</sup>
Volume acumulado total no N.A. máximo normal:.....	412,76 hm <sup>3</sup>

Queda de referência: ..... 26,9 m  
Vazão Média de Longo Termo (Série de Vazões Naturais Médias Mensais): ..... 664 m<sup>3</sup>/s  
Vazão de projeto do Vertedouro (TR=10.000 anos): .....9.530 m<sup>3</sup>/s  
Energia Firme: .....89,44 MW médios  
Potência Instalada Total:..... 150,00 MW  
Vazão Máxima Turbinada: .....626,00 m<sup>3</sup>/s  
Turbinas Kaplan Vertical (Potência no Eixo): ..... 2 x 76,923MW  
Geradores Síncronos (Potência Aparente cós Ø 0,95):..... 2 x 78,95 MVA

### Quantidades Principais das Obras Civis

Escavação comum obrigatória inclusive Ensecadeiras Desvio: ..... 442.390 m<sup>3</sup>  
Escavação em rocha à céu aberto:..... 220.919 m<sup>3</sup>  
Cimento: .....52.160 ton  
Concreto Convencional Vibrado:..... 185.688 m<sup>3</sup>  
Armadura:..... 8.073 ton  
Aterros Compactados inclusive Ensecadeiras Desvio:..... 2.475.447 m<sup>3</sup>

### 2.4 Ficha Resumo

A Ficha Resumo da UHE ITAOCARA I é apresentada detalhadamente no Capítulo 11 do presente Relatório conforme modelo ANEEL/ELETRÓBRÁS.



### 3 - SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## ÍNDICE

<b>3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>3</b>
--	----------

### 3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste item procura-se tecer comentários sobre os aspectos do Projeto Básico desenvolvido pela SPEC Engenharia que mereçam registros:

- a) Os dados hidrométricos disponíveis e, utilizados em conjunto, com os levantamentos topobatimétricos anteriores, mostraram-se fundamentais para a obtenção de Curvas-Chaves e, também, para subsidiar os estudos de Remanso do Reservatório.
- b) A Série de Vazões teve sua atualização conforme Ofício 535/2014-SGH/ANEEL, de 28 de março de 2014 juntamente com a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos da bacia, Resolução ANA nº 1404, de 26 de novembro de 2013.
- c) A vazão de cheia decamilenar obtida ( $TR=10.000$  anos=  $9.530 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e que foi adotada no dimensionamento do Vertedouro da UHE Itacara I, é compatível com as vazões decamilenares consideradas para outros aproveitamentos hidrelétricos do rio Paraíba do Sul e, também, é maior que a estimada nos Estudos de Viabilidade ( $7.410 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- d) As simulações de assoreamento do reservatório indicam que a operação da Usina Hidrelétrica Itacara I não será comprometida pelos depósitos de sedimentos. Por outro lado, esses depósitos do assoreamento tendem a aumentar, de forma paulatina, o “Efeito Remanso”. Verificou-se que para um Nível D’Água Máximo Normal do Reservatório na elevação 89,60 m ou menor valor, as enchentes na localidade de São Sebastião do Paraíba não seriam agravadas com a implantação da Barragem e formação do futuro Reservatório, mesmo com o assoreamento produzido no reservatório ao longo do período de 30(trinta) anos. Há que se enfatizar que os métodos existentes para elaboração dos “Estudos Sedimentológicos” costumam apresentar resultados com diferenças significativas. Muito embora o processo de cálculo adotado no presente trabalho seja considerado um dos mais representativos da realidade, ainda assim é inerente ao processo utilizado um considerável grau de incerteza. Com base neste fato de incerteza, é necessário e suficiente que seja implantado um sistema eficiente de monitoramento de níveis d’água, de vazões líquidas e de descargas sólidas, além naturalmente, do controle de assoreamento do futuro reservatório. A análise criteriosa das informações obtidas deste sistema de monitoração dos parâmetros referidos, permitirá aferir as conclusões dos “Estudos Sedimentológicos”, vazões e níveis d’água verificados e fornecer subsídios técnicos para a correta operação do Reservatório e Usina da UHE Itacara I, como também prover com medidas de mitigação os eventuais impactos ambientais, especialmente aqueles correlatos com os habitantes da localidade de São Sebastião do Paraíba.
- e) Com base no presente estudo de “otimização” do Projeto Básico PCE reportado através do presente “Projeto Básico SPEC”, pode-se fazer ainda os seguintes comentários:
  - No arranjo físico proposto as estruturas de concreto da Tomada D’Água/Casa de Força e Vertedouro foram locadas no braço/canal esquerdo da Ilha Serena do Paraíba do Sul com as seguintes justificativas: A) no levantamento topobatimétrico realizado identificou-se que o nível d’água natural no canal esquerdo é um pouco inferior ao canal direito da Ilha Serena. Este fato proporciona um ganho médio de queda jusante de 1,9 m, conseqüentemente proporcionará um ganho de energia;

- B) com as estruturas posicionadas no braço esquerdo evita-se, durante o período de cheias, o direcionamento do fluxo d'água sobre o distrito de Batatal à jusante.
- No Circuito de Adução da UHE previa-se conduto forçado com 32,00 m de extensão unitária, ao passo que no Projeto Básico SPEC o Circuito de Adução é compactado com a Tomada D'Água adjacente à Casa de Força através de junta de construção.
- f) Merece informar-se que o atual Projeto Básico SPEC fez a necessária revisão do Projeto Básico PCE/NOV 2009 com base nos comentários e sugestões contidos nos documentos emitidos pela ANEEL (Ofício ANEEL 535 de 28/03/2014) e ANA (DRDH – Resolução ANA 1404/2013).
- g) No orçamento padrão ELETROBRÁS/OPE adotado no presente estudo estão consideradas as contas 10/ Programas e Ações Ambientais, conta 11/ Obras Civis Casa de Força/Área de Montagem, conta 12/ Obras Civis Barragens, Desvio do Rio, Tomada D'Água, Muros de Concreto e Equipamentos Hidromecânicos, contas 13,14 e 15/Turbinas e Equipamentos Associados, Geradores e Equipamentos Associados, Serviços Auxiliares Mecânicos, Serviços Auxiliares Elétricos, Equipamentos de Levantamento e Transporte de Cargas, conta 16/Sistema de Transmissão Associado à UHE Itaocara I (Interligação Casa de Força/Subestação Seccionadora, Subestação Seccionadora, Linha de Transmissão Subestação Seccionadora/Subestação Transmissora na UHE Ilha dos Pombos, Bay de Acesso na Subestação Transmissora), Conta 17/Custos Indiretos e Conta 18/Juros do Investimento Financiados durante o período de construção da UHE. Com o somatório de todas estas contas chegou-se ao Custo Total do Investimento;
- h) Com base no Custo Total do Investimento e com dados dos “Estudos Energéticos” obteve-se os seguintes índices:
- Custo de Implantação da UHE considerando JDC e sem STA: 7038,4 R\$/kW instalado;
  - Custo da Energia Média Gerada da UHE considerando JDC, sem STA e Operação e Manutenção da Usina: 139,02 R\$/MWh gerado.
- i) Com as informações disponíveis de Custo do Investimento Total, índices de energia firme, energia média, tarifa de venda, financiamento e outros dados correlatos é possível elaborar-se um Estudo Econômico-Financeiro do “Fluxo de Caixa Descontado” do Empreendimento que fornecerá os índices de “TIR, VPL e “Payback Time” que darão o balizamento necessário e suficiente da conveniência ou não de construir-se o Empreendimento;
- j) Tendo em vista que os próximos leilões de energia terão as tarifas fixadas com base na remuneração do investimento, nos custos com operação e manutenção da Usina e um lucro adequado, este empreendimento poderá ser viável dependendo da tarifa de venda ofertada.

Em caso de índices favoráveis da TIR, VPL e “Payback Time” do fluxo de caixa descontado com base nos valores simulados, seguir-se-ia então para a próxima etapa de engenharia que seria a elaboração do Projeto Executivo para fins de implantação.

#### **4 - DADOS EXISTENTES, LEVANTAMOS ANTERIORES E LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES DE CAMPO**

## ÍNDICE

<b>4.</b>	<b>DADOS EXISTENTES, LEVANTAMENTOS ANTERIORES E LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES DE CAMPO.....</b>	<b>3</b>
<b>4.1</b>	<b>Dados Existentes .....</b>	<b>3</b>
4.1.1	Dados Cartográficos .....	3
4.1.2	Dados Hidrometeorológicos .....	3
4.1.3	Dados Geológicos.....	5
4.1.4	Dados Ambientais .....	5
<b>4.2</b>	<b>Levantamentos Anteriores de Campo .....</b>	<b>6</b>
4.2.1	Cartográficos e Topográficos .....	6
4.2.2	Hidrometeorológicos .....	8
<b>4.3</b>	<b>Levantamentos Complementares de Campo .....</b>	<b>12</b>
4.3.1	Geológicos e Geotécnicos .....	12
4.3.2	Levantamentos Topobatimétricos e Medições do Nível D'Água .....	14

#### **4. DADOS EXISTENTES, LEVANTAMENTOS ANTERIORES E LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES DE CAMPO**

##### **4.1 Dados Existentes**

##### **4.1.1 Dados Cartográficos**

Para os Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara como Empreendimento único, foi executada restituição aerofotogramétrica da área do reservatório na escala 1:5.000, com curvas de nível de 5,0 em 5,0 m, a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000 e 1:15.000, obtidas respectivamente nos anos de 1.998 e 1.987. As fotografias aéreas na escala 1:25.000 foram utilizadas na restituição do trecho entre a área do local do Barramento até 6,0 km a montante da localidade de São Sebastião da Paraíba. Desta localidade até o fim do reservatório, foram utilizadas as fotografias aéreas na escala 1:15.000 para restituição aerofotogramétrica.

O apoio para a restituição aerofotogramétrica foi determinado por rastreamento de satélites GPS, a partir de pontos da rede básica oficial do IBGE.

Naqueles estudos de viabilidade, a base cartográfica do local do aproveitamento UHE Itaocara foi elaborada na escala 1:2.000 a partir da restituição de fotos na escala 1:5.000, com curvas de nível eqüidistantes de 1,0 m. Para dar maior precisão aos dados altimétricos da base cartográfica, foi realizada uma Campanha de Campo onde, por processo topográfico convencional, foram levantados pontos adicionais que serviram de apoio à restituição e à sua ampliação.

Também para os Estudos de Viabilidade, foram levantadas 36 (trinta e seis) seções transversais ao longo do rio Paraíba do Sul, sendo 06(seis) seções no local do eixo do barramento, 10(dez) seções no trecho entre Itaocara e São Sebastião do Paraíba e 20(vinte) seções no trecho entre São Sebastião do Paraíba e o canal de fuga da UHE Ilha dos Pombos, Usina já em fase de operação.

Em MAR/2.002 foram realizados levantamentos topobatimétricos compreendendo estabelecimento de 16(dezesseis) seções transversais entre o eixo da UHE Itaocara e a cidade de Itaocara, apresentadas em Relatório elaborado pela GEO Cartografia Ltda em ABR/2.002.

##### **4.1.2 Dados Hidrometeorológicos**

Tomando-se como base os critérios de localização, foram selecionados os dados de interesse para os estudos do Projeto Básico PCE da UHE Itaocara I conforme discriminado a seguir.

#### 4.1.2.1 Pluviométricos

O regime pluvial para a área de projeto foi caracterizado, principalmente em face de sua proximidade, através dos dados do posto pluviométrico Santo Antônio de Paula (Código 2142058/Hidroweb), pertencente à rede hidrométrica da Agência Nacional de Águas/ANA, situado na cidade de Santo Antônio de Paula (RJ), nas coordenadas -21°32'31" de Latitude Sul e -42°10'57" de Longitude Oeste. Os dados utilizados referem-se às alturas de chuva diária e aos dias chuvosos obtidos na página do Hidroweb, na INTERNET, em 15/06/2009 com posterior análise de consistência.

#### 4.1.2.2 Fluviométricos

Os dados fluviométricos utilizados podem ser classificados em dois grupos. O primeiro grupo refere-se aos dados observados em postos situados na região do aproveitamento. O segundo grupo é constituído por dados de longo período coletados em postos da ANA existentes no rio Paraíba do Sul, a montante do local do projeto.

##### a) Dados Fluviométricos Locais

Foram coletados dados observados no estirão do rio Paraíba do Sul limitado a montante pela UHE Ilha dos Pombos e à jusante pela cidade de Itaocara, identificados na Tabela 4.1. Os respectivos dados que foram usados na análise de consistência dos dados levantados, no âmbito deste trabalho ou nos estudos de remanso, são apresentados juntamente com as Fichas Descritivas.

**Tabela 4.1 - Postos Fluviométricos na Área do Projeto**

Código	Nome	Rio	Estado	Coordenadas		Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Período
				Latitude Sul	Longitude Oeste		
-	Itaocara Jusante*	Paraíba do Sul	RJ	-21°41'52"	-42°07'22"	34.104 **	12/1.998 à 04/2.001
58680001	Itaocara ANA	Paraíba do Sul	RJ	-21°39'43"	-42°05'03"	34.183**	10/1.967 à 09/2.009
58670002	Fazenda da Barra Pirapetinga*	Pirapetinga	RJ	-21°39'21"	-42° 20' 21"	531***	07/1.960 à 06/2.009

\* Postos com medições de vazão.

\*\* Área calculada através das cartas IBGE.

\*\*\* Área apresentada no Hidroweb em 09/11/09.

Os dados de leituras de réguas e medições de descarga líquida e sólida do posto fluviométrico Itaocara Jusante foram extraídos dos relatórios dos serviços hidrossedimentométricos para os "Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara", elaborados pela HIDROTÉCNICA no período de JAN/1.999 a AGO/1.999 e pela LIGHT no período de AGO/1.999 a MAR/2.001.



Os dados utilizados dos postos Itaocara/ANA e Fazenda da Barra/Pirapetinga, pertencentes à rede hidrométrica da Agência Nacional de Águas/ANA, foram obtidos através do Hidroweb.

Foram, ainda consideradas, as Campanhas de Levantamentos de Perfis de Linha D'água e Seções Topobatimétricas apresentadas nos "Estudos de Viabilidade". Os perfis e as seções selecionadas e utilizadas no presente estudo para avaliação do remanso, são apresentados e referenciados no item específico de sua utilização.

#### b) Dados Fluviométricos Regionais

Foram também utilizados os dados de vazões médias diárias, obtidos no Hidroweb em NOV/2.008 para os postos na área da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, contribuinte para a UHE Itaocara e a seguir tabelados.

**Tabela 4.2 - Postos Fluviométricos no Rio Paraíba do Sul**

Código	Nome	Estado	Coordenadas		Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Período
			Latitude Sul	Longitude Oeste		
58630002	Anta (G)	RJ	-22° 02' 07"	-42° 59' 27"	30.579	10/1.930 a 12/2.005
58235100	Queluz	SP	-22° 32' 24"	-44° 46' 22"	12.749	11/1.934 a 12/2.007
58183000	Pindamonhangaba	SP	-22° 54' 40"	-45° 28' 13"	9.576	01/1.939 a 09/2.006

#### 4.1.2.3 Sedimentométricos

Foram obtidos dados dos serviços hidrossedimentométricos realizados pela HIDROTÉCNICA (Jan/98 a Ago/99) e pela LIGHT (Ago/99 a Mar/01). Esses dados fornecidos pela LIGHT e levantados no âmbito dos "Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara", caracterizam as condições de transporte sólido local do rio Paraíba do Sul e estão apresentados no Anexo correspondente.

#### 4.1.3 Dados Geológicos

Os dados geológicos existentes foram obtidos dos seguintes documentos: **a)** "Estudos de Viabilidade – UHE Itaocara - Relatório Final"/Engevix Engenharia em 2.000; **b)** "Relatório Final das Investigações Geológico - Geotécnicas Complementares na Área da Barragem", período/DEZ/2.001 a JAN/2.002/Furnas Centrais Elétricas S.A. e **c)** Estudos do Projeto Básico da PCE/2.009.

#### 4.1.4 Dados Ambientais

Os estudos contêm a descrição e a análise dos fatores ambientais e suas interações, caracterizando-se a situação ambiental das áreas de influência (meios físico, biótico e socioeconômico), antes da implantação do Empreendimento, e englobando as variáveis suscetíveis a sofrer, direta ou indiretamente, os efeitos das ações previstas para todas as fases de implantação e operação do Empreendimento.

As informações de caráter regional e da área de influência indireta, foram baseadas em dados secundários atuais e foram complementados com dados primários. As informações ambientais básicas foram obtidas nos órgãos oficiais, universidades e demais entidades locais e regionais, iniciativa privada e instituições nacionais que produzem conhecimento, e foram complementadas, para a área de influência direta, com trabalhos de campo para validação ou refinamento desses dados ou informações.

Para a área de influência direta e área diretamente afetada foram coletados dados primários em campo, de forma a permitir o pleno entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biótico e socioeconômico e cultural, bem como a fragilidade ambiental com a inserção do empreendimento UHE Itaocara I.

Os trabalhos de campo consistiram em:

#### **a) Meio Físico**

- 01 campanha de meio físico (geral)
- 01 campanha de campo de pedologia
- 01 campanha de campo de recursos hídricos
- 04 campanhas de campo de qualidade da água

#### **b) Meio Biótico**

- 02 campanhas de campo de vegetação
- 02 campanhas de campo de fauna terrestre (ornitofauna, herpetofauna e mastofauna)
- 02 campanhas de campo de malacofauna
- 02 campanhas de campo de vetores
- 04 campanhas de campo de limnologia
- 04 campanhas de campo de ictiofauna
- 04 campanhas de campo de carcinofauna
- 02 campanhas de campo de mamíferos semiaquáticos
- 03 campanhas de campo de quelônios

#### **c) Meio Socioeconômico**

- 05 campanhas de campo de socioeconomia (02 institucionais e 03 de modos de vida)
- 03 campanhas de campo de recursos pesqueiros (02 em conjunto com a ictiofauna)
- 02 campanhas de campo de cadastro socioeconômico

### **4.2 Levantamentos Anteriores de Campo**

#### **4.2.1 Cartográficos e Topográficos**

##### **4.2.1.1 Mapeamentos Aerofotogramétricos a Laser**

No âmbito dos estudos ambientais foi contratado o mapeamento aerofotogramétrico do rio Paraíba do Sul entre a UHE Ilha dos Pombos ( UHE da LIGHT já em operação) e a cidade de Itaocara, abrangendo as áreas dos futuros reservatórios das UHEs Itaocara I e II, totalizando 378,7 km<sup>2</sup>. Nesta configuração está adotada a alteração de partição da queda única da UHE Itaocara em dois aproveitamentos montante-jusante UHEs Itaocara I e Itaocara II.

A execução dos serviços realizados pelo Instituto LACTEC seguiu as seguintes etapas:

- Atividades de apoio de campo, definição das bases GPS, mapa geoidal e apoio aerofotogramétrico;
- Aerolevantamento com aquisição dos dados LiDAR e das imagens provenientes da câmera digital de pequeno formato;
- Controle de qualidade e verificação da cobertura dos dados;
- Processamento da trajetória da aeronave;
- Processamento dos dados LiDAR;
- Transformação de referencial e projeção cartográfica;
- Classificação da nuvem de pontos;
- Classificação de pontos de terreno;
- Geração de Curvas de Nível eqüidistantes de 1,0 metro;
- Tratamento das imagens digitais;
- Mosaicagem, georreferenciamento e ortorretificação das imagens digitais;
- Geração dos produtos finais.

Todos os produtos, em escala 1:5.000, foram representados no Referencial Geodésico SAD69 resolução de 2005 com projeção cartográfica UTM (Universal Transverse Mercator) para o fuso 23 Sul.

O detalhamento dos serviços executados, bem como toda a documentação relacionada, consta do relatório “P129 - Mapeamento Aerofotogramétrico da Área do Reservatório da UHE Itaocara – RJ”, elaborado pelo LACTEC.

#### **4.2.1.2 Nivelamento Geométrico**

O nivelamento geométrico realizado pela empresa LSF Andrade Ltda partiu da referência de nível RN 3002 T, localizado na UHE Ilha dos Pombos e caminhou paralelamente ao rio Paraíba do Sul, por diversos pontos de interesse aos projetos das UHEs Itaocara I e II até os marcos topográficos situados na área do Barramento da UHE Itaocara I.

Ao longo do caminhamento do nivelamento geométrico foram colocados pontos de segurança com uma equidistância de cerca de 1,0 km. Os pontos foram materializados com piquetes de madeira de lei, pintado com tinta branca, cadastrados através de GPS portátil e fotografados. Cada trecho foi nivelado e “contra-nivelado” até atingir-se o erro inferior à precisão exigida de 10mm/km.

Os serviços de campo foram executados dentro das normas ABNT e conforme especificação técnica elaborada pela PCE Engenharia, tendo sido utilizados níveis compatíveis com a precisão requerida.

O cálculo do nivelamento em escritório foi executado através de programa desenvolvido pela própria empresa LSF Andrade em planilhas Excel.

O detalhamento dos serviços executados, bem como toda a documentação relacionada, é apresentada no Volume Anexo – Estudos Cartográficos – Nivelamento Geométrico.

#### **4.2.1.3 Planialtimetria da Área de Implantação do Aproveitamento**

Na área de implantação das estruturas da UHE Itaocara I, inclusive da “sela/dique de fechamento” do ponto de fuga do reservatório localizada na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, foram executados também pela LSF Andrade, levantamentos planialtimétricos na escala 1:1.000 com curvas de nível a cada metro, atendendo às especificações de georreferenciamento preconizadas nas Diretrizes da ANEEL.

No local do Barramento foram implantados 03(três) marcos topográficos intervisíveis em cotas acima da crista da Barragem, com coordenadas aferidas a partir de estações georreferenciadas da “Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo”, tendo sido utilizados receptores GPS geodésicos de dupla frequência.

A rede de nivelamento geométrico referenciado ao RN 3002T/referência de partida foi ramificada para a amarração desses marcos topográficos de apoio.

Para os cálculos topográficos foi utilizado o software DATAGEOSIS 005 e para apresentação final dos desenhos, utilizou-se o AUTOCAD 2006.

Os serviços topográficos de apoio à locação das investigações geológico-geotécnicas incluíram a amarração dos pontos de execução de 02(duas) sondagens rotativas para estudo de pedreiras.

O detalhamento dos serviços executados, bem como toda a documentação relacionada, é apresentada no Volume Anexo – Estudos Cartográficos – Levantamentos Topográficos.

#### **4.2.2 Hidrometeorológicos**

Os levantamentos hidrometeorológicos no rio Paraíba do Sul e no seu afluente Pirapetinga, de interesse ao Projeto Básico da UHE Itaocara I, foram executados no período de JAN a AGO/2.009 pela empresa COHIDRO e consistiram das seguintes atividades:

- Instalação e manutenção de 3 (três) postos limimétricos, sendo 1 (um) posto no canal direito do sítio do aproveitamento de UHE Itaocara I e 2 (dois) postos no canal direito do sítio do aproveitamento de UHE Itaocara II;
- Instalação e manutenção de 3 (três) postos fluviométricos sendo 1 (um) posto no canal esquerdo do sítio do aproveitamento de UHE Itaocara I e 2 (dois) postos no canal esquerdo do sítio do aproveitamento de UHE Itaocara II;
- Leituras de régua diárias, às 7 h e às 17 h, nos 6 (seis) postos instalados e em 2 (dois) postos já existentes na região do aproveitamento de UHE Itaocara I;
- 19 (dezenove) medições de descarga líquida no posto fluviométrico UHE Itaocara II Formiga Montante ou Montante Formiga;
- 19 (dezenove) medições de descarga líquida no posto fluviométrico UHE Itaocara II Canal Esquerdo;

- 19 (dezenove) medições de descarga líquida no posto fluviométrico UHE Itacara I Canal Esquerdo;
- 15 (quinze) medições de descarga sólida em suspensão no posto UHE Itacara II Formiga Montante;
- 4 (quatro) medições de descarga sólida de fundo no posto UHE Itacara II Formiga Montante;
- 3 (três) perfis de linha d'água, no rio Paraíba do Sul, na região do reservatório de UHE Itacara I, realizados nos dias 30/01/2.009, 14/02/2.009 e 06/03/2.009;
- 3 (três) perfis de linha d'água no rio Pirapetinga, afluente do rio Paraíba do Sul, realizados nos dias 14/02/2.009, 06/03/2.009 e 19/08/2.009;
- 13 (treze) seções topobatiméticas no rio Paraíba do Sul, levantadas entre janeiro e julho de 2.009 na área da UHE Itacara I;
- 5 (cinco) seções topobatiméticas no rio Pirapetinga, levantadas entre janeiro e julho de 2.009 na área da UHE Itacara I.

Os Postos Limnimétricos e Fluviométricos em questão são relacionados na Tabela 4.3 e mapeados no desenho SPEC nº G27-DEB-0004.

**Tabela 4.3 - Postos Fluviométricos e Liminimétricos Operados**

Código	Nome	Rio	Estado	Coordenadas		Área (km <sup>2</sup> )	Período
				Latitude (S)	Longitude (W)		
58653100	Itaocara II Formiga Montante <sup>2*</sup>	Paraíba do Sul	MG	21° 45' 39"	42° 20' 59"	32.805	10/01 a 31/07/2.009
58653101	Itaocara II Canal Direito (Atoleiro) <sup>1*</sup>	Paraíba do Sul	RJ	21°45'41"	42°23'31"	-	17/04 a 31/07/2.009
58653200	Itaocara II Canal Esquerdo <sup>2*</sup>	Paraíba do Sul	MG	21° 45' 36"	42° 23' 57"	32.806	17/01 a 31/07/2.009
58653300	São Sebastião do Paraíba <sup>1*</sup>	Paraíba do Sul	RJ	21°46'00"	42°23'00"	32.808	19/01 a 31/07/2.009
58653400	Itaocara I Canal Esquerdo <sup>2*</sup>	Paraíba do Sul	RJ	21°41'00"	42°09'00"	33.680	16/01 a 09/08/2.009
58653500	Itaocara I Canal Direito <sup>1*</sup>	Paraíba do Sul	RJ	21°42'00"	42°10'00"	33.677	07/03 a 31/07/2.009
58670002	Fazenda da Barra (Pirapetinga) <sup>2</sup>	Pirapetinga	MG	21°42'18"	42°16'8"	531	01/10/2.008 a 15/08/2.009
58680001	Itaocara ANA <sup>1</sup>	Paraíba do Sul	RJ	21°39'57"	42°04'52"	34.182	01/01/2.008 a 16/08/2.009

**Notas:**

1 - Posto Liminimétrico

2 - Posto Fluviométrico

\* Posto Recém Instalado

A altimetria dos pontos referenciais dos postos fluviométricos, dos perfis de linha d'água e das seções topobatimétricas levantadas pela COHIDRO, obtidos por rastreamento através de GPS, foram ajustados aos valores do transporte de maior precisão via nivelamento geométrico associado ao "contra-nivelamento" executado, paralelamente, pela empresa LSF Andrade. Maiores informações do assunto no Anexo correspondente.

A Tabela 4.4 seguinte lista as seções topobatimétricas com suas coordenadas e o ajustamento de cotas, enquanto os desenhos SPEC G13-DEB-0021 e G13-DEB-0022 até G13-DEB-0031 apresentam a planta de localização e seções transversais, respectivamente, destas seções topobatimétricas.

**Tabela 4.4 - Seções Topobatimétricas Localizadas na Área da UHE Itaocara I**

Identificação		Coordenadas				Rio	Ajustamento de cotas
		PI		PF			
Campo	Escritório	Lat (S)	Long (W)	Lat (S)	Long (W)		
S-10	S-8.6	21°45'22"	42°23'38"	21°45'38"	42°23'25"	Paraíba do Sul	0,361
S-11	S-8.7	21°45'21"	42°55'59"	21°45'37"	42°23'23"	Paraíba do Sul	0,361
S-12	S-8.8	21°45'20"	42°23'34"	21°45'36"	42°23'22"	Paraíba do Sul	0,361
S-13	S-8.9	21°45'20"	42°23'32"	21°45'35"	42°23'20"	Paraíba do Sul	0,361
S-14	S-8.10	21°45'18"	42°23'30"	21°45'35"	42°23'18"	Paraíba do Sul	0,361
S-15	S-8.12	21°45'11"	42°23'16"	21°45'27"	42°23'05"	Paraíba do Sul	0,361
S-16	S-8.13	21°45'07"	42°23'11"	21°45'24"	42°22'60"	Paraíba do Sul	0,361
São Sebastião do Paraíba	S-9.5	21°44'57"	42°22'55"	21°45'06"	42°22'48"	Paraíba do Sul	0,289
Porto do Tuta	S-13.5	21°44'19"	42°19'08"	21°44'28"	42°19'04"	Paraíba do Sul	0,361
Porto Marinho	S-15.5	21°42'47"	42°15'56"	21°42'52"	42°15'52"	Paraíba do Sul	0,486
Porto das Cruzes	S-17.5	21°41'07"	42°12'04"	21°41'17"	42°12'01"	Paraíba do Sul	0,493
Montante Ilha Serena	S-18.5	21°41'25"	42°09'30"	21°41'37"	42°09'38"	Paraíba do Sul	0,586
Ilha Serena	S-25.5	21°41'57"	42°08'13"	21°42'26"	42°08'36"	Paraíba do Sul	0,546
S-1	S-1	21°42'18"	42°16'08"	21°42'20"	42°16'10"	Pirapetinga	0,361
S-2	S-2	21°40'54"	42°16'10"	21°10'55"	42°16'11"	Pirapetinga	0,361
S-3	S-3	21°40'51"	42°16'16"	21°40'52"	42°16'17"	Pirapetinga	0,361
S-4	S-4	21°40'40"	42°16'43"	21°40'41"	42°16'42"	Pirapetinga	0,361
S-5	S-5	21°40'05"	42°17'02"	21°40'06"	42°17'04"	Pirapetinga	0,361

**Nota:** A identificação das seções realizadas no "Escritório" teve como finalidade a compatibilização com o modelo HEC-RAS.

No Volume do Anexo correspondente consta o Relatório Final dos Serviços emitido pela empresa de hidrometria COHIDRO, contendo as Fichas Descritivas das estações, as leituras de réguas, os cálculos de medição de descarga líquida, os resultados das análises de laboratório das amostras de sedimentos, os perfis de linha d'água levantados e as seções topobatimétricas levantadas.

## 4.3 Levantamentos Complementares de Campo

### 4.3.1 Geológicos e Geotécnicos

Para a elaboração dos estudos de caracterização do Projeto Básico foram utilizados os dados dos levantamentos executados nas campanhas de investigações geológico-geotécnicas realizadas pela Engevix para os Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara em 2001. Os serviços constituíram-se na execução de 15 sondagens rotativas com ensaios de perda d'água em rocha, 5 sondagens mistas com ensaios de infiltração e SPT em solos e de perda d'água em rocha, 20 poços de inspeção e amostragem de solos, no local da barragem e nas áreas de empréstimo. Em 03 amostras de solos foram executados ensaios de laboratório de caracterização e compactação.

Posteriormente Furnas Centrais Elétricas S.A. executou serviços complementares de investigações geológico-geotécnicas de campo. Os serviços constituíram-se na execução de 5 sondagens rotativas, 1 poço de inspeção (incluindo coleta de amostra) e ensaio de perda d'água sob pressão, na área de estudo. Os dados levantados foram apresentados no Relatório Final das Investigações Geológico-Geotécnicas Complementares na Área da Barragem em Janeiro de 2002, sob a forma de perfis, tabelas e fotos.

Após a identificação das amostras por meio de registros sequenciais foram realizadas análises táctil-visuais. Os ensaios de perda d'água foram realizados em apenas um furo de sondagem localizado na ombreira direita, de acordo com as especificações técnicas do serviço.

As investigações de sub-superfície executadas encontram-se relacionadas no desenho PJ0722-B-G03-GR-DE-101.

Com o desenvolvimento dos estudos, foram realizados ainda caminhamentos/mapeamentos geológicos no local dos estudos. O mapa geológico-geotécnico local, apresentado no desenho PJ0722-B-G02-GR-DE-102, foi gerado com base nas inspeções de afloramentos, cortes de estradas, ravinas naturais, pedrais expostos no leito do rio, barrancas de rio, entre outros, correlacionadas com os dados de sub-superfície e associando aos dados obtidos na bibliografia, em especial no mapeamento realizado pelo DRM-RJ (Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro).

Para o aprofundamento das investigações de campo, na atual fase dos estudos, foram executadas sondagens a trado e poços de inspeção com objetivo de coletar amostras deformadas e indeformadas, respectivamente, para realização de ensaios de laboratório.

A Tabela 4.5 apresenta um resumo das investigações executadas na área para reconhecimento das fundações e para pesquisa dos materiais naturais de construção.



**Tabela 4.5 – Campanhas de Sondagens anteriores**

Sondagens	Local	Coordenadas UTM(m)		Cota de Topo(m)	Profundidade Perfurada (m)			Ensaio de Permeabilidade (und.)		SPT (und.)
		N	E		Solo	Rocha	Total	Infiltração	Perda d'água	
SM 01	Eixo – Margem Esquerda	7.598.496	795.400	63,72	4,00	4,00	8,00	3	1	4
SM 02	Margem Esquerda	7.598.613	795.411	77,88	12,90	4,10	17,00	12	1	13
SM 03	Eixo – Margem Esquerda	7.598.540	795.462	75,83	13,00	4,12	17,12	12	1	13
SM 04	Margem Esquerda	7.598.460	795.520	85,42	11,05	5,49	16,54	10	1	9
SM 05	Eixo – Margem Esquerda	7.598.588	795.527	112,13	22,50	5,65	28,15	22	1	23
SR-01	Margem Direita	7.597.934	794.431	86,60	20,14	11,26	31,40	-	-	5
SR-02	Margem Direita	7.597.753	794.419	134,52	12,20	6,48	18,68	-	-	-
SR-03	Eixo – Margem Direita	7.597.756	794.480	104,90	0,50	7,03	7,53	-	2	-
SR-04	Casa de Força	7.597.738	794.577	73,24	8,10	6,90	15,00	-	-	-
SR-05	Margem Direita	7.597.822	794.471	118,43	2,20	10,80	13,00	-	2	3
SR-06	Canal de Adução	7.597.868	794.529	77,06	0,50	10,60	11,10	-	3	-
SR-07	Canal de Aproximação	7.597.906	794.600	61,33	-	7,05	7,05	-	2	-
SR-08	Eixo – Margem Direita	7.597.800	794.535	89,06	1,50	6,55	8,05	-	2	-
SR-09	Vertedouro	7.597.860	794.603	61,00	-	6,38	6,38	-	-	-
SR-10	Barragem de Terra - Ilha	7.598.090	794.840	64,27	3,30	7,20	10,50	3	2	4
SR-11	Ilha	7.598.238	794.907	69,35	6,45	7,10	13,55	-	2	-
SR-12	Barragem de Terra - Ilha	7.598.175	794.956	73,77	6,00	7,04	13,04	5	2	5
SR-13	Barragem de Terra - Ilha	7.598.115	795.000	64,55	7,80	7,04	14,84	6	2	8
SR-14	Barragem de Terra - Ilha	7.598.280	795.104	60,58	2,20	7,10	9,30	1	2	3
SR-15	Eixo – Margem Esquerda	7.598.418	795.296	63,89	3,50	7,40	10,90	2	2	4
PI-1	Barragem de Terra - Ilha	7.598.180	794.966	73,20	3,40	-	-	-	-	-
PI-2	Eixo – Margem Esquerda	7.598.646	795.496	97,00	2,50	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	143,74	139,29	277,13	76	28	94

Em novembro de 2011 a CEMIG/LIGHT executou uma campanha de investigações complementares, constituída de 08 (oito) sondagens rotativas (SR-20 a SR-27) e ensaios de perda d'água em 03 (três) furos (SR-20 a SR-22), com o objetivo de investigar com maiores detalhes as condições de fundações na região do "Canal Esquerdo" da Ilha Serena no rio Paraíba do Sul, local proposto no arranjo para a implantação das estruturas de concreto do Vertedouro, Tomada D'Água e Casa de Força.

A Tabela 4.6 apresenta as investigações executadas nesta fase de estudos do Projeto Básico SPEC Engenharia.

**Tabela 4.6 - Resumo das Sondagens Realizadas – Campanha 2.011 - CEMIG/LIGHT**

Sondagens	Local	Coordenadas UTMS (m)		Cota de Topo (m)	Profundidade Perfurada (m)			Ensaio de Permeabilidade (und.)	
		Norte	Este		Solo	Rocha	Total	INF	EPA
SR-20	Barragem de Enrocamento	7.598.373	795.117	62,36		24,9	24,9	-	8
SR-21	Tomada D'Água	7.598.435	795.190	62,69		29,5	29,5	-	9
SM-22	Área de Montagem Margem Esquerda	7.598.484	795.248	64,19	3,9	21,6	25,5	4	7
SR-23	Vertedouro	7.598.366	795.186	61,97		25,4	25,4	-	-
SR-24	Circuito Geração	7.598.420	795.241	63,62	0,3	34,2	34,5	-	-
SR-25	Vertedouro	7.598.448	795.088	63,42		14,7	14,7	-	-
SM-26	Circuito Geração	7.598.498	795.130	64,24	1,1	13,9	15,0	-	-
SR-27	Vertedouro	7.598.300	795.250	61,58		15,2	15,2	-	-
<b>TOTAL</b>					<b>5,3</b>	<b>179,4</b>	<b>184,7</b>	<b>4</b>	<b>24</b>

A Campanha de Sondagens e Ensaio de Permeabilidade foi executada pela Minas Solos Sondagem Ltda. no período de SET/OUT/2011 e maiores detalhes são encontrados no Anexo correspondente.

#### 4.3.2 Levantamentos Topobatimétricos e Medições do Nível D'Água

No período de 08 a 10/JUN/2.010 uma equipe da CEMIG e SPEC executou no Canal de Fuga/canal esquerdo da Ilha Serena, onde se previu situar em arranjo as estruturas Vertedouro, Tomada D'Água e Casa de Força, levantamento complementar de 06(seis) seções topobatimétricas e fez medições do nível d'água.

Para maiores detalhes, pode-se consultar o Volume III correspondente aos Levantamentos Cartográficos e Topográficos.

## 5 - ESTUDOS BÁSICOS

## ÍNDICE

<b>5.</b>	<b>ESTUDOS BÁSICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>5.1</b>	<b>Estudos Hidrometeorológicos e Sedimentológicos.....</b>	<b>3</b>
5.1.1	Caracterização Fisiográfica da Bacia.....	3
5.1.2	Aspectos Climáticos.....	9
5.1.3	Chuvas Intensas e Precipitação Máxima Provável.....	18
5.1.4	Série de Vazões.....	22
5.1.5	Vazões Máximas.....	29
5.1.6	Vazões Mínimas.....	35
5.1.7	Curvas-Chave Naturais.....	36
5.1.8	Curvas Cota x Área e Cota x Volume do Reservatório.....	64
5.1.9	Hidrossedimentologia.....	65
5.1.10	Remanso do Reservatório.....	89
5.1.11	Borda Livre.....	123
5.1.12	Amortecimento da Cheia de Projeto.....	126
5.1.13	Enchimento do Reservatório.....	133
<b>5.2</b>	<b>Estudos Hidráulicos.....</b>	<b>137</b>
5.2.1	Estudos Hidráulicos para o Desvio e Controle do Rio durante a Construção.....	137
5.2.2	Estudos de Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro.....	139
5.2.3	Estudos Hidráulicos do Circuito de Geração.....	142
<b>5.3</b>	<b>Estudos Geológicos e Geotécnicos.....</b>	<b>145</b>
5.3.1	Geologia e Geomorfologia Regional.....	145
5.3.2	Aspectos Morfológicos e Geológico-Geotécnicos Locais.....	154
5.3.3	Condicionantes Geológico-Geotécnicas para Escavações e Fundações.....	158
5.3.4	Materiais Naturais de Construção.....	162
<b>5.4</b>	<b>Estudos Tecnológicos de Concreto.....</b>	<b>163</b>
<b>5.5</b>	<b>Estudos Energéticos.....</b>	<b>164</b>
5.5.1	Critérios Empregados.....	164
5.5.2	Simulações Energéticas.....	172
<b>5.6</b>	<b>Estudos Socioambientais.....</b>	<b>174</b>
<b>5.7</b>	<b>Estudos de Integração da Usina ao Sistema de Transmissão Associado.....</b>	<b>174</b>
5.7.1	Geral.....	174
5.7.2	Subestação Seccionadora ou Subestação de Manobra.....	174

## 5. ESTUDOS BÁSICOS

### 5.1 Estudos Hidrometeorológicos e Sedimentológicos

#### 5.1.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia

A bacia do rio Paraíba do Sul localiza-se na região Sudeste do Brasil e está inserida na região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Está compreendida entre os paralelos 20°20' e 23°40' e os meridianos 41°20'e 46°30', conforme mostrado no Desenho G27-DEB-0002. Totaliza uma área de drenagem de aproximadamente 55.500 km<sup>2</sup>, situada nos estados de Rio de Janeiro (20.900 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>) e São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>), sendo que no eixo em estudo nesta etapa do Projeto Básico, a área da bacia é de 33.680 km<sup>2</sup> e o comprimento do rio Paraíba do Sul é de 958 km.

A bacia é limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. A Nordeste, o rio Itabapoana e seus afluentes compõem a rede potamográfica. Ao Sul, o divisor de águas é composto pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar. A Oeste, separada por meio de diversos ramos dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, predomina a bacia do rio Tietê.

O rio Paraíba do Sul nasce numa altitude de 1.800 m na Serra da Bocaina, com o nome de rio Paraitinga. Desenvolve-se na direção sudoeste, até a Serra do Mar, onde recebe o rio Paraíbauna, no município de Paraíbauna (SP), numa altitude aproximada de 640 m. Daí segue até a cidade de Guararema, onde forma uma curva de 180° e passa a desenvolver-se na direção nordeste, em sentido contrário ao inicial. Após percorrer um pequeno trecho do sudeste de Minas Gerais, constitui-se em divisa natural com o estado do Rio de Janeiro até a confluência com o rio Pomba, onde seu curso desvia-se para leste, desaguardo no Oceano Atlântico próximo à cidade de São João da Barra. Seu percurso total é de aproximadamente 1.100 km, no sentido geral de oeste para leste.

A rede potamográfica apresenta drenagem dendrítica, também denominada arborescente, conforme ilustrado pelo Desenho G27-DEB-0003. Essa característica se deve à semelhança da hidrografia da bacia com a configuração de uma árvore, em que o rio Paraíba do Sul corresponde ao tronco e os tributários aos seus ramos e as correntes de menor categoria aos raminhos e folhas.

Seus principais afluentes, de montante para jusante, são os rios: Grande, Paquequer, Piabanha e Pirai pela margem direita; Muriaé, Pomba, Paraíbauna Mineiro, Buquira, Jaguari e Paraíbauna pela margem esquerda. Os principais afluentes do rio Paraitinga são os rios do Gramado e Turvo pela margem direita e os rios do Chapéu e Jacuí pela margem esquerda.

O rio Pirapetinga constitui-se em afluente importante no contexto dos estudos pois, sua bacia cuja área de drenagem é de 633 km<sup>2</sup>, foi calculada utilizando-se as cartas planialtimétricas na escala de 1:50.000 do IBGE.

Entre as principais vias de acesso à região, destacam-se as rodovias federais BRs-040, 066, 116, 267, 393 e as rodovias estaduais RJs-116, 186, 492, MGs-285, 353, 446 e SP-066. Tais rodovias permitem o acesso à cidade de Itaocara e às cidades próximas à região, tais como: Santo Antônio de Pádua, Itaperuna, Além Paraíba, Cordeiro, Leopoldina, Santa Maria Madalena, Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Juiz de Fora, Três Rios, Paraíba do Sul, Barra do Piraí, Volta Redonda, Barra Mansa, São José dos Campos, Guararema, entre outras, conforme pode ser observado no desenho G10-DEB-0001.

Em relação ao clima, relevo e solo, a região em estudo apresenta cobertura em meio bastante diversificado com características variadas.

#### 5.1.1.1 Vegetação

A bacia do rio Paraíba do Sul está compreendida no bioma Mata Atlântica, cuja área original era de aproximadamente 1,3 milhão de km<sup>2</sup>, correspondente a 15% do território brasileiro, estendendo-se por toda a costa brasileira, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, numa faixa de cerca de 300 km, chegando à Argentina e ao Paraguai. Hoje o remanescente é de cerca de 7% (91.000 km<sup>2</sup>) devido às ações antrópicas. Segundo dados disponíveis (GEROE, 1.995), atualmente, apenas 11% da área da bacia é ocupada pelos remanescentes da floresta, a qual se pode encontrar nas regiões mais elevadas e de relevo mais acidentado.

As florestas atlânticas apresentam árvores com folhas largas e perenes. Há grande diversidade de epífitas, plantas que vivem sobre outras plantas, como bromélias e orquídeas. Caracteriza-se também pela vegetação exuberante, com acentuado higrofitismo, plantas que vivem com alguma parte vegetativa permanentemente imersa em água como briófitas e cipós.

O maior percentual de florestas está no trecho paulista porém, o trecho fluminense é o que apresenta a maior área de florestas remanescentes da Mata Atlântica e o trecho mineiro é o que se encontra mais desmatado, apresentando a maior extensão e o maior percentual de áreas de campo e pastagem.

Há subdivisões da mata devido às variações de latitude e altitudes.

Existem diversas classes de cobertura vegetal na região, sendo em sua maior representação Campos/Pastagens (aproximadamente 70%), Vegetação Secundária, Floresta Ombrófila e Floresta Estacional.

Em alguns pontos localizados nas margens do rio e em suas ilhas, há vegetação do tipo ciliar, distribuída de forma irregular.

O processo de ocupação e uso do solo na bacia do rio Paraíba do Sul levou à transformação de uma paisagem predominantemente florestal para uma paisagem não-florestal.

O vale do Paraíba do Sul foi originalmente recoberto por florestas do tipo subcaducifólia tropical, apresentando variada cobertura vegetal. Após a colonização e os ciclos de café e cana-de-açúcar, a agricultura se intensificou e atualmente predominam as pastagens devido ao empobrecimento do solo.

### 5.1.1.2 Geomorfologia

A topografia da região, acidentada e com grandes desníveis, é composta predominantemente pelas Serras do Mar e da Mantiqueira e pelo Vale do Paraíba.

A Serra do Mar apresenta-se paralela à Serra da Mantiqueira, como um paredão abrupto e forma grande parte do limite sul da bacia, recebendo outras denominações como Bocaina, Araras, Órgãos, Rio Preto e Macaé, entre outras. Suas altitudes variam entre 500 e 1000 m sobre o planalto. Possui picos acima de 1.500 m e monumentos geológicos importantes tais como o Dedo de Deus (1.692 m), a Pedra da Cruz (2.130 m), a Pedra do Sino (2.263 m), entre outros.

A Serra da Mantiqueira compreende um maciço rochoso que possui grande área de terras altas, entre 1.000 e quase 3.000 m de altitude, estabelecendo as divisas dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Seu ponto culminante é a Pedra da Mina (2.798m) entre Minas e São Paulo. É rebaixada na altura da Zona da Mata (MG), dando passagem às bacias dos rios Pomba e Muriaé e, no limite entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ergue-se com o nome de Serra do Caparaó. Existem diversas Unidades de Conservação, como a Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira, dividida entre os três estados que se situa aproximadamente a 90 km de São Paulo, 170 km de Belo Horizonte e 198 km do Rio de Janeiro.

O vale do rio Paraíba do Sul localiza-se entre a Serra do Mar e da Mantiqueira com altitudes entre 100 e 500 m.

O Empreendimento UHE Itaocara I, em estudo, situa-se na região do médio vale do rio Paraíba, onde o relevo é caracterizado por serras e morros alongados, de forma geral vertentes de forte declividade, ocorrendo ocasionalmente encostas rochosas.

Essa região apresenta forte tendência à erosão, ostentando nas vertentes mais íngremes paredões rochosos, marcas de deslizamento, formação de ravinas e voçorocas, consequência principalmente da ação antrópica na devastação da cobertura vegetal e da suscetibilidade à erosão dos solos residuais existentes.

### 5.1.1.3 Solos

Na região em estudo foram identificadas as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho Amarelo álico e distrófico (LV1 a LV5), Podzólico Vermelho Amarelo álico e distrófico Tb (PV1 e PV2), Cambissolo álico e distrófico Tb (C1 a C6) e Afloramentos Rochosos.

Os Latossolos são provenientes de materiais de alteração de rochas ácidas (granitos, gnaiesses e rochas com distintos graus de metamorfização) e de depósitos coluvionares, ocupando as encostas e meias encostas dos contrafortes da Serra do Mar. São solos de reduzida fertilidade natural. Apresentam, em geral, textura argilosa e média/argilosa e são relativamente profundos e permeáveis.

Os Cambissolos têm menor profundidade (de 0,5 a 1,5 m), ainda em processo de desenvolvimento, com domínio de texturas média e argilosa, podendo ou não apresentar pedras em sua superfície. Sua fertilidade natural é muito variável, de baixa a alta. O relevo é forte ondulado ou montanhoso, o que favorece a sua erosão uma vez removida a cobertura vegetal de floresta.

Os solos Podzólicos possuem teor de argila na superfície muito baixo mas, em subsuperfície, esse teor é médio/alto. Sendo assim, a velocidade de infiltração da água é muito rápida na superfície e lenta em subsuperfície, causando erosão severa. Possuem baixa reserva de nutrientes, acidez e problemas de erosão. Bem manejados, são solos relativamente férteis e que são indicados às atividades agropastoris.

O afloramento rochoso é caracterizado pela ausência ou pouca profundidade do solo, criando condições de seca nos períodos entre as chuvas, influenciando a composição florística, a forma de organização e as características adaptativas dos vegetais encontrados.

Na região em estudo, atualmente, grande parte das terras encontra-se degradada e improdutiva. A pecuária e a agricultura vêm sofrendo grande retração na maioria dos municípios da bacia, muitas áreas de pastagem estão sem uso efetivo e o processo de degradação ambiental por erosão é provavelmente a principal causa dessa situação.

A argila e areia natural, ainda hoje, são extraídos para a indústria da construção civil e olarias da região.

#### 5.1.1.4 Parâmetros Fisiográficos

São relacionadas a seguir, as principais características físicas correspondentes à bacia contribuinte para o local do aproveitamento da UHE, calculadas principalmente com base no Desenho G-27-DEB-0002.

##### a) Forma da Bacia

Para caracterizar numericamente esse parâmetro, empregam-se, regularmente, o fator de forma e o coeficiente de compacidade que são indicadores de tendência para enchentes locais.

O fator de forma que é a relação entre a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>) no aproveitamento e o quadrado de seu comprimento axial (958 km), que corresponde ao comprimento do rio Paraíba do Sul entre o sítio do aproveitamento e a nascente, equivale a 0,04.

Esse índice sinaliza uma reduzida propensão às enchentes já que quanto mais o valor do índice se aproxima de zero, mais longilínea é a bacia e, assim, menor a possibilidade de chuvas abrangerem toda a área de drenagem simultaneamente. Além disso, a bacia se distancia da forma circular perfeita, na qual as embocaduras de seus tributários se concentram numa área menor.

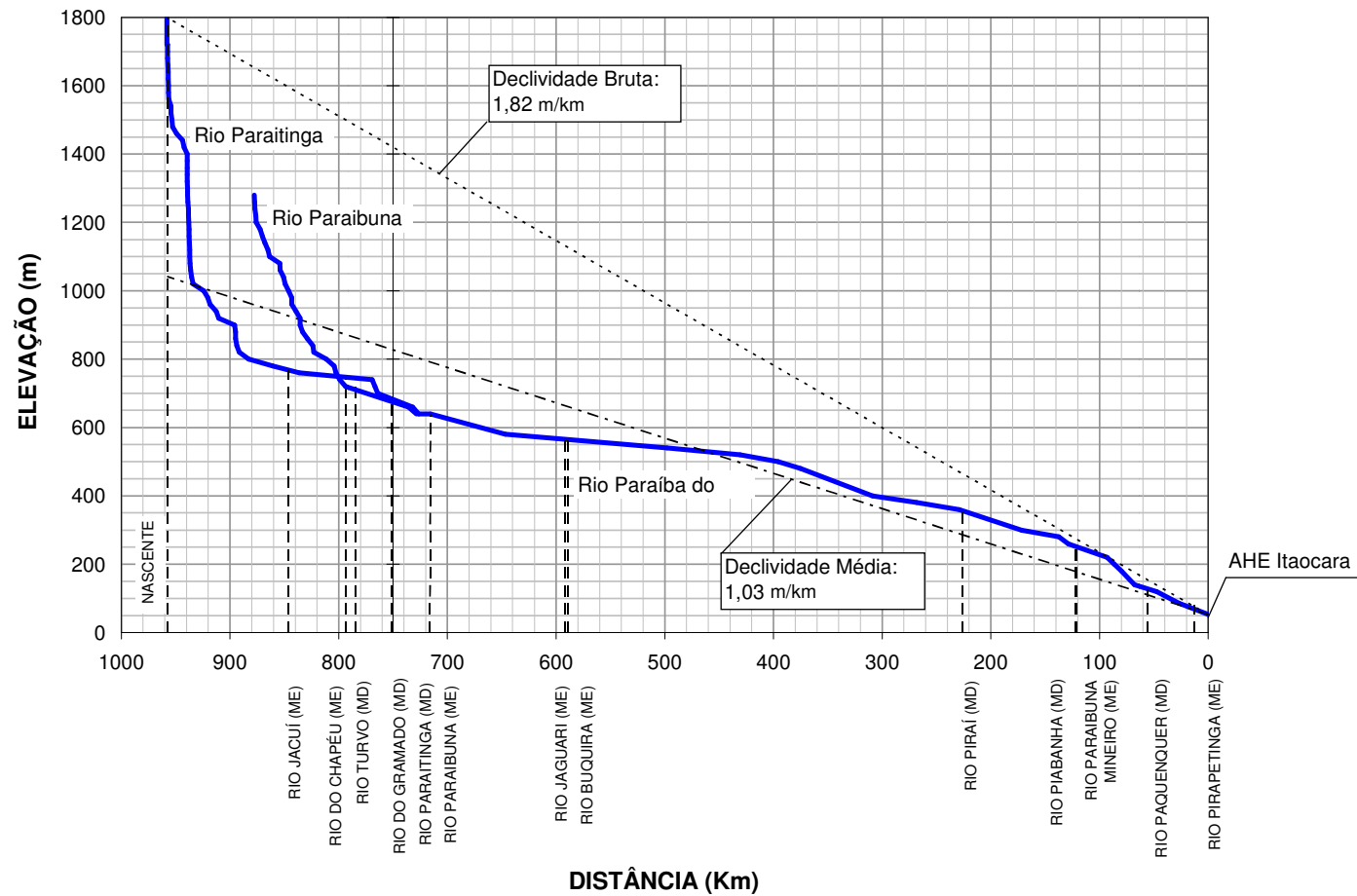
O coeficiente de compacidade, relação entre o perímetro da bacia (1.422 km) e a circunferência de um círculo com área igual à da bacia, equivale a 2,17, valor também indicativo de cheias pouco contundentes, já que a tendência para enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade é o valor desse coeficiente.

##### b) Declividade do Curso do Rio

Para esse cálculo, além do desenho supracitado, foram utilizadas as cartas planialtimétricas editadas pelo IBGE as quais permitiram também o traçado do perfil longitudinal do rio Paraíba do Sul representado na Figura 5.1 seguinte.



**Figura 5.1 - Perfil Longitudinal do Rio Paraíba do Sul em Itacara – UHE Itacara I**



A declividade bruta calculada em 1,82 m/km, equivale à razão entre a diferença de cotas da nascente (1.800 m) e da seção de fechamento (53 m) e o comprimento do rio (958 km).

A declividade média foi estimada de forma a igualar a área abaixo da reta que a representa graficamente em perfil com a área abaixo do perfil longitudinal do rio. O valor obtido que melhor caracteriza a velocidade do escoamento fluvial foi de 1,03 m/km.

#### c) Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem que indica o grau de desenvolvimento da rede hidrográfica é definida pela relação entre a extensão total dos cursos d'água (25.505 km) e a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>). O valor encontrado para a bacia em estudo, equivalente a 0,76 km/km<sup>2</sup>, indica uma drenagem pobre.

#### d) Escoamento Superficial

A extensão média do escoamento superficial, calculada em 330 m, é um índice definido como a média das distâncias percorridas pelo escoamento superficial, caso este se desse em linha reta, até atingindo um curso d'água qualquer.

Sua determinação foi realizada considerando-se uma bacia retangular de área equivalente, drenada por um curso d'água coincidente com o eixo longitudinal do respectivo retângulo, de comprimento igual à extensão total da rede fluvial.

#### e) Largura Média

A largura média, estimada em 35 km, corresponde à razão entre a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>) e o seu comprimento axial (958 km).

#### f) Tempo de Concentração

O tempo de concentração (tc em horas) foi calculado com base na fórmula do "Soil Conservation/USA" abaixo transcrita.

$$T_c = 0,95 (L^3 / H)^{0,385}$$

onde:

H = Diferença entre cotas: (1.747 m);

L = Comprimento do curso d'água principal: (958 km).

Aplicando-se esses valores na fórmula em questão, obtém-se um tempo de concentração de 149 horas.

## 5.1.2 Aspectos Climáticos

### 5.1.2.1 Características Climáticas Regionais

Na bacia do rio Paraíba do Sul existe uma grande variação climática devido às diferenças significativas de altitude e em função de sua posição paralela e próxima à costa, provocando alterações na distribuição temporal e espacial da chuva e da temperatura.

A classificação de Köppen enquadra a bacia em três tipos de clima, Cwa, Cwb e Aw, descritos a seguir:

- O Cwa possui clima mesotérmico, com verões quentes e invernos secos abrangendo regiões com altitudes entre 300 e 700 m. A temperatura média anual varia de 21,8°C a 19,5°C.
- O Cwb caracteriza-se também por clima mesotérmico, porém possui os verões brandos e chuvosos, abrangendo a região das serras. A temperatura média anual variando de 19,8°C a 17,4°C.
- O Aw é caracterizado por clima tropical quente e úmido com estação seca nos meses de outono e inverno. Cerca de 80% a 90% das chuvas acontecem no período de outubro a março. A temperatura média varia de 24,7°C a 21,4°C.

A bacia é influenciada por perturbações extratropicais e sistemas tropicais. As perturbações extratropicais da região são representadas pelas incursões de massas de ar frio, provenientes do sul do continente, a partir de um deslocamento SW/NE. As perturbações tropicais são representadas pelos sistemas convectivos provenientes dos contrastes térmicos sobre o continente. No momento em que as frentes frias associam-se à convecção pré-existente na área, sob a influência de um escoamento NW, ocorrem chuvas intensas no local e aumento do índice pluviométrico. Quando nesses sistemas existe alguma condição de bloqueio, permanecem alguns dias estacionários.

O fluxo de vapor que penetra nesta região através da circulação atmosférica, em situações de chuvas intensas, é oriundo predominantemente de sudoeste, associado às penetrações de massa de ar frio do sul e do noroeste do continente, este, com origem na região Amazônica.

Em determinadas condições atmosféricas configura-se a formação de uma estreita zona de convergência que, em determinados momentos, assemelha-se a uma frente fria de menores proporções. Esta estrutura chama-se linha de instabilidade e é responsável pela formação de nebulosidade cumuliforme, acompanhada de chuvas e trovoadas, em geral de curta duração, no máximo duas horas.

A convecção local apresenta-se também como um mecanismo de formação de nuvens do tipo cumulus que pode provocar chuvas fortes localizadas, geralmente em áreas de 10 a 20 km<sup>2</sup> e de curta duração, entre 30 minutos e 01(uma) hora.

A posição geográfica e a topografia possibilitam um reforço na ascensão adiabática, em associação com a circulação geral e convecção local.

Devido a um aquecimento diferencial de superfície, a convecção provoca uma flutuabilidade do ar quente que tem menor densidade que o ar à sua volta, subindo e se resfriando, gerando condições para a condensação e formação de nuvens. Essa condição de instabilidade, em geral, ocorre em condições tropicais e pode estar associada às condições pré-frontais ou ocorrer devido ao aquecimento diferencial diurno, em regiões com características fisiográficas diversas, como é o caso do vale do Paraíba do Sul.

Os sistemas frontais que, em geral atingem a região, são citados a seguir:

- Sistemas formados no Pacífico Sul que se deslocam no sentido SW-NE, passando pela Cordilheira dos Andes e pela Argentina até atingir o sudoeste do Brasil;
- Sistemas que se desenvolvem no sul e sudoeste do Brasil, associados a vértices ciclônicos ou cavados em altos níveis, chegando pela costa oeste da América do Sul, vindos do Pacífico;
- Sistemas que se organizam no sul e sudoeste do Brasil com intensa convecção, associada à instabilidade causada pelo jato subtropical;
- Sistemas resultantes de ciclogênese e frontagênese, que se organizam no sul do Brasil e norte da Argentina e Paraguai.

A topografia exerce uma grande influência nos padrões climáticos da região, principalmente no que se refere à precipitação e temperatura. As serras do Mar e da Mantiqueira orientam-se quase transversalmente ao escoamento médio da baixa troposfera. Esta situação, junto às discontinuidades das perturbações extratropicais, provoca um aumento considerável do regime pluviométrico em função da altitude. Nos dois rebaixamentos da serra do Mar, observam-se penetrações maiores de zonas de elevada pluviosidade.

A cada 100 metros de elevação, a temperatura decai aproximadamente de 0,6°C a 1,0°C, situação que depende das posições relativas entre o acidente geográfico e a direção predominante do escoamento do ar na baixa troposfera. Nesse caso, o ar em geral, é mais úmido e frio a barlavento e mais seco e quente a sotavento, considerando sempre o mesmo nível topográfico.

#### 5.1.2.2 Parâmetros Climáticos Locais

As principais características climáticas da bacia do rio Paraíba do Sul são ilustradas pelo Desenho G27-DEB-0005.

Esses parâmetros, referentes ao período de 1.961 a 1.990, foram extraídos das “Normais Climatológicas do Brasil/Instituto Nacional de Meteorologia” que constitui a última publicação realizada desses dados.

O estudo em questão contempla: temperaturas características do ar (mínima, média e máxima), umidades relativas, insolação, evaporação e pressão atmosférica.

A estação Itaperuna que dista aproximadamente 56 km do sítio do aproveitamento UHE Itaocara I, foi considerada como a que produz os dados mais representativos das condições climáticas locais.

Para a caracterização do regime pluvial, contudo, foram utilizados os dados disponibilizados no Hidroweb para o posto pluviométrico Santo Antônio de Pádua, localizado no município de mesmo nome, a uma altitude de 70 m. A escolha se justifica por ser essa altitude semelhante à da área do projeto que se situa entre as cotas 53 m e 90 m, e em virtude da maior proximidade, já que está a aproximadamente 17 km do local do Barramento.

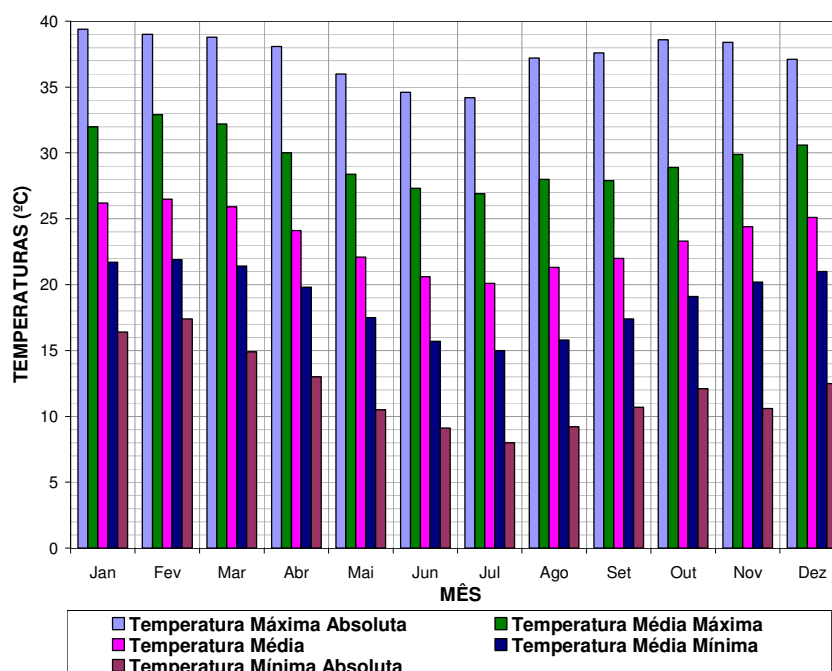
#### a) Temperatura do Ar

A temperatura do ar reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera, combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga escalas.

As temperaturas mais elevadas, como as que ocorrem no verão, conduzem à formação de movimentos verticais ascendentes mais pronunciados (convecção), contribuindo para que ocorram chuvas de volume muito acentuado em curto espaço de tempo.

Na Figura 5.2 mostra-se a variação ao longo do ano das temperaturas do ar.

**Figura 5.2 - Temperaturas do Ar na Estação Itaperuna  
Período: 1.961 a 1.990**



Verifica-se um trimestre mais frio, entre junho e agosto e um mais quente, entre janeiro e março.

A média anual é de 23,5°C e a sua amplitude é de 31,4°C.

A temperatura máxima absoluta medida foi de 39,4°C em 30/01/1.988 e a mínima medida foi de 8,0°C em 20/07/1.969.

## b) Umidade Relativa do Ar

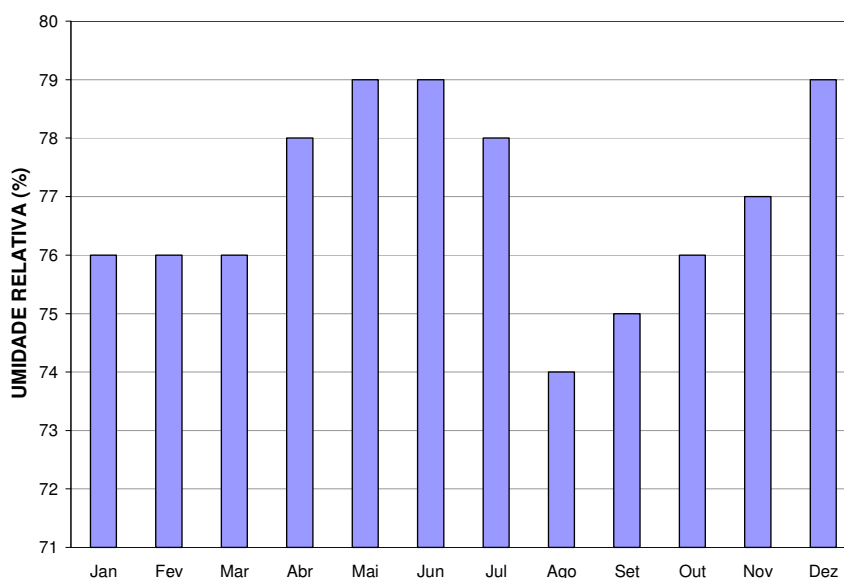
O comportamento da umidade relativa do ar ao longo de um dia pode apresentar variações significativas em função de diversos fatores, como, por exemplo: (i) insolação; (ii) nebulosidade; (iii) direção e velocidade dos ventos e (iv) precipitação pluviométrica.

Em geral, a umidade relativa do ar tende a aumentar à noite e de madrugada, diminuindo gradativamente, à medida que o dia transcorre, após o nascer do sol.

Com a ocorrência de chuvas, e até mesmo após seu término, a umidade relativa do ar tende a aumentar no local. Portanto, uma série de combinações meteorológicas pode ocorrer e, de cada uma delas, resultar diferenciados graus de umidade relativa, dependendo também, das características da superfície e do solo na área de interesse do aproveitamento UHE.

Pode-se observar na Figura 5.3 que as variações das médias mensais desse parâmetro ao longo do ano não são significativas, mantendo-se altas, com valores bem próximos a 80%.

**Figura 5.3 - Umidades Relativas Médias Mensais do Ar na Estação Itaperuna  
Período: 1.961 a 1.990**



A umidade relativa média anual do ar é de 77% e a sua amplitude é de 5%.

Os valores médios mensais mínimos de umidade relativa do ar situam-se nos meses de agosto a outubro, atingindo um mínimo de 74% no mês de agosto.

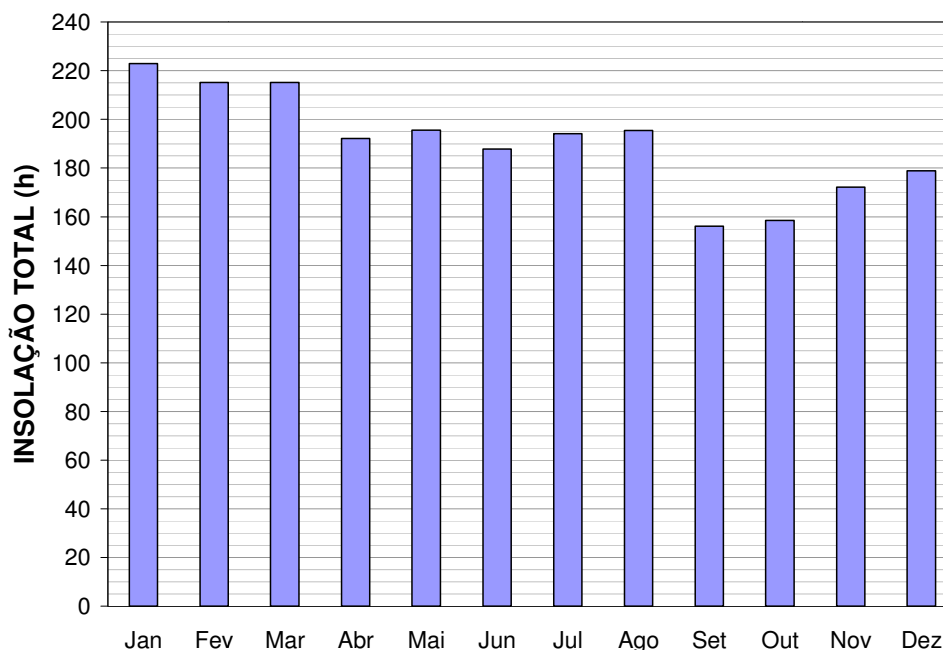
Os valores médios mensais máximos de umidade relativa do ar ocorrem nos meses de abril a julho, atingindo um máximo de 79% em maio e junho.

## c) Insolação

A insolação pode ser entendida como o número de horas de brilho solar. Depende, além dos fatores astronômicos, da nebulosidade e do livre horizonte na trajetória solar do poente.

As características da insolação na região podem ser visualizadas na Figura 5.4.

**Figura 5.4 - Insolação Média Mensal na Estação Itaperuna  
Período: 1.961 a 1.990**



Verifica-se que a insolação média mensal local é de aproximadamente 190 horas e o seu total anual é de aproximadamente 2.284 horas.

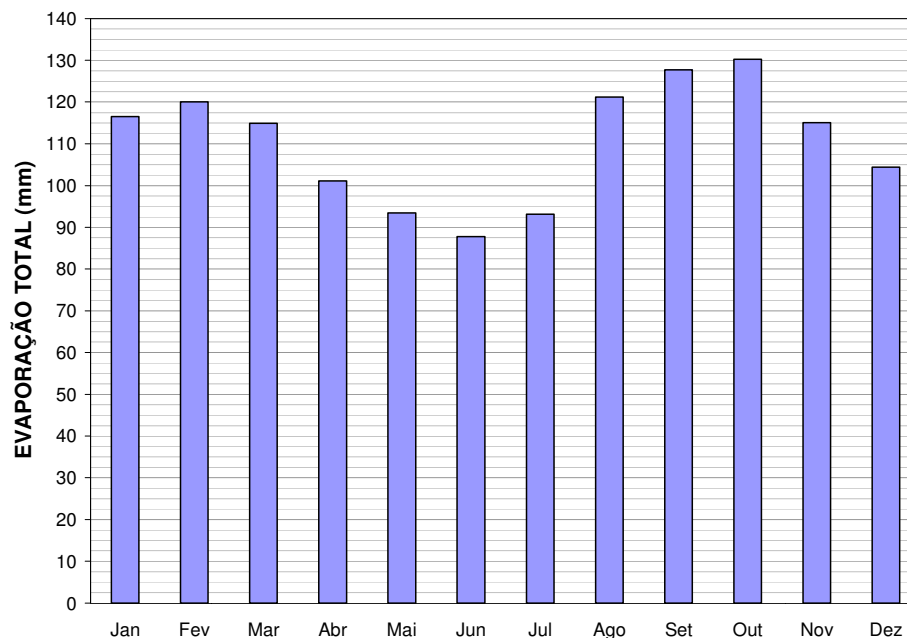
O maior número de horas de brilho solar situa-se no trimestre de janeiro a março, no verão, alcançando aproximadamente 223 horas, em média, no mês de janeiro. Os valores médios mínimos situam-se no trimestre de setembro a novembro, na primavera, sendo o mês de setembro com 156 horas em média, o de menor insolação.

#### d) Evaporação Total

O parâmetro de evaporação total dá indicações da transferência de água do meio físico para a atmosfera.

As características de evaporação podem ser visualizadas na Figura 5.5.

**Figura 5.5 - Alturas de Evaporação Médias Mensais na Estação Itaperuna  
Período: 1.961 a 1.990**



Observa-se que a evaporação média mensal local é de aproximadamente 110 mm e o seu total anual médio é de aproximadamente 1.326 mm.

As menores alturas de evaporação mensal situam-se entre maio e julho, com um mínimo de 87,8 mm em junho. As maiores ocorrem nos meses de agosto a outubro, atingindo um máximo de 130 mm em outubro.

#### e) Evaporação Líquida

As alturas de evaporação líquida médias no reservatório, ou seja, o saldo entre evaporação de superfície líquida e evapotranspiração na bacia hidráulica, foram calculadas pelo programa SisEvapo v 1.0 desenvolvido pelo Operador Nacional de Sistema Elétrico/ONS. A descrição do modelo SisEvapo encontra-se no Anexo correspondente aos “Estudos Hidrometeorológicos”.

As características da evaporação líquida no reservatório em estudo podem ser visualizadas na Tabela 5.1.



**Tabela 5.1 - Alturas de Evaporação Líquida Médias no Reservatório**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Altura (mm)	-15	0	47	75	77	58	35	-5	-6	-7	-16	-15	228

Para o cálculo no programa SisEvapo, foram considerados os dados das estações Itaperuna/RJ (02141045), Cordeiro/RJ (02242074), Vassouras/RJ (2243151) e Cataguases/MG (02142050). Tentou-se utilizar a estação de Coronel Pacheco/MG (2143061), mais próxima do local em estudo. Porém, no resultado obtido para aUHE de Itaocara I, continha uma observação de que os dados eram duvidosos e deveriam ser reavaliados com nova superfície, optando-se pela utilização dos dados da estação de Vassouras.

f) Vento

O vento resulta do deslocamento de massas de ar, derivado dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas, sendo influenciado por efeitos locais, como, por exemplo, o orográfico.

A direção e a velocidade dos ventos estão associadas às diversas escalas de circulação atmosférica, apresentando significativa interatividade espacial e uma nítida variabilidade temporal.

Na região em estudo, pode-se destacar como os mais representativos, os ventos do quadrante oeste que ocorrem entre meados da primavera e meados do outono, trazidos por linhas de instabilidade tropical (IT) que é a porção dianteira de um distúrbio em mesoescala. O ar de convergência dinâmica no seio de uma IT acarreta, geralmente, chuvas de até 30 mm em meia hora e trovoadas. Ocorrem, ocasionalmente, granizo e ventos moderados e fortes com rajadas de curta duração que atingem velocidades de 60 a 90 km/h.

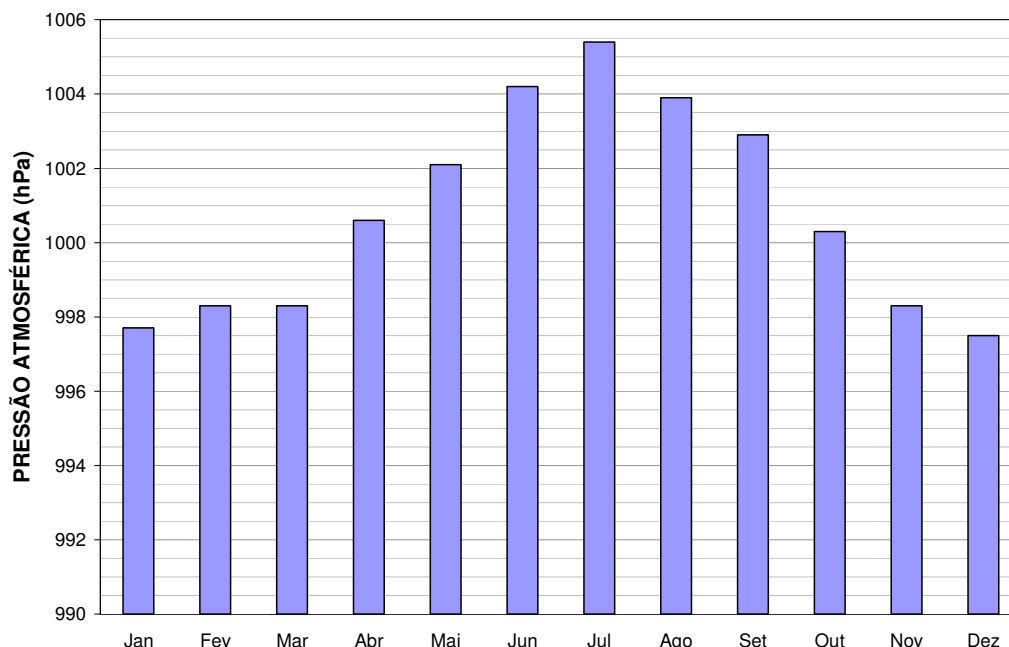
Tais fenômenos são mais frequentes no verão em decorrência da baixa generalizada de pressão, devida ao intenso aquecimento no interior do continente.

g) Pressão Atmosférica

Do ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas migratórios e locais.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica são maiores no inverno do que no verão, como pode ser observado na Figura 5.6, graças à interação de diversos fatores, tais como os astronômicos e as maiores intensidades das massas polares migratórias.

**Figura 5.6 - Pressões Atmosféricas Médias Mensais na Estação Itaperuna  
Período: 1.961 a 1.990**



No verão, o mais intenso aquecimento solar à superfície cria forças de flutuação que induzem a movimentos verticais ascendentes, com ou sem a formação de nuvens, reduzindo, portanto, os valores da pressão atmosférica à superfície.

Pode-se verificar que a pressão atmosférica média anual local é de aproximadamente 1.001 hPa e sua amplitude é de 7,9 hPa.

Os maiores valores médios mensais de pressão atmosférica ocorrem nos meses de junho a agosto, atingindo um máximo de 1.005 hPa no mês de julho e os menores valores nos meses de novembro a março, chegando a um mínimo de aproximadamente 998 hPa.

#### h) Precipitação Pluviométrica

A caracterização desse parâmetro foi realizada, como explicado anteriormente, utilizando-se dados do posto Santo Antônio de Pádua, os quais foram obtidos no Hidroweb em 29/06/2.009. Foram empregadas informações para o período de 1.968 a 2.008, desconsiderando os anos 1.969, 1.974, 1.975, 1.978 a 1.981, 1.996 a 2.000 e 2.006, pois possuem falhas em pelo menos um dos meses. Ao todo foram utilizados 28 anos de observação.

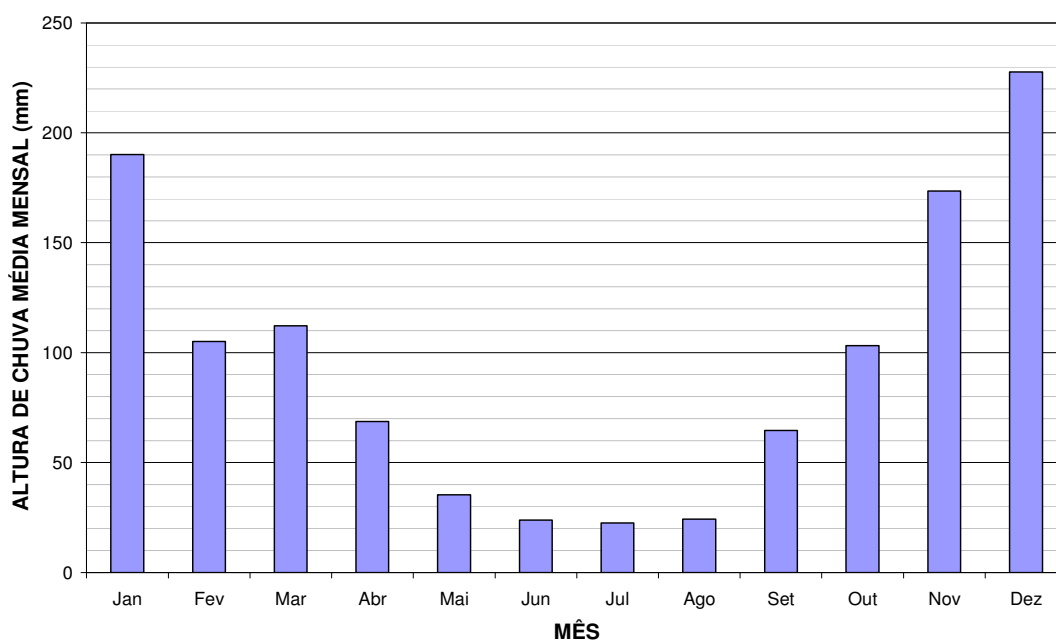
A precipitação pluviométrica anual, no posto em questão, varia entre 621 mm e 1.728 mm, apresentando uma média de 1.151 mm para o período de dados considerados, valores esses que são consistentes com o mapa de isoietas médias anuais, elaborado em 2.001 pela CPRM/Serviço Geológico do Brasil, reproduzido no desenho G27-DEB-0006.

Apresenta-se, na Tabela 5.2, a distribuição das alturas de chuva extremas médias de cada mês do ano e, na Figura 5.7, o hietograma médio mensal.

**Tabela 5.2 - Alturas de Chuva Extremas e Médias Mensais no Posto Santo Antônio de Pádua (mm)  
Período: 1.968 a 2.008**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mínima	26,8	1,0	10,3	1,8	1,0	0,0	0,6	0,0	0,0	18,0	57,9	71,9	620,7
Média	190,2	105,1	112,3	68,7	35,3	23,9	22,5	24,3	64,6	103,2	173,5	227,7	1151,4
Máxima	497,3	234,4	277,6	191,3	139,0	88,4	97,0	103,4	177,5	256,8	301,2	381,4	1728,2

**Figura 5.7 - Hietograma Médio Mensal do Posto Santo Antônio de Pádua  
Período: 1.968 a 2.008**



Nota-se que o período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a janeiro com índice superior a 170 mm.

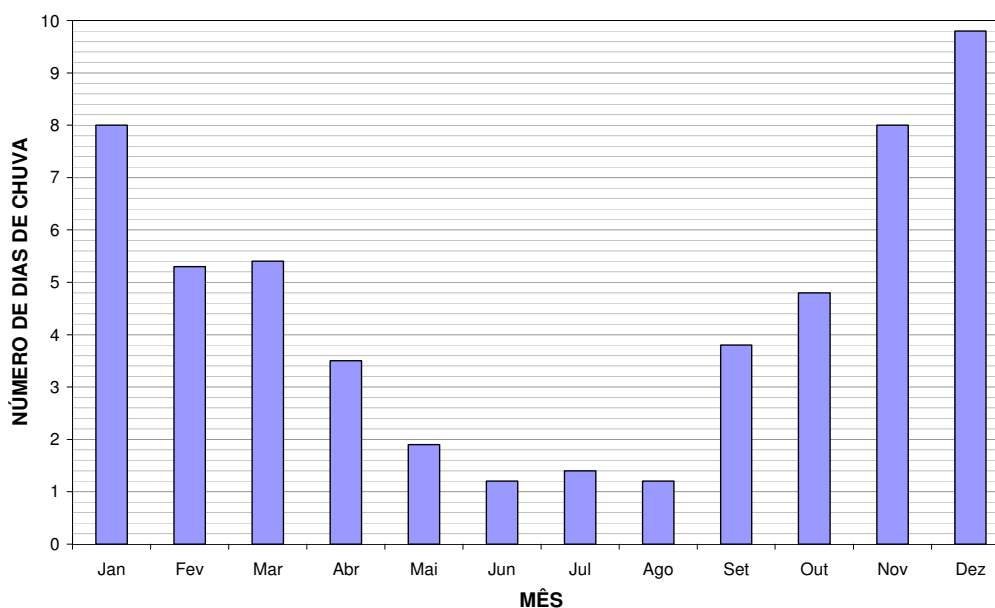
A estiagem inicia-se em abril e estende-se até setembro, com os meses mais secos no trimestre junho-agosto, com índice mensal inferior a 25 mm.

Na Tabela 5.3 observa-se o número de dias de chuva e, na Figura 5.8, o número de dias de chuva médios, em cada mês, sendo considerados como dias de chuva aqueles com precipitação maior ou igual a 5 mm.

**Tabela 5.3 - Número de Dias de Chuva no Posto Santo Antônio de Pádua  
Período: 1.968 a 2.008**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mínima	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	5	13
Média	8	5,3	5,4	3,5	1,9	1,2	1,4	1,2	3,8	4,8	8	9,8	54
Máxima	16	10	13	10	6	6	4	4	10	9	15	16	119

**Figura 5.8 - Número Médio de Dias de Chuva no Posto Santo Antônio de Pádua  
Período: 1.968 a 2.008**



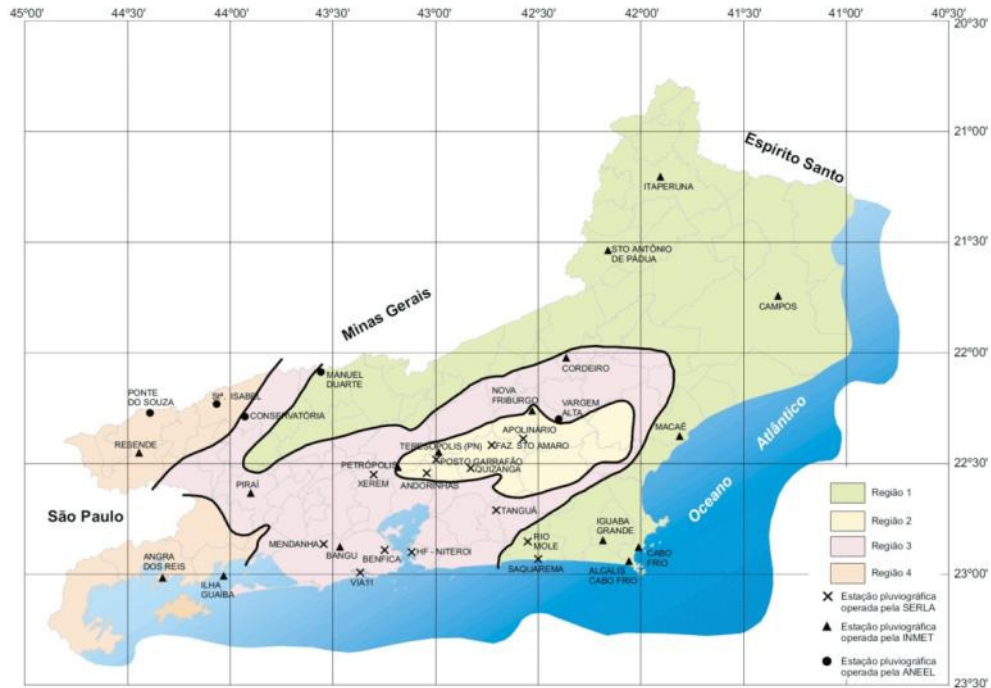
Da análise da Tabela 5.3 e da Figura 5.8 verifica-se que:

- Ocorrem, em média, 54 dias com chuva, por ano, o que corresponde a cerca de 15% do tempo;
- Em média, os meses com maior incidência de dias chuvosos localizam-se no trimestre novembro-janeiro, quando cerca de 29% dos dias são chuvosos;
- No trimestre mais seco junho – agosto, apenas 4% dos dias são chuvosos.

### 5.1.3 Chuvas Intensas e Precipitação Máxima Provável

Para a definição das equações do tipo IDF (Intensidade-Duração-Frequência) empregou-se o “Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro”, elaborado em 2.000 pela CPRM/ Serviço Geológico do Brasil. Segundo esse estudo, o posto Santo Antônio de Pádua, cuja utilização é justificada no item 5.1.2.1, pertence à região homogênea 1, conforme mapa mostrado na Figura 5.9. Nessa região foram avaliados os dados de 10(dez) estações com períodos variáveis entre 1.922 a 1.999.

**Figura 5.9 - Regiões Pluviométricas Homogêneas do Rio de Janeiro**



Para essa região, onde também se situa a UHE Itaocara I, as equações IDF válidas são:

$$\hat{I}_{T,d,J} = 44,888 d^{-0,385} P_J^{0,244} \mu_{T,d}, \text{ para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1 \text{ h}$$

$$\hat{I}_{T,d,J} = 81,432 d^{-0,771} P_J^{0,371} \mu_{T,d}, \text{ para } T \leq 100 \text{ e } 1 \text{ h} \leq d \leq 24 \text{ h}$$

onde:

$\hat{I}_{T,d,J}$  = intensidade de chuva (mm/h);

T = período de retorno (anos);

d = duração da precipitação (min);

$P_J$  = precipitação média anual (mm) no local J, dentro da região homogênea;

$\mu_{T,d}$  = quantis adimensionais de frequência e validade regional, associados a T e d, obtidos de acordo com a Tabela 5.4.

**Tabela 5.4 - Quantis Adimensionais de Frequência  
Região Homogênea 1**

Duração	Período de Retorno (anos)			
	5	10	20	50
5 min	1,1000	1,2616	1,4451	1,7444
10 min	1,1117	1,2901	1,4918	1,8193
15 min	1,1059	1,2896	1,5019	1,855
30 min	1,1223	1,3142	1,5301	1,8794
45 min	1,1249	1,3188	1,5365	1,8876
60 min (1 h)	1,1201	1,3166	1,5404	1,9068
120 min (2 h)	1,1076	1,3181	1,5689	1,9994
180 min (3 h)	1,1055	1,3158	1,5671	2,0001
240 min (4 h)	1,1128	1,3244	1,5741	1,9986
480 min (8 h)	1,1161	1,3206	1,5579	1,9543
840 min (14 h)	1,1205	1,3236	1,5567	1,9418
1.440 min (24 h)	1,1318	1,3393	1,5733	1,9525

A precipitação média anual ( $P_j$ ) considerada é de 1.151 mm, de acordo com a Tabela 5.2 do item 5.1.2.2.

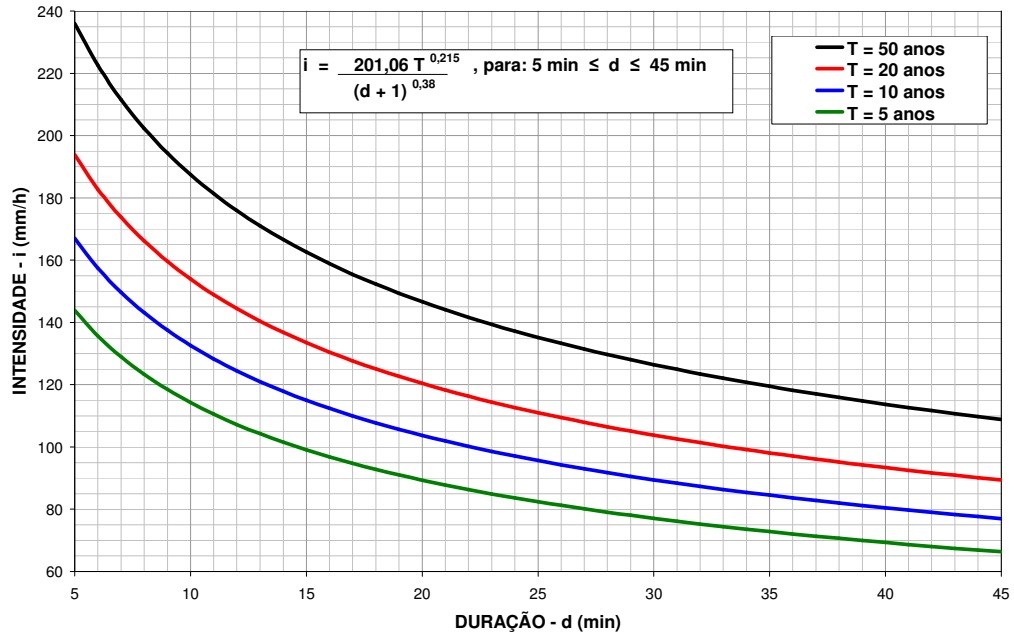
Empregando-se esses dados e as equações IDF, foram obtidas as intensidades de chuva relacionadas na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5 - Intensidades de Chuva em Santo Antônio de Pádua (mm/h)**

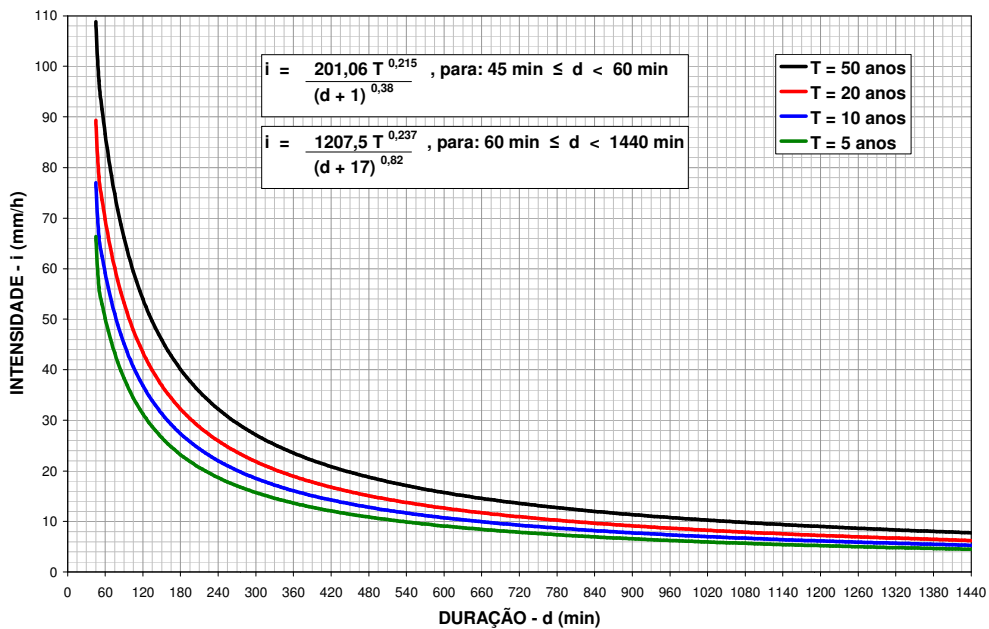
Duração (min)	Período de Retorno (anos)			
	5	10	20	50
5 min	148,0	170,0	195,0	235,0
10 min	115,0	133,0	154,0	188,0
15 min	97,7	114,0	133,0	164,0
30 min	75,9	88,9	104,0	127,0
45 min	65,1	76,3	88,9	109,0
60 min (1 h)	53,1	62,4	73,0	90,3
120 min (2 h)	30,7	36,6	43,6	55,5
180 min (3 h)	22,4	26,7	31,8	40,6
240 min (4 h)	18,1	21,5	25,6	32,5
480 min (8 h)	10,6	12,6	14,9	18,6
840 min (14 h)	6,9	8,2	9,6	12,0
1.440 min (24 h)	4,6	5,5	6,4	8,0

Utilizando-se esses dados foram caracterizadas as equações das chuvas intensas locais, constantes das Figura 5.10 e Figura 5.11.

**Figura 5.10 - Curvas Intensidade-Duração-Frequência Para Durações Inferiores a 45 Minutos - Posto Santo Antônio de Pádua**



**Figura 5.11 - Curvas Intensidade-Duração-Frequência Para Durações Superiores a 45 Minutos - Posto Santo Antônio de Pádua**



#### 5.1.4 Série de Vazões

Este item tem como finalidade apresentar, sucintamente, o estudo desenvolvido para definição da série de vazões médias mensais de longo termo afluentes à UHE Itaocara I, onde a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul apresenta área de 33.680 km<sup>2</sup>. Nele foram adotadas, como dados básicos, as séries de vazões naturais e de usos consuntivos locais, estabelecidas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico/ONS. Essas informações foram processadas pela LIGHT, de forma a considerar os efeitos da operação dos reservatórios existentes a montante, obtendo-se, assim, dados de vazões regularizadas no eixo do aproveitamento UHE Itaocara I.

##### 5.1.4.1 Considerações Iniciais

A implantação de usinas hidrelétricas é uma realidade na bacia do rio Paraíba do Sul, com cerca de 800 MW de potência já instalados, distribuídos em cerca de 30 usinas hidrelétricas de diversos portes, incluindo as pequenas centrais hidrelétricas.

Além disso, as águas transpostas para a vertente atlântica da serra do Mar, através da Usina Elevatória – UEL Santa Cecília, contribuem para geração de energia elétrica no Complexo Hidrelétrico de Lajes, com mais 850 MW de potência instalada.

Os aproveitamentos hidrelétricos instalados na bacia hidrográfica a montante de Itaocara alteraram o comportamento fluvial natural no local do empreendimento. Entre eles, a usina de Ilha dos Pombos, que começou a operar em 1924, é o mais antigo aproveitamento hidrelétrico localizado no rio Paraíba do Sul, sendo também o mais próximo. Com uma área de drenagem de aproximadamente 32.265 km<sup>2</sup>, controla 95% da área contribuinte à barragem de Itaocara.

A usina de Ilha dos Pombos opera a fio d'água, isto é, sem realizar regularização de vazões, de modo que as vazões médias diárias e mensais no rio Paraíba do Sul não sofrem alteração significativa, permanecendo bem semelhantes às vazões afluentes.

Posteriormente, em 1952, foi implantada a UEL Santa Cecília, com capacidade de captar e transpor vazões do rio Paraíba do Sul até a vazão máxima bombeada de 160 m<sup>3</sup>/s. No eixo da barragem de Santa Cecília, a área de drenagem é 16.609 km<sup>2</sup>, o que equivale a 50% da área total afluente à barragem da UHE Itaocara I. A transposição de vazões para a bacia do rio Guandu resultou em alteração significativa do comportamento das vazões do rio Paraíba do Sul a jusante.

Em 1969, entrou em operação a UHE Funil, situada pouco a montante da UEL Santa Cecília, em local com 13.400 km<sup>2</sup> de área de drenagem, equivalente a 40% da área afluente a Itaocara. O reservatório dessa usina tem capacidade para regularizar vazões, de modo que também provocou uma alteração no comportamento fluvial a jusante. Além disso, a capacidade de regularização do reservatório de Funil é ainda potencializada pelos reservatórios de Paraibuna-Paraitinga e Jaguari, situados a montante, nas sub-bacias do Alto Vale e Médio Vale Superior do Paraíba.



As outras usinas hidrelétricas implantadas na bacia do rio Paraíba do Sul não interferem significativamente no comportamento das vazões no trecho fluvial da UHE Itaocara I pelas seguintes razões: por operarem a fio d'água; por controlarem áreas de drenagem relativamente pequenas; ou por estarem localizadas em afluentes com desemboque a jusante de Itaocara, como é o caso das usinas dos rios Pomba e Muriaé.

Os reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos Paraibuna-Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil são operados com a finalidade principal de regularização das vazões afluentes à UEL Santa Cecília, cujas vazões bombeadas suprem as usinas hidrelétricas do Complexo de Lajes (Nilo Peçanha, Fontes Nova, Pereira Passos) e o abastecimento público de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Nesta operação, de acordo com a legislação vigente, precisam ser garantidas vazões mínimas no rio Paraíba do Sul a jusante da UEL Santa Cecília e no Ribeirão das Lajes a jusante da UHE Pereira Passos.

Atualmente, a operação do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul e do Complexo de Lajes é praticada conforme as regras operativas estabelecidas na Resolução ANA no 211/2003, com ajustes temporários decorrentes de condições hidrológicas críticas desfavoráveis.

A vazão mínima liberada para jusante (defluência) na UEL Santa Cecília deveria ser 90 m<sup>3</sup>/s, conforme estabelecido pelo Decreto nº 68.324/71, que aprovou o Plano de Regularização do Rio Paraíba do Sul. Posteriormente, o Decreto nº 81.436/78, definiu que aquela defluência mínima poderia ser de 71 m<sup>3</sup>/s sob condições hidrológicamente desfavoráveis.

Recentemente, a Resolução ANA nº 211/03 estabeleceu uma defluência mínima de 71 m<sup>3</sup>/s e também um bombeamento mínimo de 119 m<sup>3</sup>/s, para a UEL Santa Cecília. Na vertente atlântica, para a UHE Pereira Passos, que faz parte do Complexo de Lajes, a vazão mínima liberada foi definida como 120 m<sup>3</sup>/s, para atendimento dos requisitos do rio Guandu que abastece a Região Metropolitana. A Resolução ANA nº 211/03 define também que, quando a vazão incremental entre a UHE Funil e a UEL Santa Cecília for maior que 110 m<sup>3</sup>/s, a vazão emergencial de 71 m<sup>3</sup>/s a jusante de Santa Cecília deverá ser gradativamente aumentada, até atingir o limite da vazão mínima normal de 90 m<sup>3</sup>/s.

A Figura 5.12 apresenta um esquema da bacia do Rio Paraíba do Sul com as regras de transformações de vazões.



O setor elétrico tem adotado o termo vazão natural para identificar a vazão que ocorreria em uma seção do rio, se não houvesse as ações antrópicas na sua bacia contribuinte — tais como regularizações de vazões realizadas por reservatórios, desvios de água, evaporações em reservatórios e usos consuntivos (irrigação, criação animal e abastecimentos urbano, rural e industrial). A vazão natural é obtida por meio de um processo de reconstituição, que considera a vazão observada no local e as informações relativas às ações antrópicas na bacia.

A Resolução ANA nº. 1.404 de 26 de novembro de 2013, na qual foi declarada a reserva de disponibilidade hídrica na seção do rio Paraíba do Sul onde será implantada a UHE Itacara I, apresenta em seu Anexo I a série de vazões médias mensais naturais afluentes compreendendo o período de janeiro de 1931 a dezembro de 2011.

Para este estudo buscou-se estender a série de vazões até o ano de 2012. Dessa forma, através do relatório “Atualização de Séries Históricas de Vazões – Período 1931 a 2012” (ONS, 2013) são apresentadas as séries de vazões naturais dos aproveitamentos em operação e em expansão com horizonte até 2018, na qual é incluída a UHE Itacara I. A Tabela 5.6 a seguir apresenta a série de vazões naturais na UHE Itacara I, obtida conforme a metodologia e os modelos desenvolvidos no âmbito do Estudo do ONS até 2012.

**Tabela 5.6–Série de vazões naturais (m<sup>3</sup>/s) na UHE Itacara I**

UHE Itacara I													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	1.090	2.240	1.737	1.120	708	552	464	387	400	534	554	936	894
1932	1.466	1.277	1.158	685	640	593	411	384	368	485	557	1.198	769
1933	1.391	816	748	520	469	386	324	273	306	454	514	951	596
1934	1.414	710	767	553	397	316	270	230	251	277	266	896	529
1935	944	1.921	1.123	762	542	437	347	309	319	528	413	411	671
1936	412	589	1.542	952	522	377	318	291	359	315	361	758	566
1937	1.348	1.397	774	675	648	446	330	264	233	447	622	1.491	723
1938	1.363	1.208	1.099	823	608	498	396	439	385	530	658	915	744
1939	1.136	1.094	730	809	519	394	326	277	257	291	388	662	574
1940	1.179	1.525	1.278	690	498	410	303	255	259	382	706	822	692
1941	938	666	815	671	428	360	356	238	488	573	605	1.026	597
1942	1.000	896	1.174	740	589	445	438	298	315	402	585	1.009	658
1943	1.886	1.495	1.195	777	551	457	362	342	328	547	556	937	786
1944	935	1.507	1.784	908	622	478	403	315	267	286	376	586	706
1945	947	1.501	930	870	566	483	528	314	286	263	465	858	668
1946	1.783	921	989	807	532	430	354	283	229	383	508	543	647
1947	1.517	1.685	2.708	1.245	821	585	670	537	590	632	752	1.255	1.083
1948	1.218	1.534	1.707	1.075	704	575	452	432	354	429	568	985	836
1949	1.262	1.619	1.062	761	560	492	394	312	286	375	483	760	697
1950	1.479	1.862	1.374	1.092	792	592	454	351	303	439	719	1.124	882
1951	1.197	1.390	1.626	1.153	642	533	487	381	335	353	373	674	762
1952	1.201	1.517	1.831	1.019	569	679	488	432	472	450	659	845	847
1953	569	735	632	683	500	353	356	313	281	370	606	718	510
1954	506	660	562	556	509	405	288	232	205	267	317	385	408
1955	887	507	527	475	334	293	220	183	188	204	350	651	402
1956	659	490	837	534	437	436	312	374	278	303	384	721	480
1957	834	886	1.245	1.187	609	448	380	314	420	315	555	730	660
1958	541	928	828	684	672	582	432	321	376	426	642	816	604
1959	1.280	764	1.019	896	498	377	306	313	249	267	561	560	591
1960	796	1.093	1.658	788	577	460	390	354	298	318	463	819	668
1961	1.782	1.892	1.932	1.078	792	566	441	373	305	282	375	578	866
1962	907	1.829	1.168	718	533	417	342	318	365	477	714	959	729
1963	1.032	1.089	797	515	363	309	271	241	195	226	389	287	476
1964	604	1.284	729	506	415	311	328	252	225	366	412	672	509
1965	1.296	1.671	1.307	744	769	537	467	377	302	539	684	879	798
1966	2.118	898	1.323	910	653	473	398	365	343	444	1.067	1.127	843
1967	2.161	2.396	2.122	1.235	772	638	529	414	382	401	695	940	1.057
1968	1.089	745	861	623	437	360	324	321	314	308	275	611	522
1969	852	767	799	622	375	355	289	287	249	346	677	918	545
1970	879	861	919	566	412	334	347	296	465	439	512	533	547
1971	553	314	665	466	355	377	302	249	333	470	607	991	474
1972	888	1.141	1.271	743	483	383	371	365	370	536	701	777	669
1973	1.157	1.305	805	851	612	439	401	351	319	429	705	919	691
1974	1.213	851	1.001	874	521	467	409	311	272	321	332	745	610
1975	1.217	1.142	879	609	429	350	321	248	220	365	645	951	615
1976	862	908	909	773	587	612	621	498	567	638	727	974	723
1977	1.132	903	587	705	459	381	300	254	343	321	527	952	572
1978	1.276	830	854	526	428	425	339	269	239	240	459	583	539
1979	727	1.344	920	587	489	381	354	349	430	344	692	787	617
1980	1.185	977	692	827	457	390	381	327	324	378	523	878	612
1981	1.293	838	780	639	459	401	347	308	252	390	699	1.062	622
1982	1.189	837	1.460	1.106	620	528	462	424	335	452	533	1.101	754

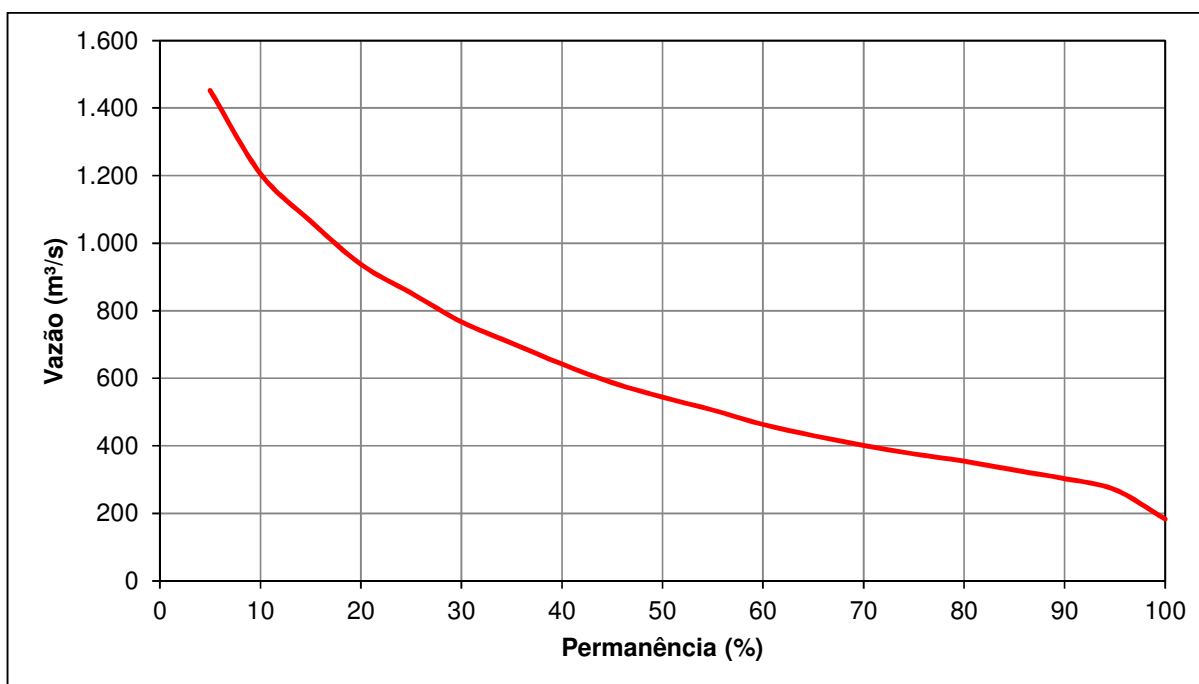
1983	1.728	1.335	1.233	1.109	811	1.431	785	560	1.049	1.003	1.089	1.374	<b>1.126</b>
1984	1.166	721	650	689	676	430	355	358	345	317	337	522	<b>547</b>
1985	1.449	1.749	1.705	972	681	512	421	354	383	334	437	629	<b>802</b>
1986	899	1.000	1.150	633	496	405	362	403	324	288	337	976	<b>606</b>
1987	1.043	1.109	750	973	707	624	437	336	403	366	372	741	<b>655</b>
1988	908	1.819	1.283	820	734	658	452	408	372	427	576	583	<b>753</b>
1989	1.145	1.250	1.256	849	580	547	442	468	411	378	436	648	<b>701</b>
1990	695	390	673	597	441	359	372	348	400	422	409	393	<b>458</b>
1991	1.040	1.165	1.048	1.267	718	467	455	373	344	559	395	477	<b>692</b>
1992	1.275	776	681	520	489	371	376	322	465	535	782	842	<b>620</b>
1993	657	924	1.012	883	545	533	398	345	388	454	368	468	<b>581</b>
1994	853	615	930	813	683	442	340	286	235	235	384	722	<b>545</b>
1995	612	1.598	765	563	436	329	331	255	226	504	643	737	<b>583</b>
1996	1.378	1.298	1.606	931	622	481	402	362	623	451	988	959	<b>842</b>
1997	1.642	1.063	970	631	487	504	378	329	293	395	540	689	<b>660</b>
1998	737	1.015	763	560	458	356	299	276	293	526	528	600	<b>534</b>
1999	1.250	1.140	1.032	629	427	420	375	300	284	280	347	665	<b>596</b>
2000	1.326	970	808	722	406	334	331	309	419	287	430	747	<b>591</b>
2001	796	867	620	565	368	291	254	234	256	333	386	592	<b>464</b>
2002	989	1.247	744	494	407	303	287	258	274	205	464	847	<b>543</b>
2003	1.172	902	749	514	381	311	280	257	262	367	506	664	<b>530</b>
2004	939	1.096	1.093	975	660	615	531	393	303	400	493	934	<b>703</b>
2005	1.261	1.348	986	836	626	533	452	359	364	359	546	899	<b>714</b>
2006	715	1.178	792	577	426	348	314	281	291	446	666	1.021	<b>588</b>
2007	1.724	999	591	492	419	352	332	287	208	285	562	579	<b>569</b>
2008	708	1.418	1.246	1.070	641	514	381	371	319	440	758	1.182	<b>754</b>
2009	1.413	1.805	1.115	863	590	510	477	453	455	729	866	1.513	<b>899</b>
2010	1.770	987	1.318	1.068	642	494	493	358	322	407	702	1.453	<b>835</b>
2011	1.804	814	1.476	1.003	624	511	419	360	298	403	501	997	<b>768</b>
2012	1.480	857	636	576	566	531	409	306	257	268	432	560	<b>573</b>
<b>Mínima</b>	<b>412</b>	<b>314</b>	<b>527</b>	<b>466</b>	<b>334</b>	<b>291</b>	<b>220</b>	<b>183</b>	<b>188</b>	<b>204</b>	<b>266</b>	<b>287</b>	<b>402</b>
<b>Média</b>	<b>1.136</b>	<b>1.143</b>	<b>1.072</b>	<b>780</b>	<b>552</b>	<b>461</b>	<b>388</b>	<b>332</b>	<b>338</b>	<b>402</b>	<b>546</b>	<b>820</b>	<b>664</b>
<b>Máxima</b>	<b>2.161</b>	<b>2.396</b>	<b>2.708</b>	<b>1.267</b>	<b>821</b>	<b>1.431</b>	<b>785</b>	<b>560</b>	<b>1.049</b>	<b>1.003</b>	<b>1.089</b>	<b>1.513</b>	<b>1.126</b>

As permanências das vazões naturais no local do aproveitamento estão apresentadas na Tabela 5.7 e na Figura 5.13.

**Tabela 5.7–Permanência das vazões médias mensais naturais na UHE Itacara I**

Permanência (%)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Permanência (%)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
5	1.452	55	506
10	1.206	60	463
15	1.065	65	430
20	937	70	401
25	852	75	376
30	767	80	355
35	704	85	328
40	642	90	303
45	587	95	270
50	544	100	183

**Figura 5.13 – Curva de permanência das vazões médias mensais naturais na UHE Itacara I**



Nessa série histórica de 82 anos, a vazão média do rio Paraíba do Sul no local do aproveitamento foi 664 m<sup>3</sup>/s. A maior vazão média mensal foi 2.708 m<sup>3</sup>/s, ocorrida em março de 1947, e o menor valor médio mensal foi 183 m<sup>3</sup>/s, em agosto de 1955.

Como acontece de maneira geral por toda a bacia do Paraíba do Sul, o ano hidrológico em Itaocara inicia em outubro e se estende até setembro do ano seguinte, quando são registrados os níveis mais baixos no rio. O período de cheias acontece entre dezembro e abril.

### 5.1.5 Vazões Máximas

Conforme estabelecido no Projeto Básico (PCE, 2009), em virtude das diferentes necessidades de dimensionamento hidráulico, os estudos das vazões máximas foram realizados considerando-se dados anuais e de estiagens. Para isso, foram utilizadas vazões médias diárias do rio Paraíba do Sul observadas no posto fluviométrico Anta, obtidas no banco de dados Hidroweb.

#### 5.1.5.1 Vazões de Cheia no Posto Fluviométrico

Foi realizada a análise estatística das vazões máximas do posto fluviométrico Anta, que é aquele mais próximo do sítio da UHE Itaocara I e com maior histórico de dados. Para desconsiderar o efeito do amortecimento de cheias na UHE Funil nos dados do posto Anta, num critério de segurança, as vazões máximas mensais a partir de dezembro de 1969, início da operação da referida usina, foram obtidas através da correlação com posto Queluz, localizado a montante da UHE Funil. Em seguida, para cada ano hidrológico foi identificada a vazão média diária máxima do posto Anta, conforme relacionado na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8 - Vazões máximas diárias máximas anuais no posto fluviométrico Anta**

Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)
1931	3.046	1959	1.718	1987	2.124
1932	3.022	1960	2.194	1988	1.865
1933	1.983	1961	2.184	1989	1.748
1934	2.223	1962	2.350	1990	1.239
1935	2.670	1963	1.215	1991	2.508
1936	2.156	1964	2.460	1992	2.643
1937	2.165	1965	2.002	1993	2.034
1938	4.214	1966	4.182	1994	887
1939	2.108	1967	3.226	1995	2.059
1940	2.060	1968	1.104	1996	2.379
1941	2.079	1969	2.204	1997	1.945
1942	1.594	1970	1.598	1998	1.314
1943	4.183	1971	987	1999	1.663
1944	2.460	1972	1.513	2000	4.881
1945	2.530	1973	1.458	2001	1.260
1946	3.382	1974	2.221	2002	1.714
1947	4.672	1975	878	2003	1.295
1948	2.540	1976	1.534	2004	1.895
1949	2.069	1977	1.437	2005	2.298
1950	2.136	1978	1.270	2006	1.783

1951	1.882	1979	932	2007	1.249
1952	2.031	1980	1.384	2008	2.071
1953	1.324	1981	1.644	2009	2.106
1954	889	1982	1.021	2010	2.439
1955	1.311	1983	1.982	2011	2.693
1956	1.566	1984	1.920	2012	1.643
1957	1.882	1985	1.038		
1958	1.298	1986	1.234		

A seleção da distribuição de probabilidades a ser empregada na análise desses dados foi realizada seguindo as recomendações contidas no “Guia para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedouro” (MME-ELETROBRÁS, 1987) que preconiza a utilização da distribuição de Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5, caso dos dados em análise, conforme se pode constatar da inspeção da Tabela 5.9, que relaciona seus principais parâmetros estatísticos.

**Tabela 5.9 - Parâmetros estatísticos da série de vazões máximas anuais do posto Anta**

Número de eventos	82
Máxima (m <sup>3</sup> /s)	4.881
Média (m <sup>3</sup> /s)	2.026
Mínima (m <sup>3</sup> /s)	878
Desvio padrão	831
Coefficiente de variação	0,41
Assimetria	1,42

Para a avaliação do grau de aderência obtido entre a distribuição e a amostra, foi calculada a estatística para o teste de Kolmogorov-Smirnov, que reflete o maior desvio observado entre a probabilidade de ocorrência de cada valor amostral, calculada a partir da distribuição ajustada, e a probabilidade empírica do elemento dentro da própria amostra. A aplicação do teste, resumido no Quadro 3.3-3, indicou que, para a série de vazões analisada, a hipótese de adequação de ajuste ( $D_{N,CALC} < D_{N,0,05}$ ) é aceita para um nível de significância de 5%.

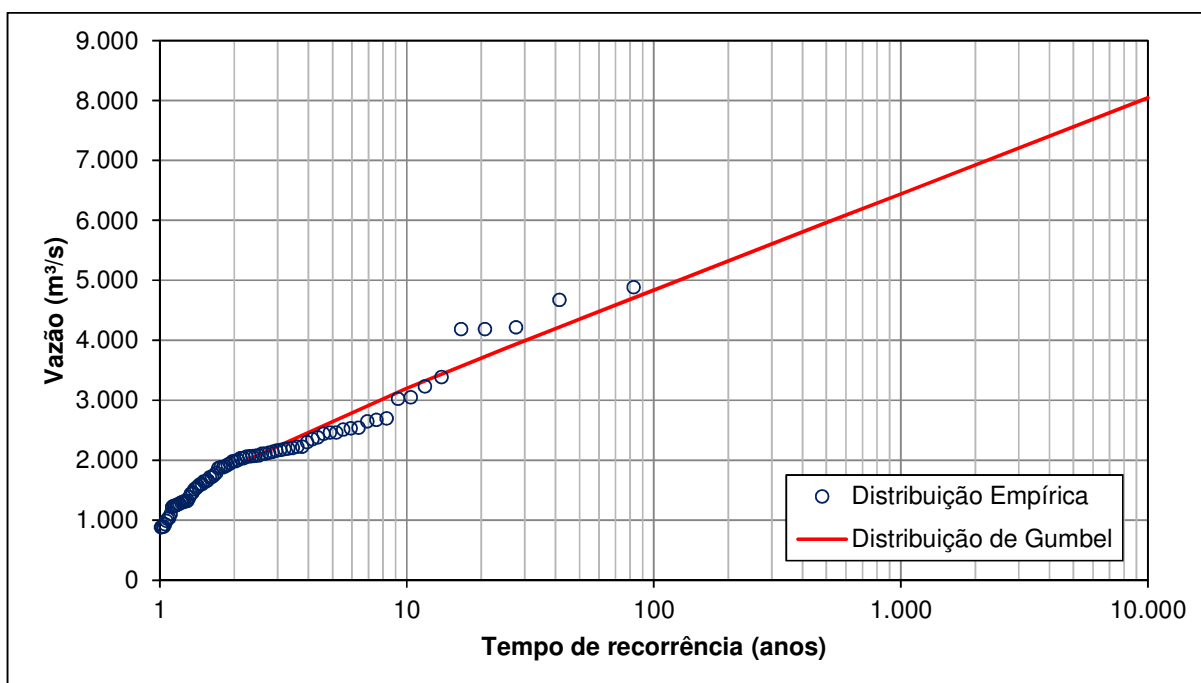
**Tabela 5.10 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a série de vazões máximas anuais**

Número de eventos	82
$D_{N,0,05}$	0,15
$D_{N,CALC}$	0,0829

A Figura 5.14 permite avaliar visualmente a aderência dos pontos representativos dos dados observados à distribuição de Gumbel.



**Figura 5.14 - Vazões máximas no rio Paraíba do Sul no local do posto fluviométrico Anta**



#### 5.1.5.2 Vazões Máximas na UHE Itaacara I

A partir da relação entre as áreas de drenagem do posto fluviométrico Anta e do aproveitamento, foram estimadas as vazões de cheias máximas anuais associadas a vários tempos de recorrência para a UHE Itaacara I.

Como o dimensionamento das estruturas da UHE Itaacara I é realizado com vazões máximas instantâneas, faz-se necessário obtê-las a partir das vazões médias diárias máximas, o que pode ser efetuado a partir da equação de Fuller, conforme apresentada a seguir. Os resultados são apresentados na Tabela 5.11.

$$Q_{INST} = Q_{MED} \cdot \left( 1 + \frac{2,66}{A^{0,3}} \right)$$

Na qual:

$Q_{INST}$  – vazão máxima instantânea (m³/s)

$Q_{MED}$  – vazão máxima média diária (m³/s)

A – área de drenagem da bacia hidrográfica no local do aproveitamento (km²)

**Tabela 5.11 - Vazões de cheia na UHE Itacara I**

Tempo de recorrência (anos)	Posto Anta	UHE Itacara I	
	Média diária (m <sup>3</sup> /s)	Média diária (m <sup>3</sup> /s)	Instantânea (m <sup>3</sup> /s)
2,2	1.986	2.188	2.443
10	3.203	3.528	3.939
25	3.862	4.254	4.750
50	4.351	4.793	5.352
100	4.837	5.327	5.949
500	5.959	6.563	7.328
1.000	6.441	7.094	7.922
10.000	8.043	8.858	9.891

Embora o presente estudo tenha realizado a atualização das vazões máximas no local da UHE Itacara I, vale destacar que a Resolução ANA nº. 1.404 de 26 de novembro de 2013 aprovou os estudos apresentados no EDH para o citado aproveitamento no qual foi definida a vazão decamilenar de 9.530 m<sup>3</sup>/s.

#### 5.1.5.3 Vazão Máxima Provável

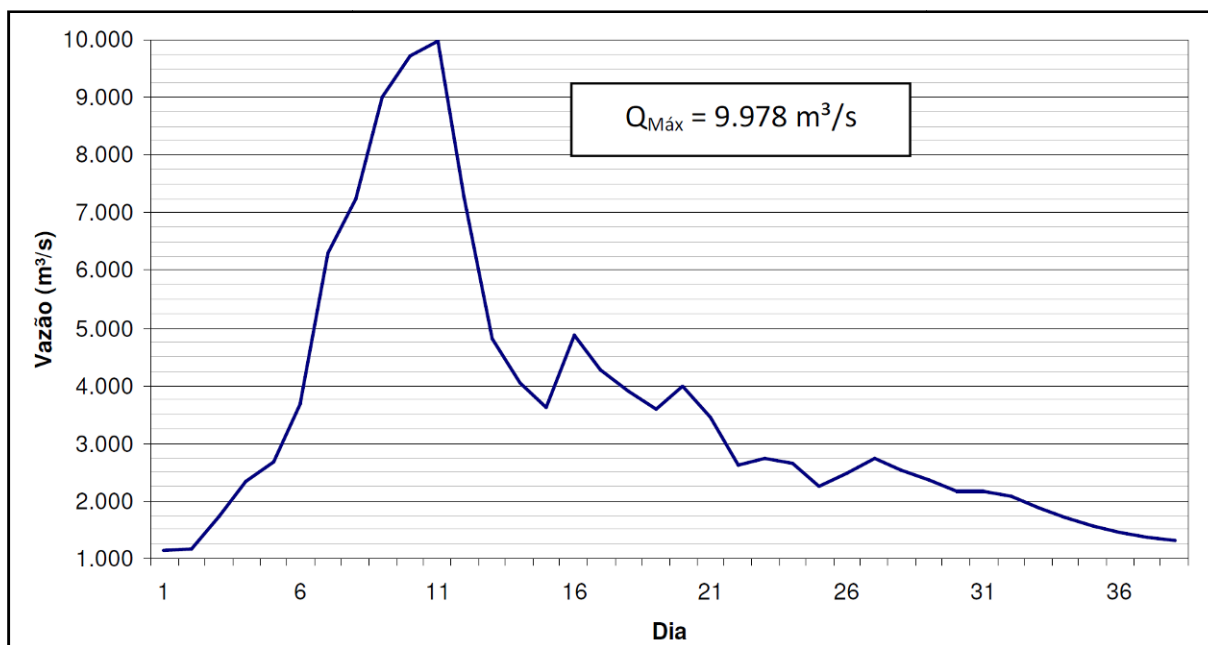
Conforme descrito nos Estudos de Disponibilidade Hídrica da UHE Itacara I (Hicon, 2013), durante a elaboração dos Estudos de Viabilidade da UHE Itacara I foram desenvolvidos estudos visando a estimativa da vazão máxima provável, sendo que as análises efetuadas foram baseadas em trabalhos anteriores, desenvolvidos para a UHE Ilha dos Pombos. Consistiram na determinação da Precipitação Máxima Provável (PMP), na simulação hidrológica da bacia e na determinação da Vazão Máxima Provável (VMP) propriamente dita.

Os estudos de PMP foram baseados nos dados diários de 164 estações pluviométricas localizadas na área de drenagem da bacia e nas regiões adjacentes e desenvolvidos através de análises das chuvas médias na bacia, definindo-se os maiores temporais, que por ordem decrescente de magnitude, ocorreram em 1966-1967, 1946-1947 e 1985-1986.

Para a obtenção da VMP foi feita a simulação hidrológica da bacia, utilizando-se o modelo SSARR para realização do balanço hídrico e propagação de vazões entre os locais selecionados. Neste estudo foi necessária a reconstituição da série de vazões naturais, tendo em vista os aproveitamentos existentes. A simulação foi feita para o período de setembro de 1983 a maio de 1987 e envolveu toda a bacia hidrográfica até a UHE Ilha dos Pombos.

Pela semelhança entre as áreas de drenagem admitiu-se a simulação efetuada em Ilha dos Pombos, adotando-se para Itacara as mesmas distribuições espacial e temporal da PMP. Como hidrógrafa de projeto adotou-se a vazão máxima provável correspondente à PMP de 5 dias de duração, conforme Figura 5.15 a seguir.

**Figura 5.15 - Hidrograma da vazão máxima provável na UHE Itaocara I (Fonte: Hicon, 2013)**



#### 5.1.5.4 Vazões Máximas de Estiagem

Visando subsidiar os dimensionamentos referentes ao desvio do rio, foram realizados estudos estatísticos que seguiram basicamente o método anteriormente descrito, exceto no que se refere a:

- Definição do período para seleção das vazões máximas observadas, que, neste caso, é limitado aos meses entre abril e setembro, inclusive;
- Cálculo das vazões máximas instantâneas utilizando a fórmula de Fuller, não realizado, já que em períodos de recessão não necessariamente esses dados estão associados a picos de cheias.

As vazões médias diárias máximas ocorridas entre épocas de cheia subsequentes estão relacionadas na Tabela 5.12. Como pode ser observado na Tabela 5.13, a série tem assimetria superior a 1,5, tendo sido ajustada a distribuição Exponencial de Dois Parâmetros. E a Figura 5.16 permite avaliar visualmente a aderência dos pontos representativos dos dados observados à distribuição Exponencial de Dois Parâmetros.

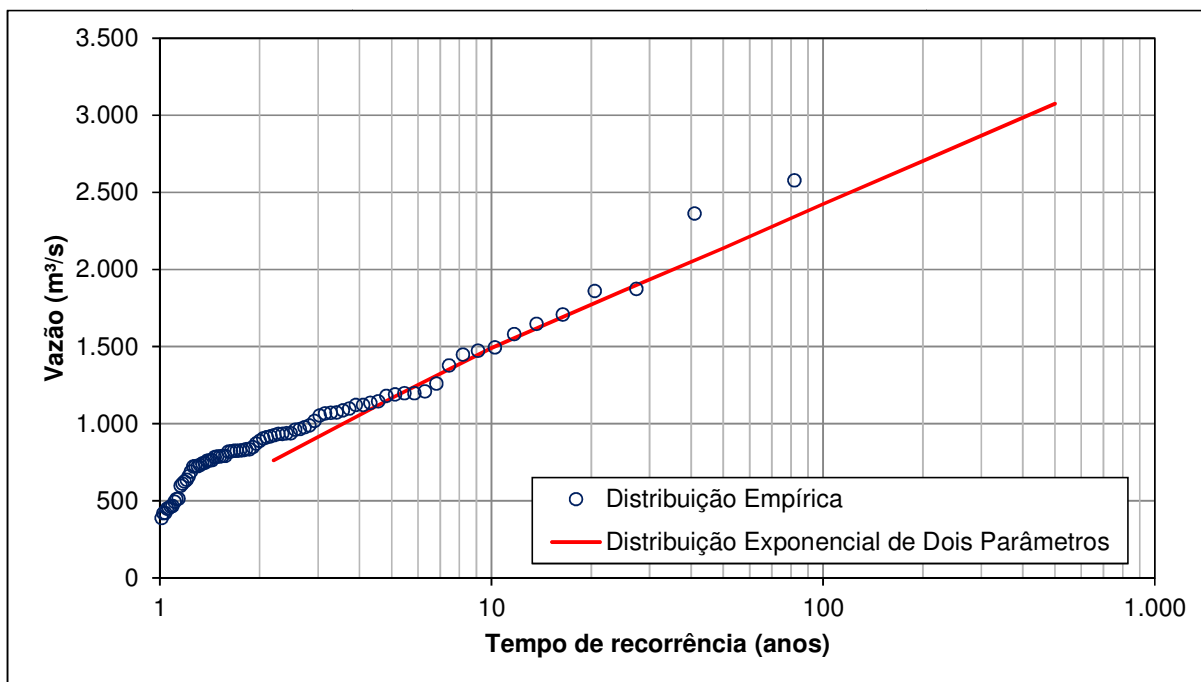
**Tabela 5.12 - Vazões médias diárias máximas no posto fluviométrico Anta - Estiagem**

Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Máxima (m <sup>3</sup> /s)
1931	1.580	1959	1.209	1987	1.708
1932	824	1960	722	1988	1.179
1933	452	1961	1.120	1989	1.053
1934	624	1962	636	1990	724
1935	965	1963	420	1991	2.363
1936	1.494	1964	418	1992	987
1937	917	1965	1.016	1993	932
1938	790	1966	820	1994	960
1939	1.098	1967	1.473	1995	834
1940	732	1968	511	1996	1.646
1941	786	1969	492	1997	1.189
1942	786	1970	817	1998	1.086
1943	926	1971	783	1999	888
1944	975	1972	611	2000	1.120
1945	1.197	1973	659	2001	791
1946	912	1974	741	2002	760
1947	1.377	1975	448	2003	462
1948	1.065	1976	1.448	2004	762
1949	689	1977	724	2005	937
1950	1.071	1978	596	2006	-
1951	1.197	1979	513	2007	834
1952	903	1980	1.070	2008	828
1953	824	1981	936	2009	933
1954	759	1982	846	2010	1.859
1955	388	1983	2.578	2011	1.260
1956	465	1984	1.134	2012	1.145
1957	1.874	1985	871		
1958	745	1986	826		

**Tabela 5.13 - Parâmetros estatísticos da série de vazões diárias máximas do posto Anta - Estiagem**

Número de eventos	81
Máxima (m <sup>3</sup> /s)	2.578
Média (m <sup>3</sup> /s)	964
Mínima (m <sup>3</sup> /s)	388
Desvio padrão	405
Coefficiente de variação	0,42
Assimetria	1,59

**Figura 5.16 - Vazões máximas no rio Paraíba do Sul no local do posto fluviométrico Anta - Estiagem**



A Tabela 5.14 relaciona as vazões máximas de estiagem estimadas para os tempos de recorrência de interesse para o posto e para o aproveitamento.

**Tabela 5.14 - Vazões máximas no período de estiagem**

Tempo de recorrência (anos)	Posto Anta (m <sup>3</sup> /s)	UHE Itaocara I (m <sup>3</sup> /s)
2,2	762	2.188
5	1.167	3.528
10	1.491	4.254
25	1.862	4.793
50	2.139	5.327
100	2.424	6.563
200	2.703	7.094
500	3.075	8.858

### 5.1.6 Vazões Mínimas

Este item apresenta a síntese dos estudos realizados durante o Projeto Básico (PCE, 2009) e rerepresentados no Estudo de Disponibilidade Hídrica da UHE Itaocara (Hicon, 2013) para a definição das vazões mínimas, especialmente aquelas correspondentes a média de sete dias consecutivos e 10 anos de retorno ( $Q_{7,10}$ ) do aproveitamento. Esses procedimentos consistiram na coleta e análise dos seguintes estudos sobre o tema:

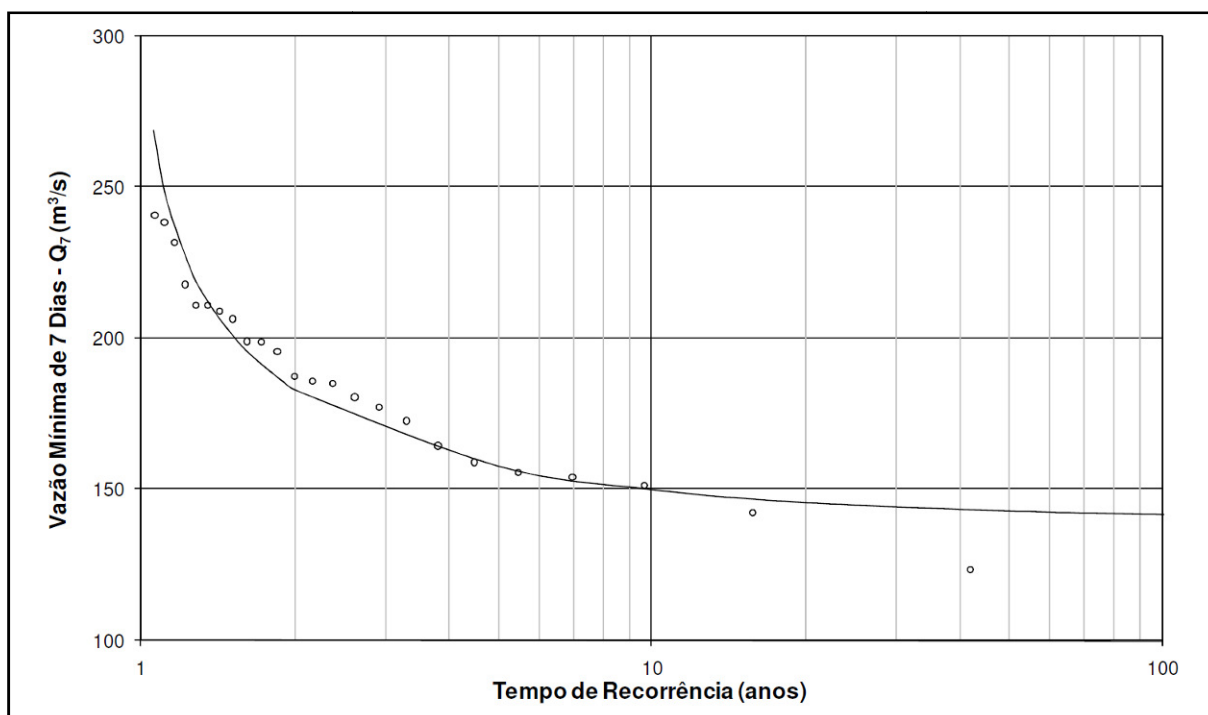
- Estudo de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58 (Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Junho de 2002);
- Balanço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais, do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia COPPE, 2002).

Os estudos desenvolvidos pela CPRM incluíram o ajustamento das distribuições teóricas de Weibull e Gumbel às vazões médias de sete dias consecutivos, mínimas anuais (Q7), de todas as estações pré-selecionadas com mais de cinco anos de dados, sendo que para a grande maioria dessas estações a distribuição que melhor se ajustou foi a de Weibull.

Foram analisadas as regressões das vazões Q7, primeiramente com as áreas de drenagem e em seguida acrescentando-se as precipitações médias. No caso da sub-bacia 58, situada entre Barra do Piraí e a foz do rio Paraíba do Sul, foram determinadas as equações regionais válidas para áreas de drenagem entre 17.645 e 55.450 km<sup>2</sup>.

O valor da área de drenagem da UHE Itaocara (A = 33.680 km<sup>2</sup>) foi aplicado nas equações desenvolvidas, com o objetivo de estimar as vazões mínimas com sete dias de duração (Q7). A Figura 5.17 apresenta o gráfico de distribuição de frequência de Weibull para o local do aproveitamento, transferido pela relação entre áreas de drenagem, o qual apresenta o valor da Q<sub>7,10</sub> de 150 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 5.17 - Frequência de vazões médias de sete dias no rio Paraíba do Sul no local da UHE Itaocara I**



### 5.1.7 Curvas-Chave Naturais

No traçado dessas curvas foram utilizados os dados disponíveis de descarga líquida dos postos fluviométricos locais, inclusive aqueles medidos especificamente para esta fase dos estudos. Além disso, foram empregados, sempre que disponíveis, dados topobatimétricos visando sua extrapolação.

Os dados em questão, assim como os dados de nível d'água observados no âmbito deste trabalho, foram objeto de análise de consistência, utilizando-se técnicas de correlação e traçados de fluviogramas. Nos itens seguintes é explicado o procedimento adotado para cada posto de interesse aos estudos.

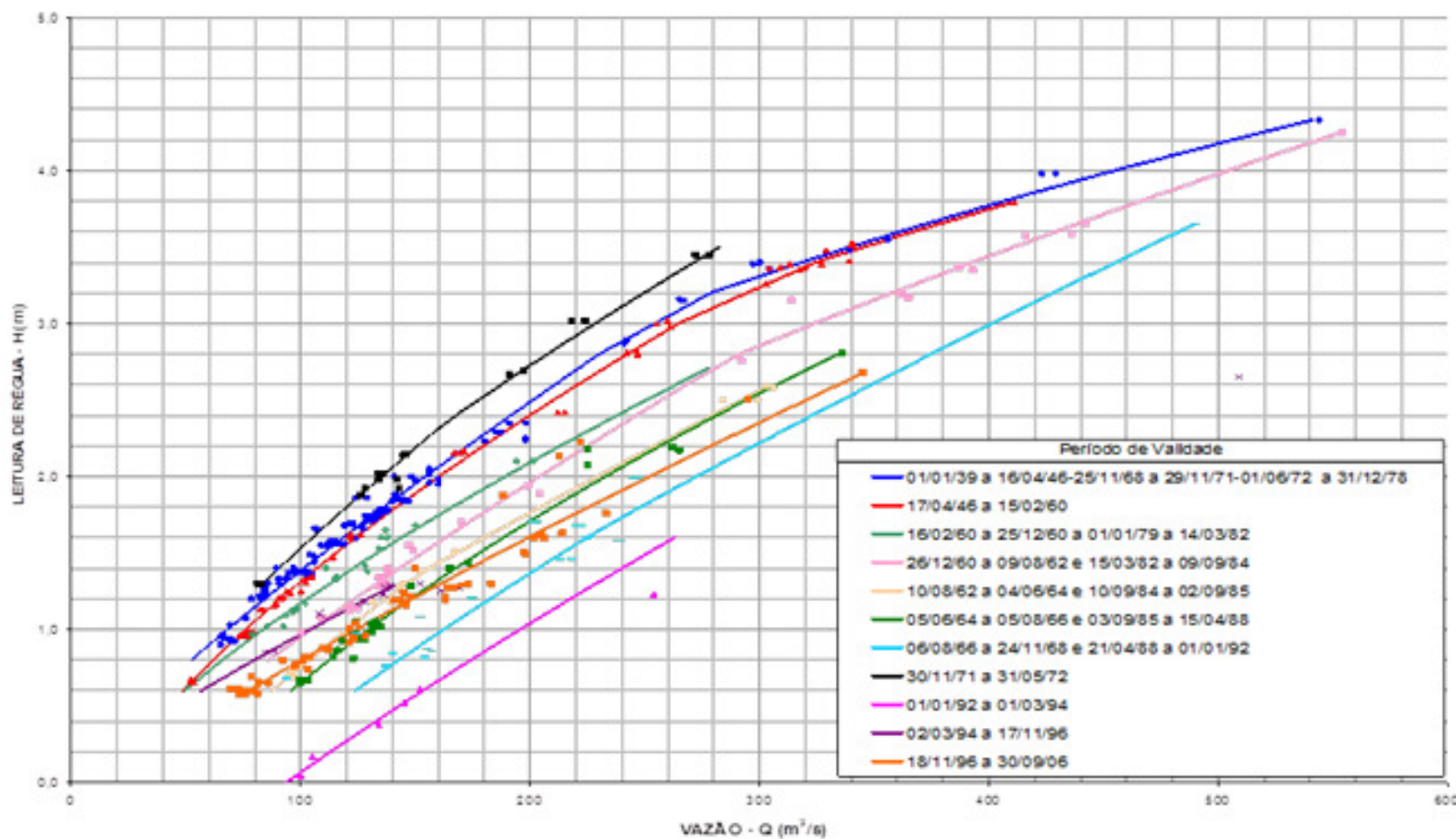
#### 5.1.7.1 Posto Pindamonhangaba

A curva-chave desse posto não foi disponibilizada pela ANA. Sendo assim, de posse do resumo de descargas líquidas, das leituras de régua observadas e das vazões diárias calculadas disponíveis no Hidroweb, plotou-se em gráfico os pares “vazão calculada – leitura de régua observada”, identificando assim, os períodos de validade para cada uma das 21 (vinte e uma) tabelas de calibragem identificadas para esse posto.

Foi realizada uma análise de consistência desses dados, onde se verificou, em algumas tabelas que havia sobreposição de pares “vazão calculada – leitura de régua observada” para períodos subsequentes. Com isso, ajustaram-se curvas-chave que agrupassem os períodos comuns dessas tabelas.

Na Figura 5.18, apresentada na página seguinte, encontram-se as 11 (onze) curvas-chaves ajustadas para esse posto.

Figura 5.18 - Curvas-Chave no Posto Pindamonhangaba





Na Tabela 5.15 estão listadas as equações das curvas-chave ajustadas para esse posto que foram empregadas para o cálculo de vazões máximas mensais, mesmo para níveis d'água superiores ao do seu limite de validade (extrapolação logarítmica).

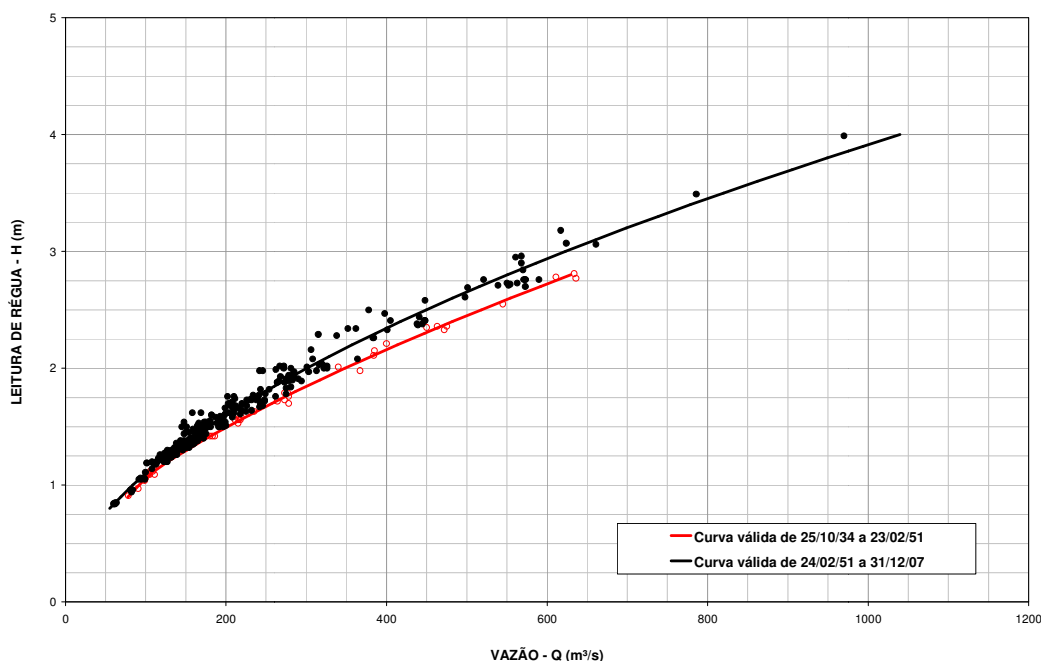
**Tabela 5.15 - Equações das Curvas-Chave Ajustadas para o Posto Pindamonhangaba**

Período de validade	Equações	Coefficiente de correlação
01/01/39 a 16/04/46	$Q = 67,19684 \times (H + 0,01)^{1,19148}$ ; para $H \leq 3,1$ m	0,9949
25/11/68 a 29/11/71	$Q = 21,70291 \times H^{2,19453}$ ; para $H > 3,1$ m	0,9956
01/06/72 a 31/12/78		
17/04/46 a 15/02/60	$Q = 36,8 \times (H + 0,6)^{1,54}$ ; para $H \leq 3,24$ m	0,9972
	$Q = 16,4 \times (H + 0,25)^{2,305}$ ; para $H > 3,24$ m	0,9924
16/02/60 a 25/12/60	$Q = 57,5 \times (H + 0,3)^{1,43}$ ; para $H \leq 2,71$ m	0,9922
01/01/79 a 14/03/82		
26/12/60 a 09/08/62	$Q = 76 \times (H + 0,31)^{1,18}$ ; para $H \leq 2,78$ m	0,9871
	15/03/82 a 09/09/84	$Q = 59,76791 \times H^{1,53846}$ ; para $H > 2,78$ m
10/08/62 a 04/06/64	$Q = 70 \times (H + 0,62)^{1,12}$ ; para $H \leq 1,35$ m	0,9948
	10/09/84 a 02/09/85	$Q = 107,1719 \times (H + 0,01)^{1,09009}$ ; para $H > 1,35$ m
05/06/64 a 05/08/66	$Q = 56,97497 \times (H + 0,9)^{1,28}$ ; para $H \leq 1,1$ m	0,9781
	03/09/85 a 15/04/88	$Q = 26 \times (H + 1,5)^{1,75}$ ; para $H > 1,1$ m
06/08/66 a 24/11/68	$Q = 56 \times (H + 1,2)^{1,35}$ ; para $H \leq 1,68$ m	0,9932
	21/04/88 a 01/01/92	$Q = 80 \times (H + 0,71)^{1,23}$ ; para $H > 1,68$ m
30/11/71 a 31/05/72	$Q = 50,09696 \times (H + 0,2)^{1,26}$ ; para $H \leq 2,35$ m	0,9938
	$Q = 49,62521 \times (H + 0,01)^{1,38495}$ ; para $H > 2,35$ m	0,9973
01/01/92 a 01/03/94	$Q = 71 \times (H + 1,25)^{1,25}$ ; para $H \leq 1,6$ m	0,9334
02/03/94 a 17/11/96	$Q = 104 \times H^{1,19}$ ; para $H \leq 1,29$ m	0,9837
18/11/96 a 30/09/06	$Q = 100,1978 \times (H + 0,2)^{1,17}$ ; para $H \leq 2,68$ m	0,9959

### 5.1.7.2 Posto Queluz

A ANA disponibilizou para o posto Queluz, duas tabelas e duas equações que representavam 4(quatro) curvas-chave para o período entre 1.934 e 2.005. Após a análise de consistência desses dados, verificou-se que para o período de medição entre 25/10/1934 e 19/12/1945, representado por tabela, houve a necessidade de ser ajustada uma curva com equação potencial para possibilitar a extrapolação e subsidiar o estudo de vazões máximas. Os demais períodos de medições de descarga líquida (11/03/1.951 a 06/12/1.987, 22/02/1.988 a 19/06/1.995 e 12/09/1.995 a 14/07/2.005) apresentavam grandes desvios nos valores médios e altos de vazões. Sendo assim, ajustou-se uma única curva abrangendo esses períodos e incluindo medições do período de 23/07/2.006 a 27/07/2.007. A Figura 5.19 mostra as curvas-chaves definidas para esse posto.

**Figura 5.19 - Curvas-Chaves no Posto Queluz**  
**Período: 25/10/1934 a 23/02/1951 e 24/02/1951 a 31/12/2007**



As equações das curvas-chaves ajustadas para esse posto estão apresentadas abaixo:

- Para o período de 25/10/1.934 a 23/02/1.951:

$$Q = 90,413 \times (H + 0,01)^{1,5605}; \text{ para } 0,9 \leq H \leq 1,12$$

Coeficiente de Correlação = 0,9585

$$Q = 170,8067 \times (H - 0,38)^{1,4765}; \text{ para } 1,12 < H \leq 2,8$$

Coeficiente de Correlação = 0,9977

- Para o período de 24/02/1.951 a 31/12/2.007:

$$Q = 95,48326 \times (H - 0,07)^{1,7446}; \text{ para } 0,8 \leq H \leq 4,00$$

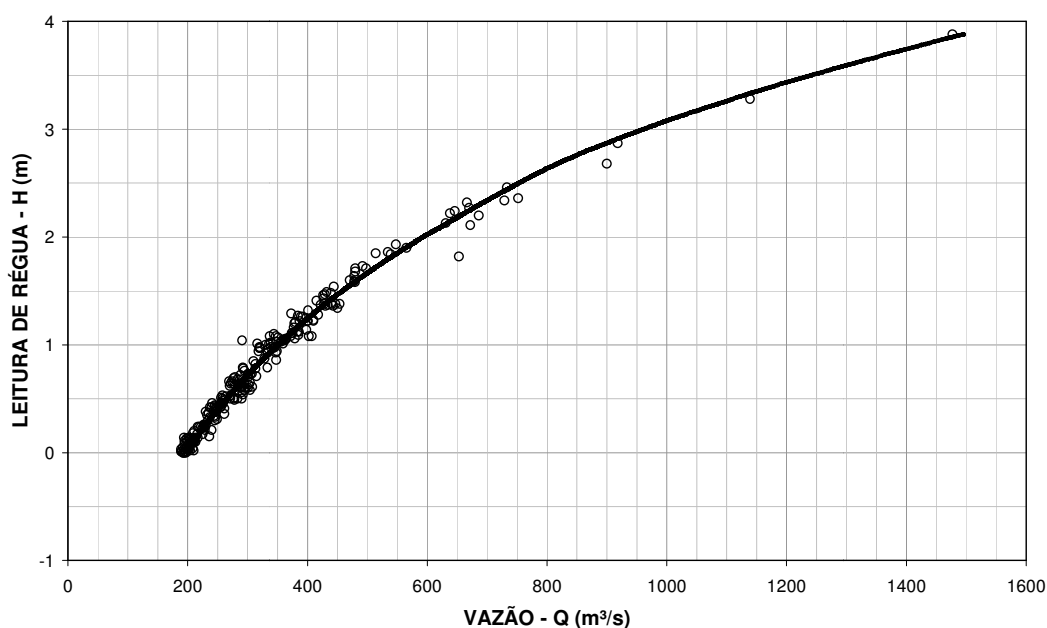
Coeficiente de Correlação = 0,9905

Essas equações foram empregadas para o cálculo de vazões máximas mensais, mesmo para níveis d'água superiores ao do seu limite de validade (extrapolação logarítmica).

### 5.1.7.3 Posto Anta

A curva-chave desse posto foi obtida através da tabulação dos dados de leitura de régua e vazões médias diárias. Dados estes disponibilizados no Hidroweb e que se apresentam consistentes com as vazões medidas, conforme mostrado na Figura 5.20.

**Figura 5.20 - Curva-Chave no Posto Anta  
Período: 01/10/1930 a 09/09/1969**



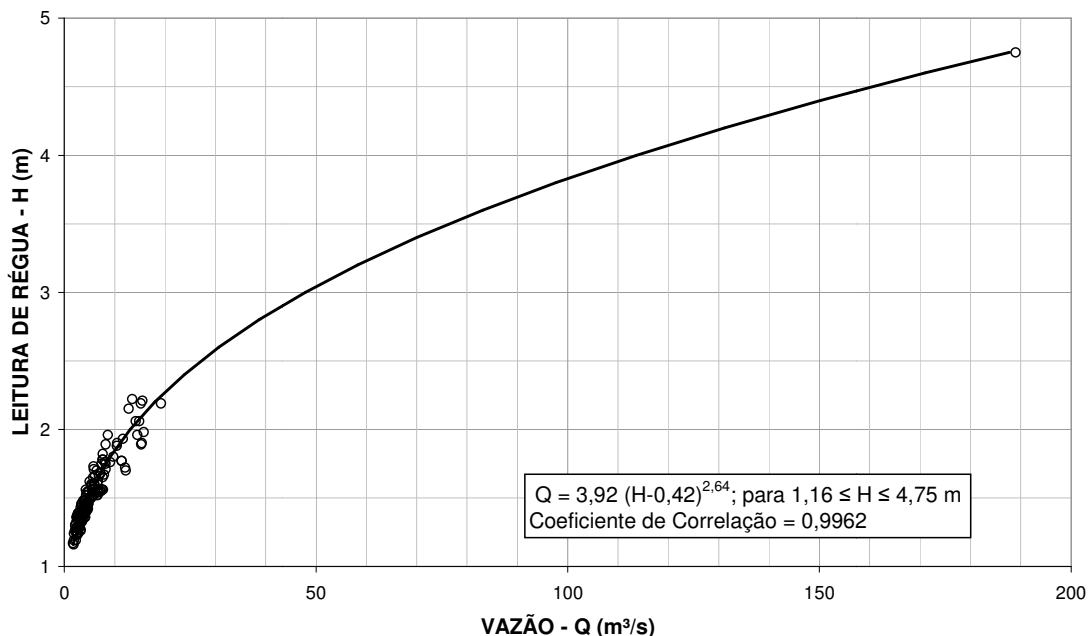
Foi verificado que a tabulação realizada é representativa de lei logarítmica, ou seja, os dados de vazões máximas do Hidroweb, determinados pela extrapolação dessa lei, podem ser considerados adequados e assim, foram adotados no presente estudo.

### 5.1.7.4 Posto Fazenda da Barra (Pirapetinga)

Esse posto que é o único que não está localizado no rio Paraíba do Sul, situa-se no rio Pirapetinga que é seu afluente na área do reservatório da UHE Itaocara I.

A análise da curva disponibilizada pela ANA permitiu constatar que a parte superior da curva não considerava a maior vazão medida do histórico (189 m³/s em 02/02/1.979). Por isso, ajustou-se uma nova curva-chave para esse posto, apresentada na Figura 5.21, considerada válida para todo o período de operação do posto.

**Figura 5.21 - Curva-Chave no Posto Fazenda da Barra (Pirapetinga)  
Período: 07/07/1.960 a 18/05/2.008**



#### 5.1.7.5 Posto Itacara II Montante Formiga

As vazões desse posto foram medidas, aproximadamente, 250 m a jusante dele, na seção fluviométrica S-8.1. Na Tabela 5.16 encontra-se o resumo das medições.

**Tabela 5.16 - Resumo de Medições de Vazão do Posto Itacara II Montante Formiga**

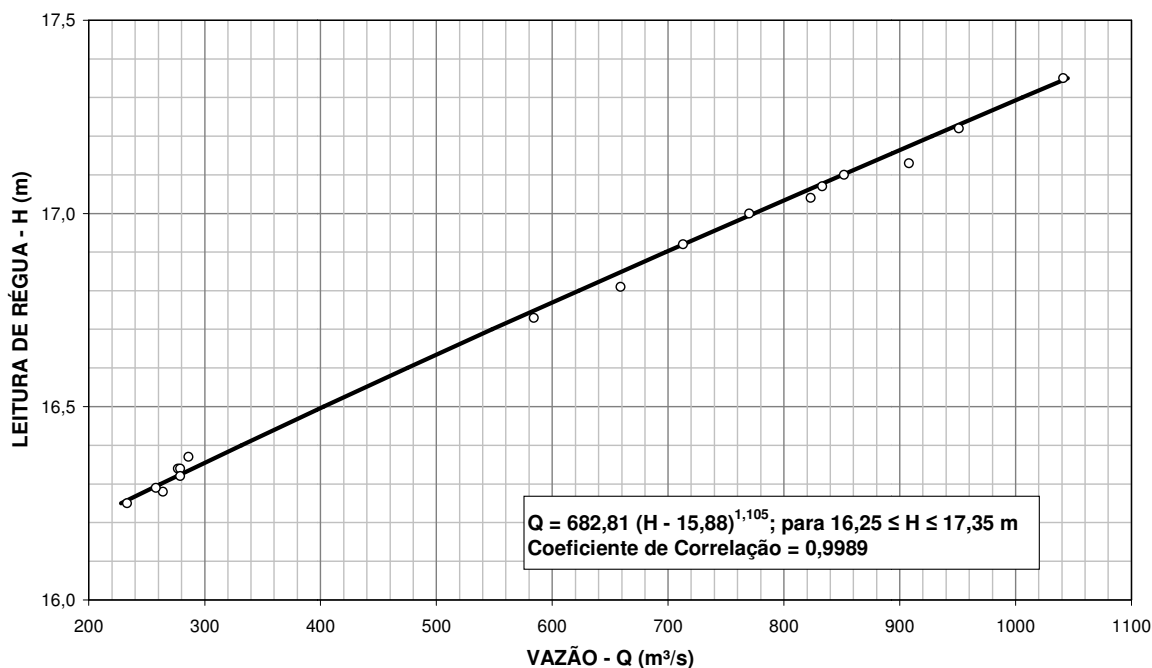
Nº	Data	Área (m²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade (m/s)	Nível d' Água (m)	Vazão (m³/s)
1	3/3/2.009	767	112	6,82	1,36	17,3	1041
2	3/3/2.009	752	112	6,71	1,26	17,2	951
3	4/3/2.009	738	112	6,59	1,13	17,1	833
4	10/3/2.009	715	111	6,44	0,998	16,9	713
5	11/3/2.009	726	111	6,54	1,06	17,0	770
6	24/3/2.009	695	111	6,28	0,840	16,7	584
7	24/3/2.009	704	111	6,34	0,936	16,8	659
8	2/4/2.009	741	112	6,62	1,11	17,1	852
9	8/4/2.009	745	112	6,63	1,22	17,1	908
10	10/4/2.009	732	112	6,54	1,12	17,0	823

**Tabela 5.16 (Continuação)**  
**Resumo de Medições de Vazão do Posto Itaocara II Montante Formiga**

Nº	Data	Área (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
11	8/5/2.009	668	110	6,09	0,416	16,3	277
12	17/5/2.009	649	110	5,93	0,407	16,3	264
13	22/5/2.009	658	110	5,99	0,424	16,3	279
14	6/6/2.009	653	110	5,96	0,437	16,4	286
15	13/6/2.009	645	110	5,90	0,399	16,3	258
16	19/6/2.009	634	110	5,79	0,368	16,3	233
17	24/6/2.009	647	110	5,89	0,430	16,3	279

A partir dos pares “vazão - nível d’água” da tabela acima foi interpolada a curva-chave mostrada na Figura 5.22.

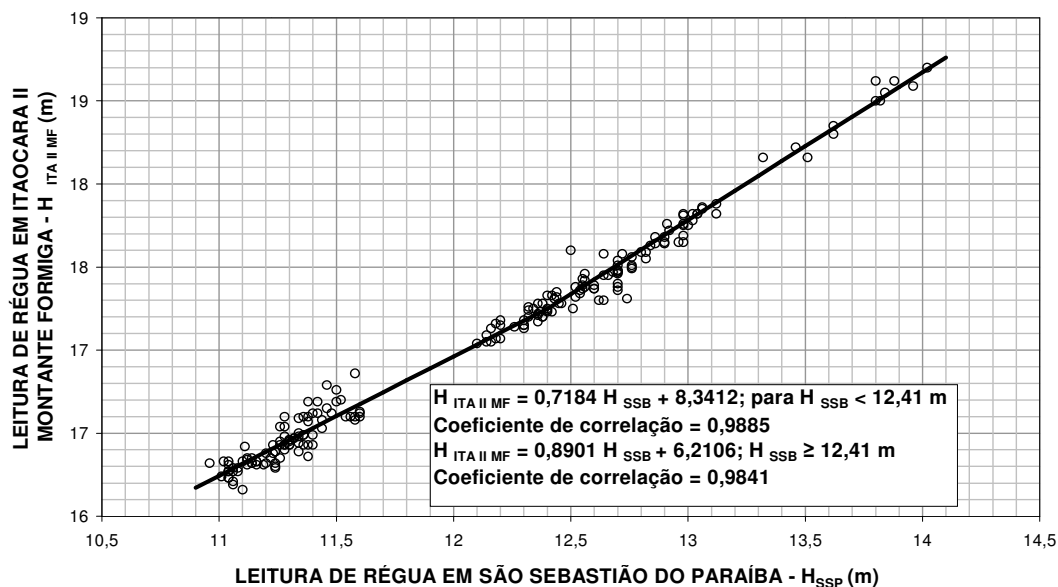
**Figura 5.22 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itaocara II Montante Formiga**  
**Período: 03/03/2.009 a 24/06/2.009**



Com a finalidade de extrapolar essa curva, procurou-se caracterizar a correspondente seção fluvial. Dessa forma, a batimetria dessa seção de medição foi obtida a partir do resumo de descarga líquida realizado no dia 03/03/2.009 que apresenta a maior medição de nível d'água (17,35 m). Acima desse nível, a topografia foi obtida a partir da restituição aerofotogramétrica realizada pela empresa LACTEC/Instituto de Tecnologia Desenvolvimento em julho de 2.009.

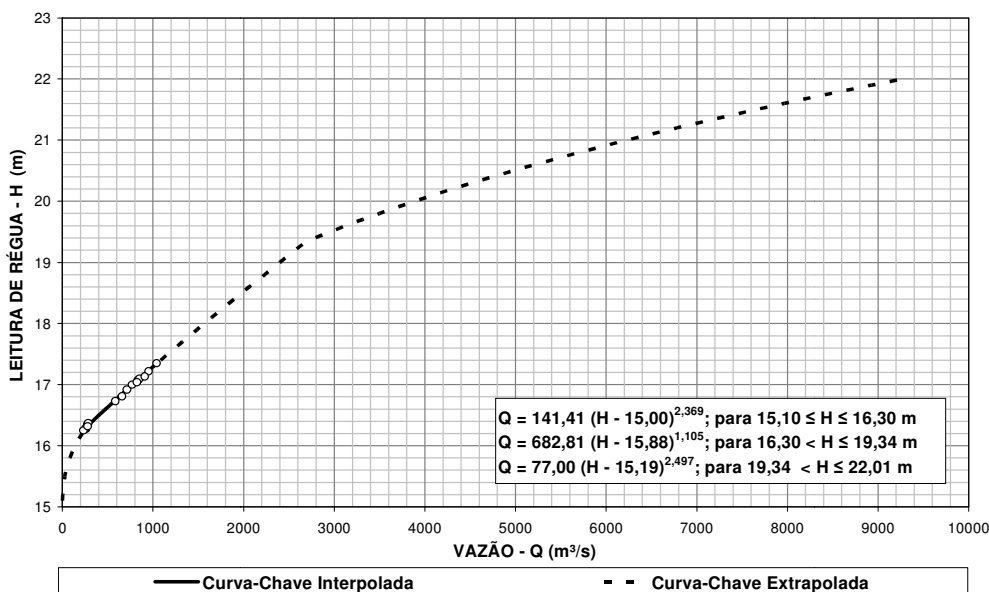
A aplicação dos "Métodos de Stevens e Área x Velocidade", contudo não possibilitaram a obtenção de uma extrapolação representativa da curva-chave para essa seção. Optou-se, então, por transferir a parte extrapolada da curva-chave de São Sebastião do Paraíba, apresentada no item 5.1.7.6 para esse local. Essa transferência foi realizada utilizando-se a correlação apresentada na Figura 5.23.

**Figura 5.23 - Correlação entre Níveis d'Água dos Postos Itaocara II Montante Formiga e São Sebastião do Paraiba**  
Período: 18/01/2.009 a 03/06/2.009



A curva-chave estabelecida para esse posto está apresentada na Figura 5.24.

**Figura 5.24 - Curva-Chave do Posto Itaocara II Montante Formiga**



Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 75,901 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

#### 5.1.7.6 Posto Itaocara II Canal Esquerdo

Na Tabela 5.17, encontra-se o resumo das medições de vazões realizadas nesse posto, instalado junto ao eixo da futura UHE Itaocara II, na margem esquerda do rio e, na Figura 5.25, a curva interpolada com os pares “nível d’água x vazão”.

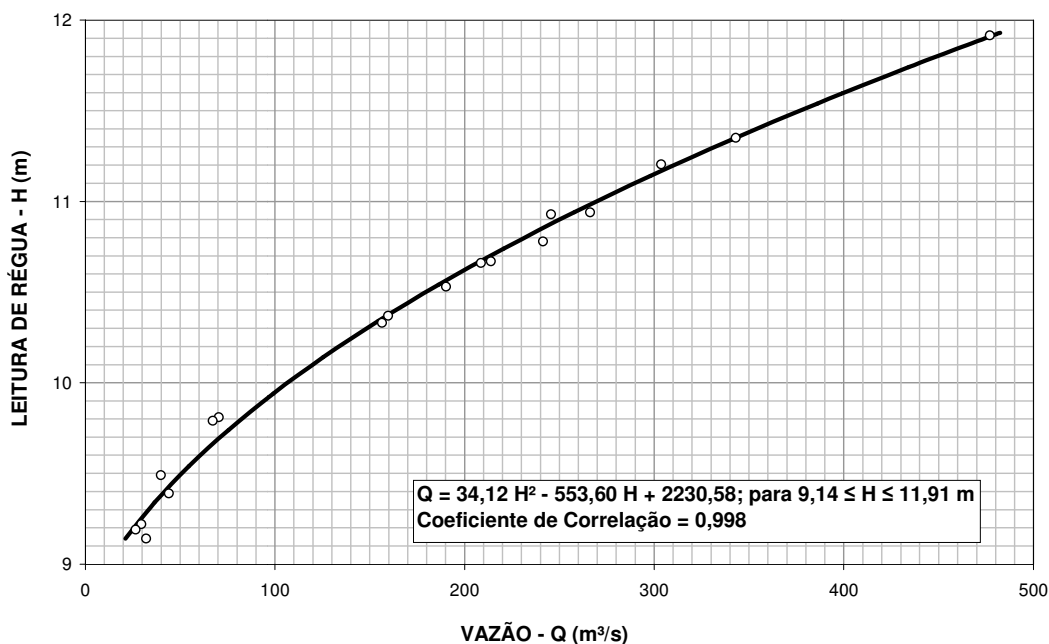
**Tabela 5.17 -Resumo de Medições de Vazões do Posto Itaocara II Canal Esquerdo**

Nº	Data	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Nível d’Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	25/1/2009	268	0,916	10,9	246
2	8/2/2009	306	0,992	11,2	304
3	11/2/2009	334	1,03	11,4	343
4	12/2/2009	405	1,18	11,9	477
5	20/2/2009	286	0,930	10,9	266
6	2/3/2009	262	0,796	10,7	209
7	20/3/2009	245	0,653	10,4	160
8	21/3/2009	241	0,649	10,3	156
9	29/3/2009	255	0,746	10,5	190

**Tabela 5.17 (Continuação)**  
**Resumo de Medições de Vazões do Posto Itacara II Canal Esquerdo**

Nº	Data	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
10	29/3/2009	277	0,872	10,8	241
11	30/3/2009	268	0,798	10,7	214
12	7/4/2009	210	0,334	9,81	70,3
13	17/4/2009	207	0,326	9,79	67,3
14	24/4/2009	184	0,217	9,49	39,8
15	7/5/2009	182	0,241	9,39	44,0
16	22/5/2009	175	0,182	9,14	32,0
17	6/6/2009	168	0,176	9,22	29,5
18	13/6/2009	165	0,160	9,19	26,5

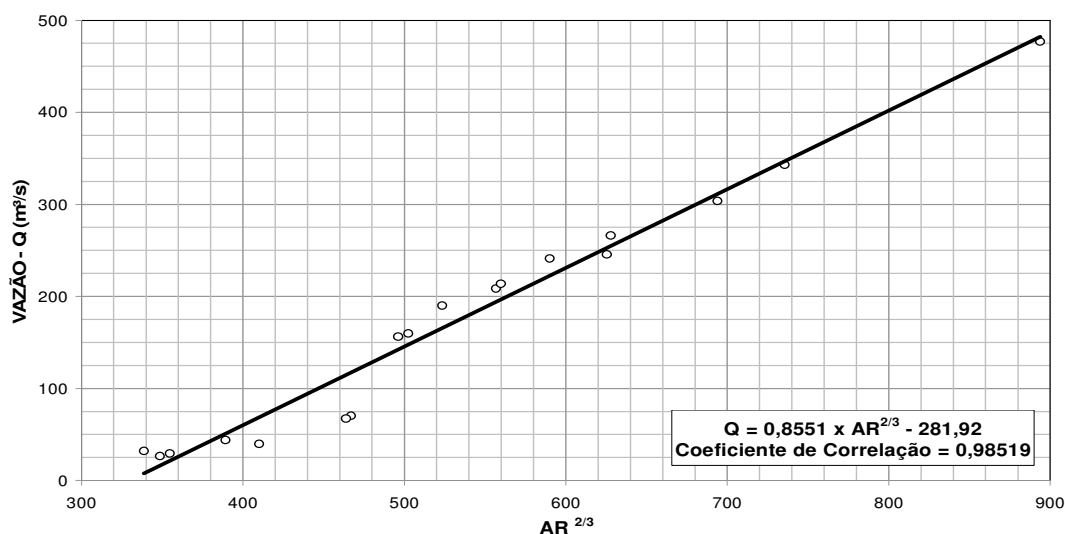
**Figura 5.25 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itacara II Canal Esquerdo**  
**Período: 25/01/2.009 a 13/06/2.009**



A extrapolação dessa curva-chave foi realizada considerando ausência de afluência de vazões pelo canal direito, representativa da situação com barramento implantado. Utilizou-se o “Método de Stevens”, calculando-se os valores de área molhada (A) e raio hidráulico (R), para cada nível d’água objeto de medição de vazão, bem como para níveis d’água a cada 0,20 m apresentado na Figura 5.26.

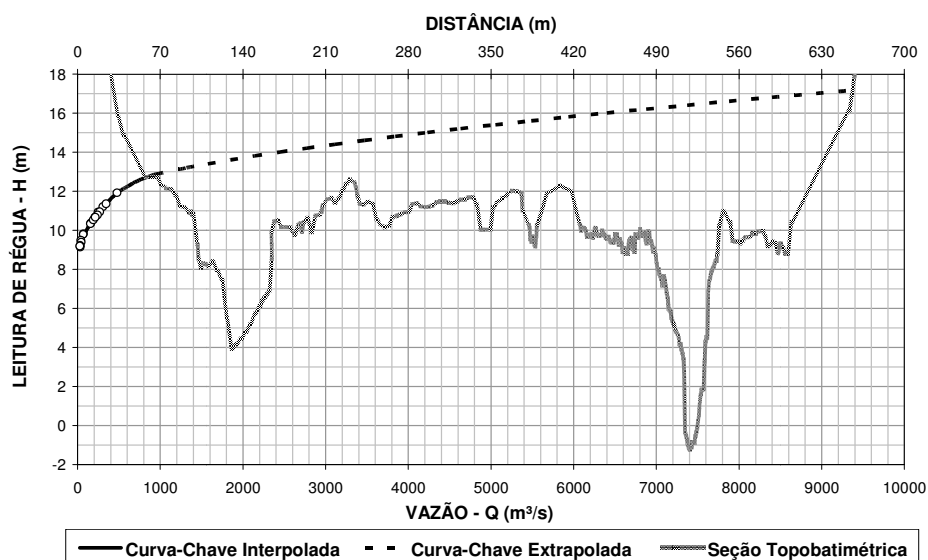


Figura 5.26 - Correlação entre Vazões e  $AR^{2/3}$  do Posto Itaacara II Canal Esquerdo



A seção topobatimétrica utilizada para a extrapolação da curva-chave foi a S-8.7, localizada, aproximadamente, 20,0 m a montante da seção de réguas. Na Figura 5.27 encontra-se a seção transversal referente aos dois canais e a curva definida para esse posto.

Figura 5.27 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itaacara II - Canal Esquerdo



Notas:

1. Cota do zero da régua, equivalente a 81,146 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.
2. Vazão afluente ao canal esquerdo (canal direito represado a montante).

Abaixo, encontram-se as equações características da curva-chave para esse posto:

$$Q = 34,121521 H^2 - 553,60465 H + 2.230,5819$$

para  $9,14 \leq H \leq 11,96$  m

$$Q = 332,07383 H^3 - 12.143,635 H^2 + 148,41598 \times 10^3 H - 605,62428 \times 10^3$$

para  $11,96 < H \leq 13,20$  m

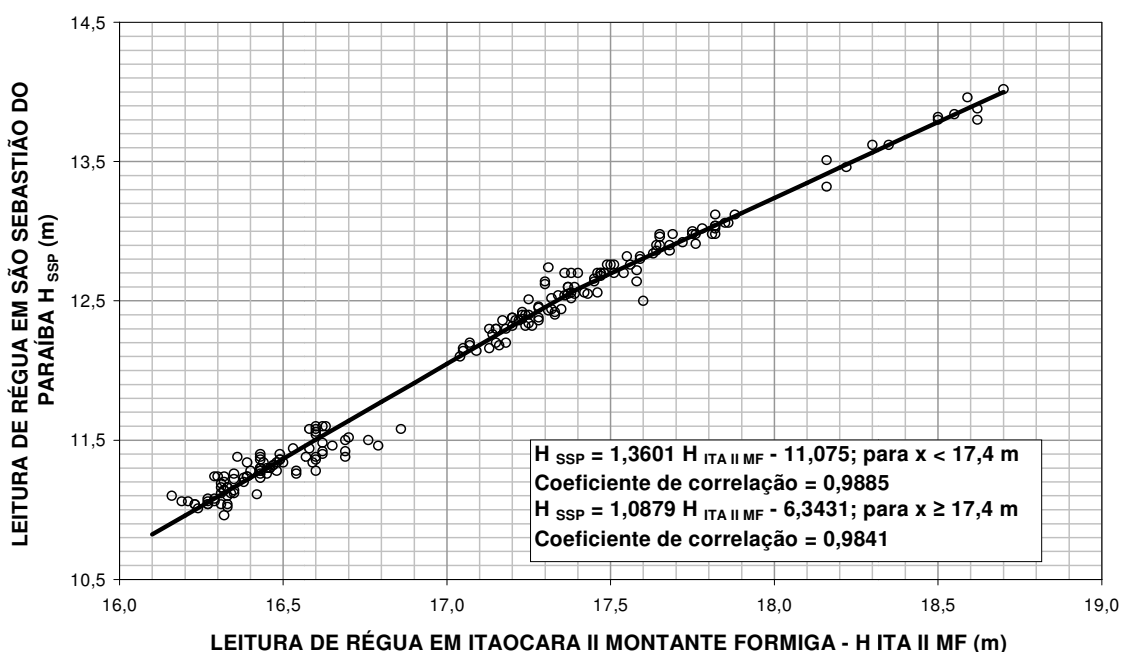
$$Q = - 4,0566607 H^3 + 376,41696 H^2 - 6.574,9051 H + 318,50873 \times 10^2$$

para  $13,20 < H \leq 17,14$  m

#### 5.1.7.7 Posto São Sebastião do Paraíba

Nesse posto não há medição de descarga líquida. Portanto para se obter sua curva-chave, foram transferidas as vazões medidas no posto Itaocara II Montante Formiga. Os níveis d'água correspondentes foram obtidos pela correlação mostrada na Figura 5.28.

**Figura 5.28 - Correlação entre Níveis D'água dos Postos Itaocara II Montante Formiga e São Sebastião do Paraíba**  
Período: 18/01/2009 a 03/06/2009

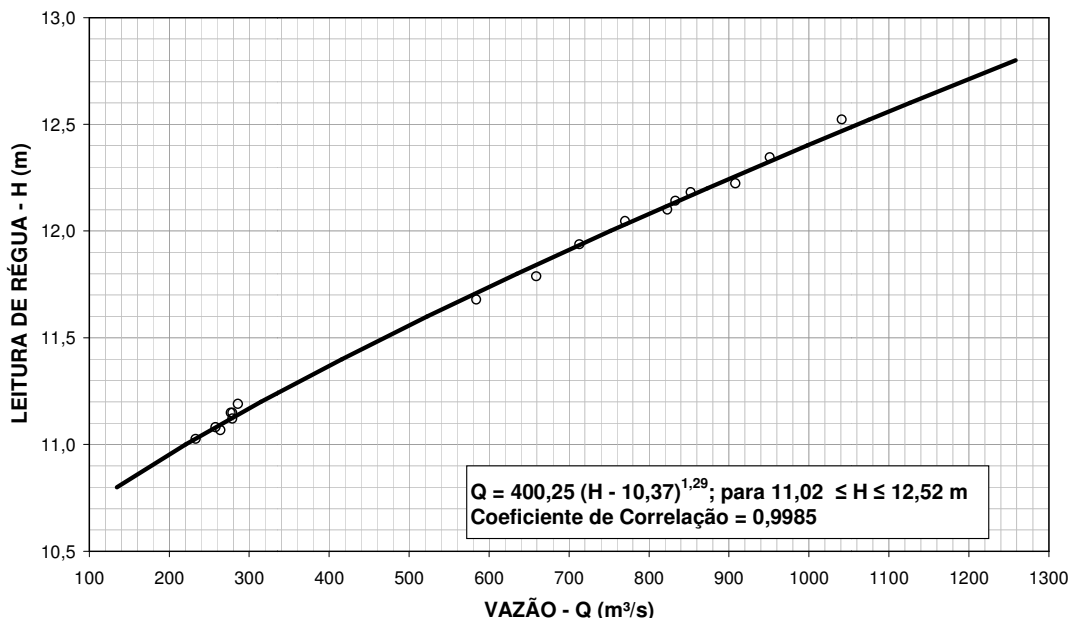


Na Tabela 5.18 são apresentadas as informações utilizadas para a interpolação da curva-chave nesse posto, ilustrada pela Figura 5.29.

**Tabela 5.18 - Nível d'Água e Vazão do Posto São Sebastião do Paraíba**

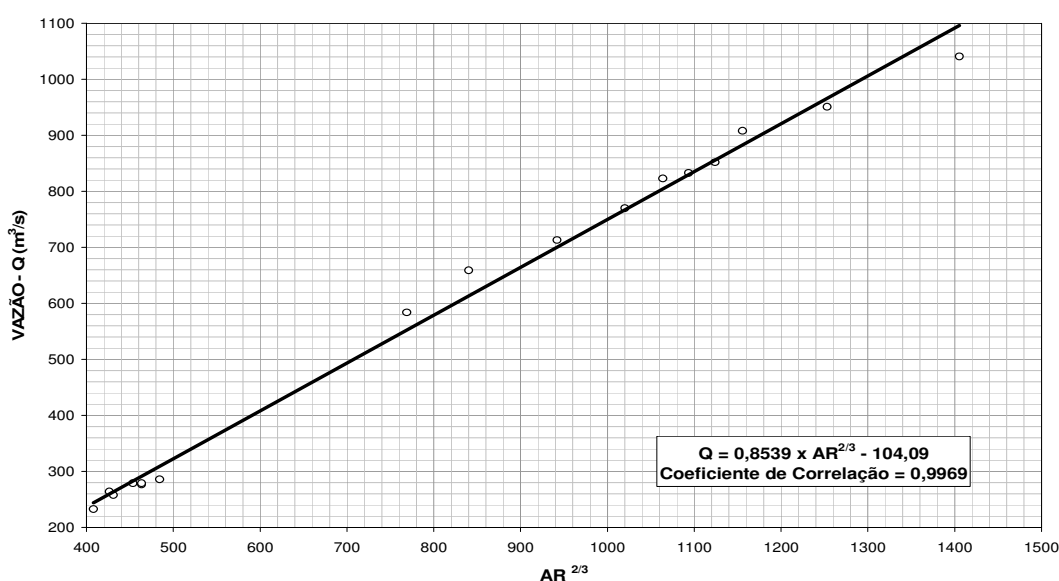
Nº	Data	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	3/3/2.009	12,5	1.041
2	3/3/2.009	12,3	951
3	4/3/2.009	12,1	833
4	10/3/2.009	11,9	713
5	11/3/2.009	12,0	770
6	24/3/2.009	11,7	584
7	24/3/2.009	11,8	659
8	2/4/2.009	12,2	852
9	8/4/2.009	12,2	908
10	10/4/2.009	12,1	823
11	8/5/2.009	11,1	277
12	17/5/2.009	11,1	264
13	22/5/2.009	11,1	279
14	6/6/2.009	11,2	286
15	13/6/2.009	11,1	258
16	19/6/2.009	11,0	233
17	24/6/2.009	11,1	279

**Figura 5.29 – Curva-Chave Interpolada do Posto São Sebastião do Paraíba  
Período: 03/03/2009 a 24/06/2009**



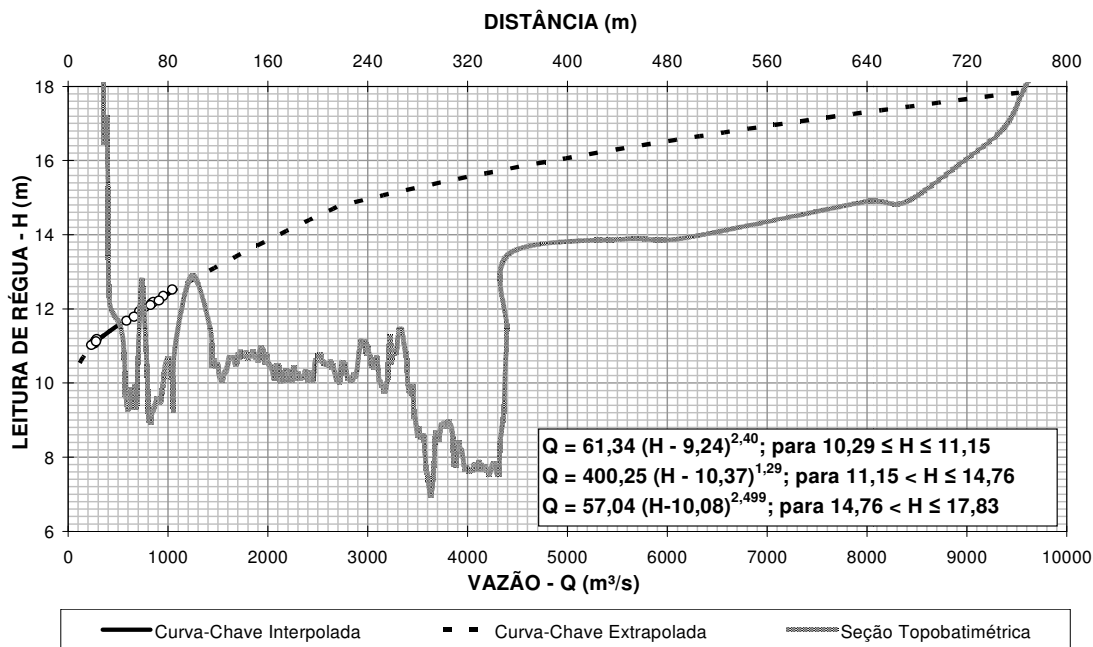
A extrapolação da curva tanto para a parte baixa quanto para a alta, foi feita pelo “Método de Stevens”. Dessa forma, a partir da seção topobatimétrica S-9,5, situada aproximadamente 20,0 m a montante do posto, foram calculadas os valores de área molhada (A) e raio hidráulico (R), para cada nível d’água objeto de medição de vazão, bem como para níveis d’água a cada 0,20 m. O gráfico obtido e utilizado na aplicação desse método é mostrado na Figura 5.30.

**Figura 5.30 - Correlação entre Vazões e  $AR^{2/3}$  do Posto São Sebastião do Paraíba**



A Figura 5.31 mostra a curva-chave definida juntamente com a seção topobatimétrica correspondente.

**Figura 5.31 – Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto São Sebastião do Paraíba**



Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 79,108 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

#### 5.1.7.8 Posto Itacara I Canal Esquerdo

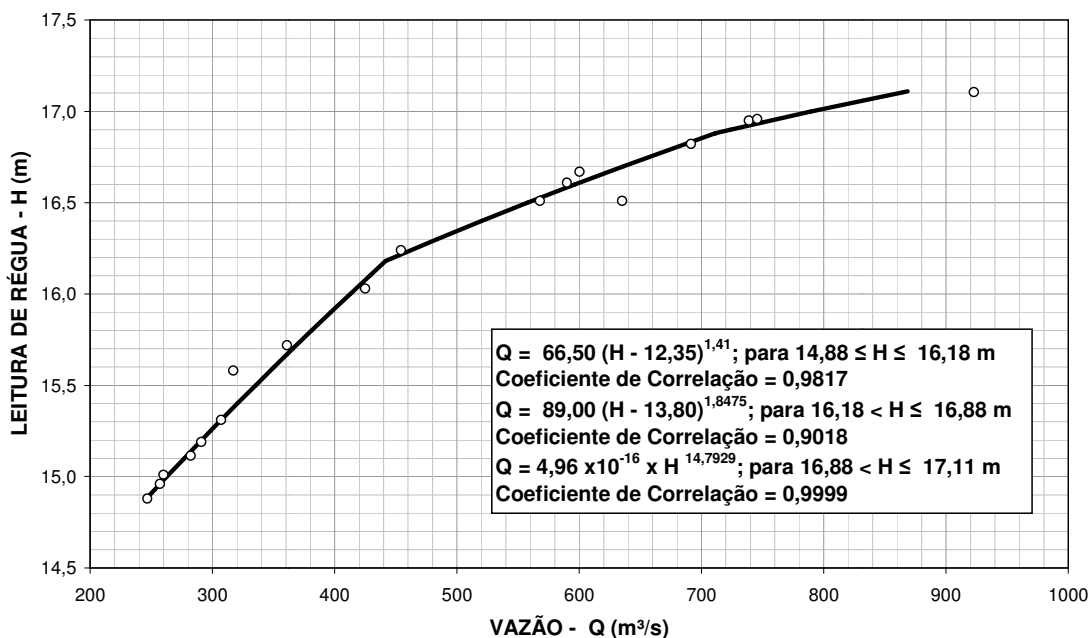
Esse posto está localizado no sítio da futura UHE Itacara I, onde a Ilha Serena divide o fluxo do rio Paraíba do Sul em dois canais principais. No canal esquerdo, onde o escoamento também é eventualmente dividido, a medição de vazão é realizada em dois pequenos canais para níveis d'água variando entre 15,0 e 17,1 m. Quando o nível d'água está abaixo de 15,0 m, o canal menor fica seco, e quando o nível está acima de 17,1 m, o divisor dos canais é afogado, tornando-se um único canal. Encontra-se na Tabela 5.19 a soma das medições de vazão e das áreas, além da média das leituras de nível d'água dos dois pequenos canais.

**Tabela 5.19 - Resumo de Medições de Vazão do Posto Itaocara I Canal Esquerdo**

Nº	Data	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	16/1/2.009	436	1,46	16,5	635
2	7/2/2.009	501	1,48	16,9	739
3	19/2/2.009	482	1,43	16,8	691
4	20/2/2.009	466	1,29	16,7	600
5	27/2/2.009	504	1,48	16,9	746
6	28/2/2.009	529	1,74	17,1	923
7	6/3/2.009	408	1,11	16,2	454
8	27/3/2.009	398	1,07	16,0	425
9	1/4/2.009	456	1,24	16,5	568
10	6/4/2.009	378	0,955	15,7	361
11	7/4/2.009	373	0,851	15,6	317
12	9/4/2.009	465	1,27	16,6	590
13	7/5/2.009	296	0,877	15,0	260
14	15/5/2.009	295	0,871	14,9	257
15	23/5/2.009	304	0,955	15,2	291
16	30/5/2.009	313	0,980	15,3	307
17	7/6/2.009	290	0,851	14,9	247
18	29/6/2.009	303	0,931	15,1	282

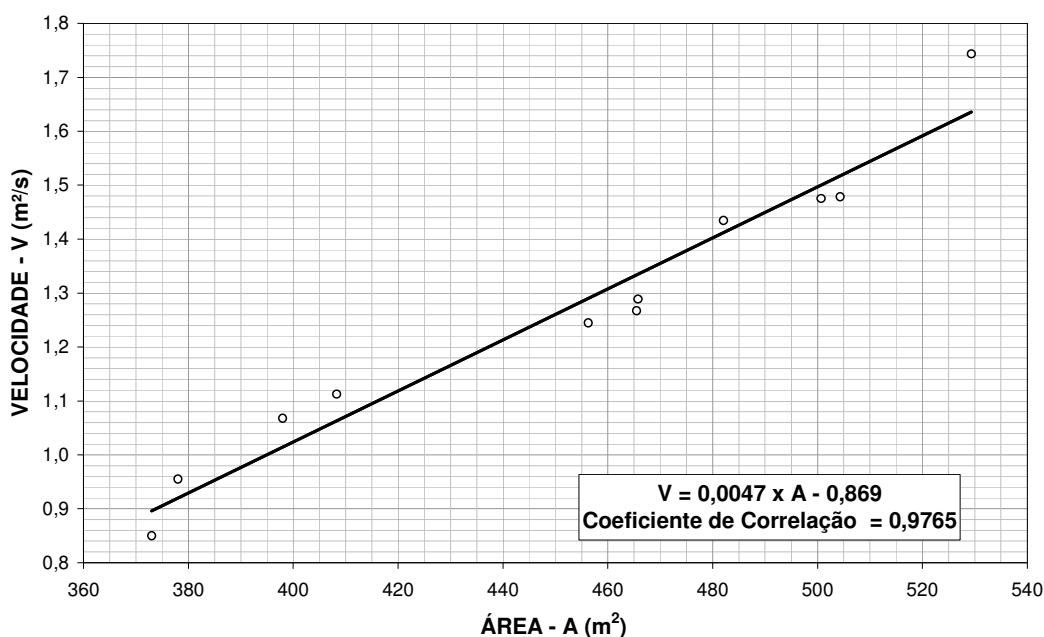
Utilizando as vazões e os níveis d'água acima, interpolou-se uma curva-chave para esse posto, apresentada na Figura 5.32.

**Figura 5.32 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itacara I Canal Esquerdo  
Período: 16/01/2009 a 29/06/2009**



Na extrapolação dessa curva foi utilizado o Método da Área x Velocidade, baseado no gráfico apresentado na Figura 5.33 que contemplou apenas as maiores áreas medidas, em virtude da finalidade dessa correlação.

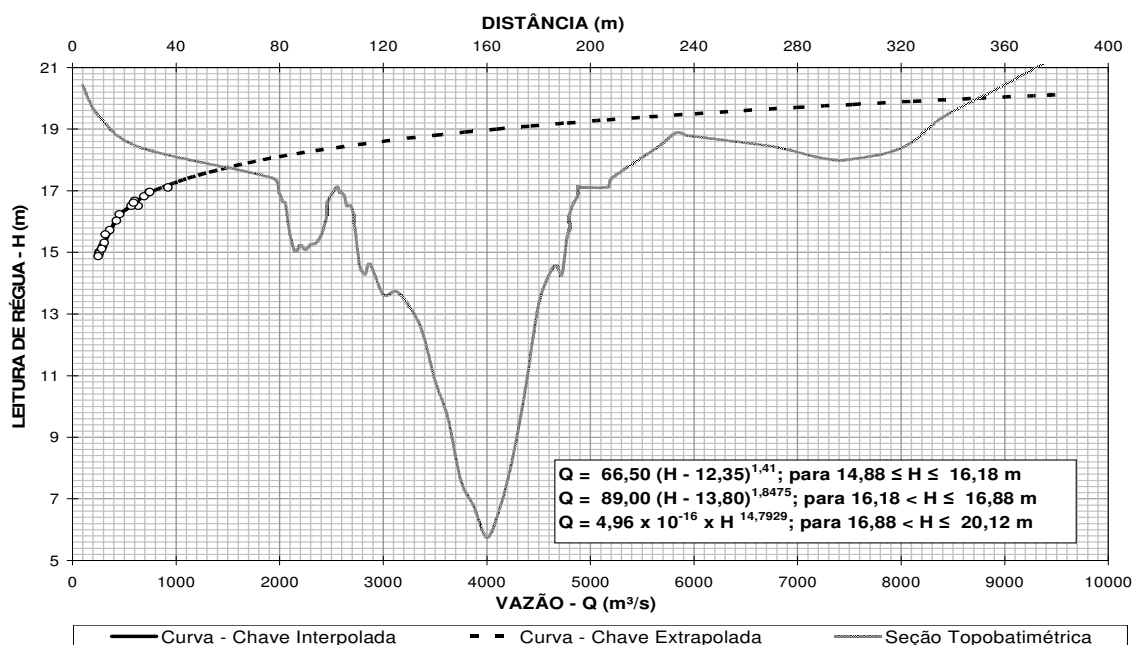
**Figura 5.33 - Correlação entre Área e Velocidade do Posto Itacara I Canal Esquerdo**



A seção utilizada para a extrapolação da curva S-21,5 foi obtida em escritório. As batimetrias dos pequenos canais foram levantadas a partir do resumo de descarga líquida dos dias 06/04 e 01/04/2.009, com níveis d'água iguais a 15,7 e 16,5 m, respectivamente. A partir desses níveis, a topografia foi obtida utilizando-se como referência a planta do levantamento planialtimétrico realizado pela empresa LSF Andrade Computação e Serviços LTDA.

A Figura 5.34 apresenta a curva definida para esse posto e a configuração da seção topobatimétrica utilizada para a extrapolação S-21,5, localizada aproximadamente, 8,0 m a montante da seção de réguas.

**Figura 5.34 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itacara I Canal Esquerdo**



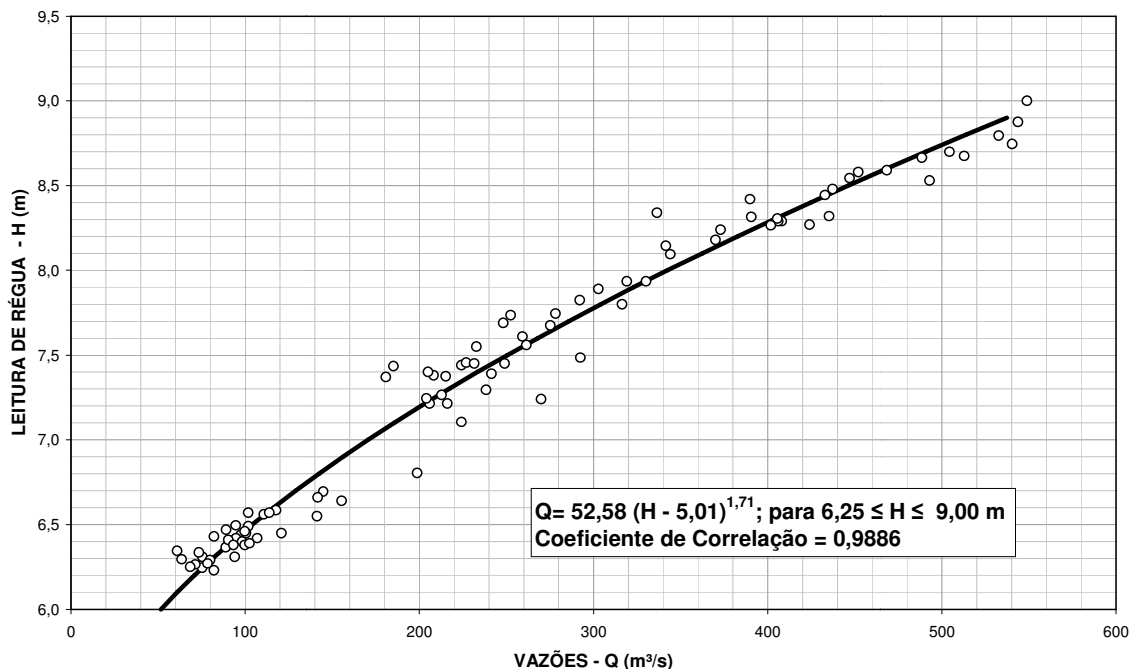
Nota: Cota do zero da régua equivalente a 46,587 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

#### 5.1.7.9 Posto Itacara I Canal Direito

Esse posto linimétrico está situado no canal direito do rio Paraíba do Sul, no sítio da futura Barragem de Terra Margem Direita da UHE Itacara I. No traçado da curva-chave desse posto utilizou-se a diferença entre as vazões dos postos Itacara ANA e Itacara I Canal Esquerdo e as leituras de régua diárias obtidas no próprio posto Itacara I Canal Direito. Ressalta-se que tais vazões foram obtidas das curvas-chave definidas para aqueles postos. A curva-chave interpolada para esse posto encontra-se na Figura 5.35.

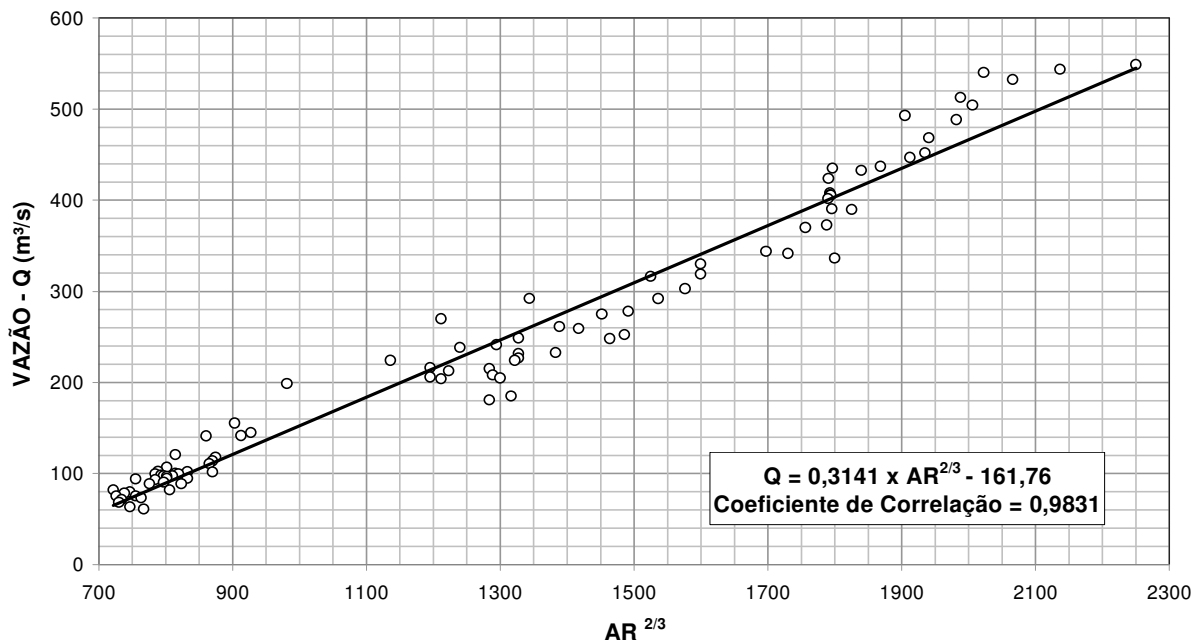


**Figura 5.35 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itacara I Canal Direito**  
Período: 30/01/2009 a 17/06/2009



Para a extrapolação da curva utilizou-se o método de Stevens. O gráfico  $Q \times AR^{2/3}$  ajustado, encontra-se na Figura 5.36.

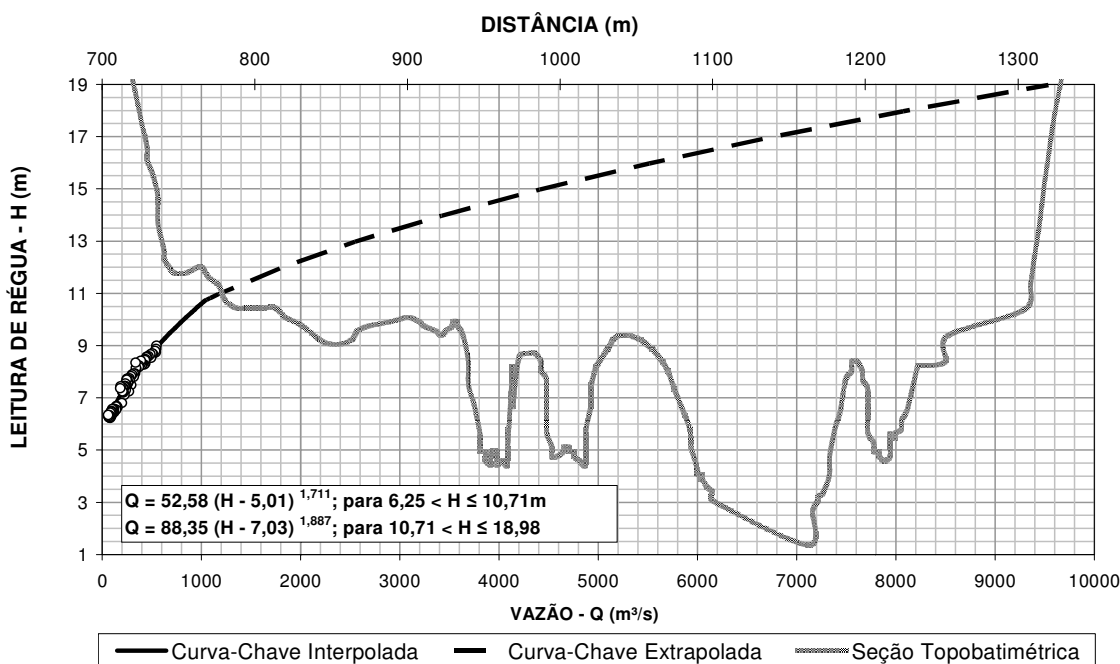
**Figura 5.36 - Correlação entre Vazões e  $AR^{2/3}$  do Posto Itacara I Canal Direito**



A seção topobatimétrica utilizada na extrapolação, S-24, foi levantada pela Hidrotécnica no âmbito dos Estudos de Viabilidade da UHE Itacara e está localizada cerca de 70,0 m à jusante do posto.

A curva-chave extrapolada determinada para esse posto e a configuração da seção topobatimétrica do canal direito encontra-se na Figura 5.37.

**Figura 5.37 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itacara I Canal Direito**



Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 54,629 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

#### 5.1.7.10 Posto Itacara Jusante

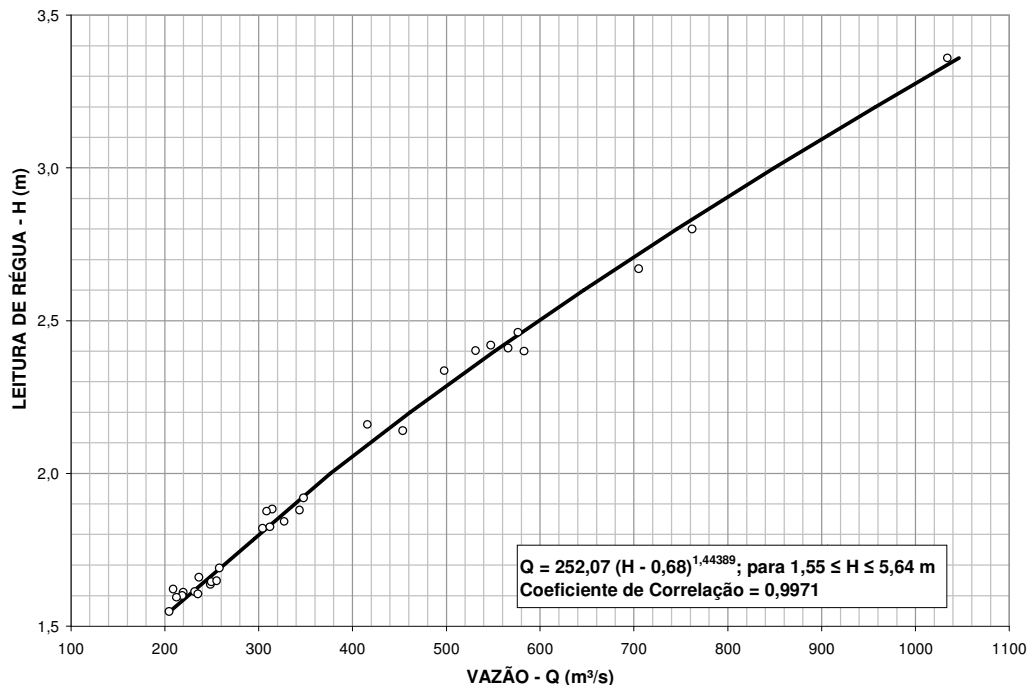
Esse posto, instalado pela Hidrotécnica para os Estudos de Viabilidade da UHE Itacara e que se encontra desativado, situa-se na margem esquerda do rio Paraíba do Sul cerca de 6,0 km à jusante do eixo da UHE Itacara I, onde também existe uma ilha, dividindo o rio em dois canais. Neles foram realizadas medições de nível d'água, de vazões líquidas e de descargas sólidas pela Hidrotécnica e pela LIGHT entre 1.998 e 2.001.

Na Tabela 5.20 encontra-se o resumo de medições desse posto e na Figura 5.38, a curva-chave interpolada.

**Tabela 5.20 - Resumo de Medições de Vazão do Posto Itacara Jusante**

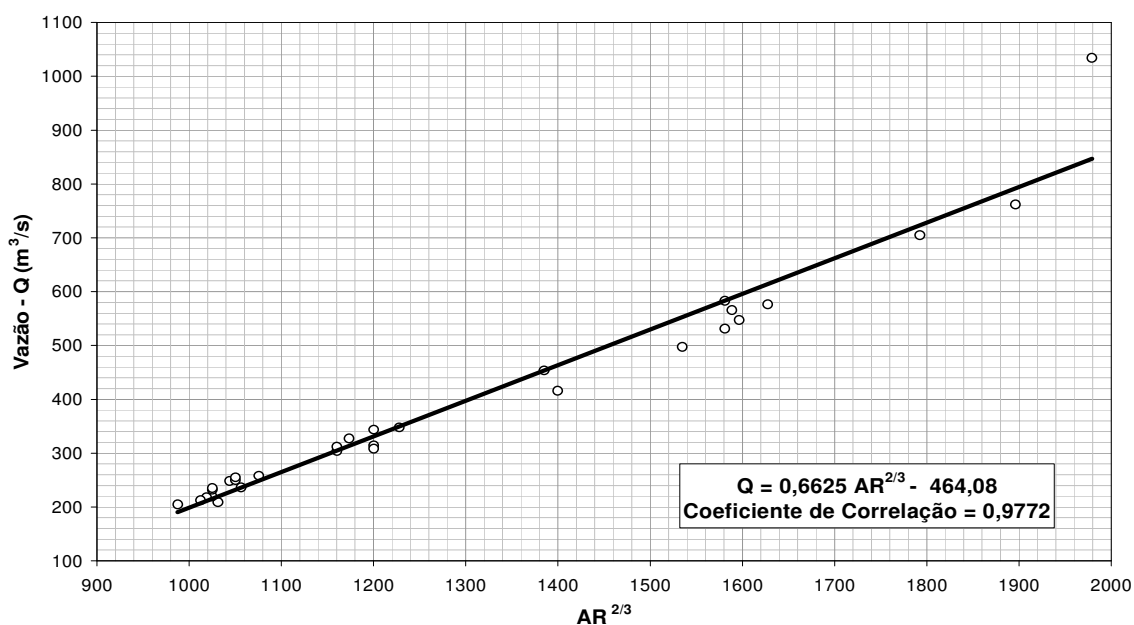
Nº	Data	Área (m <sup>2</sup> )	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	30/12/98	704	227	3,09	0,778	2,42	547
2	14/1/99	707	226	3,13	0,641	2,14	454
3	18/1/99	836	230	3,63	0,843	2,67	705
4	25/1/99	777	232	3,35	0,750	2,40	583
5	19/2/99	723	228	3,17	0,783	2,41	566
6	27/2/99	793	232	3,42	0,961	2,80	762
7	2/3/99	974	331	2,94	1,06	3,36	1034
8	6/4/99	619	222	2,79	0,562	1,92	348
9	9/4/99	622	221	2,81	0,552	1,88	344
10	5/5/99	569	219	2,60	0,453	1,69	258
11	9/6/99	598	222	2,69	0,509	1,82	304
12	2/8/99	559	219	2,55	0,445	1,64	249
13	10/8/99	536	215	2,48	0,390	1,62	209
14	14/9/99	505	204	2,48	0,405	1,55	205
15	14/10/99	493	205	2,40	0,446	1,61	220
16	30/11/99	576	203	2,83	0,542	1,82	312
17	21/12/99	599	201	2,98	0,525	1,88	314
18	25/1/00	702	203	3,45	0,592	2,16	416
19	14/3/00	740	206	3,60	0,779	2,46	576
20	25/4/00	712	204	3,50	0,746	2,40	531
21	30/5/00	566	199	2,85	0,417	1,66	236
22	4/7/00	535	198	2,70	0,408	1,60	218
23	10/8/00	545	201	2,71	0,458	1,65	250
24	12/9/00	535	199	2,69	0,397	1,59	213
25	3/10/00	526	199	2,64	0,441	1,61	232
26	8/11/00	545	202	2,69	0,431	1,61	235
27	12/12/00	592	200	2,95	0,521	1,88	308
28	6/2/01	688	209	3,30	0,723	2,34	498
29	27/3/01	568	199	2,85	0,449	1,65	255
30	17/4/01	573	198	2,90	0,571	1,84	327

**Figura 5.38 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itaacara Jusante  
Período: 30/12/1998 a 17/04/2001**



Para a extrapolação da curva interpolada utilizou-se o método de Stevens. O gráfico  $Q \times AR^{2/3}$ , encontra-se na Figura 5.39.

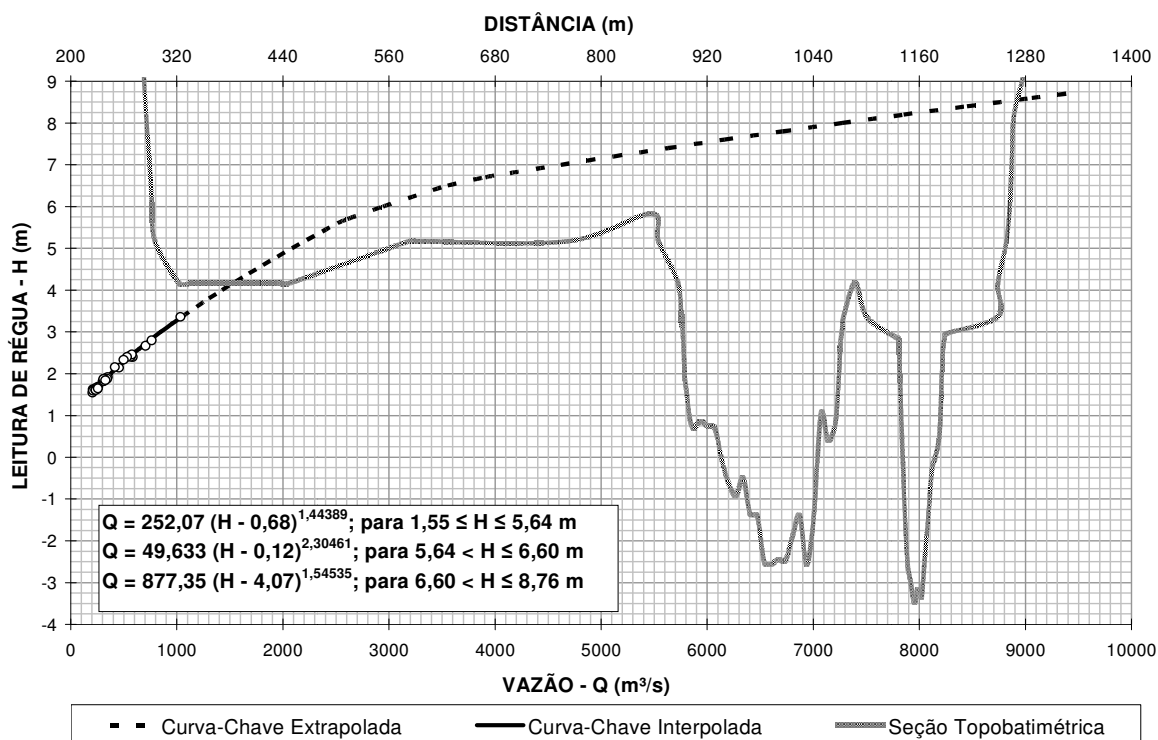
**Figura 5.39 - Correlação entre Vazões e  $AR^{2/3}$  do Posto Itaacara Jusante**



A seção topográfica no local do posto, utilizada para a extrapolação da curva-chave, foi obtida, parcialmente, da restituição aerofotogramétrica. Assumiu-se que o trecho submerso é representado pela batimetria realizada em 02/03/1.999, durante a medição de vazão a qual corresponde o maior nível d'água.

A curva-chave extrapolada determinada para esse posto e a seção topobatimétrica acima descrita encontra-se na Figura 5.40.

**Figura 5.40 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itaocara Jusante**

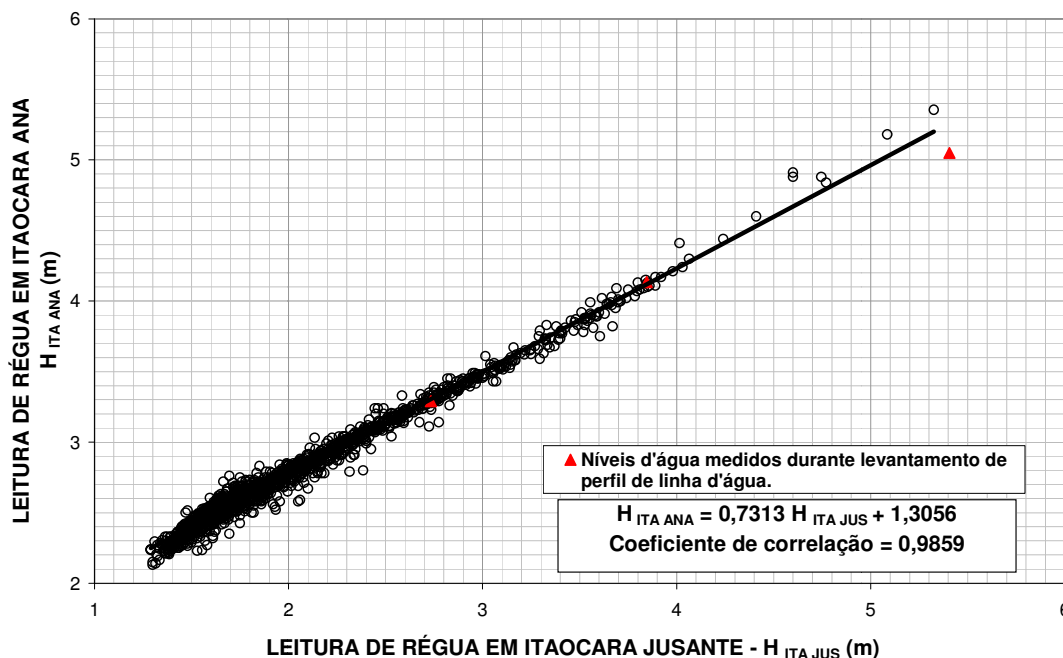


Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 57,833 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

#### 5.1.7.11 Posto Itaocara ANA

Esse posto fluviométrico foi instalado pela CPRM/ Serviço Geológico do Brasil e está sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas/ANA. Como nesse posto não são realizadas medições de vazão, foram consideradas para a confecção da sua curva-chave as vazões medidas no posto Itaocara Jusante e os níveis d'água transferidos pela correlação, apresentada na Figura 5.41.

**Figura 5.41**  
**Correlação entre Níveis d'Água dos Postos Itaocara ANA e Itaocara Jusante**  
**Período: 01/01/1.995 a 28/02/2002**



Foram inseridos nesse gráfico os valores obtidos durante os levantamentos dos perfis de linha d'água, para verificação da sua consistência. Nota-se, portanto, que o maior desvio (2,8%) foi na medição de 14/02/2.009.

Na Tabela 5.21 são apresentadas as informações utilizadas para a interpolação da curva-chave nesse posto.

**Tabela 5.21 - Nível d'Água e Vazão do Posto Itaocara ANA**

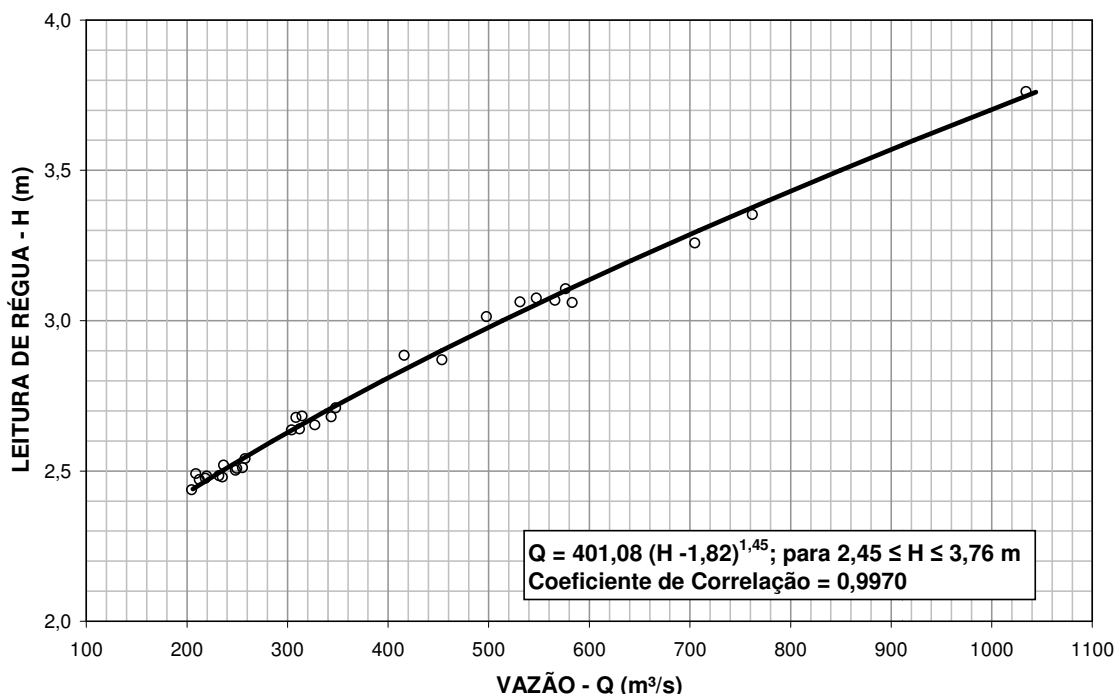
Nº	Data	Nível d'Água (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	30/12/1.998	3,08	547
2	14/1/1.999	2,87	454
3	18/1/1.999	3,26	705
4	25/1/1.999	3,06	583
5	19/2/1.999	3,07	566
6	27/2/1.999	3,35	762
7	2/3/1.999	3,76	1034
8	6/4/1.999	2,71	348

**Tabela 5.21 (Continuação)**  
**Nível d'Água e Vazão do Posto Itaacara ANA**

Nº	Data	Nível d'Água (m)	Vazão (m³/s)
9	9/4/1.999	2,68	344
10	5/5/1.999	2,54	258
11	9/6/1.999	2,64	304
12	2/8/1.999	2,50	249
13	10/8/1.999	2,49	209
14	14/9/1.999..99	2,44	205
15	14/10/1.999	2,48	220
16	30/11/1.999	2,64	312
17	21/12/1.999	2,68	314
18	25/1/2.000	2,89	416
19	14/3/2.000	3,11	576
20	25/4/2.000	3,06	531
21	30/5/2.000	2,52	236
22	4/7/2.000	2,48	218
23	10/8/2.000	2,51	250
24	12/9/2.000	2,47	213
25	3/10/2.000	2,49	232
26	8/11/2.000	2,48	235
27	12/12/2.000	2,68	308
28	6/2/2.001	3,01	498
29	27/3/2.001	2,51	255
30	17/4/2.001	2,65	327

A Figura 5.42 apresenta a curva-chave interpolada para esse posto.

**Figura 5.42 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itaocara ANA  
Período: 30/12/1998 a 17/04/2001**



Essa curva-chave foi empregada no presente estudo mesmo para níveis d'água superiores ao do seu limite de validade (extrapolação logarítmica).

#### 5.1.7.12 Fluviograma

Com a finalidade de verificar a consistência das curvas-chave estabelecidas para os postos que controlam a vazão total do rio Paraíba do Sul, foram desenhados os fluviogramas mostrados na Figura 5.43.

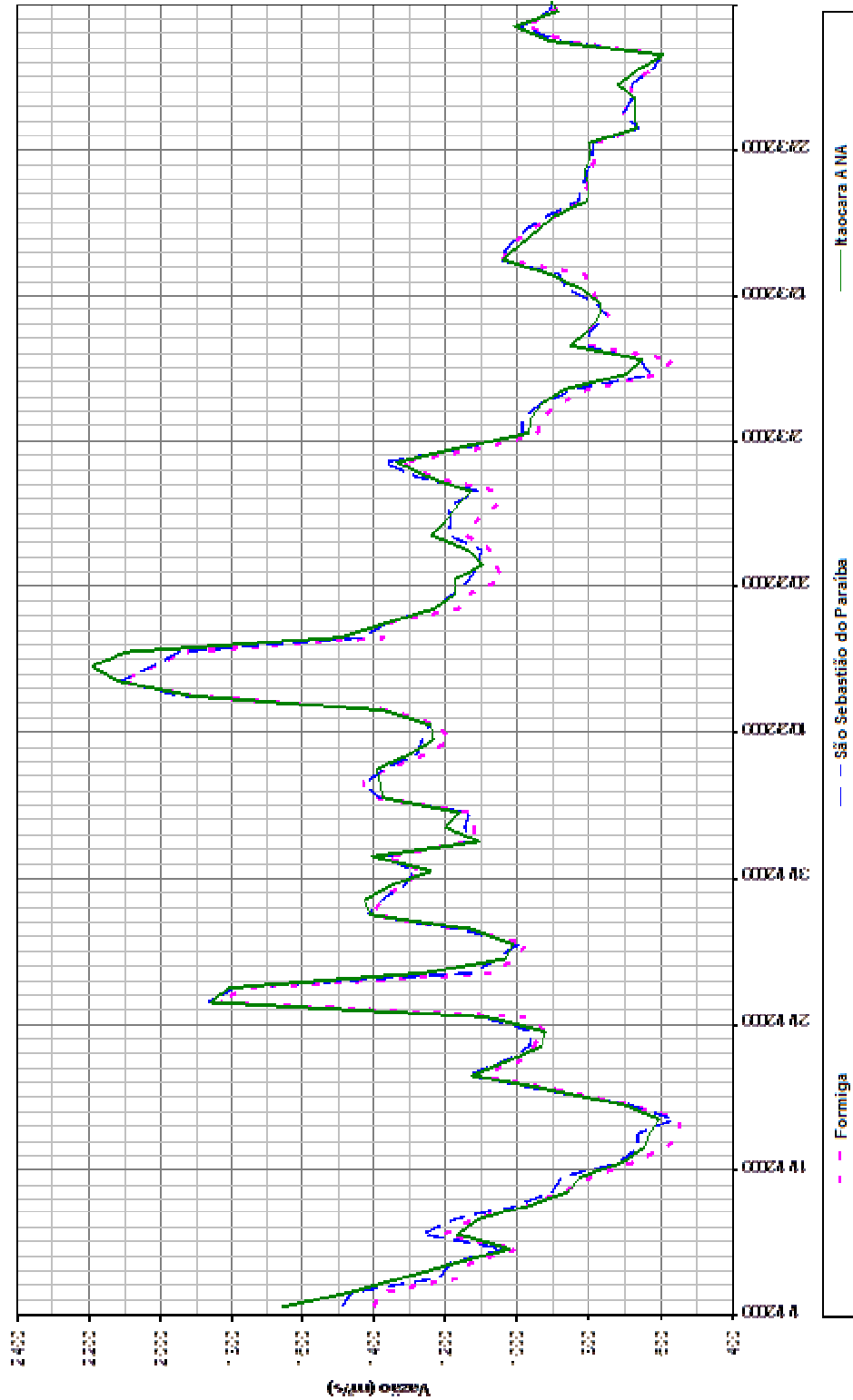
Esses gráficos privilegiam o período janeiro/2.009 a março/2.009, no qual foram realizados os levantamentos dos perfis de linha d'água que subsidiaram, principalmente, os estudos de remanso do reservatório da UHE Itaocara I.

As vazões correspondentes foram obtidas com base em níveis d'água devidamente consistidos, os quais são apresentados no Anexo correspondente. A análise dos fluviogramas em questão permite identificar algumas vazões incrementais negativas que não comprometem a qualidade dos estudos, já que:

- São de valor reduzido, apresentando um máximo de 9% e uma média de 2%, valores esses que são compatíveis com as imprecisões inerentes às práticas hidrométricas;
- Podem ser parcialmente explicados pelo fenômeno de armazenamento temporário de calha (propagação de onda de cheia).



**Figura 5.43 - Fluviogramas de Vazões Médias Mensais**  
**Período: 01/01/2.009 a 31/03/2.009**



### 5.1.8 Curvas Cota x Área e Cota x Volume do Reservatório

As curvas cota x área x volume do reservatório da UHE Itacara I foram obtidas a partir de plantas, em escala 1:5.000, com curvas de nível a cada 1,0 m, resultantes de levantamento aerofotogramétrico realizado pela empresa LACTEC em junho de 2.009. As áreas foram extraídas com o auxílio do programa AutoCAD e o cálculo dos volumes entre curvas de nível adjacentes, foi efetuado associando-os a “trancos de cone”.

A Tabela 5.22 apresenta os dados assim determinados.

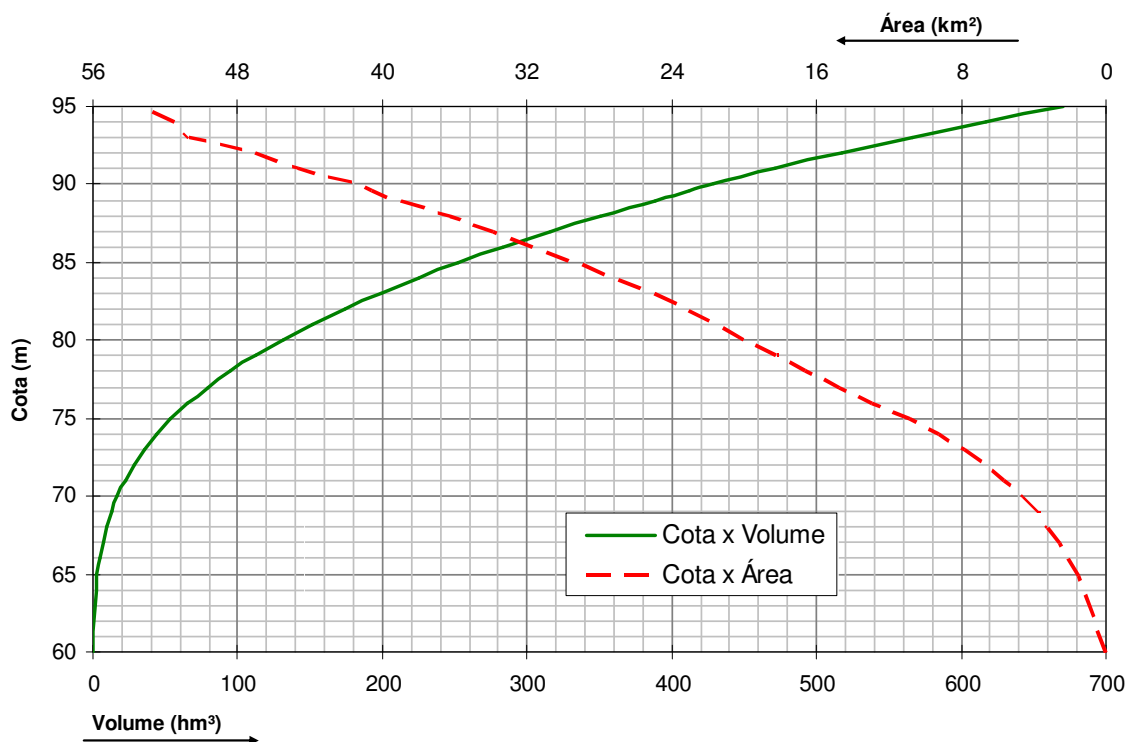
**Tabela 5.22 - Curva Cota x Área x Volume para o Reservatório da UHE Itacara I**

Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
60	0,0	0,00	80	19,9	131,50
65	1,5	2,46	81	21,5	152,20
66	2,1	4,23	82	23,2	174,55
67	2,6	6,54	83	24,9	198,63
68	3,2	9,41	84	27,1	224,65
69	3,7	12,85	85	29,3	252,83
70	4,6	16,98	86	31,6	283,25
71	5,6	22,07	87	33,8	315,95
72	6,6	28,19	88	36,2	350,98
73	7,8	35,41	89	39,0	388,60
74	9,2	43,89	90	41,5	428,87
75	10,8	53,88	91	44,7	471,96
76	12,9	65,72	92	47,0	517,77
77	14,7	79,50	93	50,7	566,58
78	16,6	95,12	94	51,4	617,65
79	18,2	112,47	95	53,2	669,96

Nota: Curvas de nível entre as cotas 60 m (pé da barragem) e 65 m indisponíveis, em virtude de corresponderem às áreas submersas do rio Paraíba do Sul.

Utilizando-se os valores acima, efetuou-se o traçado das curvas em questão, que encontram-se representadas na Figura 5.44.

**Figura 5.44 - Curva Cota x Área x Volume do Reservatório de Itacara I**



Essas curvas podem ser expressas pelas equações seguintes:

$$A = 9,5451335 \times 10^{-5} H^4 - 3,0332551 \times 10^{-2} H^3 + 3,6389389 H^2 - 1,9350569 \times 10^2 H + 3,8314418 \times 10^3$$

$$H = -2,2447236 \times 10^{-10} V^4 + 4,1348927 \times 10^{-7} V^3 - 2,9049205 \times 10^{-4} V^2 + 1,1524476 \times 10^{-1} V + 6,8940421 \times 10^1$$

Onde:

$$A = \text{Área (km}^2\text{)}$$

$$V = \text{Volume (hm}^3\text{)}$$

$$H = \text{Cota (m)}$$

### 5.1.9 Hidrossedimentologia

Os estudos hidrossedimentológicos tiveram como finalidade estimar a vida útil e subsidiar as simulações de remanso que levam em conta o assoreamento do reservatório, fundamentaram-se nas “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” (ANEEL / Eletrobrás, 1.999) e no “Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (ANEEL, 2.000).

As descargas sólidas foram calculadas com base em medições realizadas na região do aproveitamento desde 1.998, tendo sido considerados os efeitos de retenção de sedimentos nos reservatórios das UHEs Simplício e Itaocara II, a serem implantadas a montante. Utilizou-se o modelo HEC-6 para estimar a distribuição de sedimentos no reservatório e a altura de sedimentos no “pé” da Barragem.

É fundamental a realização dos monitoramentos recomendados no “Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios” a partir do momento em que o reservatório considerado seja implantado, de forma a verificar-se os resultados obtidos devem ser considerados indicativos, em função das vicissitudes dos fenômenos de erosão e transporte sólido e das incertezas inerentes aos métodos de previsão de assoreamento.

#### 5.1.9.1 Considerações Sobre o Transporte Sólido no Rio Paraíba do Sul

Os estudos da ELETROBRÁS/IPH (1.992), no zoneamento hidrossedimentométrico do Brasil, enquadra a bacia do rio Paraíba do Sul na classe S1/Litoral Sul. Essa zona abrange a bacia do rio Paraíba do Sul e as bacias costeiras situadas ao sul desta, até o Rio Grande do Sul e caracteriza-se pelo relevo íngreme e pela alta erosividade das chuvas. A mata predomina como tipo de cobertura do solo que apresenta erodibilidade de média a alta. Estas combinações resultam, em concentrações médias anuais, da ordem de 100 mg/l e produções específicas de 155 t/km<sup>2</sup>/ano.

Vale ressaltar que nesse estudo, os valores e características indicadas em cada região constituem médias globais, destinadas a efetuar comparações. Portanto, os dados supracitados podem estar sujeitos a grandes variações locais e temporais.

#### 5.1.9.2 Curva-Chave de Sedimentos

Para o estudo do assoreamento do futuro reservatório da UHE Itaocara I foram utilizados dados fornecidos pela LIGHT, provenientes de 31 (trinta e uma) medições de descargas sólidas efetuadas no período de 30/12/1.998 a 07/03/2.002 no posto Itaocara Jusante e 7 (sete) medições de descargas sólidas, realizadas no âmbito deste estudo pela COHIDRO, no posto Itaocara II Montante Formiga, no período de 03/03/2.009 a 24/03/2.009.

A Tabela 5.23 apresenta as descargas líquidas, as concentrações medidas e as descargas sólidas de suspensão e total fornecidas pela LIGHT e pela COHIDRO.

**Tabela 5.23 - Concentrações Medidas e Descargas Sólidas do Rio Paraíba do Sul**

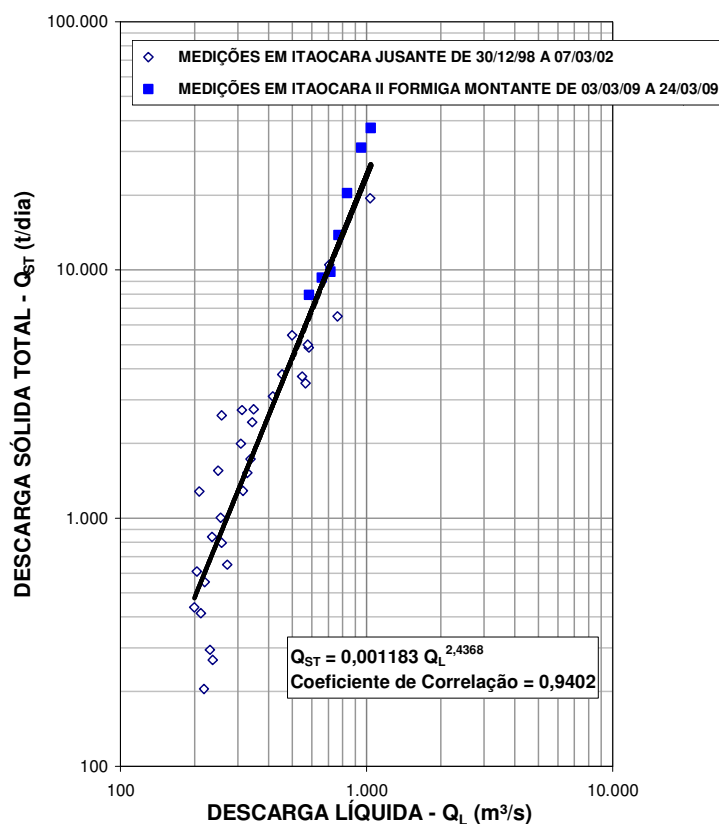
Posto	Data da Medição	Descarga Líquida (m³/s)	Concentração de Sólidos em Suspensão (mg/l)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total COLBY (t/dia)
Itaocara Jusante	30/12/1.998	547	-	2.178	3.723
	14/01/1.999	453	-	2.544	3.792
	18/01/1.999	705	-	7.370	10.482
	25/01/1.999	582	55	2.766	4.863
	19/02/1.999	565	35	1.709	3.494
	27/02/1.999	762	47	3.094	6.492
	02/03/1.999	1.034	117	10.453	19.451
	06/04/1.999	348	70	2.103	2.744
	09/04/1.999	343	63	1.868	2.431
	05/05/1.999	258	20	445	794
	10/08/1.999	209	52	944	1.280
	14/09/1.999	204	20	350	609
	14/10/1.999	220	16	298	552
	30/11/1.999	312	67	1.798	2.722
	21/12/1.999	315	26	719	1.287
	25/01/2.000	416	55	1.979	3.090
	14/03/2.000	577	57	2.850	5.000
	25/04/2.000	271	14	332	649
	30/05/2.000	237	6	114	268
	04/07/2.000	218	4	82	205
	10/08/2.000	249	47	1.005	1.553
	12/09/2.000	212	12	220	413
	03/10/2.000	231	6	120	294
	08/11/2.000	236	25	501	839
	12/12/2.000	308	48	1.271	1.995
	06/02/2.001	498	79	3.381	5.459
	27/03/2.001	255	28	614	1.003
	17/04/2.001	327	30	839	1.522
	16/05/2.001	337	33	949	1.728
	10/07/2.001	199	14	235	437
07/03/2.002	258	60	1.335	2.590	

**Tabela 5.23 (Continuação)**  
**Concentrações Medidas e Descargas Sólidas do Rio Paraíba do Sul**

Posto	Data da Medição	Descarga Líquida (m <sup>3</sup> /s)	Concentração de Sólidos em Suspensão (mg/l)	Descarga Sólida em Suspensão (t/dia)	Descarga Sólida Total COLBY (t/dia)
Itaocara II Montante Formiga	03/03/2.009	1.041	251	22.572	37.337
	03/03/2.009	951	229	18.814	31.134
	04/03/2.009	833	165	11.877	20.381
	10/03/2.009	713	82	5.054	9.833
	11/03/2.009	770	114	7.585	13.810
	24/03/2.009	584	87	4.386	7.926
	24/03/2.009	659	87	4.951	9.305

Considerou-se que a relação Vazão Líquida-Descarga Sólida Total obtida com os dados gerados pelo “Método de Colby” é a representativa do regime hidrossedimentométrico do Rio Paraíba do Sul na região da UHE Itaocara I. A curva-chave de sedimentos correspondente é apresentada na Figura 5.45.

Figura 5.45 - Curvas-Chave de Sedimentos do rio Paraíba do Sul naUHE Itaocara



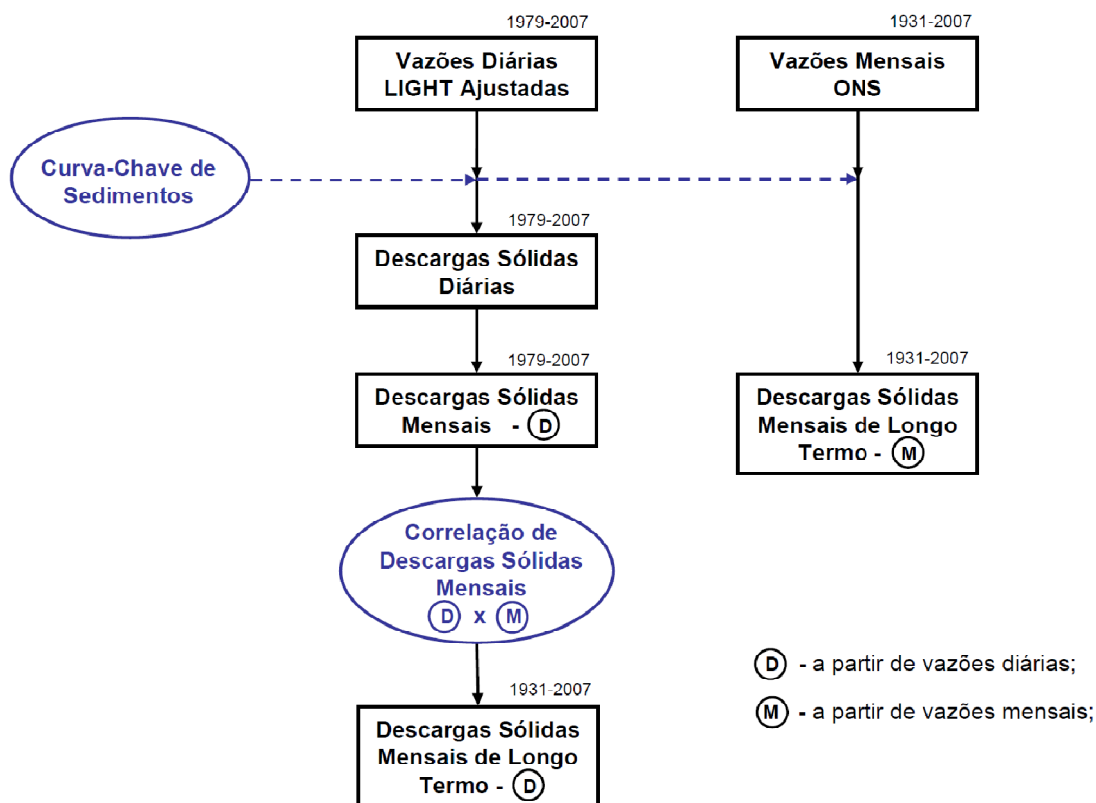
### 5.1.9.3 Descargas Sólidas Atuais

De posse da curva-chave de sedimentos supracitada, da série de vazões médias diárias regularizadas (fornecida pela LIGHT) e da série de vazões médias mensais regularizadas (disponibilizada pelo ONS), ambas em Ilha dos Pombos, foi possível estimar a descarga sólida total média na UHE Ilha dos Pombos já em fase de operação.

Como a utilização de vazões mensais, em detrimento de vazões diárias, leva-se à obtenção de descargas sólidas menos conservadoras, então optou-se pelo emprego de vazões diárias, a fim de se obter descargas sólidas mais realistas.

A Figura 5.46 apresenta de forma esquemática o processo utilizado na obtenção das descargas sólidas totais em Ilha dos Pombos.

**Figura 5.46 - Processo de Obtenção das Descargas Sólidas Totais em UHE Ilha dos Pombos**



Notas:

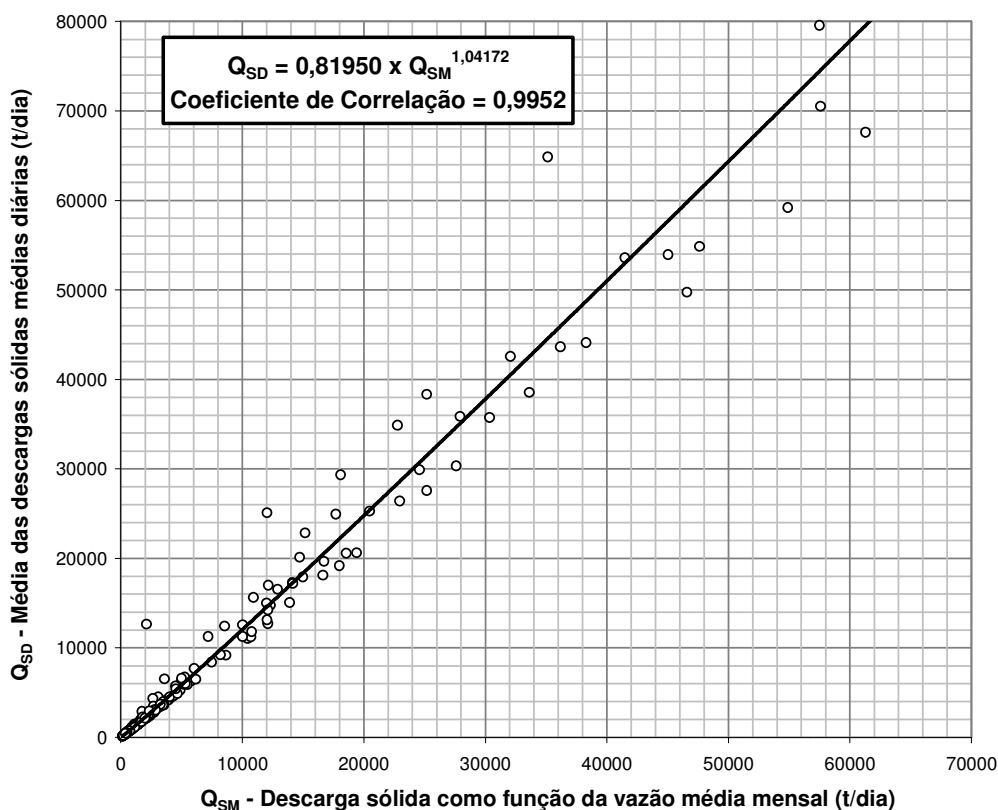
1) Vazões Mensais ONS - *Série de Vazões Médias Mensais Regularizadas em UHE Ilha dos Pombos*: Série de vazões disponibilizada pelo ONS.

2) Vazões Diárias LIGHT Ajustadas - *Série de Vazões Médias Diárias Regularizadas AJUSTADA em UHE Ilha dos Pombos*: Série de vazões fornecida pela LIGHT, ajustada de forma a tornar-se compatível com a série de vazões médias mensais do ONS.



Observa-se que foram geradas, paralelamente, descargas sólidas mensais a partir da aplicação da curva-chave de sedimentos à série de vazões diárias fornecida pela LIGHT e à série de vazões mensais do ONS. Essas descargas sólidas mensais, originárias desses dois processos, foram correlacionadas como mostra a Figura 5.47.

**Figura 5.47 - Correlação de Descargas Sólidas Médias Mensais**  
Período: jan/79-set/79; jan/82-dez/85; jan/95-dez/07



A partir dessa correlação foi possível estender e preencher a série de descargas sólidas médias mensais originárias da série de vazões diárias e obter a descarga sólida média em Ilha dos Pombos (8.368 t/dia), conforme relacionado na Tabela 5.24.

**Tabela 5.24 - Série de Descargas Sólidas Médias Mensais na UHE Ilha dos Pombos**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	18.293	156.411	75.756	25.171	5.168	2.321	1.349	815	903	1.837	2.025	11.897	25.162
1932	56.030	35.750	25.863	4.250	2.819	2.452	781	708	540	959	1.687	20.763	12.717
1933	35.411	7.505	5.572	1.837	1.118	581	567	331	451	867	1.236	13.861	5.778
1934	43.701	5.090	6.709	2.101	849	458	288	198	224	288	307	12.160	6.031
1935	12.606	109.259	22.069	6.770	2.025	1.247	646	446	428	1.851	940	894	13.265
1936	798	2.765	58.858	11.853	1.621	603	336	283	567	416	684	7.277	7.172
1937	37.037	42.277	6.770	4.344	3.669	1.067	495	288	228	1.385	3.691	51.149	12.700
1938	40.149	28.154	20.217	8.217	2.967	1.531	903	1.247	798	1.908	3.998	13.435	10.294
1939	22.967	19.270	5.517	7.671	1.595	841	482	321	279	261	912	3.953	5.339
1940	19.740	45.545	27.137	3.909	1.385	823	488	302	307	603	4.043	6.556	9.236
1941	10.390	3.062	6.139	3.005	959	603	588	297	1.203	1.582	2.435	12.833	3.591
1942	11.128	9.302	22.516	5.168	2.209	1.108	1.007	470	331	806	2.147	13.813	5.834
1943	87.508	43.893	24.288	5.572	1.894	1.326	724	632	540	1.937	1.647	9.993	14.996
1944	9.153	38.707	67.483	7.738	1.908	1.047	732	464	351	394	661	2.571	10.934
1945	10.837	42.748	11.128	6.989	1.269	1.097	1.149	458	416	316	1.181	7.671	7.105
1946	59.088	7.772	12.742	5.116	1.225	832	547	356	236	603	1.432	1.608	7.630
1947	33.994	52.853	209.182	18.349	4.585	1.996	2.419	1.349	1.373	1.809	4.043	20.278	29.353
1948	16.590	35.075	51.784	10.310	2.765	1.292	684	724	428	470	1.037	7.806	10.747
1949	23.163	44.182	10.111	3.158	1.017	969	639	411	283	554	912	4.683	7.507
1950	35.243	76.696	26.003	14.005	4.321	1.139	764	411	321	654	2.747	14.639	14.745
1951	21.379	29.646	43.128	17.074	2.930	1.097	969	646	411	446	367	1.981	10.006
1952	20.278	44.666	63.081	8.677	1.996	1.740	940	561	716	684	3.081	5.221	12.637
1953	1.727	3.277	2.783	3.669	1.420	724	446	297	321	270	1.713	3.821	1.706
1954	1.225	3.024	1.373	1.303	1.017	534	224	148	122	209	356	806	862
1955	8.534	1.396	1.087	1.303	476	341	170	119	96	157	588	3.563	1.486
1956	2.856	1.057	5.994	1.149	806	740	372	470	270	293	574	4.683	1.605
1957	6.739	7.772	26.566	19.504	2.162	1.057	716	399	781	416	1.494	4.961	6.047
1958	1.647	10.230	5.655	2.967	3.024	1.621	756	331	527	894	2.503	5.738	2.991
1959	27.353	4.274	14.247	7.277	997	514	331	388	202	311	2.116	1.781	4.983
1960	5.599	17.788	63.923	5.221	2.025	1.160	724	547	378	458	841	8.044	8.892
1961	80.667	77.780	82.346	14.101	5.248	1.996	1.108	684	326	293	654	1.880	22.257
1962	9.993	80.667	21.503	3.542	1.326	781	482	346	482	903	3.563	11.897	11.291
1963	12.471	15.493	4.986	1.108	534	394	266	209	184	205	781	311	3.078
1964	3.317	28.597	4.089	1.634	885	428	554	270	202	772	1.108	4.021	3.823
1965	36.091	71.935	31.815	5.012	6.465	2.272	1.457	885	540	1.937	3.887	8.641	14.245
1966	109.593	9.453	32.451	8.357	3.120	1.373	789	595	470	1.087	16.272	19.978	16.962
1967	120.626	143.067	112.292	21.566	5.090	2.892	1.634	885	700	654	4.250	11.551	35.434
1968	16.219	4.043	7.021	2.055	756	434	321	346	367	383	253	2.304	2.875
1969	8.044	3.864	5.738	2.225	669	632	372	362	236	646	3.842	8.750	2.948
1970	9.265	7.473	8.392	1.700	756	422	495	321	1.097	1.087	1.326	1.338	2.806
1971	1.469	236	2.948	669	372	561	205	136	288	748	2.272	12.072	1.831
1972	7.638	18.180	21.379	3.627	894	677	595	464	253	1.303	3.521	6.023	5.379
1973	17.183	22.709	5.627	5.823	1.647	858	661	446	351	885	3.931	7.671	5.649
1974	15.442	6.345	12.970	6.895	1.531	1.160	732	362	236	520	482	4.512	4.266

**Tabela 5.24 (Continuação)**  
**Série de Descargas Sólidas Médias Mensais na UHE Ilha dos Pombos**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1975	19.504	16.219	6.286	1.952	832	428	422	249	177	781	3.909	10.592	5.112
1976	8.677	10.270	10.310	5.301	2.256	2.402	2.658	1.192	2.520	3.542	6.052	16.378	5.963
1977	22.580	7.505	2.537	4.585	1.225	724	405	232	534	372	1.908	13.813	4.702
1978	33.912	8.713	10.151	1.952	988	922	514	288	202	270	1.608	2.085	5.134
1979	6.273	53.581	11.141	2.834	1.824	998	666	596	947	495	4.392	8.044	7.649
1980	23.954	10.961	3.297	6.647	1.047	684	534	336	297	482	1.160	9.153	4.879
1981	30.797	6.286	5.142	2.640	959	617	341	244	167	588	3.953	15.958	5.641
1982	19.665	6.193	44.110	22.827	2.343	1.657	1.185	936	359	1.128	1.752	24.946	10.592
1983	67.614	30.333	26.399	18.118	6.303	43.638	5.872	1.995	20.123	12.709	17.917	38.553	24.131
1984	20.574	4.269	3.411	4.194	3.589	974	586	576	491	379	591	1.734	3.447
1985	64.864	79.557	59.194	11.046	3.615	12.651	961	637	678	651	1.417	4.510	19.982
1986	9.682	13.861	21.754	2.930	1.258	581	540	507	253	160	194	12.028	5.312
1987	14.738	19.445	5.517	12.116	4.909	2.658	684	351	470	501	540	5.435	5.614
1988	10.511	90.310	28.154	7.084	4.961	2.676	1.118	574	351	1.027	2.085	1.660	12.543
1989	21.503	31.342	27.570	8.044	1.923	1.781	1.017	1.007	876	708	1.047	3.257	8.340
1990	4.250	815	3.976	2.304	988	411	416	326	464	488	520	581	1.295
1991	17.237	23.293	18.124	27.934	4.392	1.214	789	428	372	1.349	561	1.809	8.125
1992	28.671	5.711	3.998	1.781	1.361	470	495	274	1.087	1.781	6.435	8.148	5.018
1993	3.459	11.466	14.589	9.340	1.292	1.017	440	266	394	1.077	434	815	3.716
1994	8.499	2.676	11.338	6.739	3.864	1.108	527	362	191	198	748	5.090	3.445
1995	2.545	53.930	5.299	2.193	779	371	349	182	134	1.499	3.207	5.933	6.368
1996	35.755	27.581	49.750	9.196	2.489	1.232	709	529	4.344	1.080	25.086	11.216	14.081
1997	54.867	15.060	12.584	2.791	1.388	1.440	319	249	346	727	1.807	3.960	7.961
1998	4.477	17.006	4.664	1.851	688	661	287	274	228	1.397	1.904	2.599	3.003
1999	29.910	19.181	14.769	2.554	863	783	504	284	232	286	700	6.518	6.382
2000	38.314	11.805	7.702	4.544	824	524	464	408	1.046	372	1.169	6.003	6.098
2001	6.737	8.408	3.507	1.991	652	344	227	174	209	497	1.013	3.998	2.313
2002	16.558	20.623	4.882	1.222	797	372	313	257	338	167	1.467	12.426	4.952
2003	34.873	11.260	6.592	2.224	877	542	434	367	348	898	2.898	5.728	5.587
2004	15.626	29.330	17.303	13.119	3.682	3.083	2.238	928	512	1.205	2.260	15.016	8.692
2005	35.873	42.570	17.212	9.221	3.623	2.159	1.471	897	819	717	2.530	11.271	10.697
2006	5.429	25.257	6.496	2.131	1.104	683	499	433	435	1.258	3.690	15.188	5.217
2007	70.518	14.245	3.061	1.729	1.148	751	510	455	214	441	2.162	2.962	8.183
<b>MÍNIMO</b>	<b>798</b>	<b>236</b>	<b>1.087</b>	<b>669</b>	<b>372</b>	<b>341</b>	<b>170</b>	<b>119</b>	<b>96</b>	<b>157</b>	<b>194</b>	<b>311</b>	<b>862</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>24.904</b>	<b>27.901</b>	<b>22.702</b>	<b>6.716</b>	<b>2.083</b>	<b>1.796</b>	<b>771</b>	<b>488</b>	<b>778</b>	<b>965</b>	<b>2.658</b>	<b>8.660</b>	<b>8.368</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>120.626</b>	<b>156.411</b>	<b>209.182</b>	<b>27.934</b>	<b>6.465</b>	<b>43.638</b>	<b>5.872</b>	<b>1.995</b>	<b>20.123</b>	<b>12.709</b>	<b>25.086</b>	<b>51.149</b>	<b>35.434</b>

Através de relação entre áreas de drenagem foram calculadas as descargas sólidas naturais nos sítios daUHE Simplício, daUHE Itaocara I e daUHE Itaocara II. A Tabela 5.25 apresenta essas descargas médias sólidas totais.

**Tabela 5.25 - Descargas Sólidas Totais Médias Naturais  
Período: 1.931 a 2.007**

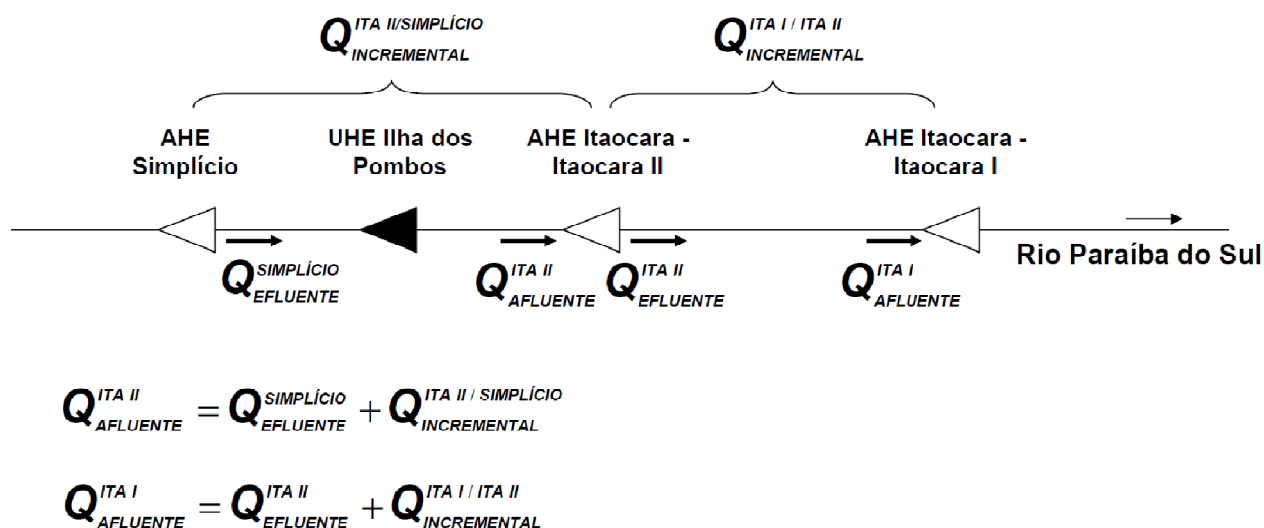
UHE	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Descarga Sólida (t/dia)
Ilha dos Pombos	32.137	8.368
Simplício	29.815	7.764
Itaocara II	32.806	8.543
Itaocara I	33.680	8.770

#### 5.1.9.4 Descargas Sólidas Após a Implantação das Usinas Hidrelétricas

Tendo em vista, também, a futura criação dos reservatórios das UHEs Simplício e de Itaocara II, fez-se mister considerar a retenção de sedimentos por eles promovida. Desprezou-se, contudo, a influência do reservatório da UHE Ilha dos Pombos, em virtude de sua pequena dimensão e avançada idade que resultam num presumido equilíbrio sedimentológico.

A Figura 5.48 mostra o esquema utilizado no cálculo das futuras descargas sólidas afluentes aos reservatórios das UHEs Itaocara I e Itaocara II.

**Figura 5.48 - Esquema de Obtenção das Descargas Sólidas Afluentes aos Reservatórios**



As descargas sólidas incrementais entre as futuras UHEs Itaocara II/Simplício e Itaocara I/Itaocara II, foram obtidas pela diferença das descargas sólidas atuais apresentadas na Tabela 5.25.

Para a determinação das descargas sólidas efluentes dos reservatórios de Simplício e Itaocara II foram realizadas simulações do assoreamento dos seus reservatórios, utilizando o método descrito no **item 5.1.9.6**. Os resultados obtidos mostram que a retenção de sedimentos nesses reservatórios se dá a uma taxa aproximadamente constante ao longo das primeiras décadas. Dessa forma, para as eficiências de retenção podem ser considerados os valores de cerca de 55% para aUHE Simplício e de 16% para aUHE Itaocara II.

A Tabela 5.26 reúne as descargas sólidas totais afluentes aos aproveitamentos consideradas neste estudo.

**Tabela 5.26 - Descargas Sólidas Após Implantação dos Reservatórios**

UHE	Descarga Sólida (t/dia)		
	Afluente	Efluente	Incremental
Simplício	7.764	3.494	N/A
Itaocara II	4.273	3.589	779
Itaocara I	3.816	661	227

Nota: A descarga sólida incremental refere-se à bacia da UHE em questão e aquele a montante.

#### 5.1.9.5 Granulometria e Peso Específico dos Sedimentos

A análise granulométrica dos sedimentos transportados em suspensão e arrasto pelo rio Paraíba do Sul, realizada pela COHIDRO e pela LIGHT, a partir de medições de descargas sólidas executadas no posto Itaocara II Montante Formiga e Itaocara Jusante, apresentou os valores médios mostrados na Tabela 5.27.

**Tabela 5.27 - Granulometria Média dos Sedimentos**

Sedimento	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Suspensão	44,93	50,67	4,40
Fundo (arrasto)	0,00	0,00	100,00
<b>Total</b>	42,68	48,14	9,18

Nota: Na determinação da granulometria do sedimento total, considerou-se o sedimento de arrasto como 5% do sedimento em suspensão. Este percentual é inferior ao usualmente adotado, o que se justifica pela existência de reservatórios a montante que retêm grande parcela do material de fundo.

O peso específico aparente inicial do sedimento foi calculado segundo as equações abaixo (Lara e Pemberton apresentado por Strand, 1.974):

$$\gamma_i = W_c \times p_c + W_m \times p_m + W_s \times p_s$$

$$K = K_c \times p_c + K_m \times p_m + K_s \times p_s$$

onde:

$\gamma_i$  = peso específico aparente inicial do depósito de sedimentos ( $t/m^3$ );

c, m, s = índices representativos das faixas granulométricas correspondentes a silte, argila e areia, respectivamente;

W = peso específico inicial, tabelado segundo a faixa granulométrica e o tipo de operação do reservatório;

K = constante de compactação tabelada segundo descrito acima;

p = frações médias de argila, silte e areia presentes no depósito de sedimento;

Considerando que o reservatório da UHE Itaipava I terá uma operação do “Tipo 1 – Sedimento sempre ou quase sempre submerso”, segundo os critérios de Strand, 1.974 e que para este tipo de reservatório os valores de  $W_i$  e  $K_i$  são os indicados na Tabela 5.28, a seguir, essas equações resultam em:

$$\gamma_i = 0,86 \text{ t/m}^3;$$

$$K = 0,15334$$

**Tabela 5.28 - Constantes  $W_i$  e  $K_i$  para Cálculo do Peso Específico Aparente (Strand, 1.974)**

Argila		Silte		Areia	
Wc	Kc	Wm	Km	Ws	Ks
0,416	0,2563	1,121	0,0913	1,554	0

Nota: Reservatórios com operação do “Tipo 1 – Sedimento sempre ou quase sempre submerso”.

O peso específico médio das várias camadas de sedimentos depositadas ao longo do tempo ( $\gamma_T$ ) varia conforme as idades dessas camadas e pode ser estimado pela equação a seguir:

$$\gamma_T = \gamma_i + 0,4343 \times K \left( \frac{T}{T-1} \times \ln T \right)$$

onde:

T = tempo de operação do reservatório (anos).

### 5.1.9.6 Cálculo dos Volumes de Assoreamento do Reservatório

Na simulação do assoreamento dos reservatórios em estudo foi empregada a seguinte equação:

$$S = \frac{365 \times Q_{ST} \times E_r}{\gamma_T}$$

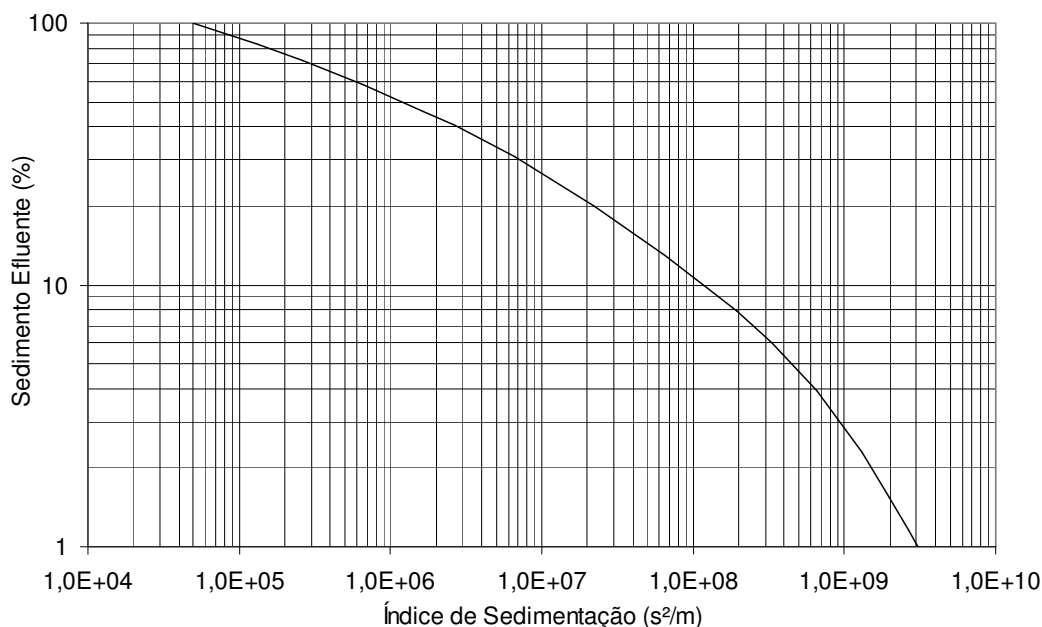
onde:

- S = Volume de sedimento retido no reservatório (m<sup>3</sup>/ano);
- Q<sub>ST</sub> = Descarga sólida total média afluyente ao reservatório (t/dia);
- E<sub>r</sub> = Eficiência de retenção do reservatório;
- γ<sub>T</sub> = Peso específico aparente médio dos depósitos (t/m<sup>3</sup>);

Para a obtenção dos valores da eficiência de retenção E<sub>r</sub> utilizou-se a “Curva de Churchill”, em decorrência dos resultados dos estudos de Borland (“River Mechanics”, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1.971) que indicaram que essa curva conduz a melhores resultados que a “Curva de Brune”.

A Figura 5.49 representa essa curva, adaptada para unidades métricas.

**Figura 5.49 - Curva de Churchill**



Dessa forma, foram determinados os índices de sedimentação (IS), empregando-se a equação:

$$IS = \frac{V^2}{Q^2 \times L}$$

onde:

V = volume do reservatório = variável com o tempo;

Q = vazão média afluente;

L = comprimento do reservatório.

Esses dados, relativos aos reservatórios considerados, são apresentados na Tabela 5.29.

**Tabela 5.29 - Dados para a Simulação do Assoreamento**

Reservatório das UHEs	Volume inicial do Reservatório (m <sup>3</sup> )	Vazão média Afluente (m <sup>3</sup> /s)	Comprimento (m)
Simplício	83,8 x 10 <sup>6</sup>	395	17.500
Itacara II	28,6 x 10 <sup>6</sup>	432	22.248
Itacara I	412,8 x 10 <sup>6</sup>	448	23.759

Nota: Dados da UHE Simplício extraídos do Relatório do Projeto Básico/FURNAS 2.006). Ver, também, outros dados incluídos no Anexo correspondente aos Estudos Hidrometeorológicos.

Empregando-se os valores das Tabela 5.27 e Tabela 5.29 foram efetuadas simulações de assoreamento dos reservatórios em questão.

A Tabela 5.30 apresenta as estimativas das variáveis envolvidas no processo de simulação do assoreamento para diversos anos de operação do reservatório da UHE Itacara I.

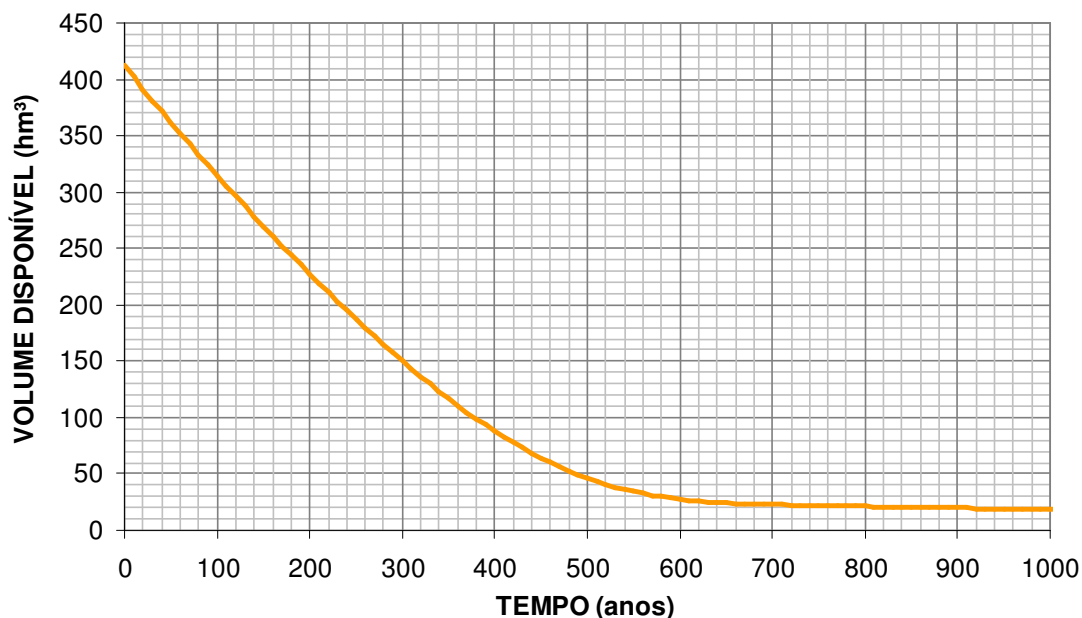
A Figura 5.50 permite visualizar a diminuição da capacidade do reservatório devido ao processo de assoreamento.



**Tabela 5.30 - Simulação do Assoreamento do Reservatório da UHE Itaocara I**

Ano		Índice de Sedimentação ( s <sup>2</sup> /m )	Sedimento Efluente ( % )	Sedimento retido ( t )	Sedimento retido acumulado ( t )	Peso específico ( t/m <sup>3</sup> )	Volume final (hm <sup>3</sup> )	
Início	Fim						Assoreado	Disponível
0	10	3,60E+07	16,93	11.573.392	11.573.392	1,040	11,13	401,63
10	20	3,41E+07	17,17	11.539.787	23.113.179	1,075	21,51	391,25
20	30	3,23E+07	17,40	11.508.355	34.621.534	1,096	31,58	381,18
<b>30</b>	<b>40</b>	<b>3,07E+07</b>	<b>17,62</b>	<b>11.477.774</b>	<b>46.099.308</b>	<b>1,112</b>	<b>41,46</b>	<b>371,30</b>
40	50	2,91E+07	17,83	11.447.772	57.547.080	1,124	51,18	361,58
<b>50</b>	<b>60</b>	<b>2,76E+07</b>	<b>18,04</b>	<b>11.418.236</b>	<b>68.965.316</b>	<b>1,135</b>	<b>60,78</b>	<b>351,98</b>
60	70	2,62E+07	18,25	11.389.112	80.354.428	1,144	70,27	342,49
70	80	2,48E+07	18,46	11.360.374	91.714.802	1,151	79,66	333,10
80	90	2,34E+07	18,66	11.332.012	103.046.813	1,158	88,98	323,78
90	100	2,22E+07	18,86	11.304.024	114.350.837	1,164	98,21	314,55
100	110	2,09E+07	19,13	11.266.975	125.617.812	1,170	107,36	305,40
110	120	1,97E+07	19,52	11.212.166	136.829.978	1,175	116,42	296,34
120	130	1,86E+07	19,93	11.155.155	147.985.133	1,180	125,38	287,38
130	140	1,75E+07	20,36	11.095.790	159.080.923	1,185	134,25	278,51
140	150	1,64E+07	20,80	11.033.909	170.114.832	1,189	143,03	269,73
150	160	1,54E+07	21,27	10.969.341	181.084.173	1,194	151,72	261,04
160	170	1,44E+07	21,75	10.901.903	191.986.076	1,198	160,31	252,45
170	180	1,35E+07	22,26	10.831.397	202.817.473	1,201	168,81	243,95
180	190	1,26E+07	22,79	10.757.613	213.575.085	1,205	177,21	235,55
190	200	1,17E+07	23,34	10.680.323	224.255.408	1,209	185,52	227,24
290	300	5,23E+06	30,73	9.650.877	325.836.183	1,241	262,55	150,21
390	400	1,84E+06	43,43	7.880.979	413.395.134	1,273	324,68	88,08
490	500	5,14E+05	63,89	5.030.490	477.373.413	1,302	366,55	46,21
590	600	1,73E+05	82,71	2.409.380	511.911.232	1,329	385,19	27,57
690	700	1,11E+05	89,34	1.484.735	529.900.337	1,358	390,10	22,66
790	800	9,51E+04	91,40	1.197.810	543.013.291	1,386	391,69	21,07
890	900	8,29E+04	93,13	956.798	553.646.533	1,408	393,09	19,67
990	1000	7,35E+04	94,55	758.801	562.082.306	1,426	394,21	18,55
1990	2000	4,79E+04	98,91	152.258	596.270.869	1,499	397,72	15,04
2990	3000	4,43E+04	99,57	60.033	605.824.688	1,521	398,28	14,48
3990	4000	4,33E+04	99,78	31.100	610.140.510	1,531	398,45	14,31

**Figura 5.50 - Redução do Volume do Reservatório da UHE Itacara I pelo Assoreamento**



A Tabela 5.31 apresenta os tempos estimados para o assoreamento do reservatório até as cotas do canal de aproximação/adução da estrutura da Tomada d'Água, soleira do Vertedouro e assoreamento total do reservatórios, na cota do NA máximo normal.

**Tabela 5.31 - Tempos Estimados de Assoreamento (anos)**

Discriminação	Cota (m)	Volume (hm³)	Tempo (anos)
Canal de Aproximação/Adução da Tomada d'Água	60,00	35,41	34
Soleira do Vertedouro	76,00	65,72	65
NA Máximo Normal	89,60	412,76	4.000

Na obtenção desses tempos, considerou-se que a superfície do depósito de sedimentos é horizontal, o que se constitui em hipótese conservadora, já que o assoreamento tende a ocorrer de montante para jusante. Dessa forma, realizou-se o estudo, considerando a distribuição desuniforme dos depósitos ao longo do reservatório, de forma a permitir uma caracterização mais realista do tempo para que a operação do empreendimento seja afetada, o que ocorre a partir do momento que os sedimentos atingem a soleira do canal de aproximação/adução da Tomada d'Água.

#### 5.1.9.7 Distribuição dos Sedimentos no Reservatório

Para avaliar a distribuição dos sedimentos no reservatório, foi utilizado o Modelo Matemático/HEC-6 "Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs", distribuído pelo U.S Army Corps of Engineers.

O modelo *HEC-6* é um modelo numérico unidimensional de fundo móvel, destinado à simulação do escoamento em canais e à previsão de mudanças geométricas nas seções fluviais e nos perfis de linha de água, resultantes da erosão e do assoreamento, através de longos períodos de tempo.

Nas simulações aplicadas em reservatórios, caso do presente trabalho, o modelo calcula os depósitos ao longo do perfil longitudinal, prevendo os volumes e locais de assoreamento e fornecendo as seções transversais modificadas após o processo de transporte sólido.

Essas seções foram utilizadas para subsidiar os estudos de remanso referentes aos cenários de 10 e 30 anos de idade do reservatório e para avaliar a vida útil operacional do empreendimento UHE.

a) Dados de Entrada

O modelo necessita que sejam fornecidos os elementos discriminados em seguida. Seguem, também, comentários sobre o uso das informações disponíveis que em alguns casos, sofreram adequações visando à calibração do modelo (**item c**).

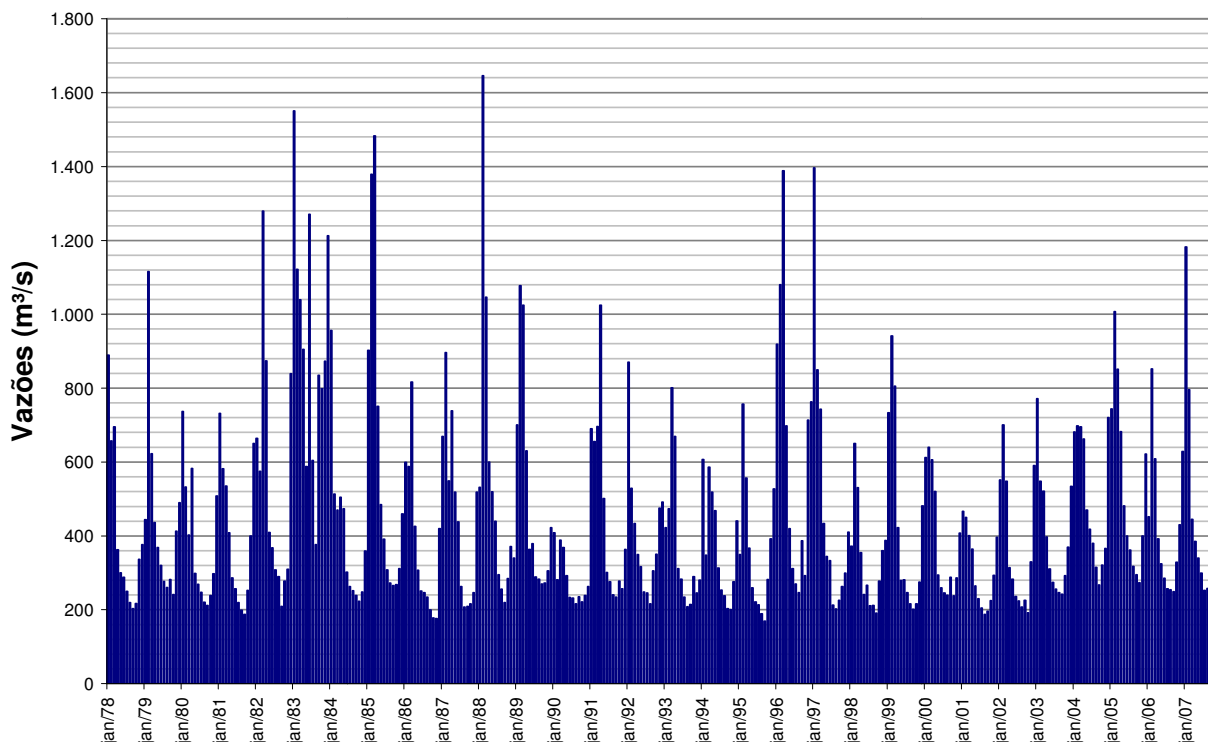
- **Geometria do trecho fluvial a ser simulado**, a qual é representada pelas seções topobatimétricas e pelas distâncias entre as mesmas. Na modelagem sedimentológica foi mantida a mesma geometria construída e calibrada para o modelo hidráulico (**Ver item 5.1.10**);
- **Características do leito móvel de cada uma das seções**. A modelagem de leito móvel necessita que sejam especificados os limites, horizontais e verticais, do volume de controle, os quais devem ser definidos para cada seção transversal do modelo. Esses limites definem a região da seção transversal passível de erosão.

No presente estudo, admitiu-se que a erosão pode ocorrer apenas entre os pontos que caracterizam a calha principal no modelo hidráulico, tendo sido considerada nula a máxima profundidade erodível abaixo de cada seção inicial. Essa premissa justifica-se pela constatação *“in situ”* da predominância de leito rochoso ao longo de todo estirão modelado.

- **Hidrograma a ser simulado** - o modelo se baseia na equação de movimento permanente, uniformemente variado, aproximando o hidrograma afluente por uma sequência de períodos de escoamento permanente (vazão variável por patamares);

Da série de vazões médias mensais regularizadas em UHE Itaipava I, foi utilizado para a modelagem o período de 30 anos mais recente – 1.978 a 2.007. Dessa forma, tem-se um período compatível com os cenários de simulação acima mencionados e vazões teoricamente mais representativas das condições fluviais futuras. A Figura 5.51 apresenta o hidrograma correspondente.

**Figura 5.51 - Hidrograma Empregado na Modelagem**



- **Características hidráulicas** - o perfil de linha d'água é calculado para cada período de regime permanente simulado, usando o "standard step method" para resolver as equações de continuidade e de energia. As perdas por atrito são calculadas pela fórmula de Manning, com os coeficientes de rugosidade (n) podendo variar em função da altura do escoamento, em cada seção transversal. O modelo calcula ainda as perdas localizadas devido à contração ou à expansão do escoamento.

Conforme já mencionado, neste estudo foram mantidos os coeficientes de Manning, de contração e expansão obtidos na calibração do modelo hidráulico HEC-RAS, realizada na primeira etapa do estudo de remanso (ver item 5.1.10).

- **Condição de contorno** - os níveis d'água a jusante do trecho a ser modelado devem ser especificados, através de uma curva-chave.

No caso da calibração do modelo foi adotada a seção S-27, correspondente ao posto Itaocara Jusante. Já para as simulações, considerou-se a seção S-22 (Eixo da UHE Itaocara I) com nível constante de 89,6 m, correspondente ao nível d'água máximo normal do reservatório de UHE Itaocara I.

- **Carga de sedimentos** - o aporte de sedimentos ao estirão simulado é calculado através da curva-chave de sedimentos, dada pela relação entre a descarga líquida e a descarga sólida total (arraste + suspensão). Essa curva deve ser inserida na seção mais a montante do trecho modelado (S-9). Foi utilizada a curva-chave de sedimentos definida no item 5.1.9.2 (Figura 5.53).

Para a caracterização do material transportado pelo rio foram utilizadas as granulometrias médias do material do leito e do material em suspensão, obtidas com base nas medições de descarga sólida realizadas pela LIGHT e pela COHIDRO. A Tabela 5.32 apresenta os percentuais relativos às faixas granulométricas adotadas.

**Tabela 5.32 - Granulometria do Material Sólido Transportado**

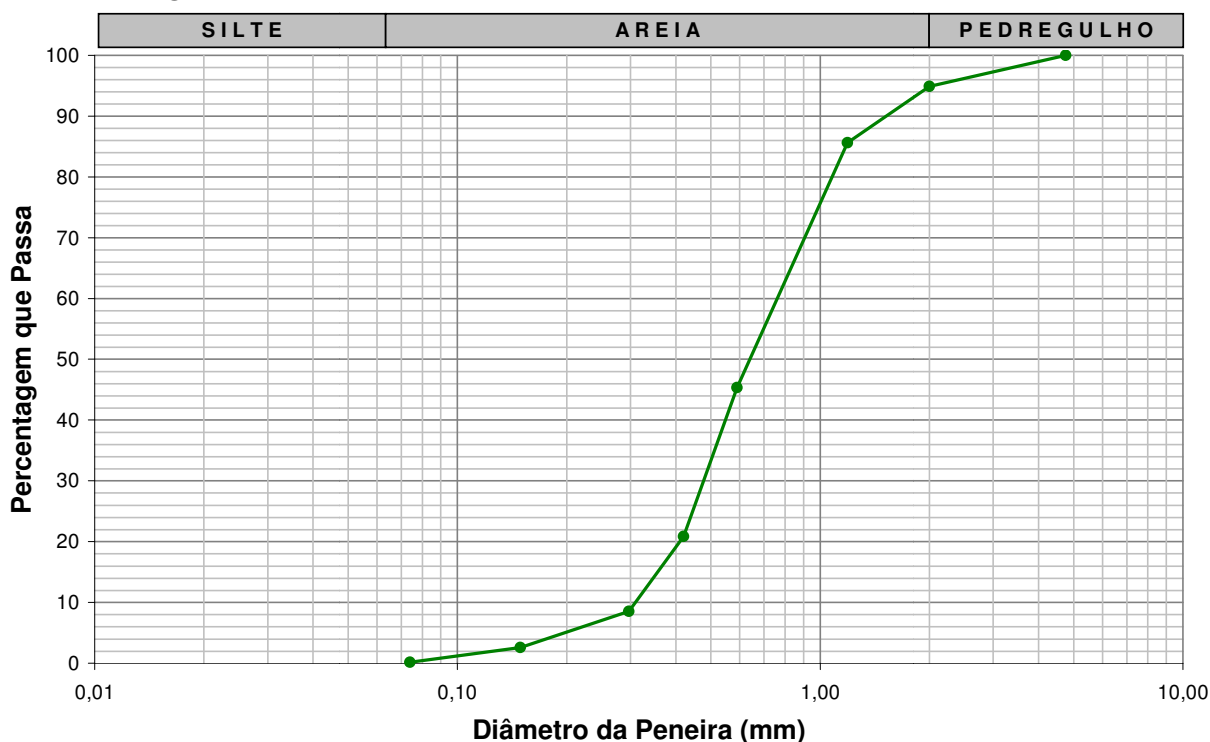
Diâmetro	Classificação HEC-6		Granulometria Padrão Adotada
0 / 0,004	CLA	Argila Grossa	42,68
0,004 / 0,008	SILT	Silte muito fino	10,25
0,008 / 0,016	SILT	Silte fino	14,86
0,016 / 0,031	SILT	Silte médio	10,07
0,031 / 0,0625	SILT	Silte Grosso	12,96
0,062 / 0,125	VFS	Areia muito fina	3,05
0,125 / 0,25	FS	Areia fina	1,44
0,25 / 0,5	MS	Areia média	1,50
0,5 / 1	CS	Areia Grossa	2,00
1 / 2	VCS	Areia muito grossa	0,95
2 / 4	VFG	Pedregulho muito	0,17
4 / 8	FG	Pedregulho fino	0,07
8 / 16	MG	Pedregulho médio	0,00
Totalização			100

Nota: Na determinação da granulometria do material sólido transportado, considerou-se o sedimento de arrasto como 5% do sedimento em suspensão. Este percentual é inferior ao usualmente adotado, o que se justifica pela existência de reservatórios a montante que retêm grande parcela do material de fundo.

- **Granulometria do material de fundo** - deve ser fornecida para cada seção, de acordo com a classificação do AGU/ American Geophysical Union.

Com base nas medições de descarga sólida realizadas pela LIGHT e pela Cohidro, foi definida uma granulometria média representativa de todas as seções do modelo. Este padrão granulométrico é apresentado na Figura 5.52, onde se percebe uma predominância de areia média no material de fundo.

**Figura 5.52 - Curva Granulométrica Média do Material Sólido do Leito**



b) Parâmetros do Modelo

- **Velocidade de Queda das Partículas em Suspensão**

Para o cálculo da velocidade de queda das partículas em suspensão foi utilizado o “default” do modelo HEC-6, que se baseia em curvas elaboradas de maneira experimental para cálculo do número de Reynolds e calcula de maneira iterativa a velocidade até atingir o valor teórico esperado.

- **Equações de Transporte de Sedimento**

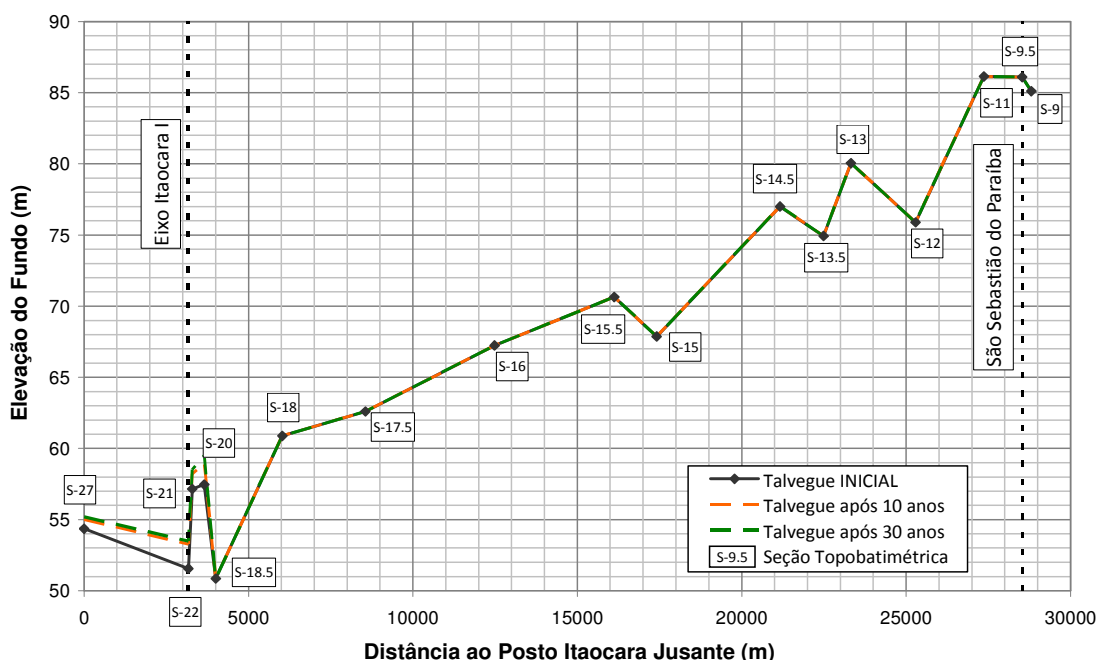
O potencial de transporte de sedimento, medida de quanto material sólido pode ser transportado sob determinada condição hidrodinâmica, pode ser calculado por meio de várias equações. Neste estudo foi utilizada a equação de “Meyer-Peter-Muller”, considerada a mais indicada para representar as condições locais.

### c) Calibração do Modelo HEC-6

Tendo em vista a obtenção de resultados compatíveis com as condições atuais do rio Paraíba do Sul que se encontra em equilíbrio geomorfológico, as informações disponíveis foram criteriosamente analisadas e ajustadas num processo de aproximações sucessivas, de forma a se obter perfil de leito do rio que se aproximasse das condições atuais do curso d'água. Constam do **item (a)** acima, premissas e adequações empregadas no processo.

A Figura 5.53 permite comparar os perfis de leito atual e leito resultante da simulação com o HEC-6 para os tempos de 10 e 30 anos.

**Figura 5.53 - Perfil Longitudinal do Leito do Rio em Condições Naturais após 0, 10 e 30 Anos**



Nota-se que a modelagem apresenta resultados adequados, configurando diferenças em relação ao curso d'água natural em seções localizadas no sítio do aproveitamento UHE Itaocara I, principalmente à jusante do Barramento que tem influência desprezível no remanso do reservatório.

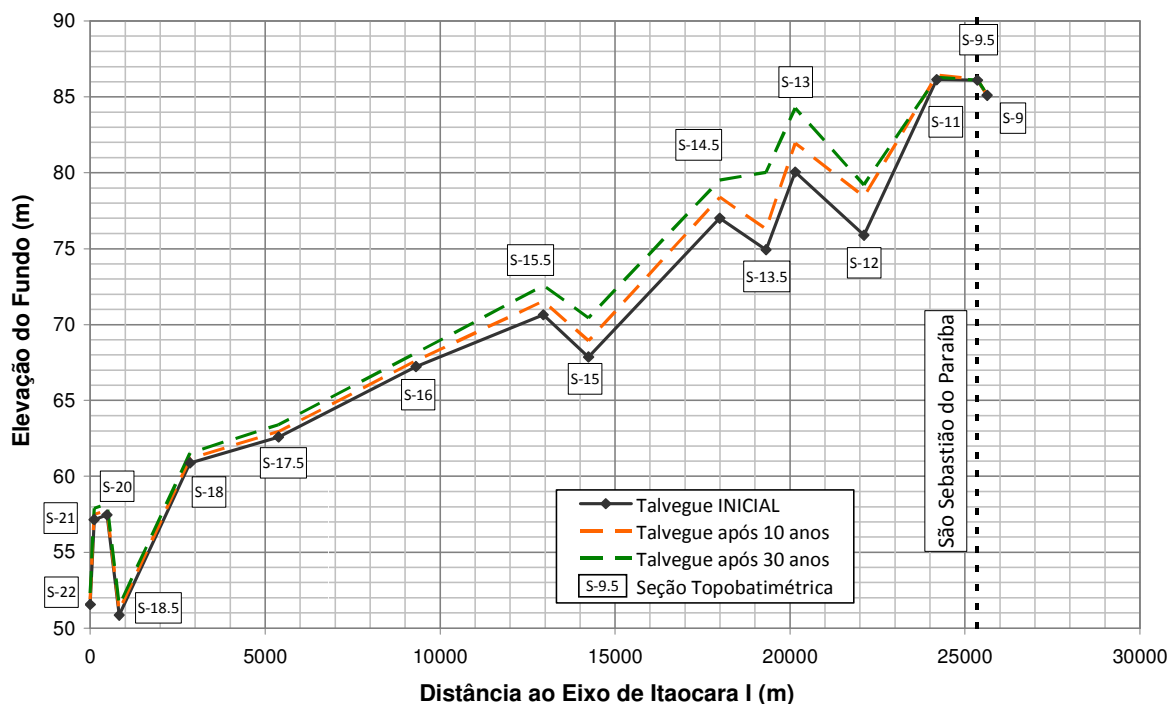
### d) Simulação de Assoreamento do Reservatório

Com o modelo HEC-6 calibrado foi possível simular a evolução do leito e das seções transversais do rio Paraíba do Sul ao longo do tempo, considerando a implantação da UHE Itaocara I, de forma a caracterizar as modificações esperadas em função da retenção de sedimentos no reservatório formado.

- **Perfil longitudinal do rio Paraíba do Sul**

A Figura 5.54 apresenta os perfis longitudinais do leito do rio Paraíba do Sul em início de operação do empreendimento UHE Itacara I e após 10(dez) e 30(trinta) anos de operação do seu reservatório.

**Figura 5.54 - Perfil Longitudinal do Leito do Rio após 0, 10 e 30 Anos de Operação do Reservatório**

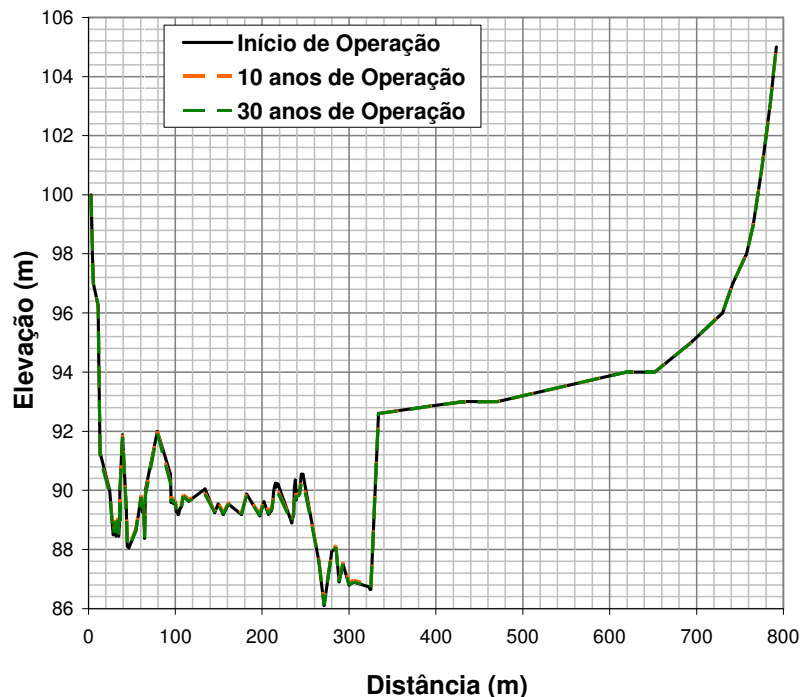


- **Seções Transversais do rio Paraíba do Sul**

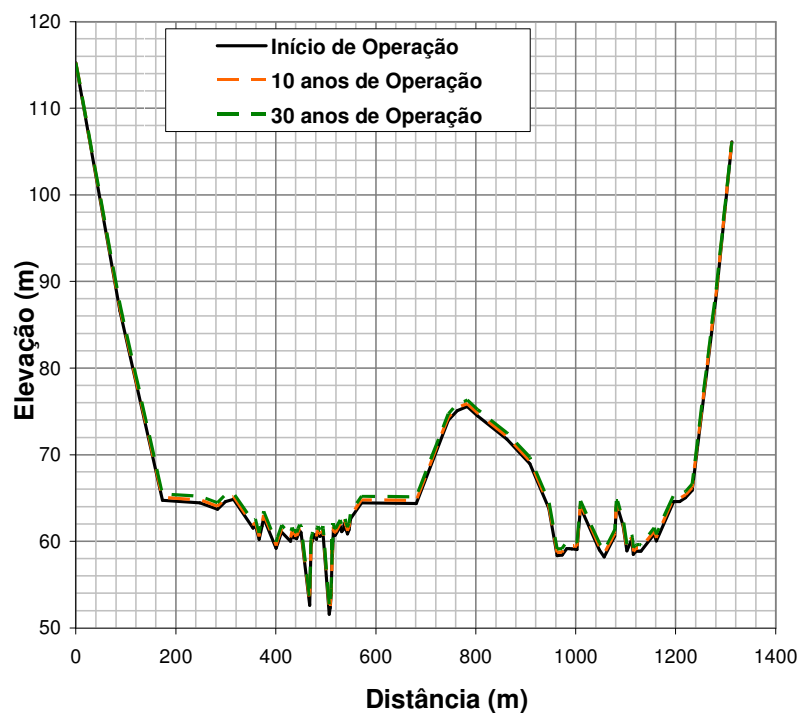
Para cada um dos cenários considerados, foram obtidas as seções transversais modificadas pelos depósitos de sedimentos. As Figura 5.55 e Figura 5.56 exemplificam os resultados encontrados para as seções transversais de São Sebastião do Paraíba e do local do Barramento da UHE Itacara I.



**Figura 5.55 - Seção Transversal do rio Paraíba do Sul em São Sebastião do Paraíba nos Anos 0, 10 e 30 de Operação do Reservatório**



**Figura 5.56 - Seção Transversal do rio Paraíba do Sul no local do barramento da UHE Itaocara I nos Anos 0, 10 e 30 de Operação do Reservatório**



Estas e as demais seções transversais, correspondentes aos cenários em estudo, subsidiaram os estudos de remanso com reservatório assoreado (item 5.1.10.6) e são apresentadas no Anexo correspondente aos “Estudos Hidrometeorológicos”.

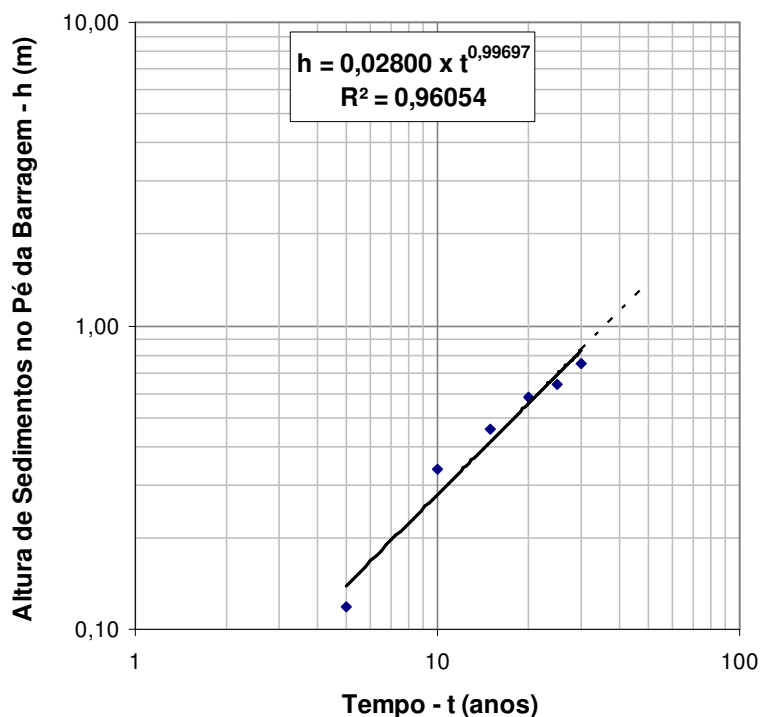
e) Altura de Sedimentos no “Pé” da Barragem UHE Itacara I

As simulações realizadas também permitiram estimar a evolução dos depósitos de sedimentos no “pé” da Barragem. A Tabela 5.33 reúne as alturas desses depósitos para diversos tempos de operação do empreendimento, enquanto a Figura 5.57 relaciona esses dados.

**Tabela 5.33 - Altura dos Depósitos no “Pé” da Barragem**

Tempo de Operação (anos)	Altura do Depósito (m)
0	0,00
5	0,12
10	0,34
15	0,46
20	0,58
25	0,64
30	0,75

**Figura 5.57 - Evolução da Altura de Sedimentos no “Pé” da Barragem da UHE Itacara I**



A partir da relação estabelecida na Figura 5.64 foi estimada a altura de sedimentos no “pé” da Barragem para um assoreamento de 50(cinquenta) anos e sua correspondente altitude para o reservatório estudado. A Tabela 5.34 apresenta esse resultado e outros dados de interesse.

**Tabela 5.34 - Dados e Resultados do Estudo de Distribuição dos Sedimentos no Reservatório**

Discriminação	Valor
Cota do pé da barragem (m)	46,00
Altura de sedimentos (m)	1,38
Cota dos sedimentos no pé da barragem (m)	47,38
Cota da Soleira do Canal de Adução da Tomada d'Água (m)	60,000

A análise conjugada da cota de sedimentos no “pé” da barragem EL. 47,38m, após 50 anos de operação do reservatório da UHE Itacara I, com a cota da soleira do canal de aproximação da Tomada d'Água EL. 60,00m, permite concluir que a UHE Itacara I deverá operar sem problemas sedimentológicos durante mais de 50(cinquenta) anos.

Conseqüentemente, não é de se esperar que o processo de sedimentação/assoreamento do reservatório venha a ocasionar problemas operacionais para a Tomada d'Água da UHE Itacara I durante sua vida útil. Apesar disso, recomenda-se a realização de levantamentos topobatimétricos, após decorridos cerca de 10(dez) anos da implantação do reservatório. Em função dos resultados obtidos neste levantamento decenal, deverão ser programados novos levantamentos, tudo visando o monitoramento da real evolução do assoreamento.

#### 5.1.10 Remanso do Reservatório

Diferentemente dos estudos de remanso usualmente desenvolvidos na fase de Projeto Básico, nos quais se realizam simulações de escoamento em um reservatório com nível d'água conhecido, a UHE Itacara I foi contemplado com análises específicas de diferentes cenários, em consequência das seguintes peculiaridades:

- Existência do povoado de São Sebastião do Paraíba no extremo de montante do reservatório da UHE Itacara I;
- Necessidade de se considerar a formação de depósitos de sedimentos no reservatório, na medida em que esse fenômeno tem influência no remanso.

Em face do acima exposto, fez-se mister uma otimização do “Nível d’Água Máximo Normal” estabelecido no “Relatório de Validação de Alternativa Para Viabilização Ambiental” (PCE Engenharia, Maio/2.009), partindo-se da premissa de que com a implantação do reservatório da UHE Itaocara I não deve provocar o recrudescimento das inundações que assolam periodicamente o povoado de São Sebastião do Paraíba, mesmo após 30(trinta) anos de assoreamento. Nesse estudo de “otimização”, realizado por aproximações sucessivas, foi utilizado o Modelo HEC-RAS, devidamente calibrado com base em resultados de levantamentos de campo, conjugado com os resultados das análises sedimentológicas apresentadas no **item 5.1.9**. Uma vez definido o nível d’água máximo normal do reservatório em questão, outras simulações de remanso foram efetuadas, incluindo o “braço”/remanso do reservatório a ser formado no vale do rio Pirapetinga, principal afluente local do rio Paraíba do Sul, conforme detalha-se em seguida.

#### 5.1.10.1 Dados Básicos

Foram utilizados os seguintes dados:

- Curvas-chave naturais dos postos Itaocara Jusante, São Sebastião do Paraíba e Itaocara II Canal Esquerdo, apresentadas no **item 5.1.7**;

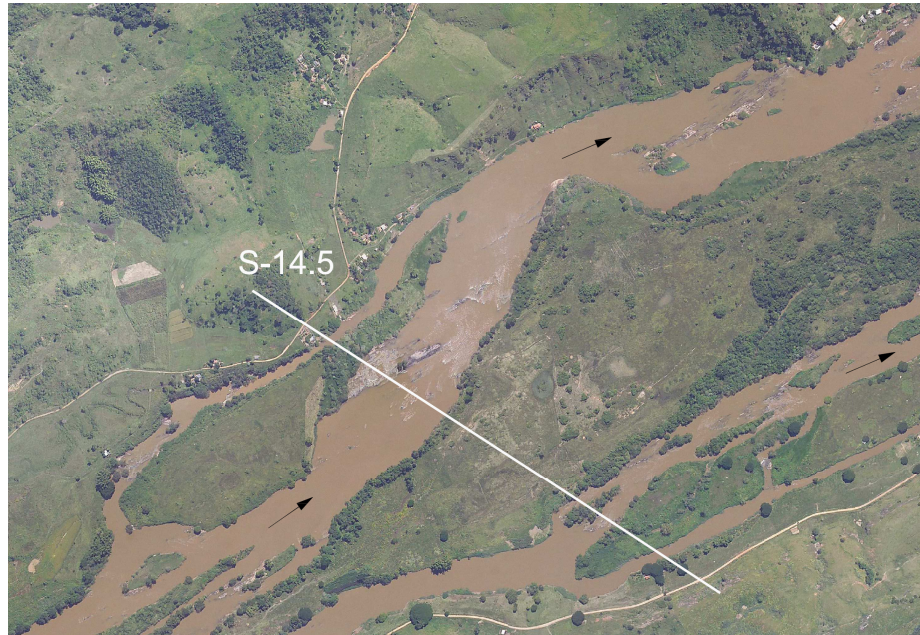
Seções topobatimétricas transversais ao rio Paraíba do Sul, resultantes de levantamentos de campo (12 seções em 2.009 e 14 seções em 1.995) e de análises de escritório fundamentadas em restituição aerofotogramétrica realizada em 2.009 na escala 1:5.000 (06 seções). A Figura 5.58 ilustra, como exemplo, a seção S-14.5, obtida em escritório, utilizada para caracterizar o controle fluvial identificado nesse trecho do rio. A Figura 5.66 e o desenho G13-DEB-0021 apresentam a localização dessas seções, enquanto a Tabela 5.35 apresenta as distâncias entre elas.

Seções topobatimétricas transversais ao rio Pirapetinga, resultantes de levantamentos de campo realizados em 2.009 (05 seções) e baseadas na restituição supracitada (07 seções).

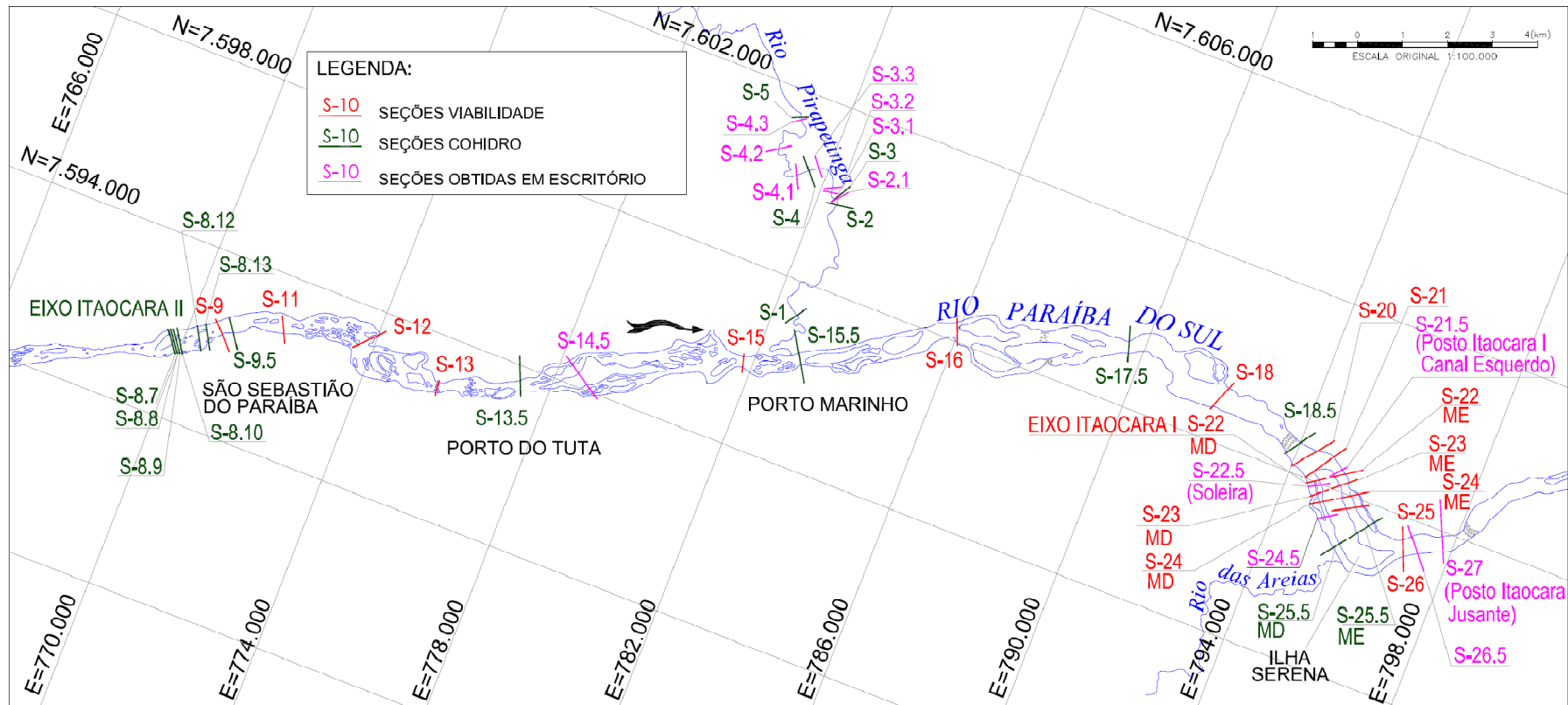
A Tabela 5.36 relaciona essas seções e as distâncias entre elas (ver também Figura 5.59);

Quando necessário, as seções transversais levantadas em campo foram complementadas a partir do aerolevantamento supracitado.

Figura 5.58 - Seção Topobatimétrica S-14.5



**Figura 5.59 - Localização das Seções Topobatimétricas**



**Tabela 5.35 - Distâncias das Seções Topobatimétricas do Rio Paraíba do Sul**

Trecho	Seção	Local	Distâncias entre as seções (m)			
			ME	Centro	MD	
Superior	S-8.7		50	50	68	
	S-8.8		59	56	59	
	S-8.9	Eixo Itaocara II	89	76	69	
	S-8.10		458	444	491	
	S-8.12		203	203	212	
	S-8.13	Montante São Sebastião do Paraíba	247	332	440	
Médio	S-09	São Sebastião do Paraíba	309	277	281	
	S-9.5	Posto São Sebastião do Paraíba	1.293	1.162	1.278	
	S-11		2.473	2.083	1.867	
	S-12		2.475	1.962	2.552	
	S-13		857	835	994	
	S-13.5	Porto do Tuta	1.400	1.324	1.731	
	S-14.5		4.524	3.747	4.024	
	S-15		1.342	1.294	1.539	
	S-15.5	Porto Marinho	3.857	3.635	4.055	
	S-16		4.551	3.930	4.808	
	S-17.5	Porto das Cruzes	3.441	2.529	3.036	
	S-18		2.305	2.025	2.208	
	S-18.5		396	346	348	
	S-20		479	368	401	
S-21	Montante da Ilha Serena	113	113	113		
Inferior	Canal Direito Ilha Serena	S-22MD	Eixo Itaocara I	149	107	106
		S-22.5 MD	Barragem Abandonada	136	168	221
		S-23 MD		227	202	192
		S-24 MD		402	357	450
		S-24.5 MD		754	684	780
		S-25.5 MD		1.966	1.945	2.156
	Canal Esquerdo Ilha Serena	S-21.5 ME	Posto Itaocara I Canal Esquerdo	143	106	88
		S-22 ME	Eixo Itaocara I	224	211	248
		S-23 ME		320	286	318
		S-24 ME		309	382	455
		S-25 ME		499	497	554
		S-25.5 ME		1.062	1057	1.340
	Jusante Ilha Serena	S-26	Jusante Ilha Serena	268	290	376
		S-26.5		688	613	579
		S-27	Posto Itaocara Jusante	0	0	0

**Tabela 5.36 - Distâncias das Seções Topobatimétricas do Rio Pirapetinga**

Seções	Distâncias entre as seções (m)		
	ME	Centro	MD
S-5	55	61	74
S-4.3	1.344	1.333	1.389
S-4.2	1.378	1.230	1.339
S-4.1	300	310	341
S-4	244	241	252
S-3.3	676	665	648
S-3.2	134	118	126
S-3.1	145	152	169
S-3	18	16	15
S-2.1	278	163	132
S-2	3.804	3.780	3.839
S-1	2.170	2.102	2.432
Confluência	0	0	0

Níveis d'água (NAs) referentes a três(03) perfis de superfície líquida do rio Paraíba do Sul e três (03) perfis do rio Pirapetinga, relacionados nas Tabela 5.37eTabela 5.38, respectivamente.

**Tabela 5.37 - Níveis d'Água do Rio Paraíba do Sul (m)**

Seção	Local	Data		
		30/01/2.009	14/02/2.009	06/03/2.009
S-9,5	São Sebastião do Paraíba	92,00	92,99	91,11
S-13,5	Porto do Tuta	85,69	86,57	84,92
S-15,5	Porto Marinho	77,82	78,85	76,74
S-17,5	Porto das Cruzes	70,54	71,43	69,62
S-18,5	Montante da Ilha Serena	64,46	65,44	63,65
S-22 MD	Eixo Itaocara I	63,96	64,94	63,39
S-23 MD	Jusante Barragem Abandonada	63,47	64,70	62,09
S-24 MD	Posto Itaocara I Canal Direito	63,43	64,64	62,02
S-21.5	Seção de Medição ME	63,64	64,57	62,83
S-27	Seção de Medição	61,68	63,24	60,57



**Tabela 5.38 - Níveis d'Água do Rio Pirapetinga (m)**

Seção	Data		
	14/02/2.009	06/03/2.009	19/08/2.009
S-1	79,11	79,11	78,89
S-2	84,43	84,32	84,19
S-3	85,72	85,61	85,54
S-4	-	87,67	87,56
S-5	111,80	111,74	111,66

- Vazões do rio Paraíba do Sul correspondentes aos perfis de superfície líquida, determinadas utilizando-se a curva-chave do posto Itaocara Jusante e os níveis d'água nele observados nos mesmos dias do levantamento dos perfis. Na Tabela 5.39 são relacionadas essas vazões.

**Tabela 5.39 - Vazões do Rio Paraíba do Sul Correspondentes aos Perfis de Linha d'Água**

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
30/01/2.009	1.332
14/02/2.009	2.374
06/03/2.009	714

- Vazões do rio Pirapetinga transferidas do posto Fazenda da Barra (A= 531 km<sup>2</sup>) para a foz do rio Pirapetinga (A= 633 km<sup>2</sup>) pela relação entre as áreas de drenagem. As vazões desse posto foram calculadas de forma análoga à descrita acima. A Tabela 5.40 relaciona as vazões assim obtidas.

**Tabela 5.40 - Vazões do Rio Pirapetinga Correspondentes aos Perfis de Linha d'Água**

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
14/02/2.009	12,8
06/03/2.009	8,91
19/08/2.009	5,29

#### 5.1.10.2 Método do Modelo HEC-RAS

Nos estudos em questão utilizou-se o programa “HEC-RAS” versão 4.0, desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers* (1.997), que permite calcular perfis de linhas d’água e respectivas linhas de energia numa abordagem permanente, unidimensional e gradualmente variada. O procedimento de cálculo baseia-se na aplicação das equações de conservação de massa e de energia entre as seções de cálculo.

A técnica de aferição do modelo consiste em tornar compatíveis os valores dos níveis d’água obtidos por simulação com os relativos aos perfis instantâneos observados ao longo do trecho de rio em estudo, considerando-se as respectivas descargas.

Os cálculos são iniciados em uma seção de controle do rio, com propagação para montante, se o regime de escoamento for subcrítico, ou em sentido oposto se for supercrítico. O nível d’água para a primeira seção de cálculo deve corresponder a uma elevação conhecida ou ao nível d’água referente à profundidade crítica para uma certa descarga.

Para determinação das perdas de carga por atrito entre as seções de cálculo é utilizada a fórmula de Manning, na qual o coeficiente de rugosidade é função de diversos fatores, tais como vegetação, material do leito, configuração e nível d’água no canal. Normalmente três valores para o coeficiente de rugosidade são suficientes para a caracterização de uma seção; são eles os referentes à calha principal do rio e às duas margens.

As perdas de carga devido à variação da área de escoamento, por expansão ou contração, são calculadas através da aplicação de coeficientes de perda de carga, que devem ser informados ao modelo para cada seção. Esses coeficientes multiplicam a diferença absoluta das cargas cinéticas entre as seções transversais para obtenção da perda de energia causada pela transição.

#### 5.1.10.3 Calibração do Modelo HEC-RAS

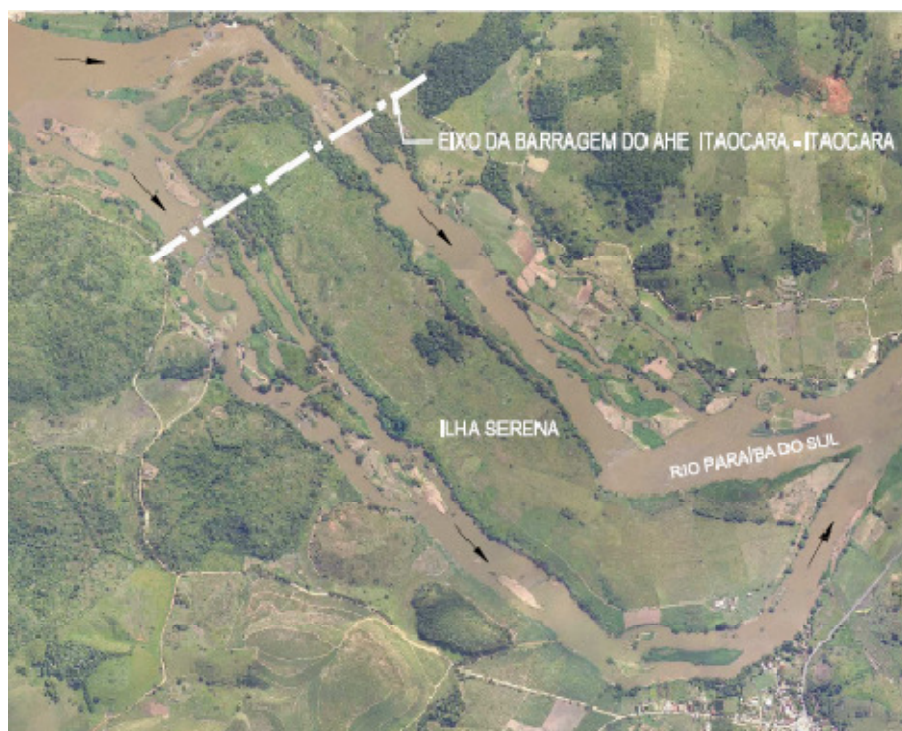
A etapa de calibração do modelo consiste no estabelecimento de coeficientes de rugosidade em cada seção e de coeficientes de perdas de carga localizadas, devidas às transições em cada trecho, de forma a obter níveis d’água simulados aproximadamente iguais aos observados. Essa etapa tem fundamental importância para **assegurar um prognóstico realista das condições hidráulicas de escoamento para outras vazões, em condições naturais sem Barramento e com reservatório formado devido à implantação do Barramento.**

Foi considerado no processo o estirão fluvial compreendido pelo posto Itacara Jusante e pelo sítio da UHE Itacara II, onde foi instalado o posto Itacara II Canal Esquerdo. Para sistematizar a análise em questão e considerando os principais objetivos do estudo que inclui a obtenção de curvas-chaves em condições de operação do empreendimento para três seções estratégicas, esse estirão foi dividido em três, conforme explicado a seguir.

a) **Trecho Inferior** (Posto Itaocara Jusante – Ilha Serena)

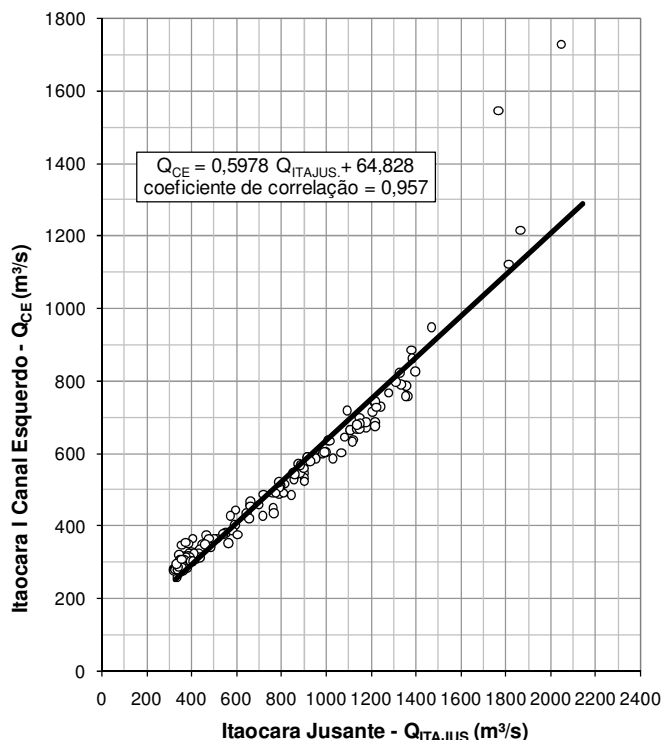
O estudo desse trecho permitiu caracterizar o efeito da implantação da UHE Itaocara I na curva-chave do posto Itaocara I Canal Esquerdo, futuro local do canal de fuga da UHE Itaocara I. A Figura 5.60 permite vislumbrar a complexidade do escoamento local, o qual, além de se repartir em vários canais, sofre a influência de controles naturais e de uma estrutura hidráulica abandonada no canal direito a montante do posto supracitado.

**Figura 5.60 - Foto Aérea do Sítio do Aproveitamento**



Durante a etapa de calibração, a partição de vazões entre as margens esquerda e direita da Ilha Serena foi realizada utilizando-se a correlação apresentada na Figura 5.61.

**Figura 5.61 - Correlação de Vazões Médias Diárias entre Itaocara Jusante e Itaocara I Canal Esquerdo**



Para esse trecho utilizou-se como condição de contorno a curva-chave do posto Itaocara Jusante.

Os coeficientes de Manning resultantes da calibração desse trecho que contempla os dois principais canais formados pela Ilha Serena, estão apresentados na Tabela 5.41.

**Tabela 5.41 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba do Sul no Trecho Inferior**

(a) Canal Direito da Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m <sup>3</sup> /s)			
		≤ 100	225	480	≥ 890
S-22MD	Eixo Itaocara I	0,085	0,085	0,085	0,065
S-22,5 MD	Barragem Abandonada	0,085	0,085	0,085	0,065
S-23 MD		0,013	0,065	0,085	0,045
S-24 MD		0,013	0,055	0,085	0,025
S-24,5 MD		0,013	*	0,065	0,055
S-25,5 MD		0,013	*	0,085	0,085

Nota: 1 - \*Valores interpolados

2 - Valores interpolados para vazões intermediárias

(b) Canal Esquerdo da Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)	
		≤ 860	≥ 1485
S-21.5 ME	Posto Itaocara I Canal Esquerdo	0,085	0,035
S-22 ME	Eixo Itaocara I	0,085	0,035
S-23 ME		0,055	0,035
S-24 ME		0,035	0,035
S-25 ME		0,035	0,035
S-25,5 ME		0,035	0,035

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias

(c) Jusante Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)
		Todas as vazões
S-26	Jusante Ilha Serena	0,035
S-26.5		0,035
S-27	Posto Itaocara Jusante	0,035

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na Tabela 5.42 e nas Figura 5.62 a Figura 5.67.

**Tabela 5.42 - Níveis d'Água Observados e Simulados na Calibração do Modelo HEC-RAS (m)**

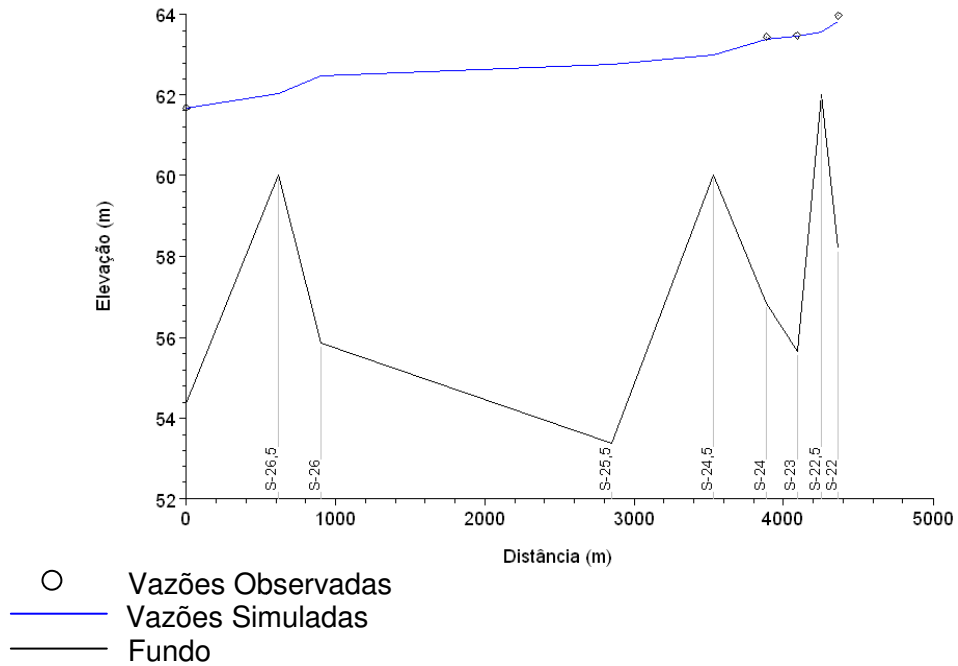
Trecho	Seção	Data								
		30/01/2.009			14/02/2.009			06/03/2.009		
		Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.
Canal Direito da Ilha Serena	S-22 MD	63,96	63,81	0,15	64,94	64,88	0,06	63,39	63,18	0,21
	S-23 MD	63,47	63,46	0,01	64,70	64,72	-0,02	62,09	62,02	0,07
	S-24 MD	63,43	63,38	0,05	64,64	64,69	-0,05	62,02	62,00	0,02
Canal Esquerdo da Ilha Serena	S-21.5 ME	63,64	63,75	-0,11	64,57	64,59	-0,02	62,83	62,61	0,22

Notas:

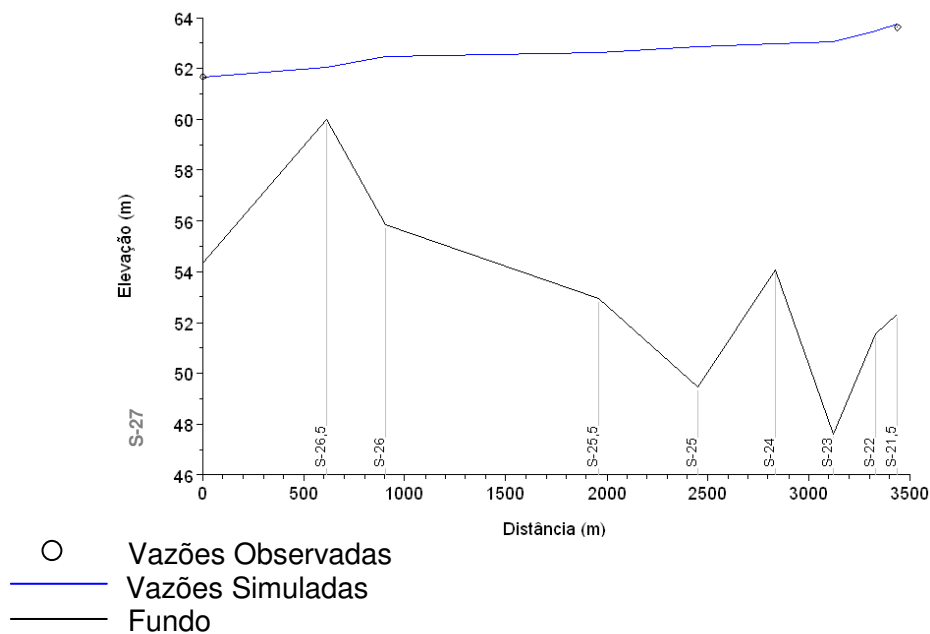
1. Obs = Observado; Sim = Simulado; e Dif = Diferença;
2. As diferenças obtidas para a seção S-22 MD, relativas às menores vazões, são consequência da existência de barragem abandonada à jusante;
3. As diferenças relativas a seção S-21,5 ME, para as menores vazões, se devem a existência de corredeira à jusante.

Como é demonstrado no próximo subitem (b), as diferenças entre NA observados e simulados não tem repercussão na calibração do trecho a montante (trecho médio).

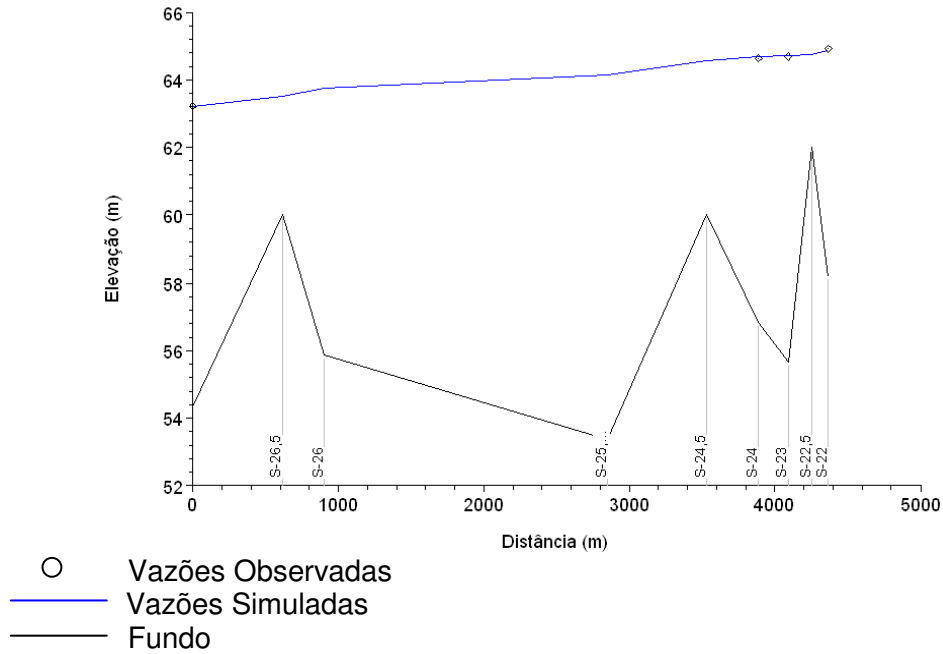
**Figura 5.62 - Perfis de Linha d'Água Observado em 30/01/2009 e Simulado Canal Direito da Ilha Serena**



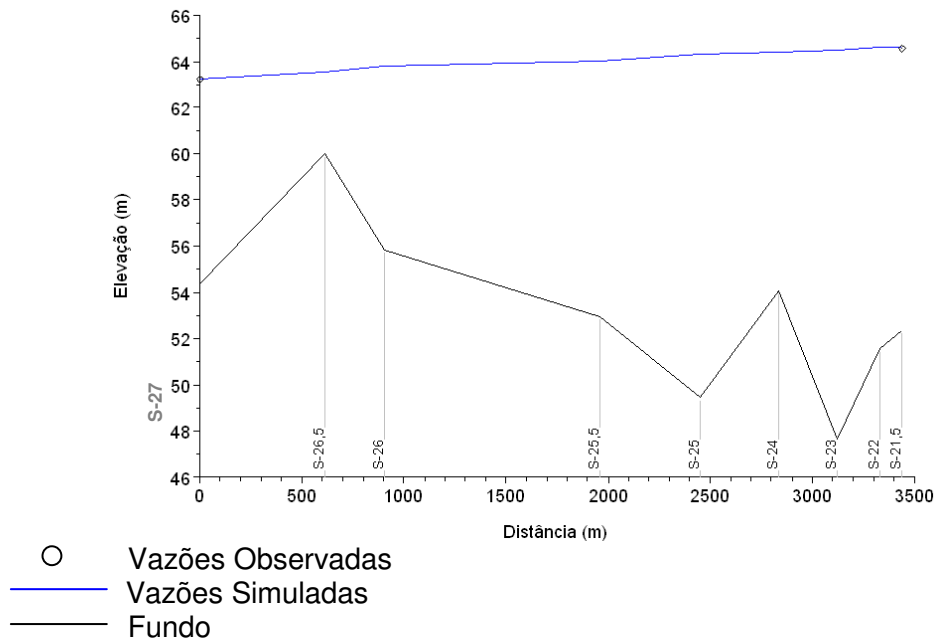
**Figura 5.63 - Perfis de Linha d'Água Observado em 30/01/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena**



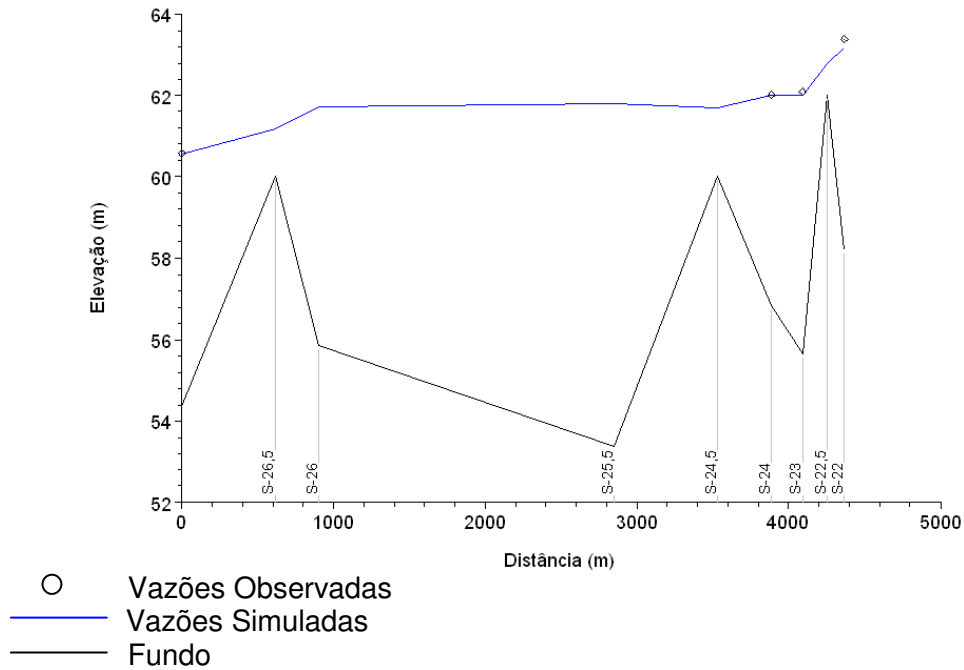
**Figura 5.64 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2009 e Simulado Canal Direito da Ilha Serena**



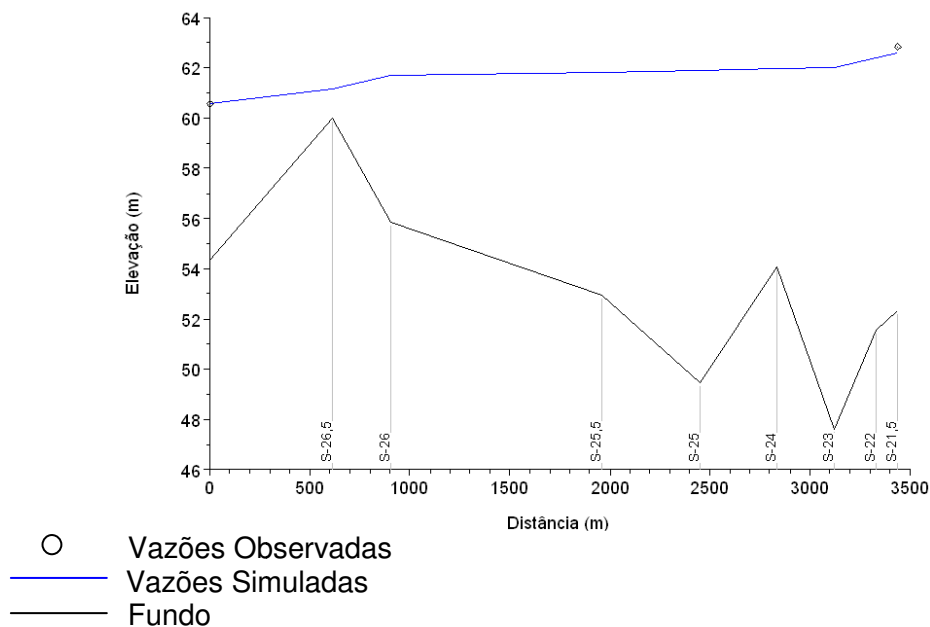
**Figura 5.65 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena**



**Figura 5.66 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 e Simulado Canal Direito da Ilha Serena**



**Figura 5.67 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena**





b) **Trecho Médio** (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

Para esse trecho, manteve-se como condição de contorno o posto Itaocara Jusante, obtendo-se os coeficientes de Manning relacionados na Tabela 5.43.

**Tabela 5.43 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba do Sul no Trecho Médio**

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)		
		≤ 715	1330	≥ 2380
S-9,5	Posto São Sebastião do Paraíba	0,028	0,032	0,028
S-11		0,035	0,035	0,035
S-12		0,035	0,035	0,035
S-13		0,035	0,035	0,035
S-13,5	Porto do Tuta	0,068	0,045	0,028
S-14,5		0,080	0,080	0,055
S-15		0,080	0,080	0,055
S-15,5	Porto Marinho	0,065	0,055	0,05
S-16		0,068	0,068	0,04
S-17,5	Porto das Cruzes	0,045	0,055	0,075
S-18		0,035	0,035	0,035
S-18,5		0,085	0,062	0,067
S-20		0,085	0,085	0,07
S-21	Montante da Ilha Serena	0,085	0,065	0,045

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na Tabela 5.44 e nas Figura 5.68 a Figura 5.70.

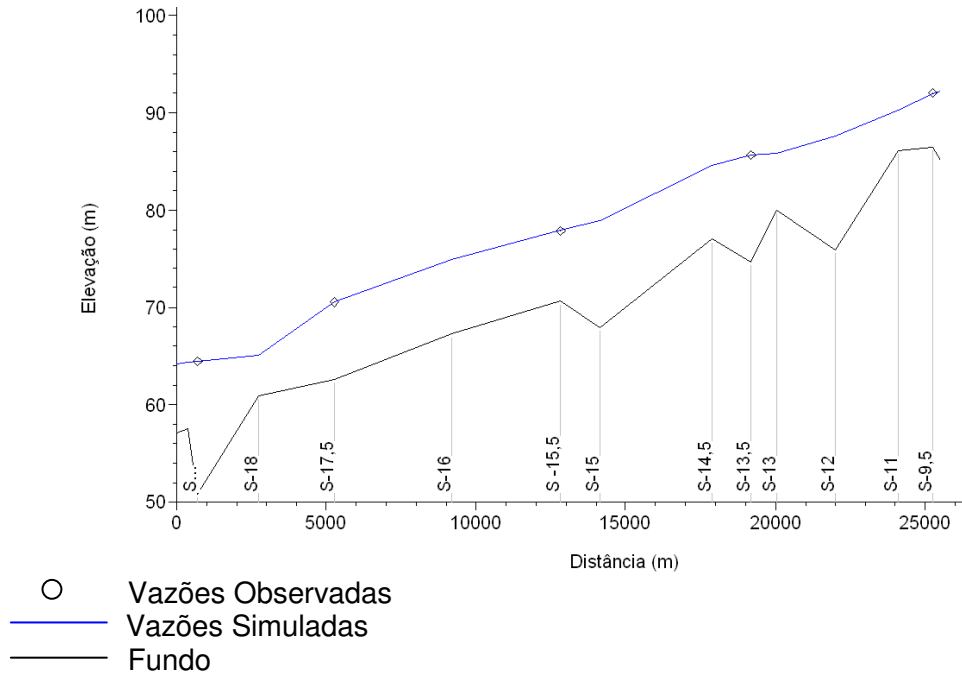
**Tabela 5.44 - Níveis d'Água Observados e Simulados na Calibração do Modelo HEC-RAS (m)**

Seção	Data								
	30/01/2.009			14/02/2.009			06/03/2.009		
	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.
S-9,5	92,00	91,97	0,03	92,99	92,96	0,03	91,11	91,12	-0,01
S-13,5	85,69	85,67	0,02	86,57	86,73	-0,16	84,92	84,92	0,00
S-15,5	77,82	77,91	-0,09	78,85	78,89	-0,04	76,74	76,71	0,03
S-17,5	70,54	70,52	0,02	71,43	71,47	-0,04	69,62	69,62	0,00
S-18,5	64,46	64,48	-0,02	65,44	65,39	0,05	<b>63,42</b>	63,32	0,10

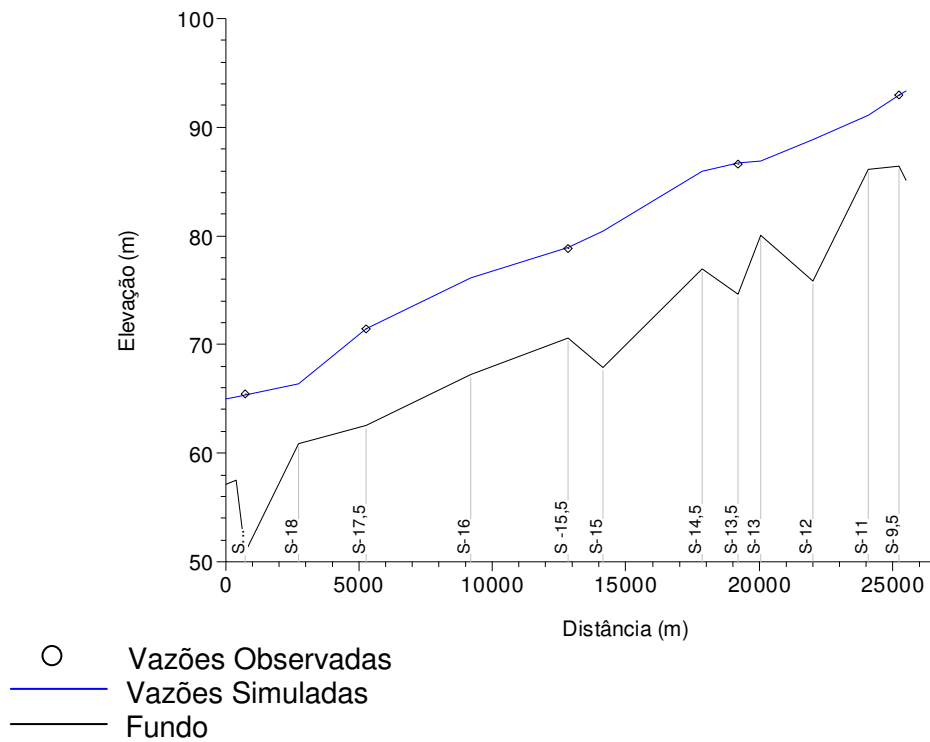
Notas: 1 - Obs = Observado; Sim = Simulado; e Dif = Diferença.

2 - Dado de NA em negrito ajustado em face de medição inconsistente

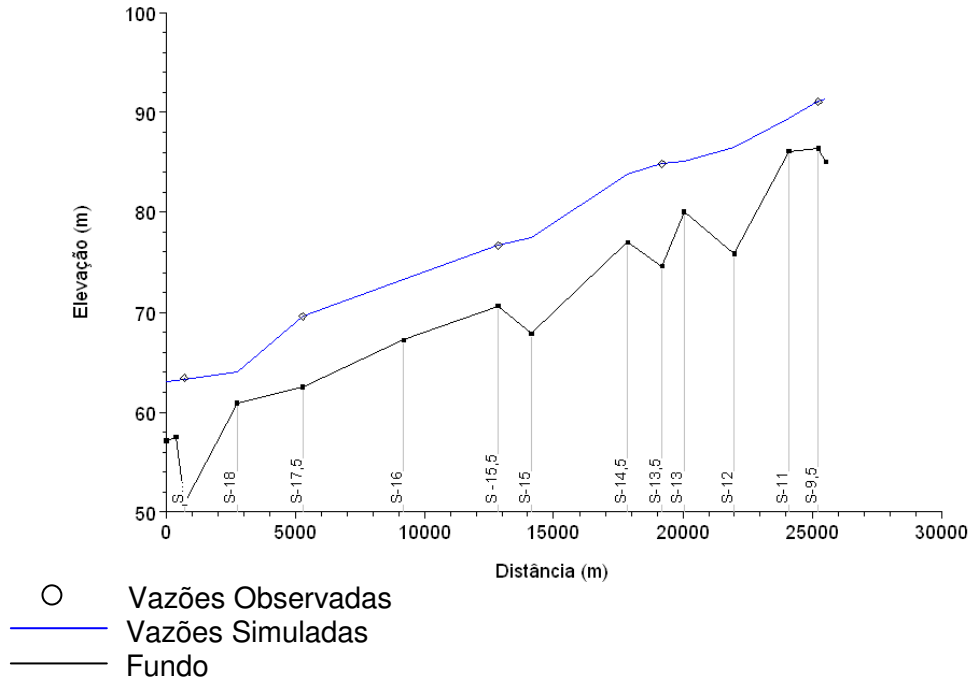
**Figura 5.68 - Perfis de Linha d'Água Observado em 30/01/2.009 e Simulado Trecho Médio**



**Figura 5.69 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2.009 e Simulado Trecho Médio**



**Figura 5.70 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 e Simulado Trecho Médio**

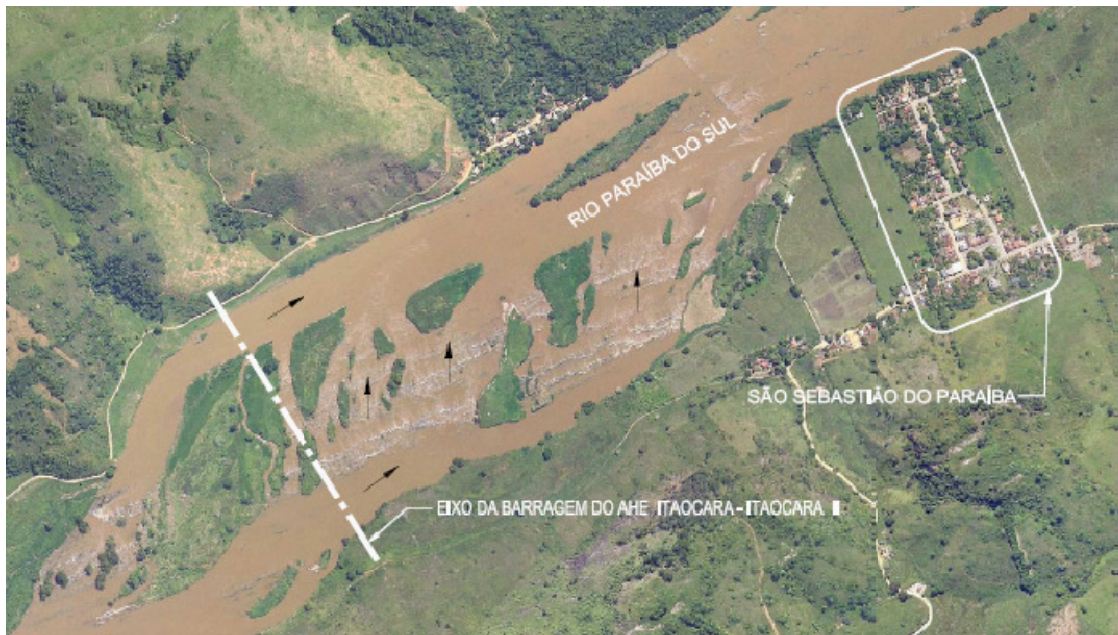


**c) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itaocara II)**

Admite-se como condição de contorno para este trecho a curva-chave natural de São Sebastião do Paraíba e para a calibração do mesmo, a curva-chave natural de Itaocara II Canal Esquerdo (item 5.1.7).

O estudo desse trecho teve como finalidade a caracterização do efeito do remanso na curva-chave do posto Itaocara II Canal Esquerdo, localizado nas proximidades do canal de fuga e do canal de restituição de vazões vertidas da UHE Itaocara II. A Figura 5.71 permite uma análise visual do trecho em questão.

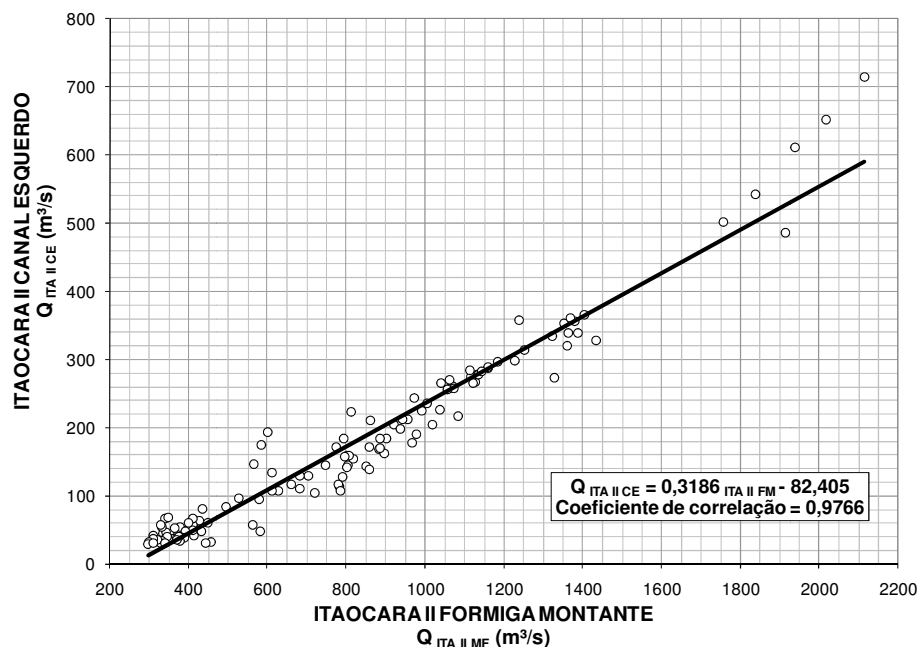
**Figura 5.71 - Foto Aérea do Trecho Superior do Futuro Reservatório da UHE Itacara II**



A geomorfologia local confere significativa complexidade ao escoamento no trecho, apresentando as seguintes características predominantes:

- A existência de uma ilha no eixo da UHE Itacara II divide o escoamento em dois canais principais;
- O lineamento gnáissico NE, caracterizado na foto por corredeiras, direciona a maior parte da vazão do rio Paraíba do Sul para o canal esquerdo, como se pode observar na Figura 5.72.

**Figura 5.72 - Correlação de Vazões Médias Diárias dos postos Itaocara II Canal Esquerdo e Itaocara II Montante Formiga**



- O fluxo no canal direito é controlado pela referida formação geológica que funciona como se fosse um vertedouro lateral, restituindo as vazões para o canal esquerdo. Adotando-se a hipótese simplificadora de que essa restituição ocorre uniformemente ao longo desse controle fluvial, elaborou-se a Tabela 5.45 que apresenta uma estimativa das vazões supracitadas, entre as seções topobatimétricas disponíveis.

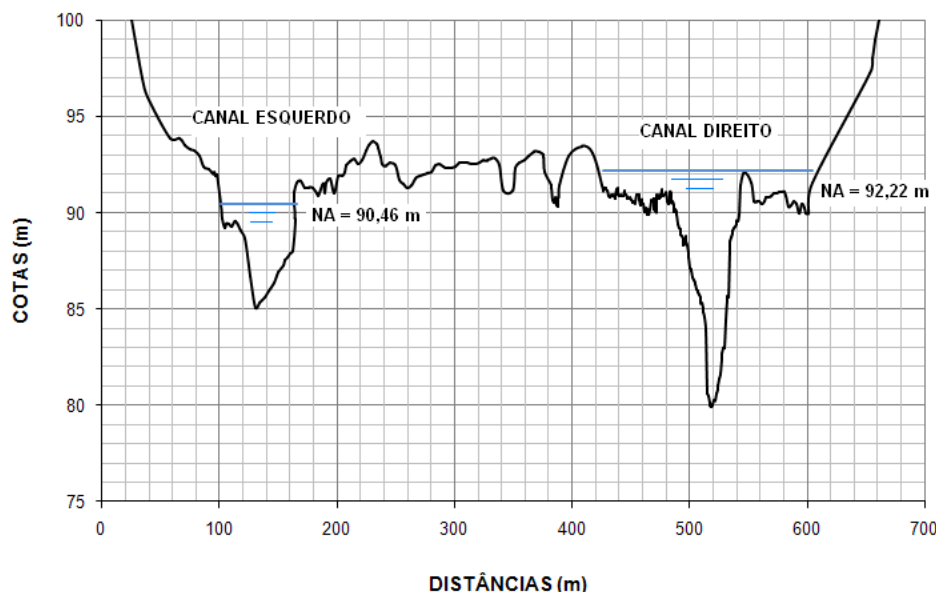
**Tabela 5.45 - Partição de Vazões Defluentes do Canal Direito**

Trecho		Vazão Defluente (%)
Seção Montante	Seção Jusante	
S-8,10	S-8,12	0,73
S-8,12	S-8,13	0,27

- A seção transversal S-8.7 que pode ser considerada típica do estirão fluvial em questão, mostrada na

- **Figura 5.73**, sugere que o escoamento no canal direito apresenta uma significativa zona morta na parte inferior da calha do canal direito, em virtude do lineamento gnáissico que controla o fluxo nesse canal.

**Figura 5.73 - Seção Transversal S-8.7**



Nota: Níveis d'água observados no dia 10/07/09

- Essa mesma seção indica que acima de uma cota em torno da EL. 93,00 m, na qual se situa o coroamento do citado lineamento, não mais haveria a divisão do fluxo à jusante da ilha onde se situa o eixo da barragem.

Considerando-se essas inferências e premissas, foi realizada a calibração do modelo HEC-RAS, resultando nos coeficientes de Manning relacionados na Tabela 5.46. A calibração desse trecho que envolve a ilha local, contempla apenas o canal esquerdo em virtude da sua importância para o estudo.

**Tabela 5.46 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba no Trecho Superior**

Seções	Faixa de Vazões (m <sup>3</sup> /s)	
	≤ 71	≥ 1000
S-8.7	0,015	0,030
S-8.8	0,015	0,030
S-8.9 (Eixo Itacara II)	0,015	0,030
S-8.10	0,015	0,030
S-8.12	0,015	0,030
S-8.13	0,015	0,030
S-9	0,015	0,030
S-9,5 (São Sebastião do Paraíba)	0,015	0,030

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias

As diferenças entre os níveis d'água simulados e observados na curva-chave de Itacara II Canal Esquerdo estão apresentadas na Tabela 5.47.

**Tabela 5.47 - Níveis d'Água Observados no Posto Itaocara II Canal Esquerdo e Simulados na Calibração do HEC-RAS (m)**

Vazão (m <sup>3</sup> /s)	NA		
	Obs.	Sim.	Dif.
<b>45,04</b>	90,58	90,66	-0,08
<b>108,76</b>	91,16	91,13	0,03
<b>172,48</b>	91,60	91,53	0,07
<b>236,20</b>	91,97	91,91	0,06
<b>395,50</b>	92,73	92,68	0,05
<b>554,80</b>	93,26	93,42	-0,16

d) Rio Pirapetinga

Admite-se como condição de contorno para este trecho a curva-chave natural de Itaocara Jusante.

Para cada seção do rio Pirapetinga foram obtidos os coeficientes de Manning apresentados na Tabela 5.48.

**Tabela 5.48 - Coeficientes de Manning do Rio Pirapetinga**

Seções	Margem Esquerda	Canal	Margem Direita
S-5	0,040	0,035	0,040
S-4.3	0,040	0,035	0,040
S-4.2	0,040	0,035	0,040
S-4.1	0,040	0,035	0,040
S-4	0,040	0,035	0,040
S-3.3	0,040	0,035	0,040
S-3.2	0,040	0,035	0,040
S-3.1	0,040	0,035	0,040
S-3	0,040	0,035	0,040
S-2.1	0,040	0,035	0,040
S-2	0,055	0,045	0,055
S-1	0,055	0,045	0,055

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na



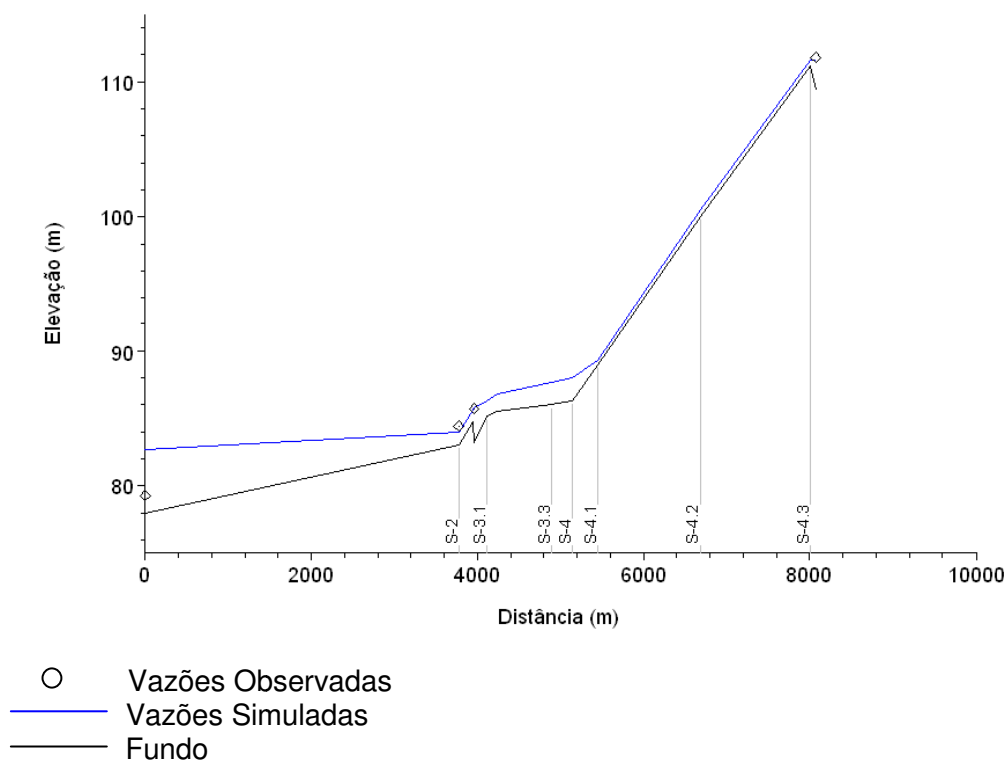
Tabela 5.49 e nas Figura 5.74 aFigura 5.76.

**Tabela 5.49 - Níveis d'Água Observados no Rio Pitapetinga e Simulados na Calibração do HEC-RAS (m)**

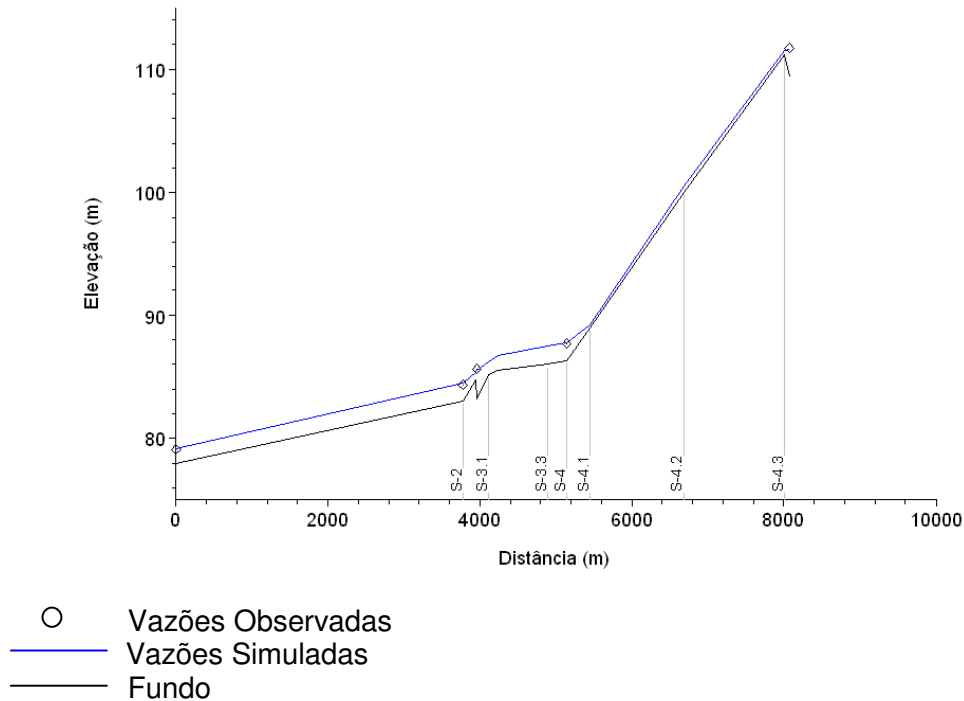
Seções	14/02/2.009			06/03/2.009			19/08/2.009		
	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.
S-5	111,80	111,68	0,12	111,74	111,60	0,14	111,66	111,52	0,14
S-4	-	-	-	87,67	87,78	0,11	87,56	87,50	0,06
S-3	85,72	85,77	0,05	85,61	85,56	0,05	85,54	85,39	0,15
S-2	84,43*	83,95	0,48	84,32	84,52	0,20	84,19	84,48	0,29
S-1	79,22*	82,66	3,44	79,11	79,18	0,07	78,89	78,55	0,34

Nota: \* Níveis d'água inconsistentes e desprezados na calibração do modelo

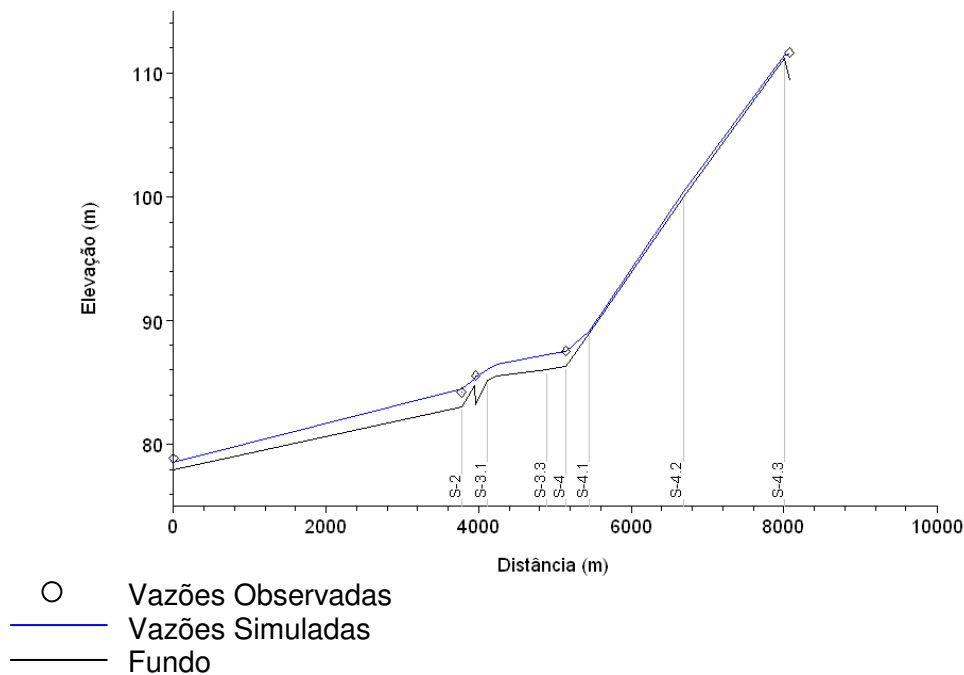
**Figura 5.74 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2.009 no Rio Pirapetinga e Simulado**



**Figura 5.75 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 no Rio Pirapetinga e Simulado**



**Figura 5.76 - Perfis de Linha d'Água Observado em 19/08/2009 no Rio Pirapetinga e Simulado**



#### 5.1.10.4 Simulações em Condições Naturais

Utilizando-se os coeficientes de Manning obtidos no processo de calibração, foram realizadas simulações considerando 07(sete) diferentes vazões: a média de longo termo ( $Q_{MLT}$ ) e as vazões instantâneas associadas às recorrências (T) de 2 anos, 10 anos, 25 anos, 100 anos, 1.000 anos e 10.000 anos.

##### a) Trecho Inferior (Posto Itaocara Jusante – Ilha Serena)

Foram consideradas as vazões determinadas conforme explicado nos itens 5.1.4 e 5.1.5. A Tabela 5.50 relaciona os respectivos níveis d'água obtidos considerando como condição de contorno de jusante a curva-chave do posto Itaocara Jusante e os coeficientes de Manning apresentados na Tabela 5.51.

**Tabela 5.50 - Níveis d'Água Simulados para Condições Naturais no Trecho Inferior (m)**

Trecho	Seção	Vazões						
		448 m <sup>3</sup> /s ( $Q_{MLT}$ )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
Canal Direito da Ilha Serena	S-22 MD	62,82	64,80	66,01	66,45	67,03	67,86	68,59
	S-22.5 MD	62,53						
	S-23 MD	61,50	64,66	65,88	66,33	66,90	67,73	68,46
	S-24 MD	61,50	64,63	65,85	66,30	66,88	67,70	68,43
	S-24.5 MD	61,25						
	S-25.5 MD	61,38	64,41	65,64	66,08	66,65	67,47	68,20
Canal Esquerdo da Ilha Serena	S-21.5 ME	62,03						
	S-22 ME	61,86	64,80	66,01	66,45	67,03	67,86	68,59
	S-23 ME	61,55	64,66	65,88	66,33	66,90	67,73	68,46
	S-24 ME	61,54	64,63	65,85	66,30	66,88	67,70	68,43
	S-25 ME	61,49						
	S-25.5 ME	61,40	64,41	65,64	66,08	66,65	67,47	68,20
Jusante Ilha Serena	S-26	61,36	63,81	64,96	65,34	65,82	66,53	67,17
	S-26.5	60,95	63,59	64,74	65,08	65,54	66,23	66,85
	S-27	60,00	63,14	64,50	64,83	65,28	65,96	66,58

Nota: Os valores dos canais direito e esquerdo se igualam quando a Ilha Serena fica submersa pelos altos níveis d'água.

## b) Trecho Médio (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

As linhas d'água em condições naturais, para as diferentes vazões analisadas, foram obtidas considerando os coeficientes de rugosidade de Manning obtidos na Tabela 5.43. A Tabela 5.51 relaciona os referidos níveis.

**Tabela 5.51 - Níveis d'Água Simulados para Condições Naturais no Trecho Médio (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-9,5	90,56	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	88,85	91,08	92,11	92,60	93,19	93,98	94,70
S-12	85,81	88,76	90,12	90,68	91,36	92,33	93,14
S-13	84,26	86,89	88,10	88,68	89,30	90,17	90,88
S-13,5	84,16	86,73	87,84	88,41	89,03	89,90	90,64
S-14,5	83,02	85,94	86,80	87,47	88,14	89,03	89,80
S-15	76,49	80,42	82,45	82,88	83,43	84,23	84,94
S-15,5	75,92	78,90	81,06	81,46	81,95	82,72	83,46
S-16	72,40	76,14	77,63	78,18	78,86	79,89	80,75
S-17,5	68,80	71,41	72,09	72,10	72,14	72,32	73,04
S-18	63,38	66,28	67,91	68,39	68,96	69,80	70,54
S-18,5	62,59	65,28	66,54	67,01	67,60	68,45	69,20
S-20	62,51	65,06	66,25	66,70	67,29	68,14	68,89
S-21	62,34	64,88	66,09	66,55	67,13	67,98	68,72

## c) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itaocara II)

Considerando-se como condição de contorno a curva-chave do posto São Sebastião do Paraíba e os coeficientes de Manning apresentados na Tabela 5.46, foram calculados os níveis d'água apresentados na Tabela 5.52.

**Tabela 5.52 - Níveis d'Água Simulados para Condições Naturais entre São Sebastião do Paraíba e Itaocara II (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-8,7	90,79	93,84	95,07	95,51	96,08	96,89	97,60
S-8,8	90,79	93,85	95,08	95,51	96,09	96,89	97,60
S-8,9	90,79	93,85	95,08	95,52	96,10	96,91	97,61
S-8,10	90,79	93,83	95,06	95,49	96,07	96,87	97,58
S-8,12	90,78	93,79	94,98	95,41	95,97	96,76	97,44
S-8,13	90,71	93,71	94,89	95,30	95,84	96,61	97,28
S-9	90,67	93,59	94,78	95,19	95,73	96,50	97,16
S-9,5	90,56	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94

#### d) Rio Pirapetinga

No caso desse afluente do rio Paraíba do Sul, as vazões no aproveitamento foram transferidas para a foz do rio Pirapetinga pela relação entre as respectivas áreas de drenagem.

As simulações realizadas, considerando os coeficientes de rugosidade de Manning obtidos na Tabela 5.48, resultaram nos níveis d'água apresentados na Tabela 5.53.

**Tabela 5.53 - Níveis d'Água Simulados para Condições Naturais no Rio Pirapetinga (m)**

Seção	Vazões						
	8,45 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	43,3 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	72,3 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	86,8 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	108 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	144 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	179 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-5	111,56	112,00	112,24	112,33	112,43	112,58	112,71
S-4.3	111,49	111,80	112,09	112,16	112,25	112,38	112,50
S-4.2	100,43	100,89	100,91	101,00	101,12	101,30	101,44
S-4.1	89,22	89,60	90,09	90,27	90,52	90,90	91,30
S-4	87,65	88,87	89,41	89,59	89,82	90,17	90,46
S-3.3	87,39	88,57	89,05	89,21	89,42	89,72	89,99
S-3.2	86,61	87,54	87,94	88,08	88,27	88,55	88,79
S-3.1	86,12	86,83	87,13	87,25	87,41	87,65	87,86
S-3	85,48	86,34	86,63	86,79	86,99	87,29	87,52
S-2.1	85,30	86,18	86,23	86,43	86,59	86,89	87,29
S-2	84,61	84,47	85,68	86,01	86,33	86,79	87,20
S-1	78,62	82,49	85,53	85,82	86,07	86,44	86,81

#### 5.1.10.5 Simulações com o Reservatório Assoreado

Essas simulações foram elaboradas com a finalidade de se obter o maior Nível d'Água Máximo Normal do reservatório de UHE Itaipava I que não piorasse as inundações que assolam periodicamente a localidade de São Sebastião do Paraíba, mesmo após 30(trinta) anos de operação do empreendimento. A previsão do assoreamento do reservatório considerada foi efetuada conforme descrito no **item 5.1.9**. Cabe salientar que a área onde se encontra esse povoado é naturalmente inundável, já que faz parte da calha superior do rio Paraíba do Sul, conforme ilustrado pela Figura 5.77.

Figura 5.77 - Foto Aérea de São Sebastião do Paraíba



Conforme informado no **item 4.2.2**, nesse local foi instalado o posto limnimétrico São Sebastião do Paraíba, equipado com referência de nível que apresenta cota 93,46 m. Esse marco pode ser vislumbrado na fotografia mostrada na Figura 5.78, obtida em 23/01/2.009, quando o rio se encontrava em águas altas.



**Figura 5.78 - Rio Paraíba do Sul em São Sebastião do Paraíba**



A partir da análise dessas fotografias, conjugada às observações realizadas em visita de campo, deduziu-se que São Sebastião do Paraíba começa a ser inundada quando o NAllocal atinge a cota 93,53 m que corresponde a uma vazão de 2.436 m<sup>3</sup>/s, em condições naturais, na ocasião dos levantamentos.

Foram então realizadas simulações de remanso, considerando-se diversos níveis d'água para o reservatório, a cada qual correspondendo uma distribuição específica dos depósitos de sedimentos em sua bacia hidráulica no horizonte de 30(trinta) anos. Verificou-se que para o NA de 89,60 m, a vazão citada no parágrafo anterior corresponde à cota fluviométrica de 93,56 m. Observa-se, nesse caso, uma sobre-elevação de 3,00 cm que pode ser considerada desprezível. Conseqüentemente, para atendimento dos critérios acima considerados, o NA Máximo Normal do Reservatório da UHE Itaocara I deverá situar-se na EL. 89,60 m, o que é considerado no restante deste relatório. A seguir, é descrito o processo de cálculo que conduziu a esse resultado.

Substituindo-se no modelo HEC-RAS as seções topobatimétricas levantadas no campo pelas seções assoreadas após 10 e 30 anos de operação do reservatório, estimadas conforme descrito no item 5.1.9, foram simulados os níveis d'água para essas futuras condições. A condição de contorno para as simulações de reservatório é definida na seção do eixo da UHE Itaocara I (S-22), na cota 89,60 m.

As Tabela 5.54 e Tabela 5.55 apresentam os resultados obtidos.

**Tabela 5.54 - Níveis d'Água do Reservatório Assoreado após 10 Anos de Operação (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-9,5	90,67	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	90,21	92,58	93,56	93,97	94,52	95,31	96,04
S-12	89,72	91,26	92,25	92,68	93,24	94,06	94,87
S-13	89,62	90,03	90,55	90,80	91,16	91,68	92,50
S-13,5	89,61	89,88	90,28	90,49	90,81	91,31	92,30
S-14,5	89,60	89,67	89,80	89,89	90,05	90,36	91,67
S-15	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,94	91,26
S-15,5	89,60	89,63	89,67	89,70	89,76	89,88	91,20
S-16	89,60	89,61	89,64	89,65	89,68	89,74	91,06
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
<b>S-22</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>90,90</b>

**Tabela 5.55 - Níveis d'Água do Reservatório Assoreado após 30 Anos de Operação (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-9,5	90,86	93,43	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	90,63	92,94	94,00	94,45	95,04	95,88	96,64
S-12	90,10	92,25	93,26	93,68	94,25	95,09	95,84
S-13	89,63	91,06	91,77	92,07	92,46	93,01	93,57
S-13,5	89,62	90,54	91,17	91,45	91,82	92,37	93,07
S-14,5	89,60	89,71	89,91	90,05	90,30	90,77	92,01
S-15	89,60	89,64	89,71	89,76	89,85	90,03	91,34
S-15,5	89,60	89,63	89,69	89,72	89,79	89,93	91,25
S-16	89,60	89,61	89,64	89,66	89,69	89,76	91,08
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91

**Tabela 5.55 (Continuação)**  
**Níveis d'Água do Reservatório Assoreado após 30 Anos de Operação (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
<b>S-22</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>90,90</b>

No item 5.1.11 os resultados acima são utilizados na elaboração das curvas-chaves de São Sebastião do Paraíba, para os cenários de assoreamento considerados.

#### 5.1.10.6 Simulação com o Reservatório em Início de Operação

##### a) Trecho Médio (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

As linhas d'água considerando o início de operação do reservatório, para as diferentes vazões analisadas, estão apresentadas na Tabela 5.56.

**Tabela 5.56 - Níveis d'Água do Reservatório no Trecho Médio (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-9,5	90,57	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	89,67	90,98	92,19	92,64	93,23	94,05	94,89
S-12	89,63	90,19	90,93	91,30	91,83	92,66	93,71
S-13	89,61	89,79	90,10	90,29	90,58	91,11	92,30
S-13,5	89,61	89,77	90,04	90,21	90,49	91,00	92,25
S-14,5	89,60	89,71	89,89	90,00	90,21	90,62	91,94
S-15	89,60	89,63	89,67	89,70	89,75	89,87	91,20
S-15,5	89,60	89,62	89,65	89,67	89,71	89,80	91,13
S-16	89,60	89,61	89,63	89,64	89,66	89,71	91,03
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90

**Tabela 5.56 (Continuação)**  
**Níveis d'Água do Reservatório no Trecho Médio (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
<b>S-22</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>89,60</b>	<b>90,90</b>

**b) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itaocara II)**

Para o trecho entre São Sebastião do Paraíba e Itaocara II, os níveis d'água simulados considerando o reservatório de Itaocara I estão apresentados na Tabela 5.57.

**Tabela 5.57 - Níveis d'Água do Reservatório no Trecho Superior (m)**

Seção	Vazões						
	448 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	2.305 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	3.844 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	4.619 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	5.764 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	7.649 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	9.530 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-8,7	90,65	93,59	95,51	95,90	96,43	97,19	97,86
S-8,8	90,73	93,76	95,45	95,85	96,38	97,13	97,79
S-8,9	90,77	93,76	95,36	95,76	96,30	97,06	97,72
S-8,10	90,77	93,72	95,25	95,67	96,22	96,99	97,66
S-8,12	90,79	93,75	94,95	95,37	95,92	96,69	97,36
S-8,13	90,71	93,71	94,88	95,30	95,84	96,61	97,28
S-9	90,67	93,59	94,77	95,19	95,73	96,50	97,16
S-9,5	90,57	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94

**c) Rio Pirapetinga**

Os níveis d'água simulados para o rio Pirapetinga, considerando o reservatório da UHE Itaocara I, estão apresentados na Tabela 5.58.

**Tabela 5.58 - Níveis D'água Simulados do Reservatório no Rio Pirapetinga (m)**

Seção	Vazões						
	8,45 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>MLT</sub> )	43,3 m <sup>3</sup> /s (T = 2 anos)	72,3 m <sup>3</sup> /s (T = 10 anos)	86,8 m <sup>3</sup> /s (T = 25 anos)	108 m <sup>3</sup> /s (T = 100 anos)	144 m <sup>3</sup> /s (T = 1.000 anos)	179 m <sup>3</sup> /s (T = 10.000 anos)
S-5	111,60	112,04	112,24	112,33	112,43	112,58	112,71
S-4.3	111,57	111,93	112,09	112,16	112,25	112,39	112,50
S-4.2	100,32	100,71	100,91	101,00	101,12	101,29	101,44
S-4.1	89,61	89,91	90,26	90,42	90,65	91,01	91,82
S-4	89,60	89,72	89,91	90,01	90,18	90,46	91,45
S-3.3	89,60	89,67	89,79	89,87	89,99	90,23	91,36
S-3.2	89,60	89,64	89,70	89,75	89,83	89,98	91,28
S-3.1	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-3	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,94	91,27
S-2.1	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-2	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-1	89,60	89,63	89,68	89,72	89,78	89,91	91,25

Os desenhos SPEC Z27-DEB-0002 e Z27-DEB-0003 apresentam os perfis do leito do rio e dos níveis d'água ao longo do estirão que corresponde ao futuro reservatório da UHE Itaocara I, correspondentes às vazões Q<sub>MLT</sub>, centenárias, milenares e decamilenares do rio Paraíba do Sul e seu afluente Rio Pirapetinga.

**Conclui-se que para as condições iniciais de implantação do reservatório, não há alteração dos níveis d'água na região de São Sebastião do Paraíba.**

#### 5.1.11 Borda Livre

Este estudo teve como objetivo avaliar a sobre-elevação do nível d'água do reservatório, devido às ondas provocadas pelo vento e subsidiar o estabelecimento das cotas de coroamento das estruturas de concreto e da barragem de terra.

- **Método e Critérios Gerais**

Na definição da onda de projeto foi utilizado o método proposto no trabalho Saville, "Computation of Free Board Allowance for Waves in Inland Reservoirs", 1.962.

Considerou-se que a barragem deverá conter ondas geradas por ventos na superfície terrestre de 50 km/h (cerca de 14 m/s), atuando coincidentemente com a direção do "fetch" efetivo com o reservatório no seu NA Máximo Maximorum EL.90,90m e ventos de 100 km/h (cerca de 28 m/s), atuando coincidentemente com a direção do "fetch" efetivo com o reservatório no seu NA Máximo Normal EL.89,60m.

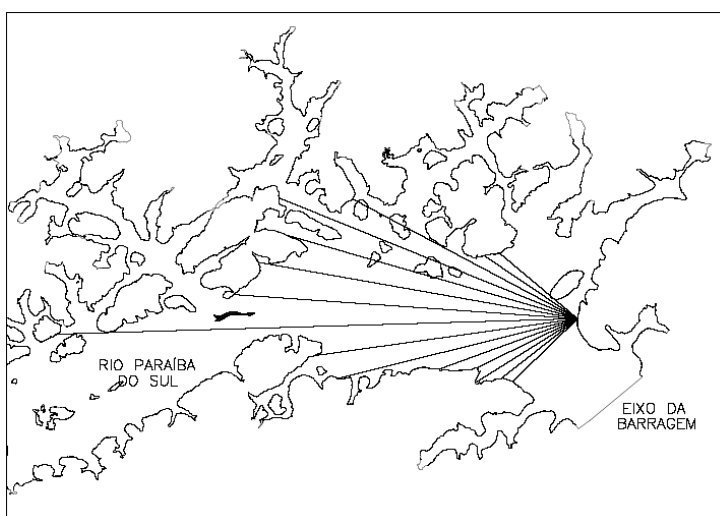
Para essas condições, adotou-se como altura de onda de projeto, aquela correspondente à probabilidade de 2% de ser excedida num "trem de ondas".

Os critérios adotados para a fixação das características do vento de projeto (intensidade, direção e sentido) foram os correntemente praticados em regiões com pouca disponibilidade de dados de vento, à semelhança do local do aproveitamento.

- **Aplicação e Resultados**

O “fetch” efetivo determinado é de cerca de 3,38 km para o NA Máximo Normal EL.89,60m e de 3,39 km para o NA Máximo Maximorum EL.90,90m. A Figura 5.79 mostra o processo gráfico empregado no cálculo desses comprimentos que foi realizado em planta na escala 1:75.000.

**Figura 5.79 - Diagrama de Cálculo do “Fetch” Efetivo do Reservatório**



As profundidades médias do reservatório ao longo do “fetch” máximo foram estimadas em 15,51 m para o NA Máximo Normal e 16,80 m para o NA Máximo Maximorum.

Para definição da velocidade do vento sobre a água, aplicou-se o coeficiente 1,215 proposto por Saville à velocidade do vento sobre a terra. Os resultados encontram-se apresentados nas Tabela 5.59 e Tabela 5.60.

**Tabela 5.59 - Determinação das Características das Ondas e Altura das Marés**

Discriminação		Unidade	NA Máx. Normal ( 89,60 m )	NA Maximo Maximorum ( 90,90 m )
Velocidades do vento	Sobre a terra	km/h	100,0	50,0
	Sobre a água	km/h	121,5	60,8
Características da onda	Altura significativa	m	1,42	0,68
	Período	s	4,07	3,00
	Comprimento	m	25,84	14,06
	Altura de maré	m	0,051	0,012
	Altura de projeto	m	1,99	0,96

**Tabela 5.60 - Resultados do Estudo de Borda Livre**

Discriminação		NA Máx. Normal ( 89,6 m )	NA Máx. Maximorum ( 90,9 m )
Talude Liso (Concreto)	“Run-up” Máximo	2,15	1,15
	Sobre-elevação (“Run-up” + onda de maré)	2,20	1,16
	Nível de sobre-elevação calculado	<b>91,80</b>	<b>92,06</b>
	Nível mínimo recomendado (CBDB e Eletrobrás)	91,10	91,40
	<b>Cota de coroamento mínima a adotar</b>	<b>92,06</b>	<b>92,06</b>
Talude Rugoso (Barragem)	“Run-up” Máximo	2,01	1,00
	Sobre-elevação (“Run-up” + onda de maré)	2,06	1,01
	Nível de sobre-elevação calculado	<b>91,66</b>	<b>91,91</b>
	Nível mínimo recomendado (CBDB e Eletrobrás)	92,60	91,90
	<b>Cota de coroamento mínima a adotar</b>	<b>92,60</b>	<b>92,60</b>

Notas: 1- Valores em metro;  
2 - Talude da barragem = 1:2

Adotando-se o critério de folga nula e considerando-se o NA Maximo Maximorum, a cota de coroamento das estruturas seria de 91,91 m (90,90+1,01) e 92,06 m (90,90+1,16) para as estruturas de terra e concreto, respectivamente.

Conforme recomendado pelo Comitê Brasileiro de Barragens/CBDB e pela Eletrobrás, a cota do coroamento das estruturas de concreto e da crista da barragem de terra é determinada pelo NA Máximo Normal (EL. 89,60 m) acrescido de, no mínimo, 3,0 m para barragens de terra e 1,5 m para estruturas de concreto. A aplicação deste critério resultaria, portanto, em cotas de coroamento iguais a 92,60 m/Barragem de Terra e 91,10 m/Estruturas de Concreto.

Deve-se, ainda, considerar a cota de coroamento mínima que, no caso de barragens de terra deverá ser 1,0 m acima do NA Máximo Maximorum (EL. 91,90 m) e para estruturas de concreto, 0,5 m acima deste mesmo nível (EL. 91,40 m).

Resumindo: as cotas de coroamento a serem adotadas, portanto, não deverão ser inferiores aos seguintes valores: 1) estruturas de concreto 92,06 m e 2) barragem de terra, 92,60 m.

### 5.1.12 Amortecimento da Cheia de Projeto

O estudo de cheias apresentado no **item 5.1.5** também permitiu concluir que a maior vazão ocorrida na região do aproveitamento UHE Itaocara I foi a observada no posto Anta no dia 16 de março de 1.947 (vazão de 4.672 m<sup>3</sup>/s). Dessa forma, contemplou-se nesta análise o hidrograma relativo ao período de 1º de janeiro de 1.947 a 28 de maio de 1.947.

Nesse processo, as vazões correspondentes foram transferidas para o aproveitamento UHE e adimensionalizadas pelo pico e, em seguida, multiplicadas pela vazão máxima instantânea com período de retorno de 10.000 anos (9.530 m<sup>3</sup>/s), para se obter o hidrograma de cheia na UHE Itaocara I. O hidrograma resultante, com duração de 148 dias, encontra-se representado na Tabela 5.61 e na Figura 5.80.

**Tabela 5.61 - Hidrograma de Cheia Máxima**

Data	Vazões em Anta (m <sup>3</sup> /s)	Vazões Adimensionalizadas	Vazões na UHE Itaocara I (m <sup>3</sup> /s)
1/1/1.947	875	0,19	1.785
2/1/1.947	853	0,18	1.740
3/1/1.947	1.005	0,22	2.050
4/1/1.947	990	0,21	2.019
5/1/1.947	960	0,21	1.958
6/1/1.947	1.027	0,22	2.095
7/1/1.947	1.005	0,22	2.050
8/1/1.947	1.054	0,23	2.150
9/1/1.947	1.197	0,26	2.442
10/1/1.947	955	0,20	1.948
11/1/1.947	845	0,18	1.724



**Tabela 5.61 (Continuação)**  
**Hidrograma de Cheia Máxima**

<b>Data</b>	<b>Vazões em Anta (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazões Adimensionalizadas</b>	<b>Vazões naUHE Itaipava I (m<sup>3</sup>/s)</b>
12/1/1.947	903	0,19	1.842
13/1/1.947	1021	0,22	2.083
14/1/1.947	1065	0,23	2.172
15/1/1.947	926	0,20	1.889
16/1/1.947	786	0,17	1.603
17/1/1.947	766	0,16	1.563
18/1/1.947	845	0,18	1.724
19/1/1.947	828	0,18	1.689
20/1/1.947	1.093	0,23	2.230
21/1/1.947	1.431	0,31	2.919
22/1/1.947	1.674	0,36	3.415
23/1/1.947	1.161	0,25	2.368
24/1/1.947	889	0,19	1.813
25/1/1.947	1.272	0,27	2.595
26/1/1.947	2.580	0,55	5.263
27/1/1.947	3.106	0,66	6.336
28/1/1.947	2.580	0,55	5.263
29/1/1.947	1.777	0,38	3.625
30/1/1.947	1.652	0,35	3.370
31/1/1.947	1.411	0,30	2.878
1/2/1.947	1.344	0,29	2.742
2/2/1.947	1.221	0,26	2.491
3/2/1.947	1.132	0,24	2.309
4/2/1.947	1.060	0,23	2.162
5/2/1.947	1.032	0,22	2.105
6/2/1.947	1.043	0,22	2.128
7/2/1.947	1.115	0,24	2.274
8/2/1.947	1.082	0,23	2.207
9/2/1.947	1.038	0,22	2.117
10/2/1.947	985	0,21	2.009
11/2/1.947	965	0,21	1.968

**Tabela 5.61 (Continuação)**  
**Hidrograma de Cheia Máxima**

<b>Data</b>	<b>Vazões em Anta (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazões Adimensionalizadas</b>	<b>Vazões naUHE Itaipava I (m<sup>3</sup>/s)</b>
12/2/1.947	975	0,21	1.989
13/2/1.947	926	0,20	1.889
14/2/1.947	936	0,20	1.909
15/2/1.947	980	0,21	1.999
16/2/1.947	862	0,18	1.758
17/2/1.947	1.337	0,29	2.727
18/2/1.947	1.747	0,37	3.564
19/2/1.947	2.760	0,59	5.630
20/2/1.947	2.830	0,61	5.773
21/2/1.947	2.021	0,43	4.123
22/2/1.947	1.667	0,36	3.400
23/2/1.947	1.466	0,31	2.990
24/2/1.947	1.740	0,37	3.549
25/2/1.947	1.718	0,37	3.504
26/2/1.947	1.501	0,32	3.062
27/2/1.947	1.370	0,29	2.795
28/2/1.947	1.350	0,29	2.754
1/3/1.947	1.652	0,35	3.370
2/3/1.947	1.898	0,41	3.872
3/3/1.947	1.623	0,35	3.311
4/3/1.947	1.874	0,40	3.823
5/3/1.947	1.814	0,39	3.700
6/3/1.947	1.814	0,39	3.700
7/3/1.947	1.844	0,39	3.762
8/3/1.947	3.010	0,64	6.140
9/3/1.947	2.580	0,55	5.263
10/3/1.947	2.213	0,47	4.514
11/3/1.947	1.814	0,39	3.700
12/3/1.947	1.674	0,36	3.415
13/3/1.947	1.992	0,43	4.063
14/3/1.947	2.223	0,48	4.535
15/3/1.947	3.118	0,67	6.360

**Tabela 5.61 (Continuação)**  
**Hidrograma de Cheia Máxima**

<b>Data</b>	<b>Vazões em Anta (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazões Adimensionalizadas</b>	<b>Vazões na UHE Itaipava I (m<sup>3</sup>/s)</b>
16/3/1.947	4.672	1,00	9.530
17/3/1.947	3.610	0,77	7.364
18/3/1.947	2.680	0,57	5.467
19/3/1.947	2.610	0,56	5.324
20/3/1.947	3.682	0,79	7.511
21/3/1.947	3.118	0,67	6.360
22/3/1.947	2.340	0,50	4.773
23/3/1.947	1.829	0,39	3.731
24/3/1.947	1.681	0,36	3.429
25/3/1.947	1.652	0,35	3.370
26/3/1.947	1.630	0,35	3.325
27/3/1.947	1.652	0,35	3.370
28/3/1.947	1.623	0,35	3.311
29/3/1.947	1.638	0,35	3.341
30/3/1.947	1.544	0,33	3.150
31/3/1.947	1.438	0,31	2.933
1/4/1.947	1.377	0,29	2.809
2/4/1.947	1.304	0,28	2.660
3/4/1.947	1.246	0,27	2.542
4/4/1.947	1.197	0,26	2.442
5/4/1.947	1.149	0,25	2.344
6/4/1.947	1.093	0,23	2.230
7/4/1.947	1.071	0,23	2.185
8/4/1.947	1.043	0,22	2.128
9/4/1.947	1.104	0,24	2.252
10/4/1.947	1.155	0,25	2.356
11/4/1.947	1.054	0,23	2.150
12/4/1.947	970	0,21	1.979
13/4/1.947	1.000	0,21	2.040
14/4/1.947	965	0,21	1.968
15/4/1.947	931	0,20	1.899
16/4/1.947	912	0,20	1.860
17/4/1.947	912	0,20	1.860

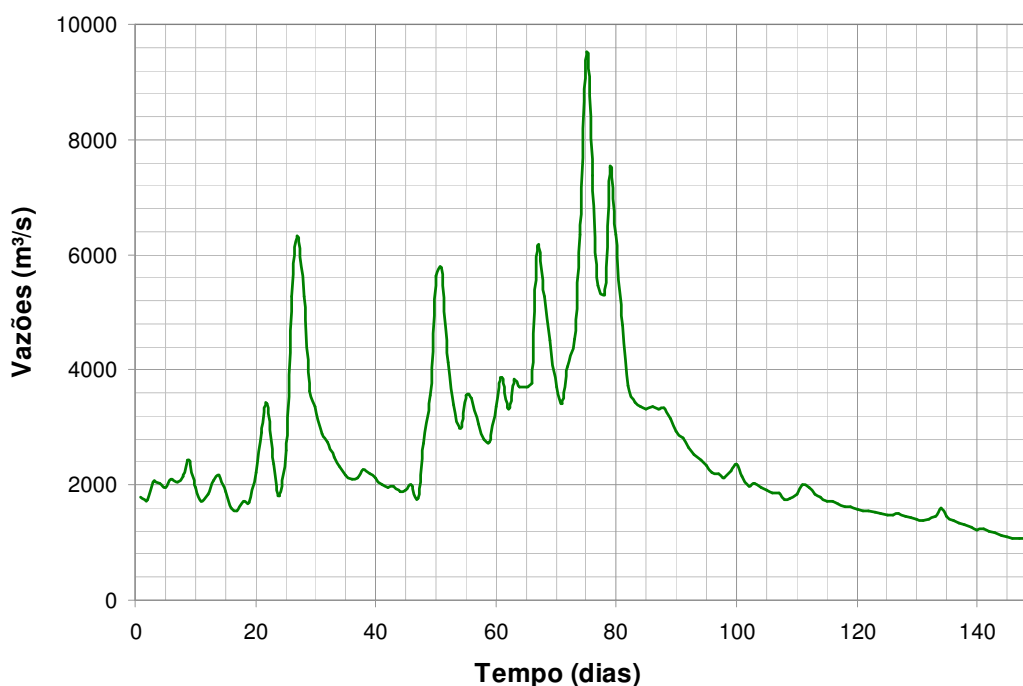
**Tabela 5.61 (Continuação)**  
**Hidrograma de Cheia Máxima**

<b>Data</b>	<b>Vazões em Anta (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazões Adimensionalizadas</b>	<b>Vazões na UHE Itaipava I (m<sup>3</sup>/s)</b>
18/4/1.947	849	0,18	1.732
19/4/1.947	871	0,19	1.777
20/4/1.947	898	0,19	1.832
21/4/1.947	985	0,21	2.009
22/4/1.947	965	0,21	1.968
23/4/1.947	898	0,19	1.832
24/4/1.947	875	0,19	1.785
25/4/1.947	845	0,18	1.724
26/4/1.947	845	0,18	1.724
27/4/1.947	824	0,18	1.681
28/4/1.947	797	0,17	1.626
29/4/1.947	790	0,17	1.611
30/4/1.947	772	0,17	1.575
1/5/1.947	766	0,16	1.563
2/5/1.947	759	0,16	1.548
3/5/1.947	749	0,16	1.528
4/5/1.947	736	0,16	1.501
5/5/1.947	729	0,16	1.487
6/5/1.947	729	0,16	1.487
7/5/1.947	736	0,16	1.501
8/5/1.947	716	0,15	1.461
9/5/1.947	699	0,15	1.426
10/5/1.947	693	0,15	1.414
11/5/1.947	683	0,15	1.393
12/5/1.947	689	0,15	1.405
13/5/1.947	719	0,15	1.467
14/5/1.947	786	0,17	1.603
15/5/1.947	716	0,15	1.461
16/5/1.947	683	0,15	1.393
17/5/1.947	661	0,14	1.348
18/5/1.947	640	0,14	1.306
19/5/1.947	621	0,13	1.267
20/5/1.947	598	0,13	1.220

**Tabela 5.61 (Continuação)**  
**Hidrograma de Cheia Máxima**

Data	Vazões em Anta (m <sup>3</sup> /s)	Vazões Adimensionalizadas	Vazões naUHE Itaipava I (m <sup>3</sup> /s)
21/5/1.947	605	0,13	1.234
22/5/1.947	586	0,13	1.195
23/5/1.947	572	0,12	1.167
24/5/1.947	552	0,12	1.126
25/5/1.947	541	0,12	1.104
26/5/1.947	530	0,11	1.081
27/5/1.947	524	0,11	1.069
28/5/1.947	524	0,11	1.069

**Figura 5.80**  
**Hidrograma de Cheia Máxima naUHE Itaipava I**



Além desse hidrograma, foram empregadas as seguintes informações:

- Curva cota x volume do reservatório, apresentada no **item 5.1.8**;
- Curva de descarga do Vertedouro caracterizada na Tabela 5.62.

**Tabela 5.62 - Curva de Descarga do Vertedouro**

Q (m <sup>3</sup> /s)	NA (m)
0,00	76,00
154	77,19
446	78,29
842	79,38
1.339	80,48
1.911	81,58
2.551	82,65
3.280	83,76
4.087	84,88
4.972	86,01
5.879	87,09
6.847	88,17
7.948	89,33
9.086	90,47
9.381	90,76
<b>9.530</b>	<b>90,90</b>

O modelo utilizado no cálculo do amortecimento da cheia de projeto promovido pelo reservatório, baseia-se na Equação da Continuidade que para um sistema hidrológico expressa a relação entre a vazão afluente  $I(t)$ , a vazão defluente  $O(t)$  e o armazenamento  $S(t)$ , como segue:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - O(t)$$

A simulação foi elaborada com base em dados diários discretizados a cada 4(quatro) horas, através da equação:

$$S_{(t+1)} = S_{(t)} + \left( \frac{I_{(t+1)} + I_{(t)}}{2} - \frac{O_{(t+1)} + O_{(t)}}{2} \right) \cdot \Delta t$$

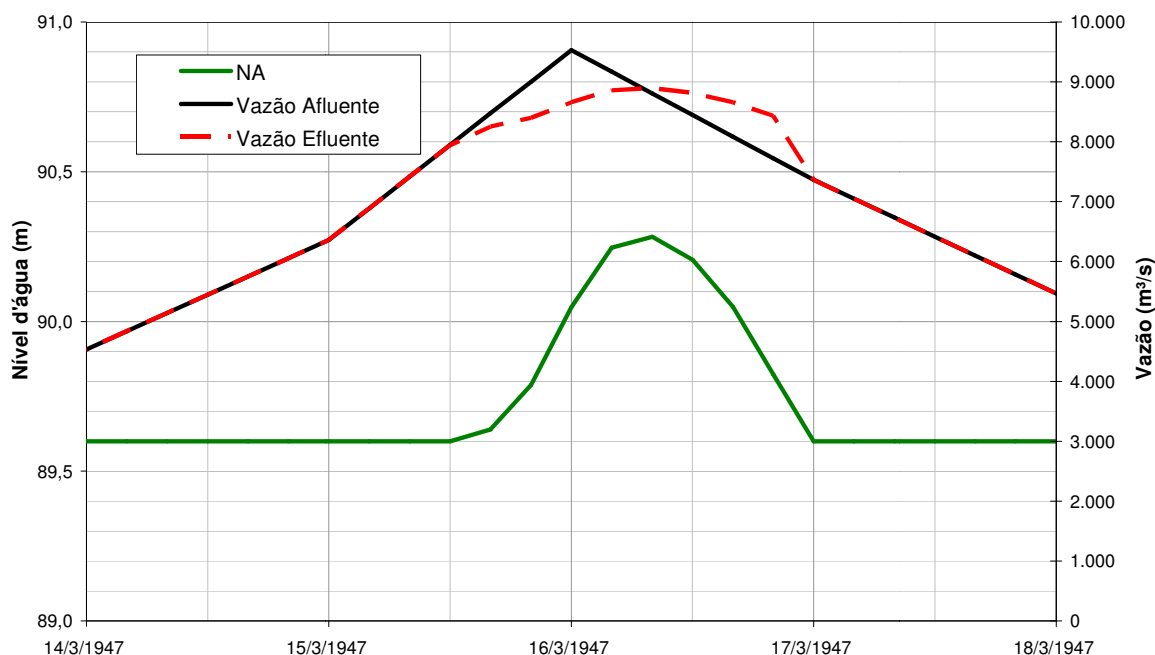
onde  $S_{(t)}$  representa o armazenamento no início do intervalo de tempo,  $I_{(t)}$  a afluência durante o intervalo de tempo,  $O_{(t)}$  a defluência durante o intervalo de tempo e  $\Delta t$  a duração do intervalo de tempo.

Considerando como condição inicial, o reservatório no Nível d'Água Máximo Normal (EL. 89,60 m) e a inoperância dos conjuntos hidrogeradores, isto é, vazão turbinada nula, foram aplicadas as equações acima.

Os resultados obtidos nessa simulação foram os seguintes:

- Vazão máxima defluente = 8.896 m<sup>3</sup>/s;
- NA máximo reservatório = 90,28 m;
- Hidrograma defluente do período de interesse, mostrado na Figura 5.81

**Figura 5.81 - Hidrogramas de Cheia Decamilenar Afluente e Defluente**



Conseqüentemente na passagem da onda da cheia decamilenar (TR=10.000 anos) pelo reservatório da UHE Itaocara I, ocorre amortecimento de 6,65% da vazão de pico e uma sobre-elevação do nível d'água normal de 0,68 m (90,28m-89,60m).

### 5.1.13 Enchimento do Reservatório

Os estudos de enchimento do reservatório da UHE Itaocara I foram desenvolvidos a partir do "Balanço de Massas", no qual os volumes acumulados no reservatório resultam da diferença entre vazões médias mensais afluentes e defluentes.

Considerou-se que o fechamento do rio ocorrerá entre os meses de dezembro e fevereiro. Dessa forma, foram extraídos da série de vazões estabelecida, conforme descrito no **item 5.1.4** os dados referentes a esses meses, os quais são reproduzidos na Tabela 5.63, Tabela 5.64 e Tabela 5.65. Isso feito, foram selecionados para cada um dos três meses em estudo, os anos que correspondiam aos cenários extremos e médio, para fins de enchimento do reservatório.

**Tabela 5.63 - Vazões Médias Mensais Afluentes em Dezembro (m<sup>3</sup>/s)**

Década	Ano									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.930-1939	-	573	712	657	575	287	499	1008	761	431
1.940-1949	581	604	611	604	404	540	337	906	580	454
1.950-1959	533	361	532	428	268	420	461	517	411	351
1.960-1969	426	346	518	216	442	487	773	547	384	520
1.970-1979	316	552	506	404	428	455	837	594	376	490
1.980-1989	508	650	839	1212	359	460	419	518	340	422
1.990-1999	263	363	492	280	440	527	763	410	387	481
2.000-2009	407	396	590	534	720	622	628	409	-	-

**Tabela 5.64 - Vazões Médias Mensais Afluentes em Janeiro (m<sup>3</sup>/s)**

Década	Ano									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1930-1939	-	865	1.343	1.115	802	594	256	928	1132	946
1940-1949	648	583	547	1360	541	612	1026	708	833	755
1950-1959	738	908	692	369	302	497	402	384	327	998
1960-1969	424	1286	460	691	447	816	1419	1859	830	575
1970-1979	411	328	401	626	605	667	423	960	890	444
1980-1989	737	731	664	1550	956	903	599	669	532	701
1990-1999	408	690	870	422	607	349	919	1396	372	734
2000-2009	612	466	551	772	681	744	452	1182	-	-

**Tabela 5.65 - Vazões Médias Mensais Afluentes em Fevereiro (m<sup>3</sup>/s)**

Década	Ano									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1930-1939	-	2026	1126	612	423	1345	349	1204	1027	884
1940-1949	1013	410	535	1123	872	768	620	1159	1124	1224
1950-1959	1447	1047	1061	442	339	302	248	413	417	492
1960-1969	575	1548	1278	814	759	1123	673	1981	485	401
1970-1979	345	195	465	857	582	550	596	626	657	1116
1980-1989	532	582	575	1122	513	1379	588	897	1646	1077
1990-1999	281	655	529	474	347	756	1080	849	650	941
2000-2009	640	450	701	548	698	1007	853	796	-	-

Nos casos em que o enchimento não se completou dentro do trimestre em análise, foram empregadas também as vazões dos meses seguintes.



Os cálculos em questão foram divididos em duas etapas. A primeira etapa até que a cota da soleira do vertedouro EL. 76,00m fosse atingida, considerando-se uma vazão remanescente de 121,60 m<sup>3</sup>/s correspondente a 80% da Q<sub>7,10</sub>. Após atingida essa cota da soleira, as comportas segmentos do Vertedouro passariam a controlar a vazão defluente permitindo-se a liberação de uma vazão remanescente de 170,00 m<sup>3</sup>/s que corresponde à vazão mínima média mensal dos últimos 40(quarenta) anos. Tais critérios resultaram de análises que são detalhadas nos “Estudos de Impacto Ambientais/EIA”.

Dessa forma, foram determinados os tempos decorridos desde o início da operação de enchimento até que se atingisse o nível da soleira do vertedouro (EL. 76,0 m) e o nível d'água máximo normal (EL. 89,60 m), o que equivale à acumulação de volumes no reservatório de 65,72 hm<sup>3</sup> e 412,76 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

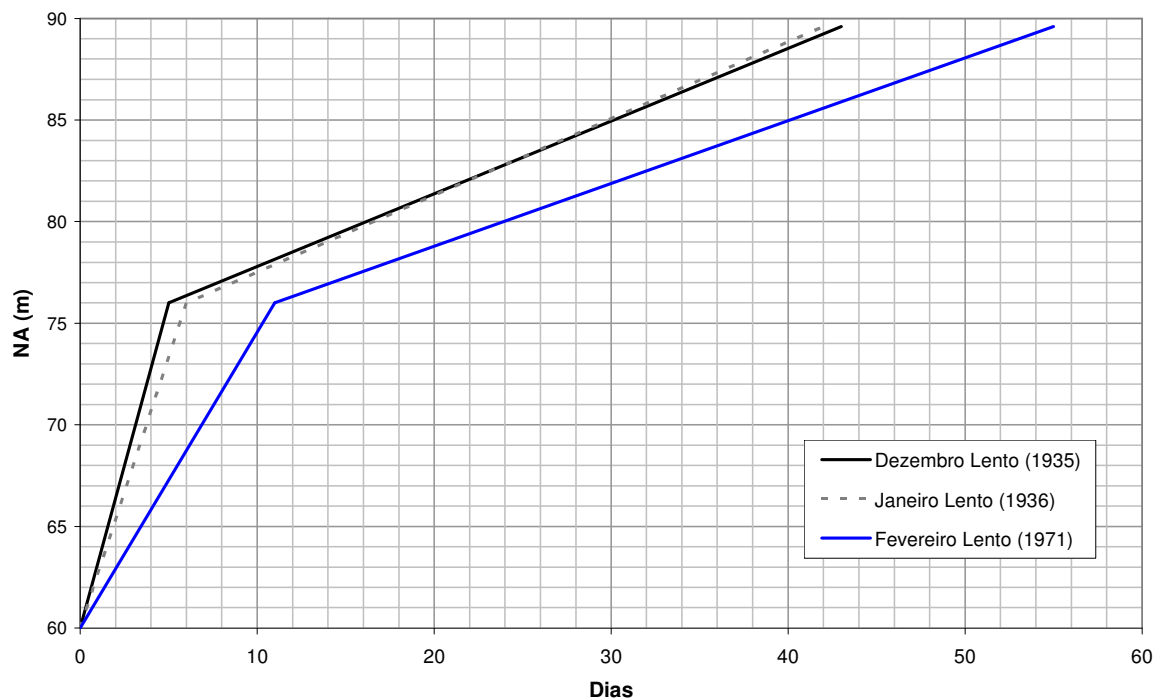
A Tabela 5.66 resume os resultados obtidos.

**Tabela 5.66 - Tempos de Enchimento do Reservatório (dias)**

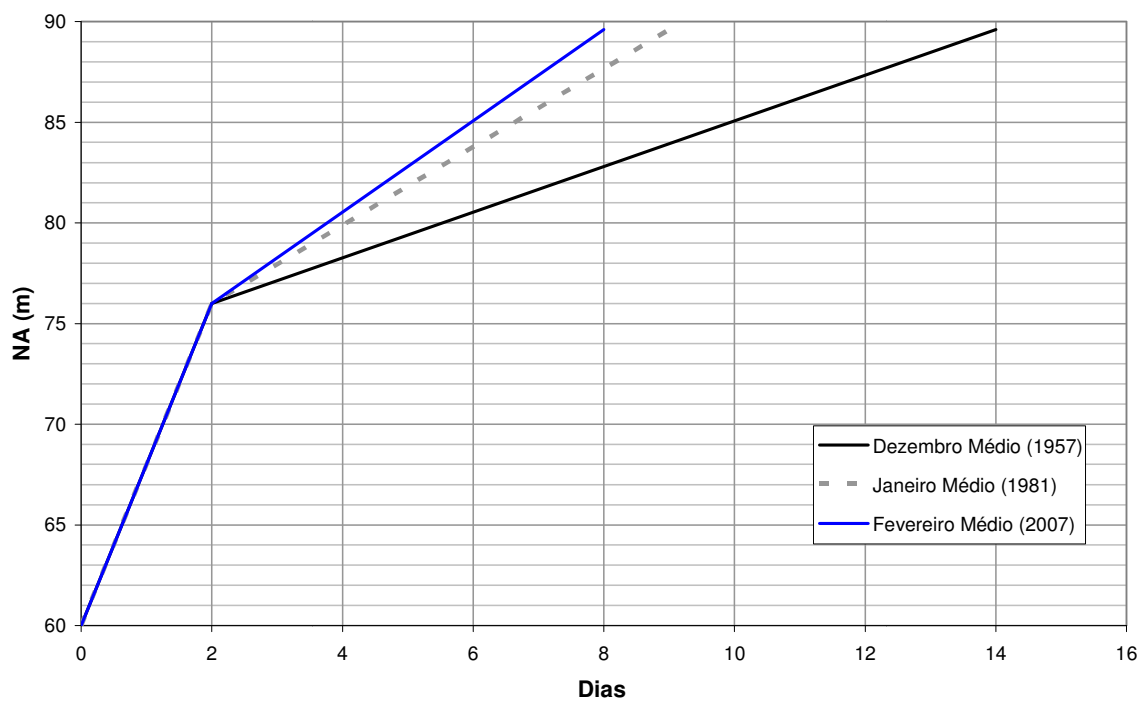
Elevação	Mês Início do Enchimento / Cenário elevação reservatório								
	Dezembro			Janeiro			Fevereiro		
	Lento (1935)	Médio (1957)	Rápido (1983)	Lento (1936)	Médio (1981)	Rápido (1967)	Lento (1971)	Médio (2007)	Rápido (1931)
<b>Soleira do Vertedouro (EL. 76,00 m)</b>	5	2	1	6	2	1	11	2	1
<b>Nível D'Água Máximo Normal (EL. 89,60 m)</b>	43	14	5	42	9	3	55	8	3

As Figuras seguintes Figura 5.82, Figura 5.83 e **Figura 5.84** apresentam as curvas representativas da evolução do NA do reservatório para os cenários lento, médio e rápido.

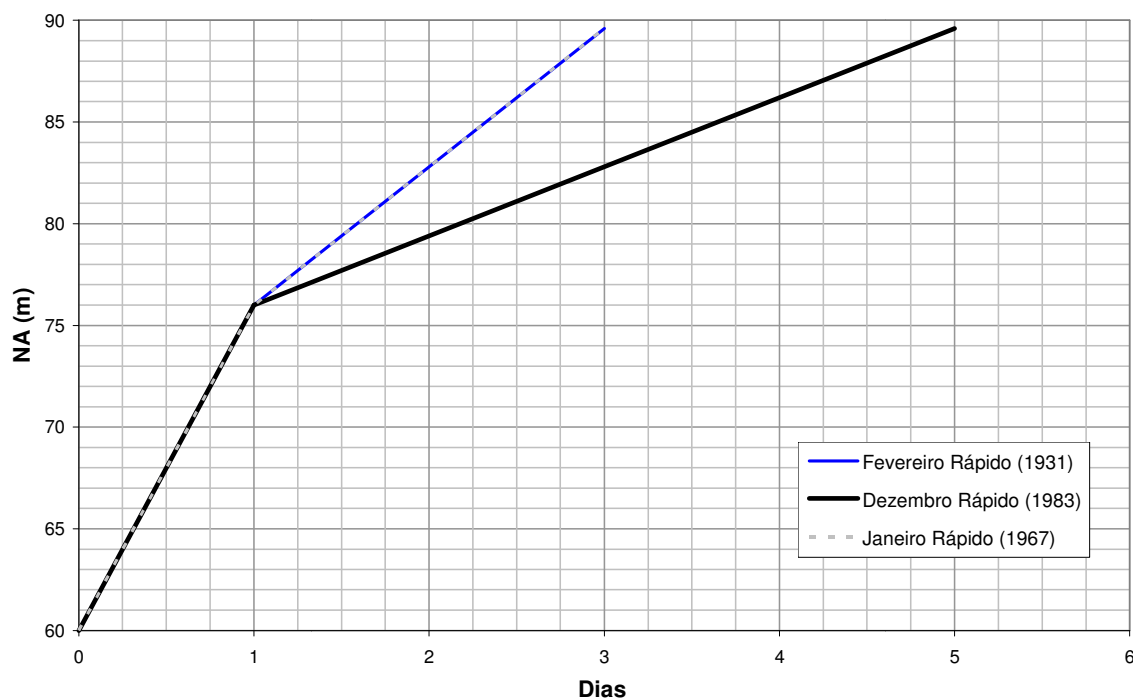
**Figura 5.82 - Linigrama de Enchimento do Reservatório no Cenário Lento**



**Figura 5.83 - Linigrama de Enchimento do Reservatório no Cenário Médio**



**Figura 5.84 - Linigrama de Enchimento do Reservatório no Cenário Rápido**



Para os três meses analisados, portanto, conclui-se que:

- O tempo mínimo necessário para que o nível d'água máximo normal na EL.89,60m seja obtido é de cerca de 03(três) dias no cenário rápido, correspondente ao fechamento do rio no mês de janeiro e fevereiro;
- O maior tempo de enchimento simulado foi de 55(cinquenta e cinco)dias correspondente ao fechamento do rio no mês de fevereiro no cenário lento.

## 5.2 Estudos Hidráulicos

### 5.2.1 Estudos Hidráulicos para o Desvio e Controle do Rio durante a Construção

O desvio do rio Paraíba do Sul para construção da UHE Itaocara I será realizado em duas fases distintas. Durante a primeira fase, o fluxo total do rio é desviado pelo canal natural do braço esquerdo da Ilha Serena com a construção de duas(02) ensecadeiras, sendo uma a montante e outra à jusante do eixo, entre a margem esquerda e a Ilha Serena, permitindo-se desta forma a construção, na área ensecada, das estruturas do Canal de Adução, Vertedouro/Adufas de Desvio/Bacia de Dissipação/Canal de Descarga, Tomada d'Água/Casa de Força/Canal de Fuga, Muro de Abraço Margem Esquerda, Barragem de Enrocamento Esquerda, Barragem de Terra Margem Esquerda, Muro de Abraço Margem Direita, Barragem de Enrocamento Direita e parte da Barragem de Terra Margem Direita.

A segunda fase do desvio do rio inicia-se após a conclusão da construção das estruturas localizadas na margem esquerda e a execução de duas (02) ensecadeiras na margem direita, fechando o braço direito da Ilha Serena até a ombreira direita, sendo a ensecadeira de montante incorporada à Barragem de Terra Margem Direita e a ensecadeira de jusante removida após a conclusão do aterro da Barragem de Terra Margem Direita.

O fluxo total do rio Paraíba do Sul, na segunda fase, será desviado pelo braço esquerdo da Ilha Serena através de 12(doze) adufas executadas no maciço da estrutura do Vertedouro. Para efetivar-se este evento DESVIO DO RIO, as ensecadeiras de montante e jusante de Primeira Fase serão parcialmente removidas, de forma a permitir o fluxo pelas Adufas de Desvio e permitir o início de construção das ensecadeiras de Segunda Fase do Desvio a montante e jusante que permitirão a conclusão das obras da Barragem de Terra na área ensecada no leito do rio, margem direita e ombreira direita.

Apresentam-se, a seguir, os Estudos Hidráulicos relativos ao Desvio e Controle do Rio durante cada fase de construção, como também os estudos referentes ao Esquema de Garantia de Vazão Remanescente que permitirá a manutenção do fluxo d'água à jusante da Barragem durante o enchimento do reservatório.

#### 5.2.1.1 Ensecadeiras da Primeira Fase de Construção

O Desvio do Rio de Primeira Fase foi dimensionado para a cheia de tempo de recorrência igual 50 anos, correspondente a uma vazão de  $5.194 \text{ m}^3/\text{s}$  no período completo. O nível de água de montante atinge a El. 67,70 m e o de jusante a El. 65,50 m.

As ensecadeiras de Primeira Fase apresentam coroamento de montante na El. 69,00 m e de jusante na El. 67,00 m e protegem as estruturas, na área ensecada, para a passagem da cheia com tempo de recorrência de 100 anos, correspondente a uma vazão de  $5.764 \text{ m}^3/\text{s}$  com borda-livre reduzida.

Deve ser ressaltado que a ensecadeira de montante da Primeira Fase deverá ser parcialmente removida, pois será utilizada no controle do assoreamento junto à estrutura da Tomada D'água.

Aproximadamente 110,00 m da ensecadeira montante edefrente ao Vertedouro deve ser totalmente removida para o Desvio do rio pelas Adufas, enquanto outro trecho de ensecadeira montante com cerca de 130,00 junto à margem esquerda, deve ser rebaixada para El. 67,00 m.

#### 5.2.1.2 Ensecadeiras da Segunda Fase de Construção

Na Segunda Fase de Desvio do Rio as águas afluentes escoam através de doze (12) Adufas de Desvio retangulares com dimensões  $H=7,00\text{m}$ ,  $L=5,50\text{m}$  e extensão unitária de 27,60m, permitindo a passagem da cheia com tempo de recorrência de 50 anos, correspondente a uma vazão de  $5.194 \text{ m}^3/\text{s}$ .

O nível de água de montante atinge a El. 75,50 m e o de jusante a El. 66,30 m.

As ensecadeiras de Segunda Fase possuem coroamento de montante na El. 76,50 m e de jusante na El. 67,50 m e protegem as estruturas ensecadas para a passagem da cheia com tempo de recorrência de 100 anos no período de estiagem, correspondente a uma vazão de 5.764 m<sup>3</sup>/s, com borda-livre reduzida.

#### 5.2.1.3 Dispositivo de Garantia da Vazão Remanescente à Jusante ou Vazão Ecológica

Para garantir a manutenção da vazão ecológica definida em 121,60 m<sup>3</sup>/s (Qeco = 80% de Qmin. mensal) durante o enchimento do reservatório, até que seja atingida a crista da soleira do Vertedouro na EL.76,00m, será usado um “Esquema de Fechamento” das Adufas de Desvio que dispensará a utilização de qualquer dispositivo para manutenção da vazão residual durante o enchimento do Reservatório.

Em linhas gerais, o fechamento das Adufas de Desvio será das extremidades do Vertedouro para o centro, com o fechamento de duas(02) adufas simétricas em relação ao centro da estrutura Vertedouro de cada vez, até completar-se o décimo fechamento.

Já com o reservatório em ascensão, as duas últimas adufas centrais serão fechadas individualmente. No fechamento da última adufa de desvio será usado o esquema de “cracking”(pequenos fechamentos com pequenas descidas da comporta vagão) para permitir o controle da subida do reservatório, permitir a passagem da vazão de 121,60m<sup>3</sup>/s pela última adufa até atingir-se a EL 76,00m da crista da ogiva vertente.

Atingida a soleira do vertedouro, a vazão residual deverá ser garantida através da operação das comportas segmentos do Vertedouro já devidamente testadas, comissionadas e em plena fase de operação.

Para maiores detalhes e entendimento completo do assunto, sugere-se a leitura do **item 6.5.4** que enfoca o Esquema de Fechamento das Adufas de Desvio e a manutenção da Vazão Remanescente ou Ecológica.

### 5.2.2 Estudos de Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro

De acordo com os estudos hidrológicos foi definida uma vazão decamilenar (TR=10.000 anos) na UHE Itaipava I de 9.530 m<sup>3</sup>/s. A estrutura dimensionada para atender essa vazão possui extensão total de 102,000 m divididos em seis(06) vãos de 13,50 m cada e pilares internos e externos com largura de 3,00 m.

Com relação à concepção hidráulica, a estrutura vertente foi dimensionada para operar controlada por seis (06) comportas segmentos de 13,50m x 13,60m, com nível d'água normal do reservatório na EL. 89,60 m e com capacidade para extravasar a vazão decamilenar.

Para atender à vazão mínima remanescente para jusante serão utilizadas as Adufas de Desvio até o seu fechamento para formação do reservatório. Durante a fase de fechamento das Adufas, funcionará o “Esquema Provisório de Vazão Remanescente” até o reservatório atingir a crista da ogiva do vertedouro na elevação 76,00m. Esse Esquema, descrito no **item anterior 5.2.1.3**, só funcionará durante o enchimento e formação do reservatório, pois após o fechamento completo das Adufas, suas galerias de H=7,00m x

L=5,50m serão plugadas com concreto para complementação da ogiva vertente e prover a estrutura Vertedouro com maior estabilidade.

Após atingir a crista do vertedouro EL. 76,00m, a vazão remanescente passará pelo próprio vertedouro através dos vãos cujas adufas e ogivas vertentes já foram concretadas e os vãos, serão controlados por comportas segmentos, até atingir o seu nível d'água máximo normal na EL.89,60m

A estrutura vertedouro constituída deseis(06) blocos,apresenta na parte inferior do seu maciço,doze (12) adufas de desvio que receberão “plugs”/tampões de concreto após seu fechamento com comportas ensecadeiras por montante, seguindo esquema previamente estudado que informa a sequencia de fechamento das Adufas deDesvio e concretagem dos tampões.

.A geometria da crista do vertedouro foi definida pelas equações que definem o perfil “Creager” para vertedouros segundo “Hydraulic Design Criteria – Chart 111-2/1” definida para uma carga de 11,175m (Hd), de modo a se poder utilizar um coeficiente de vazão mais elevado para a carga máxima de 14,90 m (He, sendo  $He/Hd=1,33$ ) sem depressão excessiva na soleira – e com curva semi- elíptica, a montante, associado a um paramento com inclinação 1,0V:0,7H. As formas hidrodinâmicas das extremidades de montante do pilar e dos muros laterais foram definidas, através de combinações de arcos de círculos, considerando para estes espessuras de 3,00m. Esses dimensionamentos obedeceram às diretrizes do HDC e do HDS do “US Corps of Engineers”.

A jusante do vertedouro foi introduzida uma bacia de dissipação de 52,08m de comprimento e 102,00m de largura com a função de conter o ressalto hidráulico e dissipar a energia do fluxo para a vazão centenária ( $Q = 5.764 \text{ m}^3/\text{s}$ ), considerando o nível d'água normal do reservatório na EL. 89,60m.

Foi inserida no final da bacia de dissipação uma soleira terminal na EL. 52,15 m para conter o ressalto hidráulico dentro da bacia e evitar a erosão regressiva na sua extremidade final.

Após a saída da bacia está previsto um trecho horizontal de 20,00 m de extensão na EL. 51,00 seguido de uma rampa com inclinação de 1V:3H até a cota do terreno natural (~58,50m) para restituição das águas vertidas ao curso natural do rio.

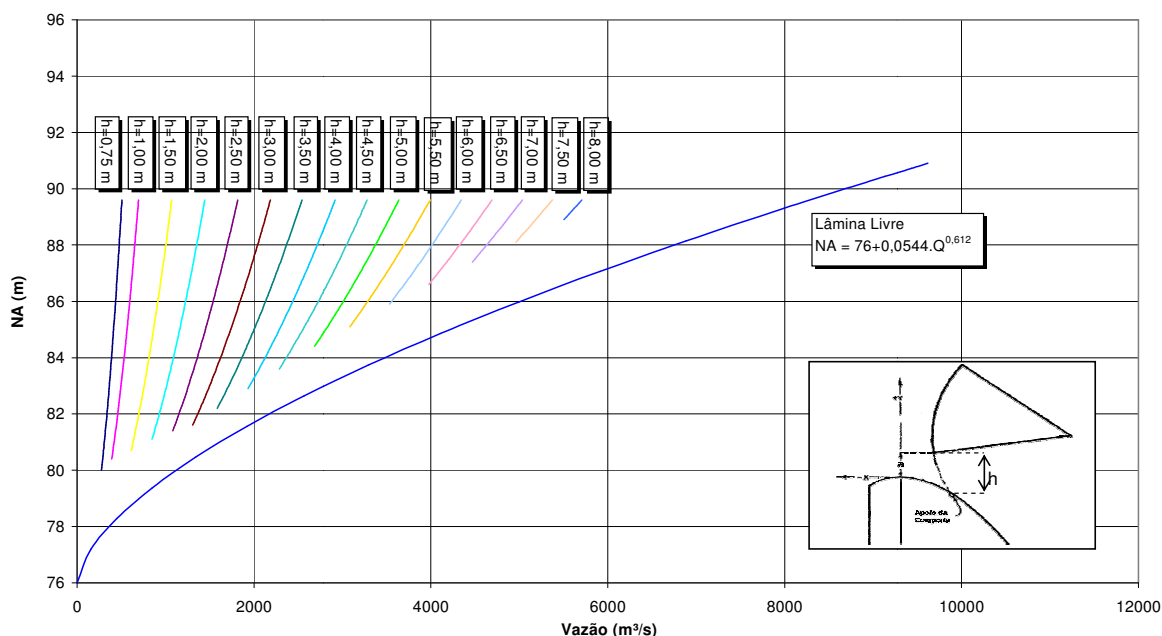
Para definição das cotas de topo dos muros laterais da Bacia de Dissipação e da posição das vigas-munhão das comportas segmentos, foi calculado o perfil de linha d'água ao longo da soleira da crista, calha vertente e bacia de dissipação para a vazão decamilenar  $9.530\text{m}^3/\text{s}$ . No caso da região da soleira da crista da ogiva e munhão da comporta segmento, o perfil foi calculado com base nas indicações do HDC e HDS do US Corps of Engineers, parametrizadas em função da carga de dimensionamento(Hd) para esse tipo de soleira; enquanto que para a calha vertente e bacia, o mesmo foi calculado através do Standard Step Method, tendo-se verificado a altura do ressalto da lâmina d'água dentro da bacia até o final do muro. O perfil de linha d'água assim obtido deverá ser verificado nos estudos em modelo hidráulico reduzido durante a etapa do projeto executivo.

Com relação à viga munhão, seu posicionamento é função de compromisso do atendimento simultâneo às conveniências hidráulicas (depressão moderada do campo de pressões hidrodinâmicas ao nível da superfície do concreto, quando de aberturas parciais, sem risco de cavitação - acolhendo-se, de forma aproximada, as indicações de Fernando Lemos em “Critères pour le dimensionnement hydraulique de barrages déversoirs dont le parement amont est incliné à 3:3”, Memória Nº 543, LNEC, Lisboa, 1.980) e mecânico-estruturais da comporta e respectivo equipamento de movimentação, o que resultou em borda livre da ordem de 2,00m.

Com relação aos muros laterais na rampa vertente e na bacia de dissipação, as cotas de coroamento foram estabelecidas considerando a excepcionalidade da vazão decamilenar e tendo como diretriz uma borda livre mínima de 0,50m em relação à mesma, sem considerar o emulsionamento.

A Figura 5.85, a seguir, apresenta as curvas de descarga para o vertedouro, com e sem controle de comporta. Os cálculos respectivos seguiram as metodologias e os parâmetros constantes do HDC e HDS do US Corps of Engineers, levando-se em conta as características geométricas definidas para a estrutura na região da soleira da ogiva e canal de adução, constantes dos desenhos apresentados no Volume II deste Relatório. Ressalta-se que nos casos com controle de comporta, os valores de abertura indicados na Figura 5.85 se referem à distância vertical entre o bordo inferior da comporta e o seu ponto de apoio na soleira da ogiva.

**Figura 5.85 - UHE Itaocara I - Curvas de Descarga do Vertedouro**



O cálculo de pressões foi realizado para os casos de lâmina livre e fluxo controlado por comporta baseado nas metodologias do HDC – Chart 111-16/1 e 111-16/2 para lâmina livre no centro do vão e próximo aos pilares e Chart 311-6 e 311-6/1 para o vertedouro controlado por comporta.

As pressões alcançadas na soleira do vertedouro, na rampa vertente e na curva na entrada da bacia de dissipação, chegam a valores máximos da ordem de 6,0m.c.a. com flutuação de pressão de até  $\pm 2,45$ m.

A avaliação do potencial de ocorrência de cavitação na superfície de concreto da ogiva vertente foi realizada com base nos valores do índice de cavitação incipiente que resultaram em valores entre 0,81 e 0,35.

As especificações técnicas relativas à resistência mínima do concreto e às classes e procedimentos para acabamento das superfícies hidráulicas, definem essas características de forma a evitar ou minimizar tal possibilidade.

Entretanto na etapa do Projeto Executivo, cálculos teóricos e ensaios em modelo hidráulico reduzido detalhados para toda a gama de vazões, permitirão estimar adequadamente valores para o coeficiente de cavitação incipiente em cada seção e trecho da estrutura e definir as adequações às especificações técnicas que eventualmente se mostrem necessárias.

### 5.2.3 Estudos Hidráulicos do Circuito de Geração

O Circuito de Geração foi concebido de forma a melhor aproveitar técnica e economicamente as condições topográficas e geológico-geotécnicas do trecho previsto para a sua implantação, e dimensionado para as condições previstas de níveis d'água operacionais.

#### 5.2.3.1 Tomada d'Água

A Tomada D'Água com soleira na EL. 52,50m e extensão em planta de 23,64m até a junta de construção na linha "B", teve sua geometria definida de forma a serem minimizadas as perdas de carga nas transições entre as seções de escoamento. Para este objetivo utilizou-se uma curva semi-elíptica para definição do teto da Tomada D'Água. A cota da soleira/piso foi definida de forma que ficasse garantida a submergência mínima da seção da comporta ensecadeira para não ocorrência de vorticidades, considerando o "Critério de Gordon" e escoamento de aproximação assimétrica. Um pilar central com 4,00 m de largura e forma hidrodinâmica composta de arcos de círculo, divide a entrada da tomada d'água em dois (02) portais que correspondem às duas(02) Unidades Geradoras, de forma a propiciar condições estruturais e operacionais adequadas.

Cada portal de entrada da Tomada D'água (com duas aberturas de 10,70m m de largura unitária por 20,95m de altura unitária), foi projetada assumindo uma velocidade máxima referente à área útil das grades em torno de 1,5 m/s.

A seção unitária adotada para as comportas ensecadeiras (7,80 m de largura livre por 13,90m de altura livre), corresponde à velocidade do escoamento de 3,36 m/s que é um valor inferior ao valor limite estabelecido nos critérios de projeto de 6,0 m/s.



### 5.2.3.2 Canal de Fuga

À jusante da Casa de Força, o Canal de Fuga escavado em rocha, possui largura inicial de 52,00m na EL. 39,00 e rampa de 1V:4H com a qual alcança o Canal de Restituição com largura de 145,00mna EL. 58,50 m.

### 5.2.3.3 Perdas de Carga

A perda de carga total no circuito hidráulico de geração apresenta, para a vazão nominal máxima de engolimento das turbinas, um valor igual a 0,344 m. A equação da perda de carga para a vazão unitária de cada circuito de geração é apresentada a seguir:

$$h = \frac{Q_{un.}^2}{3,166 \times 10^5}$$

h: perda de carga (m);

Q<sub>un.</sub>: vazão unitária de cada circuito de geração (m<sup>3</sup>/s).

Apesar da equação da perda de carga estar em função da vazão unitária, os cálculos para determinação da perda de carga total foi realizado a partir da vazão total de engolimento, conforme apresentado no memorial que se segue.

#### 1) Perda de Carga nas Grades:

Fórmula de Kirshmer:

$$h_G = k_G \left( \frac{e_1}{e_2} \right)^{4/3} \text{sen } \theta_1 \frac{v^2}{2g}$$

Fonte: Diretrizes para Projetos de PCH - ELETROBRÁS (pág. 7.2-1).

Onde:

h <sub>G</sub> =	perda de carga na grade em m;
k <sub>G</sub> =	coeficiente de perda de carga da grade;
e <sub>1</sub> =	espessuras das barras (diâmetro) em mm;
e <sub>2</sub> =	espaçamento entre barras em mm;
Teta =	inclinação da grade;
v <sub>E</sub> =	velocidade na entrada em m/s.

k <sub>G</sub> =	2,42
e <sub>1</sub> =	50 mm
e <sub>2</sub> =	150 mm
Teta =	78,56 °
sen 83.3° =	0,980
Vazão =	666 m <sup>3</sup> /s
Altura =	22,1 m
Largura total =	38,4 m
v <sub>E</sub> =	0,78 m/s
h <sub>G</sub> =	0,017 m

## 2) Perda de carga no nicho da comporta:

Largura total:	L =	31,76 m
Altura Comporta:	H =	14,10 m
Área Comporta:	A =	447,816 m <sup>2</sup>
	V <sub>comp</sub> =	1,47 m/s

Fonte: Usinas Hidrelétricas, Gerhard P. Schreiber (pág.120).

Ranhuradas Comporta	h <sub>R1</sub> =	0,0022 m
---------------------	-------------------	----------

## 3) Perda de carga na contração Grade-Comporta

$$h_E = k_E \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Onde:

h <sub>E</sub> =	perda de carga na contração em m;
k <sub>E</sub> =	coeficiente de contração, 0,3;
v <sub>1</sub> =	velocidade na grade;
v <sub>2</sub> =	velocidade na comporta;
h <sub>E</sub> =	0,024 m

## 4) Perda de carga na sucção

$$h_E = k_E \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Onde:

h <sub>E</sub> =	perda de carga na sucção, em m;
k <sub>E</sub> =	coeficiente de expansão, 1,0;
v <sub>1</sub> =	velocidade no canal de fuga;
v <sub>2</sub> =	velocidade na sucção;

#### Comporta Sução

Altura =	7,4
Largura total =	34,76 m
Velocidade =	2,57

#### Canal de Fuga

Altura	19,7 m
Largura	40,6 m
Velocidade	0,83
hE=	0,301 m

#### 5) Perda de carga Total

h =	0,344 m
-----	---------

### 5.3 Estudos Geológicos e Geotécnicos

#### 5.3.1 Geologia e Geomorfologia Regional

##### 5.3.1.1 Geologia Regional

Este item tem por finalidade apresentar os estudos elaborados quanto aos aspectos geológico-geotécnicos, realizados no local previsto para a implantação da UHE Itaocara, situado no rio Paraíba do Sul, município de Itaocara, nordeste do Estado do Rio de Janeiro. Para a caracterização regional, foi utilizado o Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento de Geologia da CPRM. O desenho G26-DEB-0001 mostra a distribuição espacial das diversas unidades geológicas no contexto regional.

No sítio estudado, o rio Paraíba do Sul escoar no sentido NE e recebe águas do rio Pomba, de direção NW pela margem esquerda.

Regionalmente, a área em questão, é constituída por rochas de idades proterozóicas e depósitos cenozóicos distribuídas em faixas mais ou menos paralelas ao rio Paraíba do Sul, com direção NE-SW e compreendem, principalmente, rochas cristalinas, caracterizadas como gnaisses, gnaisses xistosos, granulitos e migmatitos. Ocorrem diversas falhas de empurrão, normais e transcorrentes.

As rochas proterozóicas, descritas sucintamente a seguir, englobam rochas do meso ao neoproterozóico, constituindo, da base para o topo pela Unidade Itaperuna Granulitos, Unidade Italva, Complexo Paraíba do Sul, Unidade Duas Barras, Leucogranito Gnaiss da Serra do Paquequer, Suíte Desengano, Suíte Rio de Janeiro, Suíte Bela Joana, Suíte Angelim e Suíte Serra das Araras.

No entorno do empreendimento ocorrem, principalmente, rochas da **Unidade Itaperuna Paragranulitos**(NNpit) constituída por gnaisses quartzo-feldspáticos aluminosos a granada-biotita-sillimanita com e sem ortopiroxênio, eventualmente com intercalações de gnaisses calcissilicáticos. Esta unidade faz contato com as rochas do Complexo Paraíba do sul através de falhas de empurrão, tanto para NW como para SE.

A **Unidade Italva**(NNpi) ocorre a sudeste do sítio previsto da UHE Itaocara I e constitui-se por metacalcário dolomítico e calcítico intercalado com granada-biotita-sillimanita gnaisse quartzo-feldspático e quartzo-anfibólio-clinopiroxênio gnaisse.

O **Complexo Paraíba do Sul**(MNps) é representado na região por rochas da Unidade São Fidelis, caracterizado por granada-biotita-sillimanita gnaisse quartzo-feldspático com bolsões e veios anatéticos *in situ* ou injetados de composição granítica. Intercalações de gnaisse calcissilicáticos e quartzito são frequentemente observadas. Ocorrem, ainda, horizontes de xistos grafitosos, além de rochas calcissilicáticas, metacabornáticas e quartzitos.

Em direção a SE, ocorrem em faixas contínuas rochas das Suítes Desengano, Italva, Rio de Janeiro, Angelim, Unidade São Fidelis reportada ao Complexo Paraíba do Sul, Suíte Desengano e Suíte Bela Joana. Na porção SW da região em estudo, ocorrem rochas das unidades Duas Barras e Leucogranito Gnaisse da Serra do Paquequer.

A **Suíte Desengano**(Ny2d) constitui-se por granito tipo “S” com granada, muscovita e biotita de granulação grossa, com texturas granoblástica e porfírica com forte foliação transcorrente. Localmente são observados domínios charnockíticos.

A **Suíte Rio de Janeiro**(Ny2rd) é constituída pelo Granito Corcovado, Granito Pão de Açúcar e Leucogranito Gnáissico Cosme Velho. O Granito Corcovado é caracterizado como granito tipo S com granada, muscovita e biotita com textura megaporfírica. O Granito Pão de Açúcar caracteriza-se como um fácies melatuminosas do Granito Corcovado. E Leucogranito Gnáissico Cosme Velho é caracterizado como tipo “S” com muscovita, granada e biotita, de granulação média.

A **Suíte Angelim**(Ny2a) é caracterizada por granada-hornblenda-biotita tonalito a granito com textura porfírica e forte foliação transcorrente. É uma suíte mista envolvendo domínios peraluminosos de granito tipo S, ricos em granada e domínios metaluminosos tipo “I”, ricos em hornblenda.

A **Suíte Duas Barras**(Ny1rd) é constituída por granitoides de fácies homogêneas, foliada, de composição tonalítica intrudida por veios e bolsões de leucogranito tipo “S”.

O **Leucogranito Gnaisse da Serra do Paquequer**(Ny1p) é constituído pro muscovita-biotita leucogranito, granito tipo “S” de granulação grossa com forte foliação tangencial, rico em restos de paragnaisses.

Em direção a NW, em contato com a unidade São Fidelis (Complexo Paraíba do Sul), são observadas rochas da Suíte Serra das Araras, Unidade Itaperuna com intercalações de faixas da unidade Santo Antônio de Pádua, seguida da Unidade São Fidelis e Unidade Itaperuna com um bolsão de Suíte Bela Joana.

A **Suíte Serra das Araras**(Ny3a) caracteriza-se por granada granito a duas micas tipo “S” com granulação grossa, equigranular a porfírico com foliação transcorrente, rico em enclaves de paragneisse.

A **Suíte Santo Antônio de Pádua**(Ny3sa) é constituída por sienogranito tipo “I”, extremamente deformado em zona de cisalhamento transcorrente, com textura ultramilonítica, sendo o anfibólio o principal mineral acessório. Localmente são observadas manchas de charnockitização.

A **Suíte Bela Joana**(Ny2b) constitui-se por granito tipo C, caracterizado como granada-hornblenda-clinopiroxênio-ortopiroxênio charnockito de granulação grossa, textura magmática equigranular a porfírica, isótopo a foliado, associado à enderbita a norito.

**Os Depósitos Quaternários - Coberturas Indiferenciadas**(Qha) referem-se aos materiais mais recentes de cobertura, constituídos por depósitos fluviais e flúvio-marinhos caracterizados como areno-síltico-argilosos com camadas de cascalheiras associadas a depósitos de tálus e sedimentos lacustrinos e de manguezais retrabalhados.

#### 5.3.1.2 Aspectos Estruturais

Do ponto de vista estrutural, a região apresenta vários alinhamentos estruturais de direção NE-SW. As principais drenagens encontram-se encaixadas nesses alinhamentos. As feições mais expressivas são o Lineamento de Além Paraíba, entre as cidades de Sapucaia e Itaocara e Santo Antônio de Pádua e as diversas falhas inversas, entre as cidades de Juiz de Fora, Mirai e Araponga.

O principal dobramento mapeado na folha de Santo Antônio de Pádua, (Grossi e Donadello Moreira *et alii.*, 1978), tem planos axiais verticalizados e eixo horizontalizados.

O sistema de fraturamento NE-SW é o responsável pelo traçado do rio Paraíba do Sul, no local do futuro barramento UHE Itaocara I. Este sistema, por vezes de grande continuidade, apresenta distribuição plano-paralela de direção NW-SE, ortogonal ao lineamento gnáissico. Este sistema é verticalizado, possui um caráter regional e deverá em grande parte condicionar a implantação da futura Usina, em especial no que se refere à compartimentação do maciço rochoso, aumentando o seu grau de fraturamento nos locais onde ocorrem estes “feixes de fraturamento”.

Nas Figura 5.86 e Figura 5.87 estão indicados os dois sistemas estruturais de importância na região descritos acima, e que regem a compartimentação do maciço.

Figura 5.86 - Alinhamentos Estruturais Identificados sobre Aerolevantamento a Laser

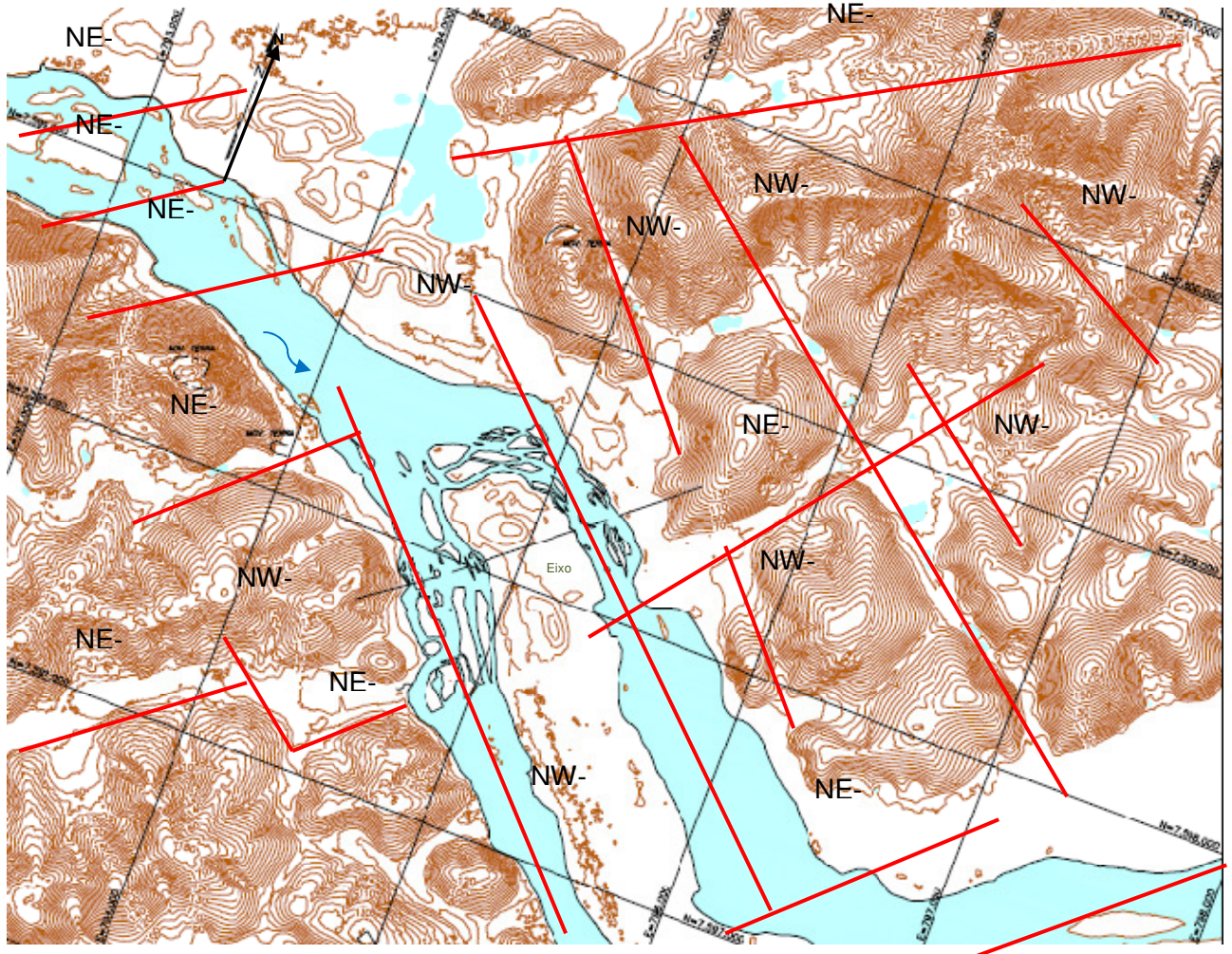


Figura 5.87 - Alinhamentos Estruturais Identificados sobre Imagem Google Earth



### 5.3.1.3 Sismicidade

O Mapa Sismotectônico do Brasil (Haberlehner 1.978) firmou o conceito de zonas sismogênicas que corresponde a áreas que podem ser relacionadas a zonas de fraqueza crustal. São essas estruturas (cinturões de cisalhamentos, zonas de suturas e junções tríplexes) representando domínios tectônicos que, basicamente, controlam os processos geológicos que aqui se desenvolvem. Terrenos de alto grau e faixas metamórficas vulcano-sedimentares marcam as zonas de justaposição de blocos crustais, com arranjos tríplexes. Esses blocos, separados por tais tipos de discontinuidades, são bem marcados geofisicamente, por meio de dados gravimétricos e magnéticos. Atualmente há cerca de 26 (vinte e seis) zonas sismogênicas caracterizadas em território brasileiro (Haberlehner 1.978, Hasui 1.990, Mito 1.993).

A liberação de energia sísmica ocorre de maneira difusa mas não aleatoriamente. Os epicentros distribuem-se nas faixas de articulação de blocos crustais e imediações, o que indica forte influência de antigas anisotropias-descontinuidades na atividade sísmica.

#### - Sismicidade no Brasil

Hoje se sabe que a ideia de que áreas constituídas por rochas muito antigas, estáveis tectonicamente e localizadas no interior de placas litosféricas, caso do território brasileiro, representam regiões livres de terremotos, encontra-se destituída de fundamentos. De fato, se comparada a sismicidade de zonas modernas, instáveis como, por exemplo, a borda oeste da placa Sul-Americana, o nosso nível de sismicidade é modesto, embora abalos com magnitudes acima de 5,0 (escala Richter), já tenham sido registrados no Brasil, conforme citado na bibliografia.

Com o estabelecimento de uma rede de monitoramento sísmico em nosso país, percebe-se a existência de certo número de tremores que aqui ocorrem, até com certa frequência, embora os abalos registrados sejam provocados por sismos de pequena magnitude. Só nos últimos dez anos o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília registrou 400 (quatrocentos) sismos com magnitude igual ou superior a 3,0 na escala Richter. Essas manifestações intermitentes de sismicidade representam pulsos remanescentes de uma tectônica que ainda está em curso.

Os maiores sismos de que se tem registro em nosso território, correspondem aos ocorridos em 1.955, em Porto dos Gaúchos, no estado de Mato Grosso, com uma magnitude de 6.75; também em 1.955, o ocorrido em área oceânica a 330 km do litoral do Espírito Santo, com magnitude de 6.3; o de 1.983 em Codajás, no Amazonas, com magnitude de 5.5; o de 1.980, em Cascavel e Pacajus, Ceará, com magnitude de 5.2 e o de 1.986, em João Câmara, Rio Grande do Norte, com magnitude de 5.5.

Por outro lado, a maior parte dos sismos brasileiros é de pequena magnitude ( $\leq 4,5$ ) e comumente ocorrem em baixa profundidade (hipocentro a menos de 30 km) e, por isso, só são sentidos a até alguns poucos quilômetros do epicentro. Este é quase sempre o padrão de sismicidade esperado para regiões contidas no interior de placas tectônicas.



## - Risco Sísmico

A magnitude, medida na escala Richter, avalia a quantidade de energia liberada pelo terremoto. A intensidade do terremoto que se mede pela escala de Mercalli Modificada (MM), quantifica o dano provocado pelo abalo. Sismos com magnitudes como as que ocorrem no Brasil, da ordem de 3.0, são considerados fracos e em termos de estragos podem, quando muito, causar pequenas rachaduras nas construções mais simples.

Os danos que um tremor causa, dependem de vários fatores: magnitude do sismo, profundidade em que tenha ocorrido, a constituição geológica do substrato e, com referência ao que efetivamente importa do ponto de vista humano, que são os estragos proporcionados por esses eventos, da qualidade das construções das zonas abaladas.

Convém lembrar que sismos de pequenas magnitudes e de intensidades não muito significativas, a exemplo de recente terremoto ocorrido em dezembro de 2.007, na localidade de Itacarambi/MG ocasionou, além de danos materiais, a primeira vítima fatal em nosso território.

Dentre as Zonas Sismogênicas determinadas no Brasil, convém destacar, em virtude da maior proximidade com a área da UHE Itaipava I, a Província Sísmica do Sudeste (SADOWSKI *et al.*, 1.978) com sismicidade associada ao sistema de falhamentos dos *riffs* da Serra do Mar e às falhas do sul de Minas Gerais. Registros históricos dão conta de diversos tremores, cerca de 136, sentidos nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e de Minas Gerais, num raio de 300Km do futuro empreendimento. Dos sismos computados, apenas cinco possuem magnitudes maior ou igual a 4.0 (Tabela 5.67). Dentre estes, o tremor mais próximo ao eixo do barramento Itaipava I é o registrado em Campos, de magnitude 4,5 em 1.917.

**Tabela 5.67 - Sismos Registrados nas Proximidades de Itaipava I**

Ano	Coordenadas	Estado	Localidade	Magnitude
1886	22,66°S/43,69°W	RJ	São Pedro	4,3
1917	21,60S/41,50W	RJ	Campos	4,5
1920	21,03°S/44,75°W	MG	Bom Sucesso	4,0
1972	21,72°S/40,53°W	RJ	Campos	4,8
1996	22,71°S/40,50°W	RJ	Margem Continental	4,0

Extra Fonte: Extraído do IAG - USP

A análise de estabilidade envolvendo terremotos é rotineiramente considerada em zonas sísmicas e tem sido recomendada mesmo em zonas historicamente assísmicas. No caso da região do empreendimento, levando-se em conta que as poucas informações disponíveis nos mostram tremores, em geral, de baixa magnitude, mas que indicam a possibilidade de ocorrência de abalos sísmicos recomenda-se a avaliação das condições de estabilidade da barragem considerando-se a possibilidade de sismos, adotando-se cargas sísmicas correspondentes às acelerações de 0,05 g na direção horizontal e 0,03 g na direção vertical (critérios da Eletrobrás).

## - Sismicidade Induzida

Além das forças naturais, ações humanas como a construção de grandes barragens também pode contribuir para desestabilizar tectonicamente uma determinada porção da crosta terrestre gerando, geralmente, tremores de terra de pequenas magnitudes.

A construção da barragem provoca um aumento da carga localizada em uma determinada área da crosta, equivalente à massa representada pela água armazenada no reservatório. Esse peso, caso comparado às pressões litostáticas naturais não teria, aparentemente, condições de desestabilizar geologicamente o substrato desencadeando os abalos. Entretanto, há um fator que não pode deixar de ser considerado que, mesmo sendo insuficiente para fraturar as rochas da base, a coluna de água exerce uma pressão hidrostática fazendo com que os líquidos sejam pressionados através dos poros das rochas e descontinuidades (falhas, fraturas). Esse fenômeno pode levar anos para que haja uma infiltração significativa (saturação) que vai depender da permeabilidade das rochas do fundo dos reservatórios. Regiões de fraqueza, com muitas descontinuidades podem, entretanto, acelerar esse fenômeno, ocasionando a lubrificação das paredes de blocos rochosos falhados, reduzindo o coeficiente de atrito, fazendo com que os blocos se desloquem um em relação ao outro, produzindo o abalo.

O que se pensava anteriormente de que lagos artificiais só geravam sismos de pequena magnitude, foi desmentido pelo ocorrido em 1.967 na região do reservatório de Koina (com 103 metros de altura) na Índia, em uma região muito antiga e estável geologicamente, que registrou um abalo de 6,4 na escala Richter. O tremor danificou estruturalmente a barragem, vitimou cerca de duas centenas (200) de pessoas e deixou milhares de feridos na região. Nessa mesma década, mais outros três casos de sismos com magnitudes acima de 6,0 foram registrados associados às barragens com altura superior a 100 metros.

No Brasil os registros disponíveis sobre sismicidade induzida, confirmam a ligação entre esses fenômenos e o enchimento de barragens, sendo os abalos produzidos de magnitudes de até 5,1 na escala Richter e intensidades entre VI e VII na escala de Mercalli Modificada. Na Tabela 5.68 abaixo são identificados os principais sismos registrados devido à formação de reservatórios.

**Tabela 5.68 - Sismos Induzidos por Reservatórios no Brasil**

Ano	Estado	Localidade	Magnitude Richter	Intensidade MM
1970	MG	Carmo do Cajuru	3-4	III
1971	PR	Reservatório de Capivari	-	-
1972	MG	Carmo do Cajuru	4,7	-
1974	-	Porto Colômbia Volta Grande	5,1	VI-VII
1976	PR	Primeiro de Maio	-	-
1976	PR	Salto Santiago	-	-
1993	MG	Carmo do Cajuru	2,5	-
1995	MG	Nova Ponte	3,5	IV-V

Fonte: Haberlehner (1978) e Assumpção *et al.* (1997)

Dos dados acima expostos e conforme apresentado pela bibliografia referente a esse assunto, os sismos induzidos por barramentos estão sempre diretamente relacionados à altura dos barramentos e a litologia envolvida, seja na região do eixo do barramento, seja do futuro reservatório.

No presente caso, tanto a altura da barragem com coluna máxima de água da ordem de 30,00m, como a litologia envolvida, seja na região do barramento, seja no futuro lago – rochas granito-gnáissicas – não indicam problemas com relação a sismos induzidos. Estes, caso ocorram serão, provavelmente de pequena amplitude, não devendo impedir a implantação do futuro empreendimento.

#### **5.3.1.4 Aspectos Geomorfológicos**

A região onde se encontra inserido o sítio da UHE Itacara I apresenta variações morfológicas vinculadas à heterogeneidade litológico-estrutural e aos reflexos dos agentes erosivos.

A principal feição é o alinhamento de direção NE-SW, no qual as drenagens estão encaixadas. O alinhamento mais expressivo é o lineamento de Além Paraíba entre Sapucaia e Itacara, além de várias falhas inversas entre as cidades de Juiz de Fora, Mirai e Araponga.

O rio Paraíba do Sul atravessa diferentes unidades geomorfológicas pertencentes a dois grandes domínios morfoestruturais: a Faixa de Dobramentos Remobilizados e o Domínio dos Depósitos Sedimentares. A região do vale do Paraíba do Sul encontra-se entre as regiões do Planalto da Serra da Mantiqueira Meridional e Setentrional e das Escarpas e Reversos da Serra do Mar.

Nesta região instalou-se a drenagem atual do rio Paraíba do Sul que apresenta um leito meandrante em seu curso médio superior e retilíneo em seu curso médio inferior, onde corta área estrutural entre alinhamentos serranos. São identificadas nessa região três subunidades geomorfológicas: a Depressão do Médio Paraíba do Sul, os Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul e a Depressão Escalonada do Rio Pomba e Muriaé.

- **Depressão do Médio Paraíba do Sul**

A Depressão do Médio Paraíba do Sul ocorre sobre estrutura de *graben*, enquanto nos Alinhamentos de Cristas predomina uma estrutura de falhas e dobras e um relevo do tipo apalachiano. A região em estudo situa-se na unidade geomorfológica dos alinhamentos estruturais do Paraíba do Sul.

Esta unidade é caracterizada por feições que refletem um alto controle estrutural formado por falhas e fraturas alinhadas em geral no sentido NE – SW. A morfologia está representada por estruturas convexo-côncavas na forma de colinas, sulcos estruturais, cristas e escarpas erosivas, sempre em alinhamentos claros e muito marcantes. Litologicamente, esta unidade encontra-se inserida no Complexo Paraíba do Sul.

### **5.3.2 Aspectos Morfológicos e Geológico-Geotécnicos Locais**

#### **5.3.2.1 Aspectos Morfológicos**

O local do aproveitamento caracteriza-se por uma curva acentuada do rio Paraíba do Sul, orientada para Nordeste.

O rio Paraíba do Sul, no sítio do empreendimento, apresenta vale aberto de fundo achatado e ombreiras com elevação da ordem de 140,00m na margem esquerda e de 160,00m na margem direita. A declividade da ombreira esquerda é menor se comparada com a direita, onde ocorre uma planície de inundação no pé da encosta.

No leito do rio, ocorre um conjunto de ilhas cuja elevação máxima é da ordem de 75,00m. A maior ilha, denominada de Ilha Serena tem dimensões aproximadas de 0,5km de largura por 2,5km de comprimento.

As estruturas de concreto Vertedouro, Tomada D'água e Casa de Força serão implantadas na região do “braço” esquerdo do rio Paraíba do Sul.

#### **5.3.2.2 Aspectos Geológico-Geotécnicos**

O local selecionado para a UHE Itaocara I está inserido em rochas arqueanas reportadas a Unidade Itaperuna Paragranulitos, caracterizadas como gnaisses, granulitos e migmatitos. Cabe ressaltar que os gnaisses encontrados no local do barramento apresentam inúmeros xenólitos de gnaiss xistosos e a rocha envolvente se aproxima muito de um granito.

No desenho G26-DEB-0003 estão locadas todas as sondagens executadas para a avaliação da fundação do sítio previsto para a UHE Itaocara I.

As seções geológico-geotécnicas pelas Estruturas da UHE estão apresentadas nos desenhos G26-DEB-0004 a 0009. O desenho G26-DEB-0010 apresenta a seção geológico-geotécnica pelo eixo do Dique de Fechamento, a ser executado em uma sela/depressão topográfica da margem esquerda do reservatório, com a finalidade de evitar um ponto de fuga do futuro lago.

A seguir são apresentadas as principais características geológico-geotécnicas dos materiais encontrados no sítio selecionado para a implantação da UHE Itaocara I.

- **Maciço Rochoso**

O maciço rochoso no local das futuras obras está representado por rochas Pré-Cambrianas gnáissicas da Suíteltaperuna Paragranulitos conforme já descrito na Geologia Regional.

No local do barramento ocorrem rochas gnáissicas e granito-gnáissicas. Merece destaque ainda o fato de que dentro da massa rochosa são identificáveis corpos de xenólitos, por vezes de dimensões consideráveis, da ordem do metro ou maiores.

O maciço aparece exposto em pedrais da calha do rio e em escarpas no alto de algumas encostas, o que permite a visualização de grandes áreas expostas que, associadas à verificação dos testemunhos de sondagem, contribuiu sobremaneira na caracterização do maciço. Trata-se de um granito-gnáissico granatífero, coloração clara e geralmente com foliação pouco proeminente e com zoneamentos por vezes grosseiros, podendo ocorrer no seu interior xenólitos de rocha gnáissica, de formas e dimensões variáveis, distribuídos de forma aleatória e caótica.

O maciço pode ser considerado como de boa qualidade geomecânica, apresentando-se normalmente pouco a medianamente fraturado, em geral até profundidades da ordem dos 15-20 metros, quando a partir daí passa a predominar com grau de fraturamento F1.

Os sistemas de fraturas predominantes que compartimentam o maciço rochoso são:

- N38°-60° E / Sub vertical (paralela à lineação gnáissica regional);
- N40°- 50°W / Vertical (perpendicular à lineação gnáissica regional). Esse sistema, especificamente para o local do eixo, apresenta especial importância, pois condicionou o direcionamento do leito do rio;
- N66°E / alinhamento de grande parte do traçado do rio Paraíba do Sul – falha (não diretamente ligada ao local do barramento);
- N80°W a EW / Vertical (transversal à lineação gnáissica regional).

No que se refere à permeabilidade, foram ensaiados três (03) furos localizados na margem esquerda (SR-20, SR-21 e SM-22), no trecho previsto para a implantação das estruturas de concreto. O maciço apresentou grau de condutividade hidráulica média a alta (H3-H4) até a profundidade de 15 metros apenas na sondagem SR-20. A partir dessa profundidade, o maciço torna-se estanque, com grau da condutividade hidráulica muito baixa (H1), assim como nos demais furos ensaiados nas diversas campanhas de investigações empreendidas em estudos anteriores. A Tabela 5.69 seguinte mostra o resumo dos ensaios de perda d'água, realizados nos furos de sondagens.

**Tabela 5.69- Resumo dos ensaios de perda d'água em rocha**

<b>Sondagem</b>	<b>Trecho ensaiado (m)</b>	<b>Litologia dominante</b>	<b>Condutividade hidráulica</b>
SM-01	5,0 – 8,0	Gnaisse migmatítico	H1
SM-02	14,0 – 17,0	Gnaisse migmatítico	H1
SM-03	14,12 – 17,12	Gnaisse migmatítico	H1
SR-06	2,0 – 5,0	Gnaisse migmatítico	H5
	5,0 – 11,0		H1
SR-07	1,0 – 4,0	Gnaisse migmatítico	H2
	4,0 – 7,05		H1
SR-10	4,5 – 10,0	Gnaisse migmatítico	H1
SR-11	6,0 - 10,50	Gnaisse migmatítico	H1
	10,50 – 13,55		H2
SR-15	4,9 – 10,9	Gnaisse migmatítico	H1
SR-20	3,0 - 6,0	Gnaisse migmatítico	H4
	6,0 - 9,0	Gnaisse migmatítico	H3
	9,0 – 12,0	Gnaisse migmatítico	H3
	12,0 – 15,0	Gnaisse migmatítico	H3
	15,0 - 27,0	Gnaisse migmatítico	H1
SR-21	0,5 - 28,5	Gnaisse migmatítico	H1
SM-22	4,5 - 25,5	Gnaisse migmatítico	H1

- **Saprolito / Solo Residual**

O saprolito e o solo residual aparecem recobrando o maciço nas margens direita e esquerda e na Ilha Serena, localizada no leito do rio. As maiores espessuras ocorrem na margem esquerda quando atingem cerca de 10 metros, seguidas da Ilha Serena com espessuras variando de 3 a 5 metros e da margem direita, com 1 m.

O horizonte de saprolito ocorre de modo descontínuo sobre o maciço rochoso, caracterizado como material de granulometria de areia fina a média, siltosa, pouco argilosa, quartzofeldspática e micácea, coloração castanha a cinza esbranquiçada. A resistência ao amostrador SPT é superior a 15 golpes. Esse horizonte é pouco permeável, com coeficientes de permeabilidade nos ensaios de infiltração ao redor de  $10^{-5}$  cm/s.

O solo residual é caracterizado como silte argiloso, pouco a medianamente arenoso de consistência rija a dura, a areia fina a média, siltoso, pouco argilosa, por vezes micácea, medianamente compacto a compacto, coloração marrom avermelhada a esbranquiçada. A resistência ao amostrador SPT é baixa e apresenta valor médio de 6 golpes. Sua permeabilidade de modo geral, conforme estudos anteriores, visto que os logs das sondagens foram elaborados a partir de reclassificação dos testemunhos das sondagens existentes, variam de  $10^{-2}$  cm/s a  $10^{-6}$  cm/s. Na margem esquerda, os coeficientes de permeabilidade são menores que  $10^{-6}$  cm/s, o que caracteriza um solo impermeável.

A Tabela 5.70 mostra o resumo dos ensaios de infiltração em solo, realizados nos furos de sondagens da campanha de 2.011. Os resultados dos ensaios de infiltração realizados em sondagens das campanhas de investigações anteriores não foram possíveis de resgate.

**Tabela 5.70- Resumo dos ensaios de infiltração em solo**

Sondagem	Trecho ensaiado (m)	Litologia dominante	Permeabilidade (k = cm/s)
SM-22	0,0 – 1,0	Aluvião – argila arenosa	$1,06 \times 10^{-5}$
	1,0 - 2,0	Solo residual – silte arenoso	$2,78 \times 10^{-6}$
	2,0 – 3,0	Solo residual – silte arenoso	$5,60 \times 10^{-6}$
	3,0 – 4,0	Saprolito – areia silto-argilosa	$1,43 \times 10^{-5}$
SM-26	0,0 – 1,0	Aluvião – areia siltosa	$3,10 \times 10^{-5}$

- **Solos de Cobertura**

- **Colúvio**

A camada de colúvio ocorre nas ombreiras e na Ilha Serena com espessuras variando de 1 a 3 metros. Caracteriza-se como argila siltosa, pouco arenosa a arenosa, com pedregulhos milimétricos de quartzo e fragmentos de rocha decomposta. Apresenta consistência mole à dura e coloração vermelha a marrom avermelhada.

- **Aluvião**

Os depósitos aluvionares estão presentes nas margens direita e esquerda e na Ilha Serena e, provavelmente, nos trechos mais rebaixados e profundos da calha viva do rio Paraíba do Sul. Caracterizam-se por areia fina a média, siltosa, medianamente argilosa, com grânulos de quartzo, fofa a pouco compacta e de coloração amarelada.

Nas áreas das baixadas ribeirinhas e ilhas, ocorrem depósitos de sedimentos aluvionares compostos essencialmente por areia pura, lavada quando situada na calha do rio.

Esses depósitos aluvionares não são muito expressivos nas margens, porém assumem proporções maiores na região do leito do rio, onde operam extrações comerciais. As sondagens SR-12 e SR-13, executadas na Ilha Serena e a jusante do eixo do Barramento, perfuraram respectivamente, 6,0m e 8,0m de solos aluvionares.

### **5.3.3 Condicionantes Geológico-Geotécnicas para Escavações e Fundações**

#### **5.3.3.1 Considerações Gerais**

Neste item enfoca-se a caracterização dos materiais *in situ* visando, principalmente, a avaliação do comportamento desses materiais em função das exigências a serem impostas por cada estrutura a ser implantada. As estruturas hidráulicas de geração estão localizadas na região do “braço” esquerdo do rio Paraíba do Sul.

As fundações foram analisadas segundo os critérios recomendados pela ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia) para a determinação dos parâmetros geológico-geotécnicos. Os testemunhos de sondagens foram descritos e classificados de acordo com esses critérios.

#### **5.3.3.2 Ensecadeiras**

As ensecadeiras de Primeira Fase estão localizadas a partir da Ilha Serena para a margem esquerda e serão assentadas sobre maciço rochoso ou sobre camadas de colúvio/solo residual e, localmente sobre aluvião.

As ensecadeiras de Segunda Fase estão localizadas a partir da Ilha Serena para a margem direita e serão assentadas diretamente sobre o maciço rochoso, ou sobre uma pequena espessura de solo coluvionar e, localmente, sobre solos aluvionares.



O condicionante básico à implantação das ensecadeiras de primeira e segunda fases é a presença dos solos aluvionares recentes que, em grande parte, deverão exigir a sua remoção da fundação. Onde esses solos aluvionares se tornam muito espessos, no entanto, deverá ser analisada na etapa do Projeto Executivo a possibilidade de dragagem destes materiais para a devida vedação das ensecadeiras já na implantação de primeira fase.

Nas proximidades do eixo do barramento, esse material aluvionar distribui-se em faixas paralelas ao rio, entre as cotas 62 e 68 m aproximadamente, tendo como seus limites de um lado o rio, onde podem ocorrer na forma de bancos ou “manchas” preenchendo cavidades e as depressões que constituem o topo da rocha sã no leito, submersos e, de outro, solos residuais e solos saprolíticos, esses já aparecendo nas margens.

Normalmente, o pacote destes materiais está depositado diretamente sobre o maciço rochoso sã, nas ilhas, junto à calha do rio e nas margens ainda próximo à calha do rio. Nas margens, localmente, podem ocorrer depositados sobre uma camada pouco espessa de granito-gnaiss mais alterado. As espessuras dos solos aluvionares variam ao redor dos 3 a 8 m, podendo não estar presentes em alguns trechos do rio. Os ensaios de SPT indicaram valores baixos, da ordem de 2 a 7 golpes, sendo que a permeabilidade se mostrou variável nos ensaios de infiltração, com valores entre  $1 \times 10^{-2}$  cm/s a  $1 \times 10^{-7}$  cm/s, com predominância de valores ao redor de  $1 \times 10^{-5}$  cm/s, conforme dados obtidos de estudos anteriores.

Esse tipo de depósito, fora da calha do rio, pode ser “subdividido” em dois ou mais níveis distintos, variando as porcentagens presentes, ora da argila ora do silte. Em cotas baixas e no leito do rio, formando praias nas épocas secas, as aluviões são constituídas preferencialmente por areias puras a quase puras, ocorrendo, próximo ao local do barramento UHE Itaocara I, algumas jazidas atualmente em exploração.

### 5.3.3.3 Barragem de Terra

- **Ombreira Direita**

A barragem de terra e barragem de enrocamento – margem direita se estende desde a ombreira direita até o braço esquerdo do rio Paraíba do Sul passando pela Ilha Serena.

A ombreira direita é caracterizada por um capeamento de material terroso pouco espesso sobreposto ao maciço rochoso sã e consistente (D1 e C1), pouco fraturado (F2), com trecho superficial bastante fraturado (F3-F5).

Tendo em vista que neste local e na área da barragem o topo da rocha ocorre à pequena profundidade, cerca de 1 a 2 metros, a barragem deverá ser fundada sobre a rocha sã a pouco alterada.

No que se referem aos tratamentos superficiais, estes serão os convencionais, quando deverá ser feita a remoção de materiais impróprios, taludes negativos, e a aplicação de concreto de regularização, podendo ser necessárias injeções rasas para a consolidação do maciço rochoso em áreas muito fraturadas.

No que se referem aos tratamentos profundos de fundação, o maior grau de fraturamento nos horizontes mais superficiais do maciço rochoso e com maiores coeficientes de permeabilidade, conduziram à necessidade de prever uma cortina de injeções de impermeabilização.

A implantação da barragem de terra na região do leito do rio ocorrerá em duas situações distintas, a saber, fundação direta sobre maciço rochoso e fundações sobre os solos saprolíticos localizados, principalmente nas ilhas presentes e sobre um canal com blocos de rochas e matacões, após a remoção total de solos aluvionares, coluvionares e solos residuais (Ilha Serena).

Predomina a fundação direta sobre o topo rochoso, pois em grande parte do leito do rio a rocha deverá estar aflorante devendo, após limpeza e regularização, receber os materiais do futuro aterro. Nesse trecho de fundação, o tratamento dependerá dos condicionantes geológico-geotécnicos e contará com uma cortina de injeções de impermeabilização sob o eixo do barramento.

A fundação sobre os saprolitos deverá ocorrer no trecho da Ilha Serena, onde os solos coluvionares e aluviões poderão atingir espessuras, da ordem dos 2 a 4m, o que implicará na remoção total dos solos coluvionares e aluvionares (que registraram SPT da ordem dos 3-8 golpes, inferiores aos 10 golpes mínimos necessários), ficando o aterro compactado da barragem assentado sobre saprolito. Além da remoção dos solos transportados, também será executado um *cut-off* (trincheira de vedação), assentado na superfície rochosa, com altura da ordem de 4m, com seu eixo coincidente com o eixo do barramento, de modo a minimizar e aumentar o caminho de percolações quando da formação do reservatório. Ao longo do *cut-off* foi prevista a execução de uma cortina de injeções de impermeabilizações.

O braço esquerdo do rio abriga um canal, com fundo a cerca de 7,00 m abaixo da elevação média das margens do rio, que poderá conter blocos de rocha e matacões de diversas dimensões, que conduzirá à necessidade de cuidados especiais de forma a garantir uma vedação eficiente. Os blocos de rocha e matacões deverão ser removidos e o canal profundo deverá ser conformado de forma que sua geometria final não induza tensões diferenciais.

- **Ombreira Esquerda**

A ombreira esquerda é constituída por horizontes de colúvio e solo residual, com espessura em torno de 5-7m, sobreposto ao horizonte de saprolito. Neste local, a barragem de terra deverá ser fundada sobre saprolito, uma vez que os valores de resistência ao SPT dos solos superiores apresentam valores baixos. A camada de saprolito encontra-se compacto, com valores de resistência ao SPT superiores a 12-15 golpes.

A permeabilidade, de maneira geral, é baixa, situando-se ao redor dos  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  cm/s. Localmente, foram encontrados valores de permeabilidade altos, cerca de  $10^{-2}$  cm/s. As altas permeabilidades poderão estar associadas à presença de um sistema de fraturamento com juntas abertas que deverá ser melhor avaliado durante os estudos do projeto executivo.

Ao longo do eixo da barragem foi previsto a execução de um *cut-off* (trincheira de vedação) assentado em rocha, com altura da ordem de 4 a 5m, associado com uma linha de injeções de calda de cimento (Cortina de Impermeabilização), de modo a preencher possíveis fraturas e juntas abertas e minimizar as infiltrações pela fundação da Barragem de Terra.

#### 5.3.3.4 Dique de Terra

Na ombreira esquerda, 750 metros em linha reta, a montante do eixo, na direção nordeste, está prevista a execução de um Dique em solo compactado para o fechamento do ponto de fuga do reservatório.

No local de implantação deste dique, ocorre uma camada de solo residual de espessura da ordem de 4,0 a 5,0 m, conforme constatado em três sondagens a trado executadas. Esse horizonte de alteração, já bem estudado na área do eixo, possui características bem homogêneas quanto à granulometria, à permeabilidade e à compacidade e apresenta boas condições à fundação do futuro aterro.

Sobre a camada de solo residual são observados camadas de colúvio nas ombreiras com espessura de cerca de 1-2 metros e camada de aluvião na porção central do dique, com uma espessura de cerca de 1,5 m.

#### 5.3.3.5 Estruturas de Concreto

As estruturas de concreto estão localizadas no braço esquerdo do leito do rio Paraíba do Sul onde se observa um maciço rochoso tipo Granitóide, de boa qualidade, são e consistente (A1 e C1) e pouco fraturado (F1/F2). Os trechos mais fraturados estão ligados a sistemas estruturais sub verticalizados que aparecem em faixas normalmente estreitas e alongadas, onde a rocha pode atingir parâmetros de fraturamento F3.

No que se refere à permeabilidade, os ensaios de perda d'água indicaram valores de permeabilidade entre os graus H1-H2 e localmente valores de grau H5. Os níveis de alta permeabilidade estão restritos a fraturas facilmente identificáveis nos perfis de sondagens. Destaca-se a ocorrência de juntas de alívio sub-horizontais típicas que influenciaram os ensaios de perda d'água até a profundidade em torno de 15-20 m.

A massa rochosa granito-gnáissica apresenta uma leve estruturação gnáissica no seu interior ocorrendo, no entanto, zonas com forte estruturação, correspondentes aos xenólitos. Ocorrem biotita-hornblenda gnáisses, cuja "foliação" é bem desenvolvida e orientada de modo caótico, não obedecendo ao padrão regional.

No que se refere aos tratamentos superficiais, deverá ser feita a remoção de materiais impróprios, taludes negativos, aplicação de concreto de regularização, além de eventuais injeções de consolidação do maciço rochoso e ancoragens com chumbadores. No que se refere a tratamentos profundos, está prevista aqui a continuidade da cortina de injeções de impermeabilização iniciada desde a barragem de terra.

### 5.3.4 Materiais Naturais de Construção

#### 5.3.4.1 Materiais Terrosos

As investigações geológico-geotécnicas identificaram sete(07) áreas de empréstimo próximas ao eixo de barramento, sendo quatro(04) na margem esquerda e três(03) na margem direita( desenho G26-DEB-0011). De acordo com a Tabela 5.71, as áreas da margem esquerda apresentam-se com espessura média da ordem de 6 metros, totalizando um volume estimado de 4.350.000 m<sup>3</sup> de material terroso.

As áreas de empréstimo da margem direita são menos promissoras e a espessura média está por volta de 5 metros, totalizando aproximadamente 2.320.000 m<sup>3</sup>.

Os solos coluvionares (cor marrom-amarelado) e os residuais de granitóide disponíveis nas áreas citadas (cor avermelhada) possuem, geralmente, características plásticas, pois são constituídos predominantemente de argila, com presença de silte, de areia fina a grossa e pequena porcentagem de pedregulho.

**Tabela 5.71 - Disponibilidade de Material Argiloso**

Área de Empréstimo		Área (m <sup>2</sup> )	Espessura útil (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Margem Esquerda ME	AE – A	70.000	6,00	420.000
	AE – B	255.000	6,00	1.530.000
	AE – C	310.000	6,00	1.860.000
	AE – H	90.000	6,00	540.000
	Total ME =			4.350.000
Margem Direita MD	AE – E	70.000	5,00	350.000
	AE – F	195.000	5,00	970.000
	AE - G	200.000	5,00	1.000.000
	Total MD =			2.320.000

Todas as áreas investigadas constituem a parte superior de morros denominados “meia laranja”, onde a topografia é relativamente suave e o perfil dos solos de intemperismo é mais espesso, com solos residuais maduros bem desenvolvidos. Recobrimdo esses horizontes de alteração ocorrem ainda, com maior ou menor espessura, os solos coluvionares, também adequados para utilização nos aterros compactados da barragem de terra, dique e ensecadeiras.

O Volume IV - Estudos Geológicos-Geotécnicos apresenta os relatórios finais dos laboratórios com os resultados dos ensaios realizados anteriormente.

#### 5.3.4.2 Jazidas de Areias Naturais

Depósitos aluvionares arenosos foram identificados no leito, nas ilhas e nas margens do rio Paraíba do Sul.

A jusante do eixo do barramento, bancos de aluviões arenosos ocorrem na forma de acumulações esparsas desde o fim da Ilha Serena até a localidade de Itaocara. Os mais próximos do eixo, localizados no Areal Serra da Bolívia estão apresentados no desenho G26-DEB-0011 como Jazida 2 e totalizam cerca de 115.000 m<sup>3</sup>.

Da mesma forma, cerca de 800 metros a montante do eixo, ocorre numa faixa longitudinal ao rio, uma fonte identificada como Jazida 1, com cerca de 60.000 m<sup>3</sup> de areia quartzosa pouco micácea, bem graduada.

### 5.3.4.3 Material Pétreo/Rochoso

A rocha proveniente das escavações obrigatórias é constituída de granito-gnaiss, também denominada de granitóide nos estudos anteriores, apresenta-se ou pouco alterada, material adequado à utilização como agregado de concreto e materiais de transição na Barragem de Terra.

Também foram indicadas mais quatro áreas com potencial para a abertura de pedreiras, sendo uma na margem direita (AP-04) e mais outras três situadas na margem esquerda (AP-01, 02 e AP-03). Todas estas áreas situam-se a montante do eixo do barramento, com distância média de transporte (DMT) da ordem de 1 km. No desenho G26-DEB-0011 estão mostrados os locais identificados como potenciais fontes de rocha para o empreendimento.

Durante os estudos anteriores foram retiradas amostras da AP-04 e realizados ensaios para a caracterização do material. Os diversos ensaios e os resultados estão apresentados no Anexo correspondente que é parte integrante do Relatório do Projeto Básico.

## 5.4 Estudos Tecnológicos de Concreto

Visando verificar a possibilidade de utilização de materiais que formarão a composição do concreto para a execução do aproveitamento da UHE Itaocara I, foram estudadas diversas jazidas de areia natural e materiais pétreos adjacentes à Obra e provenientes das escavações obrigatórias das estruturas.

Foram investigados 03 (três) areais denominados A-1, A-2 e A-3 visando atender às necessidades de construção da Obra. Amostras locais foram extraídas e ensaiadas em Laboratório, de forma a verificar as características de índice de vazios, distribuição granulométrica, teor de matéria orgânica, reatividade potencial agregado/cimento e coeficientes de permeabilidade exigidas pelas especificações técnicas.

Devido à necessidade da Obra foram identificadas 04 (quatro) pedreiras com rocha de boa qualidade, sendo 03 (três) na margem esquerda e 01 (uma) na margem direita. Os ensaios de caracterização foram realizados com material rochoso de pedra e seus resultados estão apresentados no anexo Volume IV – Estudos Geológico-Geotécnicos.

Ressalta-se que no ensaio acelerado de reatividade do material rochoso de pedreira, empregando-se o cimento padrão ABCP que contém um elevado teor de álcalis, mostrou este material ser inócuo, não exigindo portanto, o emprego de cimento com adições inibidoras desta reação, tais como escória, pozolana ou sílica ativa. É preciso ressaltar entretanto que este ensaio se refere a uma determinada amostra de rocha, devendo no futuro em ocasião adequada e antes do início das concretagens, serem realizados outros ensaios de reatividade, empregando-se o cimento que será usado na Obra e amostras representativas do material rochoso dos diversos litotipos existentes no local das pedreiras exploradas e escavações obrigatórias que será empregado na produção de agregados para concreto.

Deve ser enfatizado que atualmente nenhuma obra de grande porte como barragens, viadutos rodoviários e outras estruturas importantes que exigem segurança e durabilidade, dispensa-se o uso de cimento pozolânico na sua execução pois espalha-se pelo mundo uma quantidade imensa de estruturas, após longo tempo de existência, que estão condenadas pelo processo de reação álcalis-agregados devido à ausência de pozolana na composição do cimento Portland.

Prevê-se que haverá necessidade de processamento de material rochoso para produção de areia artificial, uma vez que as jazidas de areia natural disponíveis não apresentam volumes suficientes para atender as aplicações em concreto e filtros e tapetes drenantes das Barragens de Terra.

## 5.5 Estudos Energéticos

Neste item são apresentados em detalhe os dados, critérios e resultados dos estudos energético-econômicos conduzidos, visando dimensionar a motorização da casa de força e as quedas de referência do AHE Itaocara I.

### 5.5.1 Critérios Empregados

#### 5.5.1.1 Níveis de Água do Reservatório

O nível d'água máximo do reservatório definido para o AHE Itaocara I é de 89,6m.

#### 5.5.1.2 Série de Vazões

Seguindo recomendações da Aneel, recebidas através do Ofício 535/2014-SGH/ANEEL, de 28 de março de 2014 (ANEXO 1), foram utilizadas as séries de vazões médias mensais da bacia do rio Paraíba do Sul, constantes da Resolução ANA nº 1404, de 26 de novembro de 2013 (ANEXO 2), que contém a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos da bacia.

Na DRDH constam os valores das retiradas e bombeamentos de água existentes nos rios da bacia e que devem ser considerados nas simulações da usinas da bacia.

Obedecendo as orientações da Aneel, foram produzidas as séries de vazões médias mensais artificiais para as usinas de Simplicio, Ilha dos Pombos e Itaocara. Estas séries estão apresentadas nas **Tabela 5.72** a **Tabela 5.74**.

**Tabela 5.72– Série de vazões artificiais médias mensais da UHE Simplício**

UHE SIMPLICIO - Vazões artificiais médias mensais (m <sup>3</sup> /s)												
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	704,1	1645,0	1200,7	698,8	385,4	268,0	244,0	220,7	216,8	280,9	270,8	545,3
1932	1006,5	869,5	738,7	368,0	331,7	301,3	193,4	195,8	211,8	268,4	307,9	774,3
1933	907,9	481,9	422,7	289,1	269,0	237,2	232,2	200,4	218,5	277,5	305,8	457,0
1934	972,0	375,3	442,7	283,7	230,8	196,8	191,0	171,9	171,3	185,4	193,7	431,0
1935	536,8	1355,0	653,8	436,0	277,5	245,9	229,6	203,8	197,1	278,0	256,8	256,9
1936	229,7	321,9	1017,2	540,6	249,9	187,3	176,4	165,5	181,9	202,5	226,4	448,1
1937	918,6	949,9	434,5	374,8	346,9	240,0	208,3	185,0	179,6	260,3	346,6	1062,6
1938	922,5	774,6	693,5	478,5	332,1	288,4	245,4	266,2	234,9	290,6	388,9	634,6
1939	779,2	692,9	444,2	515,7	270,4	224,6	203,8	185,1	180,7	186,6	254,8	334,9
1940	663,8	934,0	800,5	364,5	258,9	227,5	204,1	182,7	186,1	226,4	386,1	502,9
1941	546,4	366,6	463,7	381,8	269,0	241,2	234,8	197,1	265,1	266,5	319,4	549,5
1942	538,2	512,0	713,8	405,0	319,5	268,1	265,7	209,9	199,6	252,1	328,4	540,9
1943	1235,8	899,9	728,1	443,4	317,0	297,9	241,4	238,9	229,4	316,2	319,9	530,4
1944	547,5	848,6	1152,5	507,1	330,0	269,2	242,0	216,0	200,9	208,1	232,0	330,3
1945	502,5	920,4	569,1	459,3	261,8	251,5	241,7	213,9	210,4	194,8	268,9	489,7
1946	1237,2	580,9	695,3	472,5	266,0	241,2	225,9	200,8	183,1	226,0	287,8	305,9
1947	907,2	1093,3	1902,0	779,0	454,8	269,1	322,8	280,7	285,1	299,5	407,0	783,0
1948	764,1	930,3	1092,6	655,3	410,8	292,0	241,9	223,1	206,9	213,5	254,8	468,8
1949	723,7	960,4	559,1	369,5	256,7	259,2	236,7	218,4	186,7	210,2	241,5	353,3
1950	796,4	1099,4	749,0	633,0	401,1	268,5	242,8	218,1	207,9	235,4	357,9	614,6
1951	713,3	859,3	997,3	677,2	339,3	280,8	264,7	251,1	218,8	212,9	200,6	322,0
1952	655,3	872,3	1142,0	555,4	303,2	301,5	262,4	235,9	233,7	253,3	373,0	406,9
1953	303,3	362,3	339,6	384,9	284,8	244,3	219,7	200,1	205,0	192,6	294,7	375,4
1954	266,0	361,6	273,3	287,5	233,9	218,8	186,9	171,2	161,4	176,1	207,5	244,2
1955	453,4	278,3	258,6	268,7	216,1	203,4	173,7	159,2	150,9	172,8	232,4	390,3
1956	366,1	252,7	357,1	268,6	239,8	225,6	210,2	207,9	189,5	186,0	221,0	402,4
1957	387,8	525,2	780,7	691,0	321,9	269,5	239,0	210,3	220,7	209,1	262,8	409,8
1958	278,1	543,3	455,5	354,0	338,9	294,4	235,3	199,1	220,3	243,1	297,3	427,3
1959	811,8	393,4	614,3	499,9	262,3	226,2	202,2	208,1	180,4	194,1	343,9	314,4
1960	414,4	653,6	1092,1	463,5	324,4	284,6	253,7	232,9	214,2	211,4	246,2	403,0
1961	1222,6	1273,1	1287,1	659,5	446,3	333,7	286,0	251,6	219,3	204,9	243,3	311,9
1962	519,3	1235,6	725,7	398,4	293,3	266,7	231,2	222,0	221,8	228,9	402,4	571,0
1963	639,7	692,7	449,9	274,9	236,8	220,6	205,4	192,7	173,0	171,8	230,6	194,4
1964	375,5	759,1	413,1	304,4	265,6	225,9	231,7	197,7	185,5	244,4	275,0	370,6
1965	717,9	1136,4	831,6	431,6	448,6	332,1	298,9	268,9	235,0	313,0	376,4	465,5
1966	1412,4	526,2	804,0	480,0	350,6	290,0	259,2	232,7	224,3	255,9	609,8	726,6
1967	1366,3	1429,9	1328,8	739,6	452,0	364,0	302,9	262,1	244,8	245,2	392,7	585,8
1968	682,2	453,2	541,5	340,1	256,0	230,8	218,1	219,1	221,5	222,9	200,8	345,9
1969	496,9	417,5	461,4	333,5	248,5	241,7	219,8	215,2	201,2	236,7	335,6	525,8
1970	495,0	460,8	536,2	289,8	245,9	211,8	220,5	200,1	248,7	256,2	282,5	293,6
1971	309,9	188,3	323,0	230,1	205,1	201,5	186,4	166,7	205,8	224,8	325,1	617,5
1972	527,7	703,9	792,4	415,6	295,3	252,3	248,6	231,9	268,9	294,5	376,9	452,1
1973	730,8	820,2	483,6	520,3	340,4	282,4	258,3	239,6	219,3	270,4	419,9	518,5
1974	688,6	490,6	664,4	518,4	315,1	276,7	257,4	224,4	202,0	235,8	234,4	350,4
1975	738,4	648,5	464,8	319,4	263,3	231,4	223,4	190,9	184,7	242,8	335,1	506,7
1976	490,2	521,9	530,8	420,8	288,8	321,7	325,0	231,1	294,5	353,9	427,2	611,4
1977	706,5	535,4	335,7	415,0	243,0	213,3	188,2	169,7	194,3	184,7	280,1	570,0
1978	806,3	473,5	506,4	286,0	255,6	239,9	214,2	194,8	180,9	187,0	272,2	324,5
1979	378,5	926,7	554,8	346,0	297,7	254,9	231,5	223,2	239,3	189,7	359,9	473,8
1980	748,8	588,3	383,2	490,6	268,9	240,0	233,5	210,9	205,7	224,5	280,2	521,1
1981	837,2	495,7	463,2	319,3	264,7	232,8	215,4	201,3	180,3	227,9	367,6	660,5
1982	777,2	492,4	1005,4	687,8	351,6	282,7	251,7	231,8	203,1	243,7	260,2	721,4
1983	1121,7	851,9	868,2	771,9	513,0	994,4	500,6	321,1	721,9	635,2	677,5	905,1
1984	765,2	441,1	393,9	435,8	412,0	263,0	236,6	223,5	219,4	210,7	228,9	313,7
1985	897,3	1073,9	1175,2	684,0	417,5	315,9	269,0	237,3	235,1	239,8	287,2	364,0
1986	558,9	613,5	735,1	389,1	289,9	244,3	234,3	228,1	205,2	182,0	191,7	560,5
1987	643,2	733,3	494,7	627,8	444,9	385,4	225,3	195,4	202,5	205,3	220,2	430,9
1988	623,7	1289,3	898,6	561,1	468,3	400,6	267,5	250,4	237,7	260,0	328,7	324,9
1989	778,9	912,3	877,5	571,2	326,0	303,4	263,8	255,4	248,3	254,0	269,0	374,5
1990	412,7	260,5	405,7	316,0	275,6	241,1	238,7	226,7	243,3	227,2	249,6	256,2
1991	625,1	745,1	684,5	853,9	422,6	288,1	270,6	241,6	233,8	270,6	257,0	316,0
1992	854,8	466,1	403,3	328,4	301,5	254,2	246,9	228,5	286,5	329,6	437,7	497,2
1993	390,5	590,3	652,6	562,1	307,8	292,4	248,9	229,4	221,5	260,1	243,7	280,5
1994	501,5	341,0	570,4	483,4	431,0	299,5	239,3	211,5	189,7	190,5	247,3	380,8
1995	324,6	1029,1	456,4	312,7	236,7	206,8	193,5	172,0	170,6	235,3	370,4	439,2
1996	926,5	853,4	1230,8	623,1	364,7	266,0	235,4	222,4	331,8	247,7	669,1	677,4
1997	1195,0	739,8	650,4	372,4	298,3	282,3	238,1	217,2	210,1	233,9	268,2	408,3
1998	453,3	663,8	452,9	298,5	243,5	235,7	203,1	197,5	181,0	247,0	301,8	325,0
1999	848,8	745,5	691,8	365,9	240,4	247,1	222,0	195,1	180,4	185,1	223,3	377,1
2000	839,2	581,8	461,6	403,3	235,7	208,5	207,3	196,6	233,7	197,5	217,7	386,2
2001	460,2	514,4	323,8	284,9	213,6	187,9	169,4	157,1	160,7	174,2	217,3	268,0
2002	603,2	795,8	421,0	258,2	226,8	192,0	179,2	166,7	177,5	149,9	258,8	426,2
2003	769,0	526,9	435,1	310,7	251,0	224,0	206,4	199,5	201,2	232,6	298,8	401,7
2004	533,1	652,0	668,5	610,3	362,0	322,3	293,1	251,5	212,3	246,1	284,3	555,8
2005	813,2	871,1	624,8	487,4	330,6	311,7	280,3	247,9	233,2	211,9	298,1	540,9
2006	443,3	796,9	489,4	327,9	281,1	250,2	226,3	225,7	221,1	284,7	364,4	619,1
2007	1257,5	682,5	383,6	333,9	297,7	264,6	224,6	230,9	195,4	213,0	306,8	353,2
2008	386,2	949,9	833,0	682,0	371,3	313,4	275,1	250,1	244,8	282,6	417,1	810,4
2009	988,9	1321,9	739,9	543,3	359,1	328,9	297,2	288,0	282,0	404,2	540,2	998,0
2010	1200,0	656,8	967,1	743,2	388,2	312,8	302,4	262,4	248,8	295,3	469,2	986,4
2011	1306,0	525,6	1122,9	713,0	379,0	325,9	294,2	267,0	237,6	282,3	332,0	647,0
Mínimas	229,7	188,3	258,6	230,1	205,1	187,3	169,4	157,1	150,9	149,9	191,7	194,4
Médias	707,2	718,6	676,3	461,5	313,9	273,3	240,3	217,8	220,6	241,7	313,5	482,1
Máximas	1412,4	1645,0	1902,0	853,9	513,0	994,4	500,6	321,1	721,9	635,2	677,5	1062,6

**Tabela 5.73– Série de vazões artificiais médias mensais da UHE Ilha dos Pombos**

UHE ILHA DOS POMBOS - Vazões artificiais médias mensais (m <sup>3</sup> /s)												
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	843,4	1931,7	1419,3	839,4	474,7	337,3	301,7	269,0	266,7	348,4	341,5	664,0
1932	1193,2	1033,2	883,6	454,5	412,3	375,7	245,0	243,6	257,8	329,1	378,3	927,8
1933	1083,4	585,1	516,9	354,2	327,6	285,2	240,2	204,3	220,2	334,3	370,4	668,8
1934	1054,6	444,8	511,8	333,7	258,5	218,2	192,1	176,0	175,1	190,0	203,2	558,0
1935	664,9	1500,6	803,8	515,0	320,0	284,3	247,2	221,4	211,3	307,0	269,6	266,4
1936	240,5	361,9	1106,1	632,2	293,1	211,5	183,7	179,4	208,5	210,1	245,3	528,6
1937	1047,7	1085,8	533,5	444,6	407,0	269,8	222,1	192,0	182,7	294,5	396,6	1162,2
1938	1046,1	891,4	804,4	561,4	377,3	311,2	268,8	284,2	244,7	304,8	417,1	661,1
1939	848,6	801,8	508,8	569,8	302,7	250,3	218,1	196,5	188,0	223,1	266,1	400,5
1940	859,9	1129,7	969,3	447,4	309,5	287,0	222,6	201,5	211,0	293,3	496,7	607,1
1941	661,2	443,6	553,0	460,6	332,5	287,9	276,6	203,0	323,6	336,4	378,5	718,2
1942	697,1	616,1	878,7	475,3	380,2	318,7	316,1	221,1	255,9	305,1	399,8	689,3
1943	1535,3	1160,3	905,2	538,7	405,5	347,6	285,9	265,2	260,3	391,8	402,0	657,8
1944	663,7	1083,0	1377,7	636,3	405,3	319,3	281,1	244,6	220,4	249,8	274,2	399,8
1945	637,0	1109,2	652,4	585,0	370,7	302,6	316,3	233,5	212,1	200,6	328,7	623,2
1946	1399,6	651,0	719,0	554,1	348,3	288,2	255,1	221,6	194,4	269,1	350,5	363,8
1947	1098,7	1304,4	2243,2	932,4	563,7	342,1	443,0	369,0	385,8	411,3	513,7	968,3
1948	915,6	1193,7	1385,9	814,5	479,4	363,6	286,0	280,3	244,9	320,2	383,9	734,4
1949	970,8	1322,9	803,7	530,3	381,4	344,9	276,0	244,0	224,8	290,4	338,0	497,3
1950	1110,4	1417,0	1053,2	831,1	536,9	375,5	300,7	253,1	234,7	295,6	506,3	822,1
1951	899,8	1125,8	1337,5	882,3	422,0	327,8	331,6	263,4	250,8	260,6	268,7	457,5
1952	888,5	1128,2	1498,9	765,1	368,7	466,9	348,3	324,2	344,9	360,5	460,1	604,5
1953	429,6	506,8	425,7	436,2	338,4	256,3	290,7	267,6	229,1	304,8	390,0	452,9
1954	318,0	426,4	332,4	343,1	273,0	251,2	208,5	190,2	176,6	192,2	231,2	273,2
1955	536,7	329,3	301,3	307,5	240,0	224,5	190,1	173,0	163,4	187,5	257,4	447,3
1956	432,9	287,1	441,6	314,8	270,9	259,7	232,5	238,0	209,5	206,8	248,0	468,2
1957	464,3	620,5	912,4	837,4	384,2	305,4	269,2	236,0	256,0	235,5	312,9	486,4
1958	320,7	649,7	536,1	428,2	408,4	351,1	271,0	224,7	251,4	276,5	352,5	513,3
1959	953,8	470,4	722,6	601,3	306,8	255,4	226,5	230,5	199,0	214,4	393,5	361,0
1960	480,0	746,5	1287,4	545,0	375,1	323,7	286,7	262,1	240,9	236,5	277,2	474,9
1961	1416,6	1482,8	1513,4	782,4	530,8	383,8	323,6	284,1	246,7	229,4	271,7	358,5
1962	592,4	1437,8	850,5	472,1	341,8	299,6	257,6	248,0	253,4	271,4	474,7	656,3
1963	749,1	797,7	534,2	318,5	262,1	242,1	224,5	209,5	187,0	184,4	258,8	211,8
1964	424,3	881,3	486,6	341,2	297,0	248,4	256,3	215,6	201,6	269,9	305,9	427,5
1965	846,0	1321,6	974,7	501,8	526,6	378,4	339,9	301,5	261,0	360,8	443,3	540,9
1966	1648,2	615,3	939,9	576,5	413,0	329,6	291,7	262,5	255,8	294,8	721,4	825,0
1967	1609,8	1717,6	1593,1	897,2	537,2	423,7	350,6	297,8	276,3	276,4	459,7	678,3
1968	796,8	522,8	622,1	396,9	291,3	259,3	245,3	247,7	249,9	249,1	223,2	401,5
1969	575,0	479,4	537,5	386,6	277,3	268,8	243,9	238,3	222,1	260,8	382,9	606,1
1970	552,9	530,9	623,5	336,2	276,4	237,2	248,1	223,3	283,4	289,8	325,4	336,2
1971	355,6	212,7	360,8	260,3	230,7	224,7	209,9	184,8	231,2	254,9	368,6	700,8
1972	611,4	801,5	929,6	484,1	335,0	285,8	280,2	262,3	303,9	342,6	440,2	526,2
1973	834,7	951,9	551,8	595,7	393,4	320,7	292,0	270,9	247,5	307,1	483,7	586,1
1974	789,8	570,7	745,5	609,8	359,0	313,5	292,2	252,8	228,9	266,1	264,4	397,2
1975	834,1	725,5	538,4	366,1	297,7	259,7	251,7	214,1	205,8	272,6	380,3	571,4
1976	562,2	597,7	605,1	481,4	328,0	368,0	369,6	272,2	335,8	406,9	489,3	697,3
1977	782,8	632,5	378,1	467,0	281,7	241,8	216,6	193,5	225,9	217,7	329,8	649,3
1978	927,3	562,3	597,1	339,2	290,1	271,2	242,8	220,2	205,3	211,7	307,9	373,7
1979	431,6	1056,9	640,5	396,7	339,2	288,5	261,4	251,4	270,9	214,4	409,2	533,1
1980	864,6	670,8	437,7	559,5	312,8	278,4	272,0	244,6	239,9	261,8	329,2	593,1
1981	940,6	572,5	525,7	374,8	308,9	273,5	252,8	235,3	210,8	264,4	425,5	755,0
1982	877,1	567,7	1129,6	803,5	408,9	327,4	294,6	272,5	241,0	284,7	306,2	814,7
1983	1374,3	1030,0	973,6	858,0	582,3	1165,1	560,9	353,4	823,6	763,6	842,2	1133,2
1984	918,3	498,9	439,3	474,5	455,4	294,7	260,1	248,2	240,3	227,1	249,0	346,9
1985	1077,6	1306,5	1372,6	724,3	456,8	344,1	307,5	272,1	260,3	254,1	294,3	411,3
1986	629,1	678,2	817,5	401,9	296,1	283,8	238,7	265,4	241,0	210,7	222,8	615,7
1987	697,9	806,2	523,8	711,3	481,2	403,3	237,4	202,7	235,3	210,1	237,5	515,1
1988	667,2	1488,2	993,1	580,1	500,1	433,6	282,3	292,0	278,0	270,0	349,8	377,0
1989	854,3	996,3	990,1	607,4	357,5	333,1	283,8	272,1	259,9	263,1	287,6	414,0
1990	459,9	272,0	439,6	355,4	291,0	279,0	276,6	261,4	280,9	265,1	288,4	296,3
1991	728,3	859,6	730,5	950,7	462,6	291,1	317,3	284,4	270,9	314,4	297,6	338,0
1992	963,8	522,9	435,3	337,5	307,5	294,7	285,1	263,9	329,1	345,5	480,0	553,3
1993	415,1	625,8	708,8	614,5	360,3	339,4	289,3	266,8	255,3	277,9	286,4	326,1
1994	587,3	351,9	648,5	535,3	459,9	303,3	246,2	230,3	196,6	193,2	263,2	424,9
1995	353,6	1122,6	496,6	332,5	247,3	215,1	208,3	186,5	179,2	264,3	408,2	502,7
1996	1024,7	887,5	1300,5	677,2	399,5	290,9	253,9	237,4	389,9	273,0	757,3	727,4
1997	1351,6	809,8	722,6	416,7	338,4	318,4	277,5	254,9	220,2	264,8	282,2	449,4
1998	463,9	710,3	497,5	329,9	258,8	250,8	218,0	213,5	188,0	273,5	347,1	368,6
1999	913,9	821,6	770,1	401,9	266,7	282,9	258,5	226,0	208,6	213,7	256,2	439,2
2000	953,1	662,0	531,4	464,3	274,1	242,0	240,2	228,0	270,5	230,1	246,2	438,0
2001	528,7	583,9	378,6	334,5	245,9	216,2	193,7	179,7	185,0	199,7	249,3	302,9
2002	676,9	914,6	486,2	299,4	260,2	220,7	205,2	190,6	202,3	172,0	286,4	493,0
2003	857,9	623,5	499,7	363,7	288,0	256,9	236,2	226,4	227,3	262,6	349,2	453,6
2004	618,4	735,0	783,8	695,3	420,6	373,3	336,4	289,9	243,5	282,7	329,5	635,4
2005	913,1	1013,0	713,1	557,3	381,7	363,4	324,8	287,9	268,5	242,0	343,6	614,4
2006	485,5	856,0	538,5	364,6	309,9	274,0	246,1	245,8	240,0	312,2	403,5	683,2
2007	1369,1	742,5	418,8	364,1	323,7	286,0	240,4	248,5	207,6	226,0	332,0	384,1
2008	426,6	1028,5	905,5	747,9	412,4	345,2	301,2	272,9	266,1	308,5	457,3	890,8
2009	1083,1	1430,3	808,7	601,7	398,0	363,4	326,2	317,5	309,8	448,8	601,9	1088,1
2010	1293,2	714,4	1046,0	808,2	434,1	346,5	334,7	288,9	272,8	326,3	525,7	1084,6
2011	1428,2	577,9	1214,1	773,0	422,0	360,2	323,9	292,9	259,1	310,4	367,0	727,7
<b>Mínimas</b>	<b>240,5</b>	<b>212,7</b>	<b>301,3</b>	<b>260,3</b>	<b>230,7</b>	<b>211,5</b>	<b>183,7</b>	<b>173,0</b>	<b>163,4</b>	<b>172,0</b>	<b>203,2</b>	<b>211,8</b>
<b>Médias</b>	<b>820,2</b>	<b>836,3</b>	<b>786,7</b>	<b>535,8</b>	<b>363,0</b>	<b>314,0</b>	<b>273,6</b>	<b>245,9</b>	<b>249,9</b>	<b>278,7</b>	<b>364,1</b>	<b>564,6</b>
<b>Máximas</b>	<b>1648,2</b>	<b>1931,7</b>	<b>2243,2</b>	<b>950,7</b>	<b>582,3</b>	<b>1165,1</b>	<b>560,9</b>	<b>369,0</b>	<b>823,6</b>	<b>763,6</b>	<b>842,2</b>	<b>1162,2</b>



**Tabela 5.74– Série de vazões artificiais médias mensais da UHE Itaocara I**

UHE ITAOCARA I - Vazões artificiais médias mensais (m <sup>3</sup> /s)												
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	888,9	2018,2	1525,7	905,3	511,1	366,3	326,7	288,6	285,4	371,9	361,1	709,7
1932	1264,7	1082,7	953,6	491,0	443,9	407,4	266,0	261,6	276,0	352,0	395,6	976,7
1933	1162,3	627,6	557,3	379,4	351,8	305,0	257,1	218,2	234,6	354,7	393,7	697,4
1934	1134,8	479,0	554,1	361,9	280,6	234,0	205,9	187,6	185,5	205,0	214,0	589,6
1935	701,5	1598,2	869,7	553,0	350,2	306,7	264,3	237,9	224,1	329,3	294,2	286,9
1936	261,4	367,1	1177,8	698,0	323,0	230,2	200,9	191,5	227,2	226,3	261,0	548,1
1937	1117,9	1159,2	575,3	476,5	441,9	293,0	239,3	205,5	194,8	312,8	418,4	1223,1
1938	1126,0	942,8	864,0	604,2	409,0	337,3	289,1	306,1	262,8	325,8	450,3	691,2
1939	902,7	867,8	540,8	617,2	330,2	270,7	234,0	211,4	200,3	237,6	279,6	427,0
1940	908,5	1205,3	1039,3	486,4	335,4	308,8	238,0	214,2	221,2	309,3	526,1	647,3
1941	708,7	473,2	594,0	499,3	353,6	306,2	295,2	215,6	338,9	368,9	401,0	764,0
1942	751,2	655,2	939,8	512,6	411,7	341,7	338,6	236,7	269,5	321,6	427,0	728,9
1943	1622,1	1237,7	967,9	582,7	434,6	370,7	305,0	281,9	274,9	413,1	434,1	693,5
1944	708,0	1147,3	1472,4	687,2	438,2	344,8	301,7	261,0	234,1	259,9	292,4	426,3
1945	672,1	1189,0	698,3	630,8	400,9	323,4	346,7	249,6	226,6	213,2	345,5	636,2
1946	1509,7	696,4	768,0	597,4	376,9	310,5	272,6	236,6	205,0	286,0	372,5	382,1
1947	1159,4	1390,4	2372,3	1006,9	608,3	371,1	476,2	393,9	416,4	440,3	545,7	1009,1
1948	992,9	1253,9	1476,2	878,4	515,3	393,5	308,6	302,7	263,3	341,1	404,7	783,3
1949	1010,1	1408,7	867,2	571,7	411,6	368,7	296,4	259,6	240,2	303,2	364,3	527,1
1950	1161,9	1517,2	1127,0	885,3	584,0	405,9	323,8	270,6	249,7	316,0	532,4	882,5
1951	947,5	1187,1	1418,7	950,9	454,3	356,3	356,4	282,0	268,0	276,2	282,3	490,9
1952	938,0	1193,8	1593,3	824,6	399,3	498,7	375,1	345,2	367,4	380,1	492,2	645,0
1953	460,1	536,1	453,2	478,0	364,2	274,2	308,5	283,5	243,5	318,6	419,9	486,1
1954	346,2	452,8	362,2	372,7	295,2	274,1	223,4	202,1	186,2	204,8	247,1	286,9
1955	575,6	361,7	326,7	330,8	257,4	239,8	201,5	182,0	173,0	196,5	272,4	467,4
1956	476,5	303,0	485,5	343,8	291,1	282,8	248,9	256,6	223,2	219,5	261,1	500,3
1957	504,0	665,2	966,2	904,4	417,6	328,8	288,2	252,3	274,2	251,9	337,3	522,3
1958	338,2	703,2	574,1	463,4	441,3	380,4	294,4	241,7	268,8	290,0	382,1	554,5
1959	1014,7	507,9	766,9	654,1	333,6	275,6	242,0	246,0	211,8	226,9	415,3	388,9
1960	511,3	791,3	1373,8	592,4	403,9	347,6	307,2	279,5	255,9	249,3	297,5	503,9
1961	1489,0	1580,7	1614,6	840,3	576,6	413,0	345,8	304,0	262,6	242,7	288,2	383,1
1962	623,8	1526,7	915,3	512,1	370,2	321,5	274,9	263,2	270,7	288,5	513,0	688,1
1963	811,4	845,7	578,5	347,5	280,7	257,9	238,2	221,5	197,3	193,0	277,5	226,1
1964	443,8	935,4	536,9	366,6	318,9	264,1	272,7	228,5	212,9	285,3	325,5	453,4
1965	897,1	1394,8	1053,7	541,4	567,8	406,3	364,2	321,0	274,2	382,4	473,4	581,9
1966	1749,4	662,2	1002,4	626,4	447,3	354,6	312,0	279,4	274,1	310,1	772,4	854,3
1967	1716,9	1843,2	1693,6	973,3	579,2	455,7	377,9	319,7	294,3	290,6	489,8	718,6
1968	857,1	555,4	669,2	430,6	313,8	277,8	261,2	263,6	266,1	263,4	237,3	427,5
1969	607,0	518,5	579,3	422,3	297,1	286,3	259,4	252,5	234,5	273,5	411,4	652,3
1970	590,2	570,5	676,0	366,0	298,9	252,8	265,6	234,3	309,2	309,0	350,8	362,6
1971	384,5	221,3	395,8	285,0	249,0	242,1	226,9	195,5	246,9	276,4	389,0	747,1
1972	655,7	846,9	1003,4	525,8	360,0	306,2	298,4	280,2	320,9	368,0	468,8	560,5
1973	882,8	1027,3	591,2	639,3	425,6	343,2	312,4	289,1	262,5	323,4	518,7	620,4
1974	848,3	622,6	785,0	661,9	387,5	334,5	315,4	268,9	242,8	275,4	285,0	422,6
1975	895,8	775,6	589,2	400,1	319,1	277,2	268,3	227,0	214,9	291,1	388,7	626,9
1976	609,8	637,4	648,0	527,1	354,4	402,6	399,6	296,2	359,1	438,4	522,7	738,0
1977	829,7	698,2	403,6	501,8	308,0	261,1	232,3	206,0	240,5	234,8	342,0	700,7
1978	989,7	601,8	641,3	367,9	310,9	293,1	259,6	234,8	217,6	222,6	323,4	403,0
1979	462,0	1120,8	689,4	428,9	364,0	308,7	279,0	266,8	292,5	232,1	436,5	564,9
1980	921,8	721,5	478,0	599,6	337,0	296,0	293,1	259,3	256,6	280,9	349,2	626,1
1981	1003,4	622,9	559,8	408,6	333,7	294,5	269,7	251,4	223,0	281,3	457,9	803,3
1982	928,7	606,8	1193,1	872,8	441,9	351,9	320,1	293,8	258,8	300,6	333,1	848,4
1983	1466,4	1101,6	1031,7	913,3	619,7	1237,8	603,3	384,2	861,3	817,1	898,8	1186,4
1984	982,0	544,9	468,9	505,7	492,6	317,4	278,2	264,4	257,9	243,8	262,2	370,0
1985	1112,6	1411,2	1465,3	777,3	492,1	371,6	329,2	289,7	278,1	271,7	311,5	431,9
1986	681,3	720,7	875,2	438,3	322,1	305,0	256,2	283,4	257,9	226,4	237,1	640,0
1987	754,4	873,1	564,0	757,3	514,3	435,8	261,3	220,1	253,3	226,3	256,9	546,4
1988	709,3	1568,2	1063,2	619,4	537,8	469,3	306,4	312,4	296,2	286,0	381,2	397,7
1989	914,5	1047,6	1056,0	653,2	388,0	359,4	305,0	295,9	278,3	284,7	306,5	443,5
1990	496,5	288,0	472,1	386,1	315,0	296,8	294,3	278,1	299,8	285,8	305,9	316,6
1991	765,5	926,1	760,3	1027,4	507,9	313,7	341,0	303,6	285,8	343,7	317,3	351,4
1992	1019,1	571,9	470,1	363,1	333,3	313,5	303,3	280,0	345,1	376,7	510,3	600,1
1993	445,2	659,2	758,6	667,3	389,3	365,9	309,6	284,2	270,2	300,3	306,3	346,0
1994	626,0	387,9	680,2	586,2	494,0	327,1	263,8	245,2	209,0	200,6	281,5	453,2
1995	381,9	1198,0	540,4	364,6	268,9	232,1	224,9	200,1	187,4	285,5	440,5	522,7
1996	1103,3	943,3	1378,6	731,1	432,1	315,9	274,9	255,6	419,4	292,7	798,9	772,2
1997	1420,8	869,5	779,1	448,8	361,9	345,4	297,1	271,4	232,8	283,4	301,8	486,8
1998	501,0	748,4	541,0	363,1	279,3	271,5	232,9	227,4	200,7	297,0	371,6	393,6
1999	967,6	875,4	829,7	437,2	288,9	302,7	277,8	241,7	222,4	227,3	271,6	468,7
2000	1011,7	710,5	568,8	507,4	295,1	259,2	255,8	242,8	291,5	244,9	259,3	469,2
2001	573,1	629,3	400,8	373,2	263,6	231,7	205,9	190,0	199,1	215,5	267,1	321,2
2002	720,0	980,8	523,9	331,7	280,2	236,5	219,7	203,7	214,3	181,8	306,7	531,5
2003	888,6	698,2	534,8	392,1	307,4	273,1	250,0	238,0	241,4	277,8	364,6	491,0
2004	665,0	760,4	858,9	742,4	456,6	405,5	361,4	311,6	259,5	300,1	349,4	677,0
2005	962,5	1091,7	760,0	600,5	412,7	394,2	347,1	307,3	283,4	259,8	367,7	657,2
2006	508,3	899,0	566,1	378,0	317,8	278,1	247,4	244,4	240,9	323,7	424,7	719,1
2007	1442,3	781,6	440,1	375,8	333,3	291,8	244,4	248,6	206,5	231,3	350,9	403,9
2008	452,6	1087,1	957,1	787,2	431,9	358,3	306,6	276,8	269,7	320,8	485,3	938,8
2009	1141,2	1506,8	853,8	630,7	415,2	376,2	336,4	324,9	319,9	475,1	635,2	1151,2
2010	1367,5	752,1	1099,9	846,2	452,8	357,5	345,1	291,3	275,7	337,0	551,0	1144,4
2011	1503,4	608,0	1275,4	807,8	439,7	371,8	330,8	294,8	261,3	321,1	383,2	765,9
Mínimas	261,4	221,3	326,7	285,0	249,0	230,2	200,9	182,0	173,0	181,8	214,0	226,1
Médias	872,3	891,3	841,1	577,8	390,8	336,7	292,4	261,4	264,9	296,3	387,4	598,6
Máximas	1749,4	2018,2	2372,3	1027,4	619,7	1237,8	603,3	393,9	861,3	817,1	898,8	1223,1

### 5.5.1.3 Vazão Sanitária

A vazão sanitária foi considerada nula, já que a Casa de Força é localizada no pé da barragem, não havendo, portanto, derivação de vazão.

### 5.5.1.4 Evaporação Líquida

Foram consideradas as alturas de evaporação líquida média de cada mês do ano no reservatório, isto é, o saldo entre a evaporação de superfície líquida e a evapotranspiração na sua bacia hidráulica. Sua estimativa, foi realizada com o emprego do programa SisEvapo, adotado pelo ONS, considerando-se as seguintes estações: Itaperuna - RJ (2141045), Vassouras - RJ (2243151), Cordeiro - RJ (2242074), Cataguases- MG (2142050).

A **Tabela 5.75** relaciona os resultados obtidos.

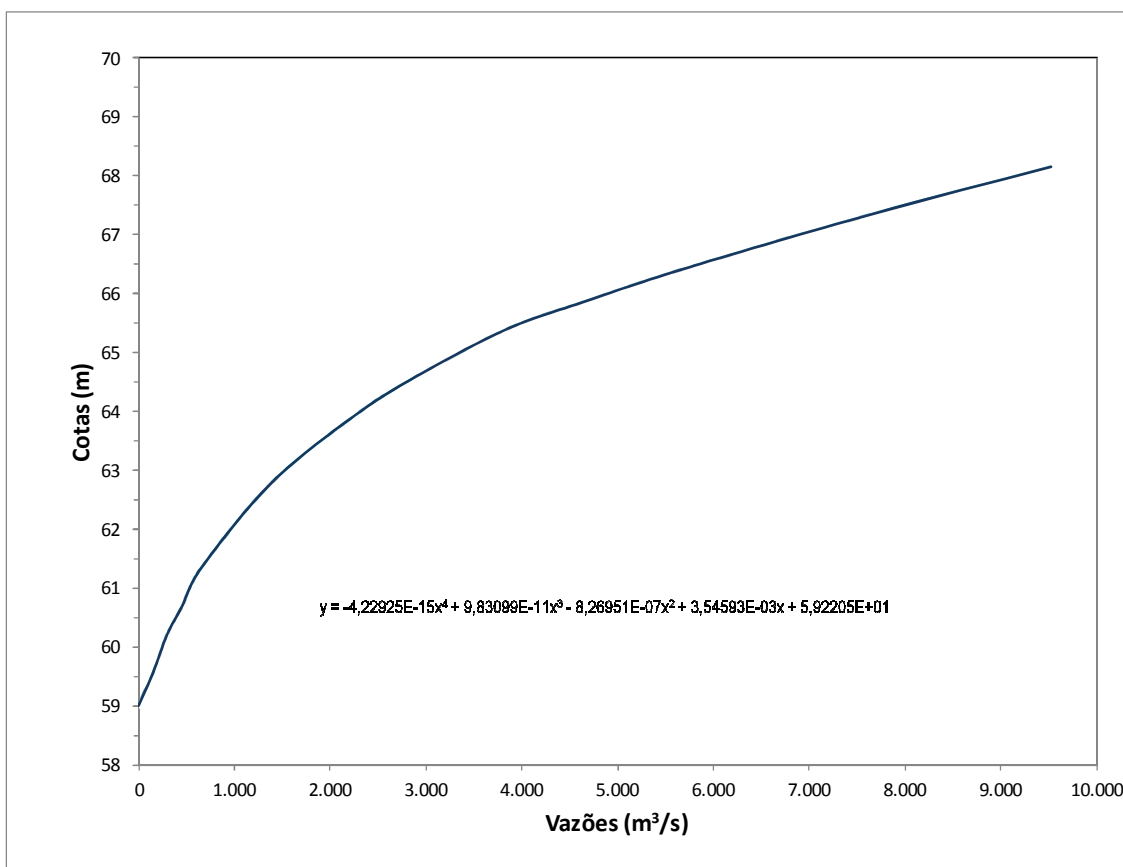
**Tabela 5.75– Alturas de Evaporação Líquida no Reservatório**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Evap. (mm)	-15	0	47	75	77	58	35	-5	-6	-7	-16	-15

### 5.5.1.5 Curva-Chave do Canal de Fuga

A curva-chave definida para o canal de fuga do AHE Itaipava I esta apresentada na .

**Figura 88 – Curva-Chave do Canal de Fuga da UHE Itacara I**



Os coeficientes da respectiva equação, utilizados no desenvolvimento dos estudos energéticos estão apresentados na **Tabela 5.76**.

**Tabela 5.76 - Coeficientes do Polinômio da Curva-Chave do Canal de Fuga**

Coeficiente	Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
Valor	5.9220500E+01	3.5459300E-03	-8.2695100E-07	9.8309900E-11	-4.2292500E-15

Nota: Nível d'água (m) em função da vazão (m³/s).

#### 5.5.1.6 Representação do Reservatório

O reservatório do AHE Itacara I foi representado nos estudos energéticos pelos polinômios Volume x Cota (PVC) e Cota x Área (PCA), obtidos a partir das respectivas curvas Cota x Área x Volume. Os coeficientes dos polinômios Volume x Cota e Cota x Área estão, respectivamente, nas **Tabela 5.77** e **Tabela 5.78**.

**Tabela 5.77 - Coeficientes do Polinômio da Volume x Cota**

Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
$6,8940421 \cdot 10^{+01}$	$1,1524476 \cdot 10^{-01}$	$-2,9049205 \cdot 10^{-04}$	$4,1348927 \cdot 10^{-07}$	$-2,2447236 \cdot 10^{-10}$

**Tabela 5.78 - Coeficientes do Polinômio da Cota x Área**

Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
$3,8314418 \cdot 10^{+03}$	$-1,9350569 \cdot 10^{+02}$	$3,6389389 \cdot 10^{+00}$	$-3,0332551 \cdot 10^{-02}$	$9,5451335 \cdot 10^{-05}$

### 5.5.1.7 Tipo de Turbina

Em face da queda disponível e da potência unitária prevista para o AHE Itaocara I, considerou-se a utilização de turbinas do tipo Kaplan com uma vazão turbinada mínima equivalente a 30% da vazão plena na queda considerada. Foram definidas 2 unidades geradoras para o aproveitamento, conforme explicado no item 5.5.2.1.

### 5.5.1.8 Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador

Adotou-se um rendimento para o conjunto turbina-gerador de 91%, valor esse resultante da estimativa de 97,5% de rendimento médio do gerador e de 93,33% para o rendimento médio da turbina, ambos trabalhando de modo ponderado na faixa prevista de operação, embora se espere para o ponto nominal de operação, ou seja para potência e queda de referência, um rendimento turbina-gerador superior, da ordem de 92%, compatível com a utilização de turbinas do tipo Kaplan com regulação dupla.

### 5.5.1.9 Perda Hidráulica

A perda hidráulica total máxima calculada e adotada nas simulações de operação da usina foi de 0,35 m.

Como a nova versão do modelo de simulação MSUI 3.3, permite o uso de curvas de perdas, elas foram utilizadas para a UHE Itaocara, em todas as alternativas analisadas.

### 5.5.1.10 Taxas de Indisponibilidade

Os valores de taxa de indisponibilidade forçada e programada (TEIF e IP) são aqueles recomendados pelo Comitê Brasileiro da CIER – BRACIER e utilizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE nos cálculos da garantia física de usinas hidrelétricas. A **Tabela 5.79** reproduz essas taxas adotadas tanto para as alternativas de potência unitária do empreendimento em estudo como para as potências unitárias das usinas que compõem o sistema de referência. Para o AHE Itaocara I, as taxas de indisponibilidade forçada e programada são respectivamente, 2,533% e 8,091%.

**Tabela 5.79–Taxas de Indisponibilidade**

Pot. Unitária (MW)	TEIF (%)	IP (%)
até 29	2,333	6,861
30 – 59	1,672	5,403
60 – 199	2,533	8,091
200 – 500	2,917	12,122
501 – 699	6,000	8,000
700 – 1300	0,210	10,000

#### 5.5.1.11 Período Crítico

O período crítico conforme critério em vigor, situa-se entre junho de 1949 e novembro de 1956, abrangendo, portanto, um total de 90 meses.

#### 5.5.1.12 Sistema de Referência

Por recomendação da Aneel, contida no Ofício nº 535, de 28/03/2014, depois de produzidas as séries de vazões artificiais, as usinas de Simplício, Ilha dos Pombos e Itaipava, foram simuladas isoladas e inseridas no sistema de referência utilizado pela EPE para o cálculo das garantias físicas para o 2º leilão de energia A-5 de 2013.

#### 5.5.1.13 Data de Referência dos Investimentos

As estimativas de custos de investimentos incrementais com juros durante a construção, empregadas nos estudos de dimensionamento do AHE Itaipava I, têm como data de referência maio de 2014, também por recomendação da Aneel.

#### 5.5.1.14 Custo de Operação e Manutenção (O&M)

Para a estimativa do CO&M foi utilizada a curva apresentada no Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas – edição 2007 do Ministério de Minas e Energia (MME), com data de referência em dezembro de 2006, atualizado pela variação do IGP-DI para a data de referência dos orçamentos. A equação adotada é apresentada a seguir:

$$CO\&M = 143,615 * Potência^{-0,3716} \quad (R\$/kW/ano)$$

#### 5.5.1.15 Custo Marginal de Expansão

Nas análises energético-econômicas, a energia firme foi valorada pelo Custo Marginal de Expansão informado no Ofício 535 da Aneel, no valor de 145 R\$/MWh.

#### 5.5.1.16 Taxa de Desconto e Vida Útil

Adotou-se uma taxa de desconto de 10% ao ano e uma vida útil de 50 anos.

## 5.5.2 Simulações Energéticas

As avaliações energéticas foram efetuadas com base no informado no item 5.5.1.1e utilizando-se o Modelo de Simulação de Usinas Individualizadas – MSUI (versão 3.3), desenvolvido pela Eletrobrás.

### 5.5.2.1 Determinação da Motorização

O estudo de motorização consiste em analisar os incrementos de energia firme decorrentes do aumento da potência instalada do aproveitamento, para diferentes alternativas de motorização, os quais foram calibrados com o MSUI.

Na **Tabela 5.80** é apresentada a análise energético-econômica para a determinação da potência instalada do AHE Itacara I.

**Tabela 5.80 – Análise Energético-Econômica para Determinação da Potência Instalada**

Potência instalada (MW)	Energia firme (MW-médios)	Energia firme incremental (MW-médios)	Custo total c/ JDC (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo anual c/ JDC (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo anual de O&M (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo anual c/JDC + Custo de O&M (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo anual incremental (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Benefício anual incremental (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Relação Custo / Benefício
135	86,76	-	1.027,38	103,62	3,133	106,75	-	-	-
140	87,71	0,95	1.037,26	104,62	3,205	107,82	1,07	1,21	0,885
145	88,64	0,93	1.046,42	105,54	3,276	108,82	1,00	1,18	0,843
150	89,44	0,80	1.055,76	106,48	3,347	109,83	1,01	1,02	0,997
155	90,22	0,78	1.065,29	107,44	3,417	110,86	1,03	0,99	1,040
160	90,93	0,71	1.074,99	108,42	3,486	111,91	1,05	0,90	1,162
165	91,59	0,66	1.083,88	109,32	3,554	112,87	0,96	0,84	1,151
170	92,28	0,69	1.092,92	110,23	3,621	113,85	0,98	0,88	1,117
175	92,95	0,67	1.103,14	111,26	3,687	114,95	1,10	0,85	1,289
180	93,58	0,63	1.112,49	112,21	3,753	115,96	1,01	0,80	1,262

Como pode ser observado, a potência ótima a ser instalada é de 150 MW, uma vez que o custo incremental ao se passar para uma alternativa de maior potência, é superior ao benefício incremental.

A usina foi contemplada com duas unidades geradoras, pois o uso de três unidades não conduziria a qualquer ganho energético, em face do fato da bacia do rio Paraíba do Sul ser bem regularizada pelos reservatórios existentes.

### 5.5.2.2 Determinação das Quedas Características

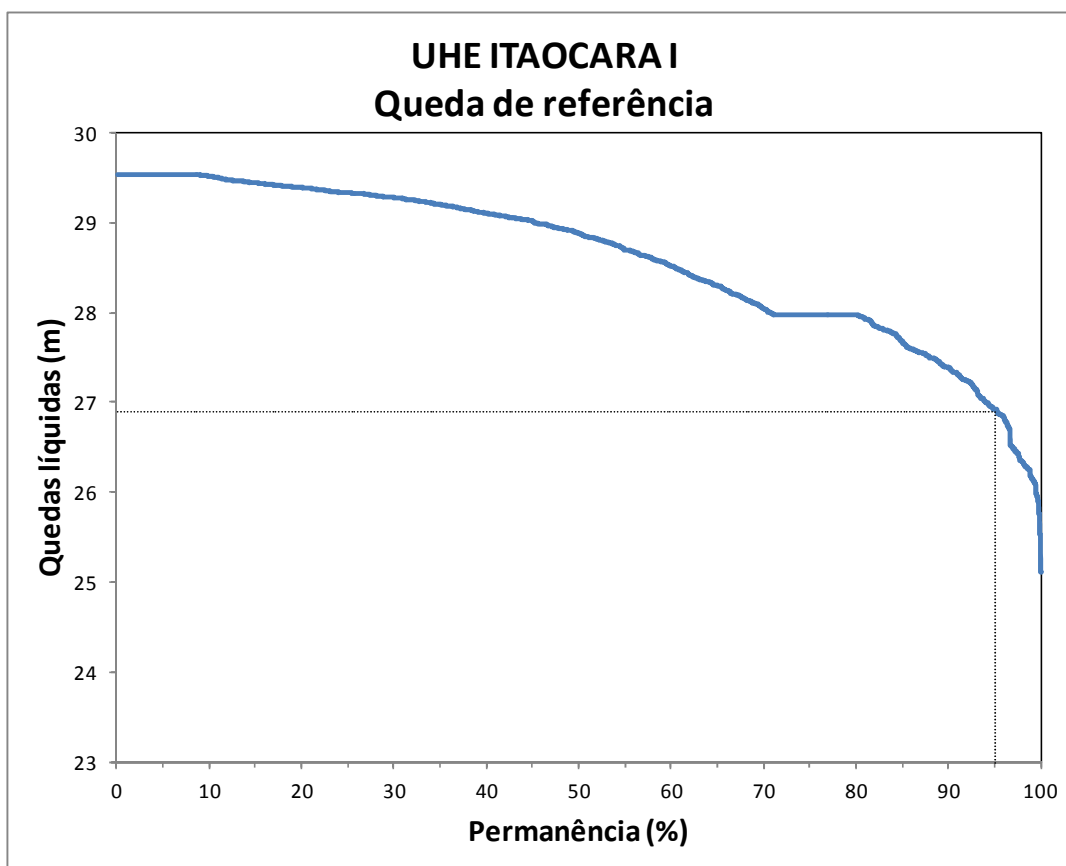
Foram determinadas as quedas líquidas referentes ao período da série de vazões médias mensais empregada.

A **Tabela 5.81** e a **Figura 89** apresentam a permanência das quedas líquidas obtidas para o aproveitamento em estudo.

**Tabela 5.81 –Permanências das Quedas Líquidas Médias Mensais**

Permanência (%)	Queda Líquida (m)	Permanência (%)	Queda Líquida (m)
5	29,53	55	28,69
10	29,51	60	28,51
15	29,44	65	28,29
20	29,39	70	28,04
25	29,33	75	27,97
30	29,27	80	27,97
35	29,1	85	27,65
40	29,01	90	27,38
45	29,01	95	26,92
50	28,87	100	25,11

**Figura 89 - Curva de Permanência de Quedas Líquidas Médias Mensais**



A queda de referência, que é definida como a queda para a qual a turbina, com abertura máxima do distribuidor, faz com que o gerador forneça a sua máxima potência, pode ser considerada como sendo a queda líquida com 95% de permanência. Assim sendo, para o AHE Itacara I, essa queda é de 26,9 m.

## 5.6 Estudos Socioambientais

O Estudo de Impacto Ambiental/EIA constitui-se num documento de natureza técnico-científica e administrativa que tem por finalidade embasar a avaliação dos impactos ambientais gerados por atividades e/ou empreendimentos potencialmente poluidores, ou que possam causar degradação ambiental, de modo a permitir a verificação da sua viabilidade ambiental.

Para tanto, na elaboração do estudo, foram observados os requisitos definidos pela Resolução CONAMA nº 237/97, dentre eles: contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto; identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade e definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada “área de influência do projeto” (art. 5º da Resolução CONAMA).

O EIA da UHE Itacara I contem o diagnóstico socioambiental da região, obtido através de dados primários e secundários, determina o grau de impacto do empreendimento após a identificação e avaliação dos impactos ambientais e propõe medidas mitigadoras e de controle ambiental, com o objetivo de garantir o uso sustentável dos recursos naturais. O estudo EIA foi desenvolvido considerando-se o conteúdo e a abordagem metodológica sugeridos no “Termo de Referência/TR” emitido pelo IBAMA em OUT/2.008.

## 5.7 Estudos de Integração da Usina ao Sistema de Transmissão Associado

### 5.7.1 Geral

- **Interligação da Casa de Força à Subestação Seccionadora da Usina**

Uma linha de transmissão curta será construída para interligar os Transformadores Elevadores da Casa de Força da UHE Itacara I às respectivas entradas na Subestação Seccionadora. Esta linha terá cerca de 200,00 m de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.

- **Linha de Transmissão SE Itacara I – SE Ilha dos Pombos**

Uma linha de transmissão será construída para interligar a Subestação da UHE Itacara I à Subestação da UHE Ilha dos Pombos, usina já em fase de operação. A linha de transmissão terá cerca de 46,0 km de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.

### 5.7.2 Subestação Seccionadora ou Subestação de Manobra

A subestação será do tipo convencional, externa, localizada próxima do Canal de Fuga e à jusante da Barragem de Terra Margem esquerda.



O arranjo da subestação será do tipo barra principal e barra de transferência, com disjuntor “by-pass” na tensão de 138 kV.

A subestação será constituída por: dois vãos/bays de geradores, dois vãos de saída de linha de transmissão para SE UHE Ilha dos Pombos, um vão de interligação de barras e possuirá uma Casa de Controle.

## ANEXO 1

Ofício ANEEL 535 de 28/03/2014



Ofício nº 535 /2014-SGH/ANEEL

Brasília, 28 de março de 2014.

Ao Senhor  
Luiz Carlos Amarilho  
Diretor  
Itaocara Energia Ltda.  
Rio de Janeiro – RJ

Assunto: Processo nº 48500.005431/2013-81. Licitação do empreendimento hidrelétrico Itaocara I.

Senhor Diretor,

1. Em atenção à correspondência nº 016/IT/2014-TEC, na qual solicita esclarecimentos para elaboração dos estudos energéticos da UHE Itaocara I, nos manifestamos a seguir.
2. Com relação à utilização das séries de vazões constantes do projeto "Estudo de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais", referente às bacias dos rios Paraíba do Sul, Pirai e Ribeirão das Lajes, contratado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS e acompanhado pela ANA, ANEEL e EPE na elaboração dos estudos energéticos da UHE Itaocara I, acolhemos o pleito, tendo em vista que o estudo foi concluído pela empresa contratada e já foi avaliado pela Agência Nacional de Águas – ANA, conforme o Ofício nº 001/2013/SPR-ANA<sup>1</sup>. Desse modo, encaminhamos anexo o relatório que contempla as informações das bacias dos rios Paraíba do Sul, Pirai e Ribeirão das Lajes. Destacamos que deverão ser atualizadas as séries de todos os aproveitamentos hidrelétricos das bacias citadas apontados na referida revisão.
3. Quanto ao cenário de usos consuntivos a ser adotado nos estudos energéticos, informamos que deverá ser considerado o horizonte de entrada em operação da usina, a saber 2019, cenário esse aderente ao utilizado no cálculo de garantia física do empreendimento.
4. Adicionalmente, informamos que deverá ser adotado nesse estudo específico como custo marginal de dimensionamento o valor de R\$145,00/MWh, tendo em vista ser esse o parâmetro que vem sendo utilizado pela ANEEL como balizador em suas avaliações de estudos dessa natureza até que haja uma

<sup>1</sup> Nota Técnica nº 032/2012/SPR-NHI

48539.002880/2014.00



(Pág. 2 do Ofício nº 535 /2014-SGH/ANEEL, de 28/03 /2014)

publicação mais específica acerca de sua determinação e forma de atualização financeira. Quanto aos parâmetros taxa de desconto e vida útil, deverão ser considerados 10% a.a e 50 anos, respectivamente.

5. Ademais, informamos ainda que a garantia física da UHE Itaocara I publicada pela Portaria SPE/MME nº 108/2013 perdeu validade e eficácia, nos termos do art. 3º da referida Portaria.

6. Com relação à rotina específica empregada pelo MSUI para a operação da cascata do Paraíba do Sul, informamos que a mesma não emprega a equação constante do Anexo III da Resolução ANA nº 1.404/2013. Assim, com o intuito de observar essa restrição regulatória, deverá ser empregado o modelo MSUI<sup>2</sup> em conjunto com planilhas eletrônicas, atentando-se para a seguinte sequência operativa:

- (i) Simular o modelo MSUI considerando como defluência mínima associada ao reservatório de Santa Cecília o valor de 209 m<sup>3</sup>/s (parâmetro disposto no arquivo *hidexp1.dat*);
- (ii) A partir do relatório de saída associado à simulação supracitada, aplicar a regra do Anexo III da Resolução ANA nº 1.404/2013 ao reservatório de Santa Cecília para as baixas aflúncias<sup>3</sup>, gerando, assim, novas séries de vazões defluentes e bombeadas em Santa Cecília;
- (iii) Concluída a etapa (ii), gerar séries de vazões artificiais nos locais das UHEs Simplício, Ilha dos Pombos e Itaocara, conforme as seguintes equações:

$$Q_{\text{SIMPLICIO}} = Q_{\text{defl\_STACECILIA}} + Q_{\text{IncremSTACECILIA-SIMPLICIO}} - Q_{\text{naturalSANTANA}}$$

$$Q_{\text{ILHAPOMBOS}} = Q_{\text{defl\_STACECILIA}} + Q_{\text{IncremSTACECILIA-ILHAPOMBOS}} - Q_{\text{naturalSANTANA}}$$

$$Q_{\text{ITAOCARA}} = Q_{\text{defl\_STACECILIA}} + Q_{\text{IncremSTACECILIA-ITAOCARA}} - Q_{\text{naturalSANTANA}}$$

onde:

$Q_{\text{SIMPLICIO}}$ : Vazão artificial na UHE Simplício

$Q_{\text{ILHAPOMBOS}}$ : Vazão artificial na UHE Ilha dos Pombos

$Q_{\text{ITAOCARA}}$ : Vazão artificial na UHE Itaocara

$Q_{\text{deflSTACECILIA}}$ : Vazão defluente do reservatório de Santa Cecília

$Q_{\text{IncremSTACECILIA-SIMPLICIO}}$ : Vazão incremental natural entre Santa Cecília e Simplício

$Q_{\text{IncremSTACECILIA-ILHAPOMBOS}}$ : Vazão incremental natural entre Santa Cecília e Ilha dos Pombos

$Q_{\text{IncremSTACECILIA-ITAOCARA}}$ : Vazão incremental natural entre Santa Cecília e Itaocara

$Q_{\text{naturalSANTANA}}$ : Vazão natural em Santana (rio Pirai)

- (iv) Simular no modelo MSUI as UHEs Simplício, Ilha dos Pombos e Itaocara isoladamente da cascata, considerando as respectivas séries de vazões dispostas no arquivo *vazões.dat*, como sendo as vazões artificiais definidas no item anterior.
- (v) A energia firme da UHE Itaocara I deverá ser obtida a partir de uma segunda simulação do Modelo MSUI.

<sup>2</sup> Modelo oficial utilizado no cálculo de garantia física. Portaria MME nº 258/2008.

<sup>3</sup> Vazões abaixo de 250m<sup>3</sup>/s.



(Pág. 3 do Ofício nº 535 /2014-SGH/ANEEL, de 28 / 03 /2014)

7. Após a aplicação da metodologia descrita acima, deverá ser encaminhado para a ANEEL as planilhas/resultados para avaliação e validação da metodologia empregada.

Atenciosamente,

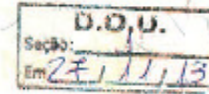
  
ODÉNIR JOSÉ DOS REIS  
Superintendente de Gestão e Estudos Hidroenergéticos

c/c: Oduvaldo Barroso da Silva - EPE

Anexo: CD contendo as séries de vazões naturais, de usos consuntivos e de evaporação dos aproveitamentos hidrelétricos das bacias dos rios Paraíba do Sul, Pirai e Ribeirão das Lajes.

## ANEXO 2

### DRDH – Resolução ANA 1404/2013



### RESOLUÇÃO Nº 1404, DE 26 DE NOVEMBRO 2013

O DIRETOR-PRESIDENTE SUBSTITUTO DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, no uso da atribuição que lhe confere a Portaria nº 207, de 19 de setembro de 2013, e o art. 63 inciso IV e XVII e o § 2º, do Regimento Interno, aprovado pela Resolução nº 567, de 17 de agosto de 2009, torna público, *ad referendum* da DIRETORIA COLEGIADA, com fundamento no art. 12, inciso V, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e com base nos elementos constantes do Processo nº 02501.002084/2013-23, resolve:

Art. 1º Declarar reservada, à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, na seção do rio Paraíba do Sul situada às coordenadas geográficas 21º41'44" de latitude sul e 42º08'57" de longitude oeste, a disponibilidade hídrica caracterizada pelas vazões naturais afluentes, constantes do Anexo I, subtraídas das:

- I- vazões médias destinadas ao atendimento de outros usos consuntivos a montante na bacia do Paraíba do Sul conforme Anexo II;
- II- vazões transpostas pelo Sistema Guandu, em uma vazão média de 138,2 m³/s em Santa Cecília/Santana/Vigário e de 12,97 m³/s em Tocos, variando no tempo conforme equacionamento apresentado no Anexo III;
- III- vazões transpostas para um possível aumento da demanda das Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, conforme anexo IV; e
- IV- vazões eventualmente alocadas ao(s) Sistema(s) de Transposição de Peixes.

Art. 2º As vazões reservadas têm a finalidade de garantir a disponibilidade hídrica necessária à viabilidade do aproveitamento hidrelétrico Itaocara I, nos Municípios de Itaocara e Aperibê, no Estado do Rio de Janeiro, com as seguintes características:

- I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 21º41'44" de latitude sul e 42º08'57" de longitude oeste;
- II - nível d'água máximo normal a montante: 89,6 m;
- III - nível d'água máximo maximum a montante: 90,9 m;
- IV - nível d'água mínimo normal a montante: 89,6 m;
- V - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 40,4 km²;
- VI - volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 412,76 hm³;
- VII - vazão máxima turbinada: 666,0 m³/s;
- VIII - vazão decamilenar defluente: 9.530m³/s; e
- IX - operação a fio d'água, com vazões defluentes iguais às afluentes.

§ 1º O vertedor deverá ser verificado para a passagem da cheia máxima provável, mantendo uma borda livre em relação à crista da barragem adequada para o porte do empreendimento;

§ 2º O abastecimento de água de sedes municipais e das localidades afetadas diretamente pelo reservatório, cujos pontos de captação estejam eventualmente na área a ser inundada, não poderão ser interrompidos em decorrência da implantação do empreendimento, em suas fases de construção e operação;

§ 3º As áreas urbanas e localidades deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 50 anos, considerando o efeito do remanso sobre a linha de inundação do reservatório;

§ 4º A infraestrutura composta por rodovias, ferrovias e pontes deverá ser relocada ou protegida contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos, considerando o efeito do remanso sobre a linha de inundação do reservatório;

§ 5º Deverão ser mantidas as condições atuais de navegação, adequadas ao porte de navegação existente atualmente na região durante as fases de construção e operação do empreendimento, especialmente quanto à balsa no Porto do Tuta, no município de Cantagalo - RJ;

§ 6º Deverá ser acompanhada a evolução do assoreamento do reservatório, principalmente nas proximidades da tomada d'água, para determinar a eventual necessidade de medidas mitigadoras ou corretivas;

§ 7º A ANA poderá rever, a qualquer tempo, os aspectos relativos à Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica dispostos nesta Resolução, inclusive para eventual atualização das vazões destinadas a usos consuntivos da água a montante e demais condições de operação do reservatório.

§ 8º A ANA deverá ser informada previamente quanto à data de início do enchimento do reservatório.

Art. 3º A Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, objeto desta Resolução:

- I. não confere direito de uso dos recursos hídricos e se destina a reservar a vazão a ser outorgada, possibilitando, ao investidor, o planejamento de seu empreendimento;
- II. tem prazo de validade de três anos, contado a partir da data de publicação desta resolução, podendo ser renovada, mediante solicitação da ANEEL, por igual período; e
- III. por se caracterizar como outorga preventiva, poderá ser suspensa, parcial ou totalmente, em definitivo ou por tempo determinado, no caso de incidência nos arts. 15 e 49 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e em caso de indeferimento ou cassação da Licença Ambiental pelo órgão competente.

Art. 4º As condições de operação do reservatório do aproveitamento hidrelétrico serão definidas e fiscalizadas pela ANA, em articulação com o Operador Nacional do Sistema - ONS, conforme disposição do art. 4º, inciso XII e § 3º, da Lei nº 9.984, de 2000, devendo respeitar as seguintes condições gerais:

§ 1º Vazão mínima no período de enchimento e operação do reservatório: 121,6 m³/s, até a água atingir a cota da soleira do vertedor; e 170 m³/s a partir deste nível;



§ 2º O órgão ambiental poderá eventualmente fixar regras complementares para o enchimento e operação, as quais deverão ser avaliadas pela ANA.

Art. 5º O futuro Outorgado deverá implantar e manter estações de monitoramento e reportar os dados monitorados regularmente à ANA, conforme especificado na Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010, e:

Parágrafo único. Monitorar trimestralmente os seguintes parâmetros: salinidade, temperatura, amônia, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo inorgânico, fósforo orgânico, fosforo total, Clorofila-a, zooplâncton, coliformes, OD e DBO.

Art. 6º Esta Declaração será transformada, automaticamente, pela ANA, em outorga de direito de uso de recursos hídricos para o aproveitamento hidrelétrico ao titular que receber da ANEEL a concessão ou a autorização para o uso do potencial de energia hidráulica, mediante apresentação de:

- I - Projeto Básico do aproveitamento hidrelétrico, conforme especificações da ANEEL;
- II - Revisão dos estudos de remanso, conforme diretrizes a ser obtidas junto à ANA;
- III - Estudo de concepção e definição de alternativas do sistema de transposição de desnível para embarcações, conforme conteúdo definido no Inciso I do Artigo 1º da Resolução ANA nº 463, de 03 de setembro de 2012, a ser apresentado como condicionante para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos, dimensionado para o comboio-tipo definido pelo Ministério dos Transportes;
- IV - Detalhamento do Sistema de Transposição de Desnível na alternativa definida no inciso anterior, conforme conteúdo definido no Inciso II do Artigo 1º da Resolução ANA nº 463, de 03 de setembro de 2012, a ser apresentado após a obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- V - Apresentar simulação da qualidade de água dos principais compartimentos do futuro reservatório, conforme diretrizes a ser obtidas junto à ANA; e avaliar propostas para melhoria das condições de qualidade da água do futuro reservatório, visando à contenção de processos de carreamento da poluição difusa da bacia e, eventualmente, a restrição de usos em compartimentos com maior potencial de deterioração da qualidade de água;
- VI - Apresentar Plano de Usos do Reservatório – PUR, conforme diretrizes a ser obtidas junto à ANA;
- VII - Encaminhar à ANA relatórios da implementação dos seguintes programas e medidas já contemplados no âmbito do licenciamento ambiental: Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Águas; Programa de Controle de Macrófitas Aquáticas; Programas de Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório.


Art. 7º São de responsabilidade exclusiva do futuro titular da outorga todos os ônus, encargos e obrigações relacionadas à alteração, decorrente da implantação do empreendimento, das condições das outorgas emitidas pela ANA ou pelo órgão gestor de recursos hídricos estadual, além de captações de água, acumulações ou lançamentos de efluentes cadastrados e/ou considerados insignificantes, em vigor na data de início do enchimento, nos trechos de rio correspondentes à área a ser inundada e a jusante do empreendimento.

Art. 8º O futuro titular da outorga é responsável pelos aspectos relacionados à segurança da barragem, devendo assegurar que seu projeto, construção, operação e manutenção sejam executados de acordo com o que estabelece a Lei no 12.334, de 20 de setembro de 2010, e demais regulamentos emitidos pelo órgão fiscalizador da segurança da barragem.

Art. 9º Esta Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica não dispensa, nem substitui a obtenção, pelo (a) declarado (a), de certidões, alvarás ou licenças de qualquer natureza, exigidos pela legislação federal, estadual ou municipal.

Art. 10. O direito de uso de recursos hídricos, quando da transformação desta Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica em outorga de direito de uso, estará sujeito à cobrança, nos termos da legislação pertinente.

Art. 11. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

  
PAULO LOPES VARELLA NETO



Anexo I – Série de vazões naturais médias mensais afluentes à UHE Itaipava I (m³/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	1090	2240	1737	1120	708	552	464	387	400	534	554	936
1932	1466	1277	1158	685	640	593	411	384	368	485	557	1198
1933	1391	816	748	520	469	386	324	273	306	454	514	951
1934	1414	710	767	553	397	316	270	230	351	277	266	896
1935	944	1921	1123	762	542	437	347	309	319	528	413	411
1936	412	589	1542	952	522	377	318	291	359	315	361	758
1937	1348	1397	774	675	648	446	330	264	233	447	622	1491
1938	1363	1208	1099	823	608	498	396	439	385	530	658	915
1939	1136	1094	730	809	519	394	326	277	257	291	388	662
1940	1179	1525	1278	690	498	410	303	255	259	382	706	822
1941	938	666	813	671	428	360	356	238	488	573	605	1076
1942	1000	896	1174	740	589	445	478	298	315	402	585	1009
1943	1886	1495	1195	777	551	457	362	342	328	547	556	937
1944	935	1507	1784	908	622	478	403	315	267	286	376	586
1945	947	1501	930	870	566	483	528	314	286	263	465	858
1946	1783	921	989	807	532	430	354	283	229	383	508	543
1947	1517	1685	2708	1245	821	585	670	337	590	632	752	1255
1948	1218	1534	1707	1075	704	575	452	432	354	429	568	985
1949	1262	1619	1062	761	560	492	394	312	286	375	483	760
1950	1479	1862	1374	1092	792	592	454	351	303	439	719	1124
1951	1197	1390	1626	1153	642	533	487	381	335	353	373	674
1952	1201	1517	1831	1019	569	679	488	432	472	450	659	845
1953	569	735	632	683	500	353	356	313	281	370	606	718
1954	506	660	562	556	509	405	288	232	205	267	317	385
1955	887	507	527	475	334	293	220	183	188	204	350	651
1956	659	490	837	534	437	436	312	374	278	303	384	721
1957	834	886	1245	1187	609	448	380	314	420	315	555	730
1958	541	928	828	684	672	582	432	321	376	426	642	816
1959	1280	764	1019	896	498	377	306	313	249	267	561	560
1960	796	1093	1658	788	577	460	390	354	298	318	463	819
1961	1782	1892	1932	1078	792	566	441	373	305	282	375	578
1962	907	1829	1168	718	533	417	342	318	365	477	714	959
1963	1032	1089	797	515	363	309	271	241	195	226	389	287
1964	604	1284	1729	506	415	311	328	252	225	366	412	672
1965	1296	1671	1307	744	769	537	467	377	302	539	684	879
1966	2118	898	1523	910	653	473	398	365	343	444	1067	1127
1967	2161	2396	2122	1235	772	638	529	414	382	401	695	940
1968	1089	745	861	623	437	360	324	321	314	308	275	611
1969	852	767	799	622	375	355	289	287	249	346	677	918
1970	879	861	919	566	412	334	347	296	465	439	512	533
1971	553	314	665	466	355	377	302	249	333	470	607	991
1972	888	1141	1271	743	483	383	371	365	370	536	701	777
1973	1157	1305	805	851	612	439	401	351	319	429	705	919
1974	1213	851	1001	874	521	467	409	311	272	321	332	745
1975	1217	1142	879	609	429	350	321	248	220	365	645	951
1976	862	908	909	773	587	612	621	498	567	638	727	974
1977	1132	903	587	705	459	381	300	254	343	321	527	952

Anexo I (continuação)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1978	1276	830	854	526	428	425	339	269	259	240	459	583
1979	727	1344	920	587	489	381	354	349	430	344	692	787
1980	1185	977	692	827	457	390	381	327	324	378	523	878
1981	1293	838	780	639	459	401	347	308	252	390	699	1062
1982	1189	837	1460	1106	620	578	462	424	335	452	533	1101
1983	1728	1335	1233	1109	811	1431	785	560	1049	1003	1089	1374
1984	1166	721	650	689	676	430	355	358	345	317	337	522
1985	1449	1749	1705	972	681	512	421	354	383	334	437	629
1986	899	1000	1150	633	496	405	362	403	324	288	337	976
1987	1043	1109	750	973	707	624	437	336	403	366	372	741
1988	908	1819	1283	820	734	658	452	408	372	427	576	583
1989	1145	1250	1256	849	580	547	442	468	411	378	436	648
1990	693	390	673	597	441	359	372	348	400	422	409	393
1991	1040	1163	1048	1267	718	467	455	373	344	559	395	477
1992	1273	776	681	520	489	371	376	322	463	535	782	842
1993	657	924	1012	883	545	533	398	345	388	454	368	468
1994	853	613	930	813	683	442	340	286	235	235	384	722
1995	612	1598	763	363	436	329	331	255	226	504	643	737
1996	1378	1298	1606	931	622	481	402	362	623	451	988	959
1997	1642	1063	970	631	487	504	378	329	291	393	540	689
1998	737	1015	763	560	458	356	299	276	293	526	528	600
1999	1250	1140	1032	629	427	420	375	300	284	280	347	665
2000	1326	970	808	722	406	334	331	309	419	287	430	747
2001	796	867	620	565	368	291	251	234	256	333	386	592
2002	989	1247	744	494	407	303	287	258	274	205	464	847
2003	1172	902	749	514	381	311	280	257	262	367	506	664
2004	939	1096	1093	975	660	615	531	393	303	400	493	934
2005	1261	1348	986	836	626	533	452	359	364	359	546	899
2006	715	1178	792	577	426	348	314	281	291	446	666	1021
2007	1724	999	591	492	419	352	332	287	208	285	562	579
2008	708	1418	1246	1070	641	514	381	371	319	440	758	1182
2009	1413	1805	1115	863	590	510	477	453	453	729	866	1513
2010	1770	987	1318	1068	642	494	493	358	322	407	702	1453
2011	1804	814	1476	1003	624	511	419	360	298	403	501	997

*R*

## 6 - DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE ITAOCARA I

## SUMÁRIO

<b>6.</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE ITAOCARA I</b> .....	<b>4</b>
<b>6.1</b>	<b>Descrição Geral</b> .....	<b>4</b>
<b>6.2</b>	<b>Desvio e Controle do Rio durante a Construção</b> .....	<b>6</b>
6.2.1	Pré-ensecadeiras e Ensecadeiras.....	7
<b>6.3</b>	<b>Canais de Adução e de Restituição do Vertedouro</b> .....	<b>8</b>
<b>6.4</b>	<b>Adufas de Desvio</b> .....	<b>8</b>
<b>6.5</b>	<b>Barragem de Terra e Dique de Fechamento</b> .....	<b>8</b>
6.5.1	Descrição Geral .....	8
6.5.2	Barragem de Terra Margem Esquerda e Leito do Rio/Margem Direita.....	8
6.5.3	Barragem de Enrocamento Margem Direita e Margem Esquerda .....	9
6.5.4	Dique de Fechamento .....	9
6.5.5	Escavação, Tratamentos e Fundações na Barragem de Terra.....	10
6.5.6	Análises de Estabilidade .....	11
6.5.7	Instrumentação Geotécnica .....	12
6.5.8	Origem e Aplicação dos Materiais Naturais de Construção.....	13
<b>6.6</b>	<b>Muros de Concreto</b> .....	<b>13</b>
6.6.1	Muro de Abraço Esquerdo .....	13
6.6.2	Muro de Aproximação Direito do Vertedouro.....	13
6.6.3	Muro Divisor entre o Vertedouro e a Tomada d'Água.....	13
6.6.4	Muro de Abraço Direito .....	14
<b>6.7</b>	<b>Vertedouro de Superfície Controlada</b> .....	<b>14</b>
6.7.1	Estrutura Extravasora e Bacia de Dissipação.....	14
6.7.2	Escavações, Tratamentos e Fundações .....	15
6.7.3	Equipamentos Hidromecânicos do Vertedouro .....	16
6.7.4	Dispositivo de Vazão Ecológica ou Vazão Remanescente.....	21
6.7.5	Circuito Hidráulico de Adução .....	26
6.7.6	Canal de Adução.....	26
6.7.7	Tomada d'Água de Adução.....	26
6.7.8	Equipamentos da Tomada d'Água .....	26
6.7.9	Canal de Fuga .....	30
6.7.10	Escavação, Tratamento e Fundações .....	31

---

<b>6.8</b>	<b>Casa de Força e Área de Montagem .....</b>	<b>31</b>
6.8.1	Descrição Geral .....	31
6.8.2	Equipamentos Principais .....	33
6.8.3	Equipamentos de Movimentação e Levantamento de Cargas da Casa de Força...	38
6.8.4	Equipamentos Hidromecânicos .....	40
6.8.5	Equipamentos de Telecomunicações .....	41
6.8.6	Sistemas Auxiliares .....	43
6.8.7	Sistema Digital de Supervisão e Controle e de Proteção .....	58
<b>6.9</b>	<b>Obras Acessórias.....</b>	<b>61</b>
<b>6.10</b>	<b>Subestações e Linhas de Transmissão.....</b>	<b>61</b>
6.10.1	Subestação Seccionadora da Usina.....	61
6.10.2	Linha de Transmissão Associada.....	68

## 6. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DA UHE ITACARA I

### 6.1 Descrição Geral

O arranjo geral da UHE Itacara I visualizado nos desenhos **G11-DEB-0005 e 0006** consiste na implantação das estruturas do Barramento, Vertedouro e Circuito Geração alinhadas ao longo do eixo situado na extremidade montante da ilha Serena, com extensão total de cerca de 1.239,00 m.

O Barramento do rio Paraíba do Sul forma um reservatório com área de 40,40 km<sup>2</sup> na El. 89,60 m, correspondente ao NA Máximo Normal (NAMN), definido a partir do refinamento dos estudos de remanso, considerando cenários de assoreamento do leito do rio, conforme detalhado no **item 5.1.10**.

Essa elevação definida para o NAMN elimina a necessidade de realocação dos núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e de Formiga, sem que haja perda energética para o Complexo das UHEs Itacara I e II, em relação à energia que foi objeto de concessão para o aproveitamento único da UHE Itacara.

As estruturas de concreto Vertedouro e Tomada D'Água/Casa de Força, separadas por Muro Divisor, estão posicionadas no Canal Esquerdo da Ilha Serena e situam-se no alinhamento do eixo. A Barragem de Terra Margem Esquerda, com o eixo ligeiramente defletido para jusante, está posicionada adjacente à Casa de Força através do Muro de Abraço Esquerdo que serve de apoio para a Barragem Esquerda de Enrocamento que se transiciona em Barragem de Terra Homogênea fechando a ombreira esquerda. À direita do Vertedouro, situa-se o Muro de Abraço Direito para encosto da Barragem Direita de Enrocamento que se transiciona em Barragem de Terra Homogênea que se desenvolve no trecho Leito do Rio e Margem Direita até o fechamento da sua ombreira. A partir do Muro de Abraço Direito, a barragem se desenvolve numa extensão total de 792,00 m até o encontro com a ombreira direita.

A crista das barragens de terra e das estruturas de concreto está na elevação 93,60 m, ou seja, apresenta uma borda livre de 4,0m em relação ao NA Máximo Normal do reservatório.

A sequência das etapas construtivas prevê duas fases de desvio do Rio Paraíba do Sul, ensecando-se inicialmente o braço esquerdo da Ilha Serena para construção das estruturas de concreto Vertedouro/Tomada D'Água/Casa de Força, barragem de terra margem esquerda, parte da barragem de terra/enrocamento margem direita e Dique de Fechamento. Na segunda fase o rio é desviado por 12(doze) adufas de desvio nas dimensões de 5,50(L) x 7,00(H), com soleira na El. 60,00, a serem construídas sob todos os 06(seis) vãos do Vertedouro. Ensecadeiras transversais à calha do rio/braço direito implantadas em posições montante e jusante, permitirão a construção do maciço da barragem de terra no leito do rio, margem direita, canal direito e seu fechamento na ombreira direita.

As estruturas das adufas de desvio (5,50mLx7,00mH) foram dimensionadas para a vazão de projeto de 5.194 m<sup>3</sup>/s, correspondente a um tempo de recorrência de 50 anos do período completo, com os níveis d'água atingindo 75,50m montante e 66,30m jusante.



Em sua maior extensão, a barragem é de terra, homogênea, com núcleo e espaldares de material argiloso compactado. Possui 792,00 m de comprimento e 40,00 m de altura máxima na margem direita do rio. A drenagem interna da barragem é constituída por filtro vertical de areia natural e tapete drenante horizontal de areia natural e brita. Próximo ao Muro de Abraço Direito, a barragem de terra direita homogênea transiciona-se para seção com espaldares de enrocamento e núcleo central de solo compactado, desenvolvendo-se assim numa extensão 50,00m, com o objetivo de minimizar os volumes de concreto.

O Vertedouro de superfície controlada com soleira da ogiva na EL. 76,00m e perfil tipo "Creager" é constituído por 06(seis) blocos, tipo gravidade, com comprimento total de 102,00 m, composto de 06(seis) vãos de 13,50 m separados por pilares de espessura 3,00 m e controlados por comportas segmentos de 13,50 m (L) x 13,60 m (H). Está dimensionado para passagem da vazão milenar de 7.694m<sup>3</sup>/s apresentando o N.A. na EL. 89,60m e na passagem da vazão decamilenar de 9.530 m<sup>3</sup>/s, o reservatório atinge o nível Máximo Maximorum de 90,90m, significando uma sobre-elevação de 1,30m. A dissipação de energia das águas vertidas é feita por uma laje horizontal em concreto, ancorada na rocha, com 52,08 m de extensão na El. 48,60, seguida por uma soleira de concreto em rampa com talude 1V:2H na EL.52,15m e finalizando, em continuação, com o Canal de Restituição das águas defluentes na cota de fundo do leito do rio. A dissipação da energia, das águas vertidas, será feita por ressalto hidráulico no interior da Bacia de dissipação dimensionada para uma vazão centenária de 5.764 m<sup>3</sup>/s.

A Tomada D'Água é composta por 02(dois) blocos em concreto armado adjacentes à estrutura da Casa de Força, com cerca de 41,00 m de altura a partir da soleira de apoio da Grade Metálica. Os 04(quatro) vãos da Tomada D'Água correspondentes às duas Unidades Geradoras, possuem seção geométrica variável com soleira inferior na cota 52,48m e crista da estrutura na cota 93,60m. Os 04 (quatro) vãos são dotados de grades metálicas instaladas no Portal de Entrada e o Sistema de Controle da Adução, prevê a utilização de 04(quatro) comportas ensecadeiras na Tomada D'Água e 04(quatro) comportas de emergência/operação, tipo Vagão, instaladas nos Tubos de Sucção das Unidades Geradoras.

A Casa de Força, situada em posição adjacente jusante e solidária à estrutura da Tomada D'Água através de junta de construção, é constituída por dois (02) blocos com largura unitária de 21,38 m onde se instalam as Unidades Geradora, seguida da Área de Montagem com largura de 22,00m e complementando-se com a Área de Descarga de Equipamentos com largura de 10,00m. A Casa de Força é do tipo convencional abrigada com estrutura metálica autoportante, aloja duas (02) unidades hidrogeradoras de 75,00 MW cada, perfazendo uma capacidade instalada de 150,00 MW. As turbinas são do tipo Kaplan de eixo vertical.

O Canal de Fuga a partir da soleira da Sucção na EL.39,00m, escavado em rocha em rampa ascendente de 1V:4H, foi concebido de maneira a restituir as vazões turbinadas ao leito do rio, com a menor perda de carga hidráulica possível, sem que isto acarrete uma solução onerosa.

Está prevista a construção de um Dique de Fechamento, situado na margem esquerda do reservatório. O Dique será executado com seção típica homogênea, de solo compactado, semelhante à seção adotada para a Barragem de Terra Margem Direita e Margem Esquerda, com altura máxima de 10,0 m, extensão de 95,0 m e crista na EL. 93,60m.

À jusante da Barragem de Terra Margem Esquerda está esquematizado, em caso de eventual exigência ambiental, um Sistema de Transposição de Peixes do tipo “elevador”.

## 6.2 Desvio e Controle do Rio durante a Construção

O esquema adotado para o Desvio do Rio será executado em duas fases distintas, como descrito em seguida e apresentado nos desenhos **SPEC D11-DEB-0001 e 0002**.

Na Primeira Fase de Desvio que corresponde às Primeira e Segunda Etapas Construtivas, o rio permanecerá escoando pelo seu leito natural no Canal Direito da Ilha Serena, fechado por um anel de ensecadeiras de Primeira Fase que permite a vedação do Canal Esquerdo da Ilha inclusive com a ombreira esquerda. As ensecadeiras na margem esquerda são dimensionadas para a vazão de projeto de 5.194 m<sup>3</sup>/s correspondente a TR= 50 anos período completo, resultando em N.A.s montante 67,70m e jusante 65,50m e com crista das ensecadeiras nas ELs. 69,00m montante e 67,00m à jusante, apresentando assim bordas livres. As ensecadeiras de Primeira Fase assim construídas nestas elevações, permitem a passagem de cheia de vazão 5.764 m<sup>3</sup>/s de TR=100 anos, porém com as bordas livres reduzidas. Nesta Primeira Fase serão construídas as obras do Vertedouro inclusive as Adufas de Desvio e escavados os Canais de Adução e Restituição, as obras dos Muros de Concreto, as escavações do Canal de Adução/Canal de Fuga e obras Tomada d'Água/Casa de Força, Barragem de Terra Margem Esquerda, parcialmente um trecho da Barragem de Enrocamento/Barragem de Terra Margem Direita e o Dique de Fechamento.

Na Segunda Fase (3ª Etapa e Etapa Final construtivas) para a construção da Barragem de Terra no Leito do Rio e Margem Direita, a vazão do Rio Paraíba do Sul será desviada através de 12(doze) Adufas de 5,50 m(L) x 7,0 m(H) com soleira na EL. 60,00 m dimensionadas para a vazão de projeto de 5.194 m<sup>3</sup>/s, TR= 50 anos e período hidrológico anual. Para esta condição, os níveis de água de montante e jusante são, respectivamente, 75,50 m e 66,30 m. Desta forma, as ensecadeiras transversais ao Canal Direito da Ilha foram definidas com cristas na Els. 76,50 m a montante e na El. 67,50m à jusante, ambas com bordas livres. As ensecadeiras, com estas bordas livres, permite a passagem de uma cheia de 5.764m<sup>3</sup>/s, TR=100 anos e apresentando os níveis d'água NA montante em 75,90m e NA jusante 66,60m , ou seja, as bordas livres serão reduzidas.

Nesta Segunda Fase, também serão finalizadas as Obras iniciadas na Primeira Fase.

Estão previstas uma (01) comporta “corta-fluxo” tipo Vagão e onze (11) comportas ensecadeiras tipo Plana Metálica para fechamento das Adufas de Desvio por montante, nas dimensões de 5,50 x7,0 m. Para os serviços de tamponamento com concreto das Adufas de Desvio e uso posterior na operação do Vertedouro, serão utilizadas duas(02) comportas ensecadeiras a serem instaladas à jusante das adufas nas dimensões com 13,50(L)m x 17,37(H) m.

## 6.2.1 Pré-ensecadeiras e Ensecadeiras

### 6.2.1.1 Primeira Fase (1ª Fase) de Desvio do Rio

As ensecadeiras de primeira (1ª) fase com crista de 6,00 m de largura apresentam elevações variáveis de 69,00 m a montante e 67,00 m à jusante, e tem como objetivo proteger contra inundações as áreas de serviços na ombreira esquerda e canal esquerdo da Ilha Serena, onde serão construídas as estruturas de concreto dos Muros de Concreto, Vertedouro, Tomada D'Água/Casa de Força, Barragem de Terra/Enrocamento Margem Esquerda, Dique de Fechamento e trecho parcial da Barragem de Terra/Enrocamento Margem Direita.

Para construção das ensecadeiras de Primeira Fase a montante e à jusante do braço esquerdo da Ilha Serena, inicialmente será feita a remoção de eventuais camadas de aluvião que possam recobrir o maciço são, além da retirada de blocos de rocha superficiais soltos. Em seguida será lançado na margem esquerda do rio um cordão de enrocamento (pré-ensecadeira) com taludes de inclinação 1(V):1,75(H) protegido por transição e solo lançados, com crista de 4,00 m de largura na El. 64,00 m a montante. Por fim será feito o alteamento das ensecadeiras montante/EL.69,00m e jusante/EL.67,00m em solo argiloso compactado, com talude 1(V):1,5(H) na face ensecada e enrocamento compactado, com talude 1(V):1,5(H), na face voltada para o fluxo d'água. Entre estes dois materiais haverá uma camada de transição única de 1,00 m de espessura.

As seções das ensecadeiras montante e jusante de 1ª fase estão apresentadas no desenho B11-DEB-0002.

### 6.2.1.2 2ª Fase (Segunda Fase) de Desvio do Rio

Para realização do desvio do rio Paraíba do Sul através das doze(12) adufas construídas no Vertedouro serão removidas as ensecadeiras montante e jusante do braço esquerdo da Ilha e, em seguida, serão executadas duas(02) ensecadeiras transversais no braço direito da Ilha Serena, a montante e à jusante da Barragem do Leito do Rio e Margem Direita, ressaltando que a ensecadeira montante será incorporada ao aterro compactado da Barragem de Terra Margem Direita.

Para construção destas ensecadeiras (de montante e de jusante) serão lançados diretamente sobre o leito do rio, após a remoção dos aluviões e blocos de rocha soltos, dois cordões de enrocamento afastados cerca de 140,00 m (distância entre eixos das cristas), com taludes de 1(V):1,5(H) até a El. 64,00 m a montante e 1(V):1,5(H) até a EL. 67,50 m à jusante.

Posteriormente nas faces voltadas para o fluxo d'água, será feita a cobertura do enrocamento com material de transição única, com taludes de 1(V):1,5(H) e será lançado, sobre esta camada, solo argiloso com talude final aproximadamente de 1(V):1,75(H).

A pré-ensecadeira de montante será alteada até a EL.76,50m para complementação da Ensecadeira de montante que será incorporada à Barragem de Terra.

O desenho SPEC nº B11-DEB-0002 apresenta as seções das ensecadeiras montante e jusante do braço direito da Ilha Serena.

### 6.3 Canais de Adução e de Restituição do Vertedouro

O Canal de Adução mostrado nos desenhos **SPEC G11-DEB-0005 e V11-DEB-0001** é escavado em rocha com fundo na El. 60,00 m, largura média de 100,00 m e aproximadamente 140,00 m de extensão. Para a vazão decamilenar de 9.530 m<sup>3</sup>/s, a velocidade média no canal é da ordem de 1,85 m/s.

O Canal de Restituição, mostrado nos desenhos referidos anteriormente é escavado em rocha, com elevação do fundo na El. 51,0 m com largura média de 85,00 m e aproximadamente 100,00 m de extensão. Para a vazão decamilenar de 9.530 m<sup>3</sup>/s, a velocidade média é da ordem de 6,0 m/s.

### 6.4 Adufas de Desvio

As doze(12) Adufas de Desvio, apresentadas nos desenhos **SPEC V11-DEB-0001,0002 e 003**, têm seção retangular de 5,50 m de base por 7,0 m de altura e soleira na EL. 60,0 m e foram dimensionadas admitindo-se afogamento por jusante e montante. As adufas possuem estruturas de entrada e controle dotadas de ranhuras duplas destinadas a alojar uma (01) comporta vagão e onze(11) comportas ensecadeiras de fechamento, dimensionadas para propiciar um incremento gradativo das velocidades até a seção das adufas para a vazão de projeto de 5.194 m<sup>3</sup>/s, correspondente ao tempo de recorrência de 50 anos para o período hidrológico completo e apresentando os níveis d'água nas elevações 75,50m montante e 66,30m jusante.

### 6.5 Barragem de Terra e Dique de Fechamento

#### 6.5.1 Descrição Geral

O fechamento do rio Paraíba do Sul é feito por um barramento constituído pelas estruturas da Barragem de Terra/Barragem de Enrocamento na Margem Direita/Leito do Rio/Margem Esquerda complementado por Muros de Concreto, Vertedouro e Tomada D'Água/Casa de Força situados no braço esquerdo da Ilha Serena, conforme apresentado em planta no desenho S0813B03-1-G11-DEB-0005.

A barragem de terra tem 1009,00 de extensão, altura máxima de 50,00m junto à estrutura Muro de Abraço Margem Direita e largura de crista de 6,00m na El. 93,60m. As seções típicas são apresentadas nos desenhos S0813B03-1-B11-DEB-0002, S0813B03-1-B11-DEB-0003 e S0813B03-1-B11-DEB-0004.

#### 6.5.2 Barragem de Terra Margem Esquerda e Leito do Rio/Margem Direita

A Barragem de Terra é do tipo homogênea constituída por solos argilosos coluvionares e/ou residuais maduros, provenientes de áreas de empréstimo.

O talude de montante tem inclinação 1V:2,0H desde a crista EL. 93,60m até a EL.76,50 topo da ensecadeira montante de segunda fase. A partir desta elevação, o maciço da barragem de terra na margem direita e no leito do rio incorpora a ensecadeira.

A proteção contra as ondas ocorrerá no trecho de flutuação do nível d'água entre as elevações 87,50 e 93,60m, proteção esta que será constituída por blocos dimensionados de rocha sã ("rip-rap") sobre camada de transição única prevista.

O talude de jusante têm inclinação de 1V:2,0H executado com bermas de largura variável para 10,00m de desnível máximo, sendo protegido com cobertura vegetal desde a crista até a EL.68,90. Para cotas inferiores a essa, a proteção será de enrocamento compactado devidamente transicionado.

Para a drenagem interna está previsto um filtro adjacente ao limite de jusante da crista, constituído por areia natural limpa, sem finos e uniforme, com largura de 0,70m, conectado a um tapete drenante situado sobre a fundação, tipo "sanduíche", composto por camadas envolventes de areia natural e de transições (fina e grossa).

### **6.5.3 Barragem de Enrocamento Margem Direita e Margem Esquerda**

A Barragem de Enrocamento, situada adjacente às estruturas de concreto Muro de Abraço Direito e Muro de Abraço Esquerdo, será construída com núcleo impermeável em solo compactado de 6,0 m de largura na EL. 91,60 (cota superior à cota do N.A. MÁX. MAX.) e taludes com inclinação de 1 (V) : 0,3 (H).

A faixa de transição de montante, entre o núcleo impermeável de solo compactado e o enrocamento compactado, é constituída por uma camada de areia natural em contato com o solo compactado do núcleo, seguido de uma transição única em contato com o enrocamento compactado, com espessura unitária de 0,80m cada.

A transição de jusante, entre o núcleo impermeável de solo compactado e o enrocamento compactado, é composta de 03(três) materiais distintos: uma camada de areia natural em contato com o núcleo impermeável, uma camada intermediária de transição fina, seguida de uma camada de transição grossa em contato com o enrocamento compactado, sendo as camadas com espessura unitária de 0,80m.

Os taludes de enrocamento montante e jusante tem inclinação 1V:1,3H desde a crista EL. 93,60m até a fundação em rocha sã, sem bermas intermediárias na face de jusante, exceto no trecho de inclinação variável, denominado no projeto como "trecho de transição ou Barragem de Transição" entre as barragens de terra homogênea e barragem de enrocamento.

### **6.5.4 Dique de Fechamento**

Na ombreira esquerda, cerca de 270,0 metros a montante do eixo do Barramento da UHE Itaocara, está prevista a execução de um dique em solo compactado com extensão aproximada na crista de 97,0m e altura máxima de 10,0 m com a finalidade de fazer o fechamento do "ponto de fuga" do reservatório.

O Dique é constituído por solos argilosos coluvionares e/ou residuais maduros compactados e provenientes das "áreas de empréstimo". A crista possui 6,0 m de largura e os taludes de montante e de jusante tem inclinação 1V:2H desde a crista na EL. 93,60m até a fundação, sem bermas intermediárias.

A proteção contra as ondas ocorrerá no trecho de flutuação do nível d'água a montante entre as elevações 87,50 e 93,60m e será constituída por *rip-rap*, composto por blocos dimensionados de rocha sã sobre camada de transição única. O espaldar de jusante será protegido com cobertura vegetal.

Para a drenagem interna do maciço compactado está previsto um filtro, locado adjacente ao limite de jusante da crista, constituído por areia natural limpa, sem finos e uniforme com espessura de 0,60m que se conecta ao tapete drenante horizontal, sobre a fundação, constituído de areia com 1,0 m de espessura.

A planta e as seções do Dique de Fechamento são apresentadas no desenho S0813B03-1-B11-DEB-0005.

### 6.5.5 Escavação, Tratamentos e Fundações na Barragem de Terra

A ombreira esquerda da Barragem de Terra é caracterizada pela presença de uma espessa camada de solos coluvionares residuais, em cerca de 6,0 m de espessura que assenta sobre saprolito de gnaíse e eventuais trechos em rocha alterada, totalizando uma espessura total da ordem de 15,0m.

Neste trecho, devido às baixas condições de suporte para fundação da Barragem de Terra (Nspt da ordem de 3 a 6 golpes) e valores consideráveis de permeabilidade (da ordem de  $10^{-4}$  cm/s), constatados através das sondagens e poços de inspeção nos estudos anteriores, foi prevista escavação total dos solos coluvionares e residuais, ficando o maciço da barragem assentado em solos saprolíticos.

Para controle da água do reservatório a ser percolada pela fundação, foi previsto a execução de um *cutoff* (trincheira com solo argiloso compactado), interceptando o solo saprolítico, com altura da ordem de 5,0m assente no maciço rochoso. Na região do *cutoff* ainda será executada uma cortina de injeções para a impermeabilização da rocha de fundação e minimizar possíveis percolações pelo maciço. A cortina será, em princípio, uma linha composta por furos espaçados a cada 3,00m e com 20,00m de profundidade.

Em grande parte da Barragem no leito do rio, a rocha deverá estar aflorante e, após limpeza e regularização, poderá receber os materiais do aterro da Barragem. Nesse trecho de fundação, o tratamento dependerá dos condicionantes geológico-geotécnicos e contará com uma cortina de injeções de impermeabilização com 20,0m de profundidade sob o eixo do Barramento.

Em alguns trechos do leito do rio, como na passagem pela ilha Serena, as camadas de colúvio e solo residual de baixa resistência serão totalmente removidos, ficando o maciço compactado da barragem assentado em saprolito. Como na região da ombreira esquerda, foi previsto a execução de um *cutoff*, interceptando o saprolito, com altura da ordem de 4,00m assentado na rocha sã de fundação.

Como tratamento de fundação será executada uma cortina de injeções profundas que deverá atingir, no mínimo, 20,0 m de profundidade.

Onde for identificada a presença de aluvião, o material deverá ser inteiramente removido do topo rochoso para o lançamento do aterro da barragem.

A escavação superficial da Barragem de Terra e os devidos tratamentos de fundação estão apresentados nos desenhos SPEC nº B14-DEB-001 a 0004.

No local de implantação do Dique de Fechamento ocorre uma camada de solo residual de espessura da ordem de 4,0 a 5,0 m, conforme verificado nas investigações de campo. Esse horizonte possui características homogêneas quanto à granulometria, à permeabilidade e à compactidade, além de apresentar boas condições de suporte para a fundação, exceto na camada mais superficial (cerca de 1,5 m) com presença de material mais fofo.

Em termos de tratamento está prevista, apenas, a escavação de 2,0 m de solo residual para assentamento do aterro compactado. De modo geral, estes solos apresentam valores baixos de permeabilidade, não sendo necessário nenhum tratamento específico.

### 6.5.6 Análises de Estabilidade

As análises de estabilidade dos taludes da Barragem de Terra/Enrocamento e do Dique de Fechamento foram feitas pelo “Método do Equilíbrio Limite” utilizando o método de Spencer. Foram consideradas superfícies de rupturas circulares, utilizando o *software* Slope/w do pacote GeoStudio Standart 2007 versão 7.23 da empresa canadense *GeoSlope*.

Três (03) seções foram analisadas a partir das características geométricas dos maciços e dos materiais de fundação: uma seção representativa da margem direita, uma seção representativa da margem esquerda e uma seção representativa do dique de fechamento.

Os materiais aplicados no aterro compactado e seus respectivos parâmetros geotécnicos estão descritos na Tabela 6.1.

**Tabela 6.1**  
**Barragem - Materiais e Parâmetros Geotécnicos**

Material	$\gamma$ ( $kN/m^3$ )		$c'$ ( $kPa$ )	$\phi'$ ( $graus$ )	Ru
	Natural	Saturado			
S2c – Solo argiloso compactado	18	19	20	25	0,15
Areia	-	19	0	30	-
Pedrisco	-	19	0	30	-
Enrocamento	-	20	0	46	-
Colúvio	-	18	10	20	-
Solo Residual / Saprolito	-	20	20	30	-
Gnaisse Migmatítico	BEDROCK <sup>(1)</sup>				

#### Notas

(1) Configuração assumida para a fundação (Leito Rochoso) na qual o programa considera que o círculo de ruptura não passará pela rocha;

Maiores detalhes referentes às análises de estabilidade e dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna são apresentadas no Anexo correspondente “Documentos Complementares”.

**Tabela 6.2**  
**Resultados das análises de estabilidade dos taludes**

Seção	Condições	Talude	Fator de segurança
Margem Direita	Regime permanente	Jusante	1,53
	Ação sísmica (RP)	Jusante	1,34
	Final de construção	Montante	1,33
		Jusante	1,43
	Ação sísmica (final de construção)	Montante	1,17
		Jusante	1,25
Margem Esquerda	Regime permanente	Jusante	1,67
	Ação sísmica (RP)	Jusante	1,46
	Final de construção	Montante	1,76
		Jusante	1,59
	Ação sísmica (final de construção)	Montante	1,56
		Jusante	1,40
Dique	Regime permanente	Jusante	1,91
	Ação sísmica (RP)	Jusante	1,69
	Final de construção	Montante	2,18
		Jusante	1,91
	Ação sísmica (final de construção)	Montante	1,93
		Jusante	1,69

Pelos resultados obtidos, observa-se que o barramento e o dique de fechamento apresentam fatores de segurança adequados quanto à estabilidade.

As saídas do programa de estabilidade com as seções consideradas são apresentadas no anexo correspondente.

### 6.5.7 Instrumentação Geotécnica

Para acompanhamento do comportamento da barragem de terra e do dique foi prevista a instalação de 24 (vinte e quatro) piezômetros tipo Casagrande e 28 (vinte e oito) marcos superficiais de recalque. O projeto de instrumentação é contemplado nos desenhos S0813B03-1-B21-DEB-0001 a 0009.

Os piezômetros tipo Casagrande monitoram o comportamento do sistema de drenagem interna e as poropressões geradas no maciço.

Os marcos superficiais de deslocamento mostram o comportamento da barragem no que se refere a deformações superficiais.



### 6.5.8 Origem e Aplicação dos Materiais Naturais de Construção

Para conhecimento da origem e aplicação dos materiais naturais de construção nos Aterros da Barragem de Terra, Barragem de Enrocamento, Dique de Fechamento, ensecadeiras aterros diversos e obras de concreto foram elaborados os desenhos **SPEC G26-DEB-0011 e 0012** que indicam as jazidas de argilas, pedreiras e areias naturais.

## 6.6 Muros de Concreto

### 6.6.1 Muro de Abraço Esquerdo

Adjacente à Área de Descarga de Equipamentos conforme mostrado nos **Desenhos G11-DEB-004, C11-DEB-0005, M11-DEB-0001 e M12-DEB-0001**, o Muro de Abraço Esquerdo tem comprimento de 20,00 m na parte superior, crista na elevação 93,60 m com largura de 8,00m e é assente em rocha na elevação 60,00 m.

É uma estrutura maciça de gravidade que tem em seu corpo, na parte jusante, um Muro de Contenção de extensão 26,34m para apoio da Barragem de Enrocamento Margem Esquerda e apresenta na sua parte inferior, no sentido longitudinal, uma Galeria de Drenagem e Injeção.

### 6.6.2 Muro de Aproximação Direito do Vertedouro

Posicionado junto da estrutura do bloco 06 (seis) Vertedouro, a montante lado direito, este muro de gravidade (ver Desenho **SPEC M11-DEB-0003**) tem em sua parte superior um trecho em concreto estrutural com forma hidráulica cuja função principal é guiar o fluxo de água e conduzi-lo pelo Vertedouro.

Tem a crista na elevação 93,60 m, extensão para montante de 50,58m, está assente em rocha na elevação 52,00 m e serve de contenção para apoio da Barragem de Enrocamento Margem Direita.

### 6.6.3 Muro Divisor entre o Vertedouro e a Tomada d'Água

Este Muro posicionado no Lado Esquerdo Hidráulico do Barramento conforme mostrado nos desenhos **SPEC M11-DEB-004 e M12-DEB-004**, separa fisicamente as estruturas Vertedouro e Tomada D'Água. Sua finalidade é guiar o fluxo de água afluyente e conduzi-lo em direção ao Vertedouro, ou seja, seria o Muro de Aproximação Esquerdo do Vertedouro.

Tem a crista na elevação 93,60 m e é assente em rocha na elevação 45,50 m.

Está previsto, em seu maciço, o Poço de Escada que permite o acesso à Galeria de Drenagem e Injeção existente na parte inferior das estruturas Vertedouro e Tomada d'Água.

#### 6.6.4 Muro de Abraço Direito

Adjacente ao Bloco 06 (seis) do Vertedouro conforme Desenho **SPEC M11-DEB-0002**, o Muro de Abraço Direito em estrutura gravidade maciça de concreto está situado na margem direita e serve de contenção para o aterro da Barragem de Enrocamento Direita. Apresenta extensão 31,00m, largura 20,00m e está assente em rocha na elevação 52,00 m e crista na elevação 93,60 m.

A partir da crista da estrutura e até à EL. 76,30m foi previsto um Poço de Armazenamento para estocagem das Comportas Ensecadeiras do Vertedouro.

#### 6.7 Vertedouro de Superfície Controlada

##### 6.7.1 Estrutura Extravasora e Bacia de Dissipação

A estrutura extravasora ou vertente é constituída por seis (06) vãos controlados por comportas de segmento circular com dimensões de 13,50 m (H) x 13,60 m (V) e soleira na El. 76,00 m. A seção e planta do arranjo geral do Circuito Extravasor (Vertedouro e Bacia de Dissipação) são apresentados nos desenhos V-11-DEB-0001 e V-11-DEB-0002.

De acordo com as recomendações do “HDC/*Hydraulic Design Criteria do U.S. ArmyCorps of Engineers*”, adotou-se vertedouro com soleira alta, do tipo “WES” com relação  $H_e/H_d = 1,1$  também buscando-se a maximização do coeficiente de vazão. Foi dimensionado para escoar a vazão de projeto de 9.530 m<sup>3</sup>/s correspondente à cheia decamilenar (TR=10.000 anos), com sobrelevação de 1,30 m em relação ao nível máximo normal montante de 89,60 m, proporcionando um Nível Máximo Maximorum de 90,90m. Para a passagem da cheia milenar de 7.649m<sup>3</sup>/s pelos seis (06) vãos do Vertedouro, o reservatório permanece na EL. de 89,60m que é o N.A. Máximo Normal.

A montante da soleira vertente, a estrutura é provida de ranhuras onde são instaladas as guias para operação da comporta ensecadeira em qualquer dos vãos. Assim, será possível seu ensecamento para permitir eventuais manutenções à jusante que se façam necessárias durante a fase de operação do Vertedouro nas áreas de concreto e nas comportas segmentos.

A comporta ensecadeira de operação, do tipo plana metálica, e seus respectivos painéis serão movimentados por um Pórtico Rolante que se deslocará sobre trilhos no “deck”/plataforma principal na El. 93,60 m, crista da estrutura Vertedouro.

A Galeria de Drenagem e Injeção inserida na estrutura Vertedouro, com seção retangular de dimensões de 2,5 m(L) x 3,0 m(H), está posicionada em elevação inferior às comportas ensecadeiras montante das Adufas de Desvio e desenvolve-se ao longo do seu eixo, paralela à superfície da escavação. Permitirá o livre acesso à estrutura inferior do Vertedouro para inspeção, a execução de cortina de drenagem da fundação, a execução dos furos de injeção com calda de cimento para implantação da cortina de vedação do maciço rochoso e ação de eventuais medidas emergenciais durante a vida útil da Usina. A execução de drenos verticais da Cortina de Drenagem, a partir do Piso da Galeria, garantirá o direcionamento de qualquer água de infiltração pelo maciço rochoso para as canaletas da Galeria de Drenagem e Injeção.

A Bacia de Dissipação foi dimensionada de acordo com a Metodologia do “*Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*” do U.S. Department of the Interior para a vazão centenária de 5.764 m<sup>3</sup>/s e verificada para a vazão decamilenar de 9.530 m<sup>3</sup>/s.

A vazão defluente do Vertedouro será conduzida ao Canal de Restituição, logo após uma rampa de 1(V):3(H) até a El. 58,50m, de onde o escoamento é conduzido à calha natural do rio.

As principais características geométricas da estrutura extravasora e Bacia são:

- Largura unitária útil dos vãos = 13,50 m
- Largura unitária do pilar intermediário = 2,50 m
- Largura unitária dos pilares extremos = 3,00 m
- Cota da crista da soleira vertente (ogiva) = 76,00 m
- Altura máxima da estrutura = 40,27 m
- Extensão da Estrutura Vertente+ Bacia de Dissipação = 45,89+52,08=97,97m
- Largura Livre da Bacia de Dissipação = 96,00 m.

### 6.7.2 Escavações, Tratamentos e Fundações

O Vertedouro, o Muro Direito de Aproximação e o Muro de Abraço Direito serão assentados sobre maciço rochoso na El. 53,00m, enquanto que o Muro Divisor e a Tomada D'Água no trecho da Galeria de Drenagem e Injeção estarão assentes na El. 45,50m, o que demandará a remoção de eventuais horizontes de aluvião e a escavação de rocha são e pouco alterada.

O maciço rochoso apresenta valores de permeabilidade equivalentes pouco variáveis nos locais das estruturas de concreto, desde alta (H4-H3), sobretudo nos trechos iniciais, a baixa a muito baixa (H2-H1), o que possibilita qualificar o maciço como pouco permeável.

Em vista destas características, a fundação das estruturas Vertedouro e Tomada D'Água receberá tratamento constituído por uma cortina de injeção de impermeabilização com 20,0 m de profundidade, 76,0 mm de diâmetro e espaçamento em princípio de 3,0 m, além de uma cortina de drenagem com furos de 20,0 m de profundidade e 3,0 m de espaçamento, ambas executadas a partir do piso da Galeria de Drenagem e Injeção.

Quanto aos taludes laterais das escavações obrigatórias, principalmente aquelas relacionadas à implantação da casa de força, onde poderão atingir alturas da ordem de 35,0m, foi previsto apenas tratamentos eventuais através de ancoragens passivas para a estabilização de blocos potencialmente instáveis e concreto projetado reforçado com fibras para o tratamento de eventuais zonas muito fraturadas. Os desenhos SPEC nº G14-DEB-0005 e G26-DEB-0006 apresentam os tratamentos eventuais.

### 6.7.3 Equipamentos Hidromecânicos do Vertedouro

#### 6.7.3.1 Comportas Ensecadeiras de Manutenção do Vertedouro

Para garantir o ensecamento de qualquer um dos 06 (seis) vãos do Vertedouro, para fins de manutenção das comportas segmentos ou superfícies de concreto, serão utilizadas duas(02) comportas ensecadeiras na fase de operação da Usina.

As comportas ensecadeiras serão formadas por 6 (seis) painéis iguais e intercambiáveis, exceto o painel superior que será dotado de válvula “by-pass” para equilíbrio de pressões hidráulicas entre os lados montante e jusante das comportas. A manobra dos painéis será efetuada por uma viga pescadora acoplada ao gancho principal do Pórtico Rolante da Tomada d'Água/Vertedouro.

A comporta ensecadeira será metálica, plana, sem rodas, com duas sapatas de guia em cada lateral, com paramento e vedação do lado jusante. As vedações estarão dispostas nas partes inferior e laterais, atuando contra o quadro de vedação composta dos blocos laterais e soleira. Utilizará borrachas do tipo nota musical nas partes laterais e frontal e borrachas tipo barra chata para vedação inferior de cada painel, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável.

As operações de instalação e retirada das comportas ensecadeiras das ranhuras de operação serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas. Para a retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por intermédio das duas válvulas “by-pass”, instaladas no painel superior da comporta ensecadeira, as quais serão acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A viga pescadora suspenderá o painel da comporta por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão e será manobrada pelo gancho principal do Pórtico Rolante da Tomada d'Água/Vertedouro.

Em cada ranhura de operação será estocado um painel de comporta através de dispositivos de calagem. Os painéis restantes e a viga pescadora serão estocados no Poço de Armazenamento da estrutura Muro de Abraço Direito.

#### Características Técnicas Principais:

- Tipo de comporta .....ensecadeira de superfície
- Operação .....pórtico rolante
- Paramento e plano de vedação.....jusante
- Número de comportas ..... 02
- Número de painéis por comporta ..... 06
- Número total de jogos de peças fixas para as ranhuras de operação ..... 06
- Número de jogos de dispositivos de calagem ..... 06
- Número de vigas pescadoras..... 01
- Largura do Vão livre..... 13,50m

- Altura do Vão Livre..... 15,80m
- Elevação do piso de operação do Vertedouro ..... 93,60 m
- Elevação do NA Maximo Maximorum..... 90,90 m
- Elevação do NA máximo normal ..... 89,60 m
- Elevação da soleira da comporta ..... 76,00 m

### 6.7.3.2 Comportas Segmento de Operação do Vertedouro

A Usina Hidrelétrica de Itaocara 1 apresenta a estrutura Vertedouro com 6 (seis) vãos, cada um com 13,50 m de vão livre, onde serão instaladas comportas de superfície do tipo segmento.

O acionamento de cada comporta será efetuado por dois cilindros hidráulicos de simples efeito à tração, comandados e controlados localmente através da Sala Central Oleodinâmica, localizada no pilar do Vertedouro e comum à cada duas comportas segmentos e acionada também, remotamente, da Sala de Controle da Usina. Os cilindros hidráulicos serão pivotados pela extremidade superior em vigas metálicas fixadas nos pilares e pela extremidade inferior no tabuleiro da comporta. Estes “pivotamentos” consistirão de juntas esféricas ou buchas esféricas autolubrificante para se evitar, qualquer que seja a posição da comporta, solicitações indesejáveis nos pontos de conexão com o cilindro hidráulico.

As vedações estarão dispostas nas partes inferior e laterais, atuando contra o quadro de vedação composto do caminho de deslizamento, das guias laterais e da soleira. Utilizará borrachas do tipo nota musical nas partes laterais e borrachas tipo barra chata para vedação inferior. As vedações deverão ser fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável.

Os mancais principais serão de buchas autolubrificantes e além de permitirem a rotação das comportas segmentos, tem como função principal transmitir a resultante dos esforços hidráulicos, as componentes do peso próprio da comporta e as cargas decorrentes do sistema de acionamento às vigas de concreto protendido.

Os equipamentos de acionamento, comando e controle local das comportas serão agrupados para duas comportas adjacentes e localizadas numa câmara do pilar comum às duas comportas.

A operação de fechamento deverá ser realizada sob a ação do peso próprio da comporta, sob quaisquer condições de vazão.

Para inspeção e manutenção das comportas segmento, existirão duas (02) comportas ensecadeiras na fase de operação da Usina que se instalarão a montante para garantir o represamento e ensecamento das áreas à jusante e, para se manter as comportas segmentos na posição de abertura total para fins de manutenção, liberando-se os cilindros hidráulicos dos esforços de acionamento, haverá dispositivos de calagem dispostos no topo das peças fixas/guias da comporta.

As peças fixas embutidas de 1° e 2° estágios deverão incluir: chumbadores, soleiras, guias laterais, guias de deslizamento e apoio da vedação, contra-guias e guias laterais. As guias de deslizamento deverão ser revestidas por chapas em de aço inox com espessura mínima de 5,0 mm. As superfícies de deslizamento deverão ser esmerilhadas para eliminação de ressaltos.

Características Técnicas Principais:

- Tipo de Comporta ..... Segmento de superfície
- Operação ..... cilindro hidráulico de simples efeito
- Número de comportas ..... 06
- Número de jogos de peças fixas ..... 06
- Número de jogos de dispositivos de calagem ..... 06
- Vão livre ..... 13,50 m
- Raio do paramento da Comporta ..... 17,30 m
- Elevação do piso de operação do Vertedouro ..... 93,60 m
- Elevação do NA Maximo Maximorum ..... 90,90 m
- Elevação do NA Máximo Normal ..... 89,60 m
- Elevação da soleira da comporta segmento ..... 75,50 m
- Elevação da crista da viga do munhão da comporta ..... 81,7 2 m
- Elevação da Sala Central Oleodinâmica ..... 93,60 m
- Velocidade na abertura ..... 0,25 m/min. (Ajustável)
- Velocidade no fechamento ..... 0,25 m/min. (Ajustável)
- Altura do “free-board” ..... 1,20 m

### 6.7.3.3 Comporta Vagão de Montante das Adufas de Desvio

A interrupção do fluxo d’água através das doze(12) Adufas de Desvio será feita por uma(uma) comporta “corta-fluxo”, do tipo vagão, operando nas ranhuras de montante, possibilitando assim, a colocação das onze (11) comportas ensecadeiras na ranhura de jusante que ficarão de forma definitiva. Na última Adufa de Desvio na fase de operação do “Fechamento do Desvio”, a comporta “corta-fluxo” vagão será instalada de forma definitiva, na ranhura de jusante.

A operação de “Fechamento do Desvio” será feita por meio de um guindaste móvel do Construtor operando na Ponte Principal Montante do Vertedouro, com auxílio de hastes metálicas. Após a interrupção do fluxo de água pelas 12 (doze) Adufas de Desvio, as galerias serão fechadas com “plugs” de concreto e as comportas não serão recuperadas.

A comporta vagão será plana e possuirá plano de vedação e paramento voltados para a face de jusante.

A comporta resistirá à pressão correspondente ao nível máximo normal do reservatório (EL.89,60m) com a adufa vazia, podendo ser fechada sob o fluxo de água máximo previsto para a época do desvio.

O paramento será suportado por vigas horizontais e longarinas. As vedações estarão dispostas nas partes inferior, superior e laterais, atuando contra o quadro de vedação composto dos blocos laterais, da soleira e frontal, utilizando borrachas de vedação do tipo “nota musical” nas laterais, vedação plana na soleira e vedação dupla aba na frontal.

A comporta vagão será manobrada com o auxílio de hastes metálicas acoplada ao gancho do guindaste móvel do Construtor.

As peças fixas a serem embutidas no concreto de 1º e 2º estágios incluirão chumbadores, soleiras, pista de deslizante e apoio da vedação, contra-guias e guias laterais. As partes embutidas serão fabricadas em subconjuntos, unidos por solda na Obra, durante a montagem.

As peças fixas serão comuns, podendo ser operadas tanto pela comporta vagão ou pela comporta ensecadeira.

As peças fixas se estenderão desde a soleira da ogiva vertente até a elevação 60,00 m, correspondente ao piso de operação da Adufa de Desvio.

#### Características Técnicas Principais:

- Tipo de comporta ..... Vagão
- Acionamento ..... Guindaste Móvel do Construtor ou Pórtico Rolante
- Paramento e plano de vedação ..... jusante
- Número de comportas..... 01
- Número total de jogos de peças fixas ..... 12
- Número de jogos de hastes metálicas ..... 01
- Elevação do piso de operação do Vertedouro ..... 93,60 m
- Elevação do piso de operação da Adufa de Desvio ..... 60,00 m
- Elevação do NA maximo maximorum..... 90,90 m
- Elevação do NA máximo normal ..... 89,60 m
- Elevação da soleira da comporta ..... 60,00 m
- Largura livre ..... 5,50 m
- Altura livre ..... 7,00 m

#### 6.7.3.4 Comportas Ensecadeira de Montante das Adufas de Desvio

Após a interrupção do fluxo d’água executada pela comporta vagão, serão instaladas nas ranhuras à jusante da Comporta Vagão as comportas ensecadeira de montante de modo a garantir o esgotamento à jusante no recinto interno das Adufas de Desvio, permitindo condições de ensecamento das Adufas para posterior execução dos tampões de concreto.

Cada comporta ensecadeira será formada por 03 (três) painéis iguais e intercambiáveis. A manobra dos painéis será efetuada por uma viga pescadora acoplada ao gancho de um guindaste móvel do Construtor, operando no piso de operação do Vertedouro EL. 93,60m.

A comporta ensecadeira será metálica, plana, sem rodas, com duas sapatas de guia em cada lateral, com paramento e vedação do lado jusante. As vedações estarão dispostas nas partes inferior e laterais, atuando contra o quadro de vedação composta dos blocos laterais e soleira. Utilizará borrachas do tipo nota musical nas partes laterais e frontal e borrachas tipo barra chata para vedação inferior de cada painel, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável.

As chapas estanques do painel serão previstas do lado montante, sustentadas por vigas verticais e horizontais que transmitirão às peças fixas no concreto a carga hidráulica aplicada no painel.

As peças fixas embutidas de 1° e 2° estágios deverão incluir: chumbadores, soleiras, guias laterais, lintel, pista de deslizamento e apoio da vedação, contra-guias e guias laterais. Deverão ser previstas para superfície de deslizamento das comportas, chapas em aço inoxidável com espessura mínima de 5,0 mm. As superfícies de deslizamento serão esmerilhadas para eliminação de ressaltos.

#### Características Técnicas Principais:

• Tipo de comporta .....	Ensecadeira de fundo
• Acionamento .....	Guindaste Móvel do Construtor ou Pórtico Rolante
• Paramento e plano de vedação .....	Jusante
• Número de comportas.....	11
• Número de painéis por comporta .....	03
• Número total de jogos de peças fixas .....	12
• Número de vigas pescadora .....	01
• Elevação do piso de operação do Vertedouro .....	93,60 m
• Elevação do piso de operação da Adufa de Desvio .....	60,00 m
• Elevação do NA Maximo Maximorum.....	90,90 m
• Elevação do NA Máximo Normal.....	89,60 m
• Elevação da soleira da comporta .....	60,00 m
• Vão livre.....	5,50 m
• Altura livre .....	7,00 m



### 6.7.3.5 Comportas Ensecadeira de Jusante do Vertedouro

Para vedar à jusante das Adufas de Desvio permitindo assim o seu tamponamento com concreto de segundo estágio, serão utilizadas as comportas ensecadeira de manutenção do vertedouro descritas no **item 6.7.3.1** desse relatório com a adição de 01 (um) painel em cada uma das comportas. A operação será realizada por meio de guindaste móvel de construção, sempre com equilíbrio de pressões, ou seja, com a Adufa de Desvio do Rio já fechada.

Características Técnicas Principais:

- Tipo de comporta ..... ensecadeira de superfície
- Operação ..... Guindaste Móvel do Construtor
- Número de painéis complementares das comportas ..... 02
- Número total de jogos de peças fixas para as ranhuras das comportas ..... 12
- Vão livre..... 13,50 m
- Elevação do topo do muro lateral do Vertedouro ..... EL 66,40 m
- Elevação do NA Normal de jusante..... EL 61,28 m
- Elevação da soleira da Comporta ..... EL 48,60 m

### 6.7.4 Dispositivo de Vazão Ecológica ou Vazão Remanescente

Para garantir a manutenção da vazão ecológica definida em 120,60 m<sup>3</sup>/s (Qeco = 80% de Qmin. mensal) durante o enchimento do reservatório, até que seja atingida a crista da soleira do Vertedouro na EL.76,00m, será usado um “Esquema de Fechamento das Adufas de Desvio” que dispensará a utilização de qualquer dispositivo para manutenção da vazão remanescente durante o enchimento do Reservatório.

Em linhas gerais o fechamento das Adufas de Desvio será das extremidades para o centro, com o fechamento de duas(02) adufas simétricas em relação ao centro da estrutura Vertedouro de cada vez, até completar-se décimo fechamento.

Já com o reservatório em ascensão, as duas últimas adufas centrais serão fechadas individualmente. No fechamento da última adufa de desvio será usado o esquema de “cracking”(pequenos fechamentos com pequenas descidas da comporta vagão) para permitir o controle da subida do reservatório, permitir a passagem da vazão de 120,60m<sup>3</sup>/s pela última adufa até atingir-se a EL 76,00m da crista da ogiva vertente.

Atingida a soleira do vertedouro, a vazão residual deverá ser garantida através da operação das comportas segmentos do Vertedouro já devidamente testadas, comissionadas e em plena fase de operação.

Em seguida apresenta-se o estudo elaborado sob o título de “Operação de Fechamento do Desvio do Rio”.

As premissas e resultados do estudo elaborado estão visualizados no texto, tabela e figuras seguintes.

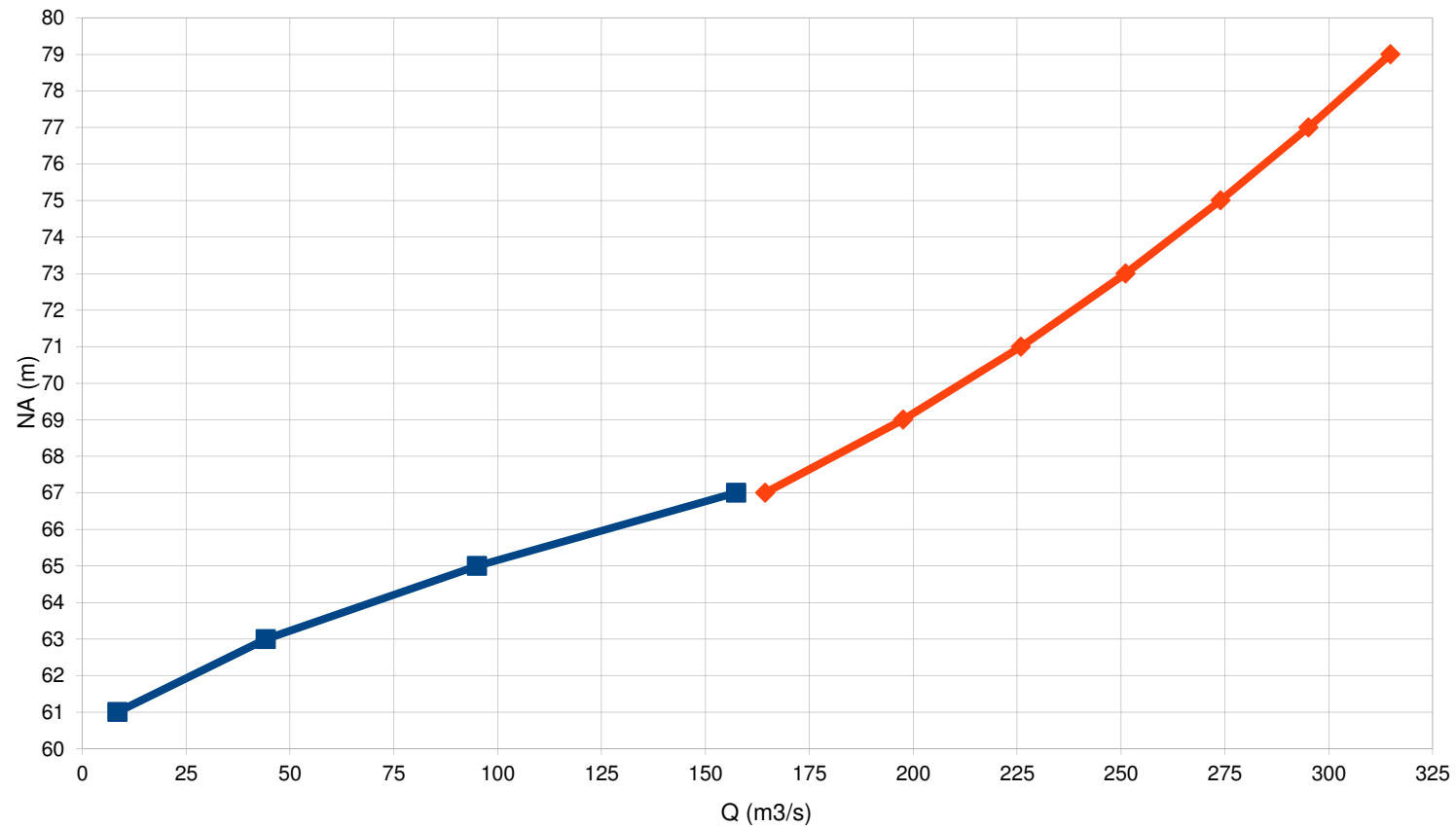
- a) Vazão Ecológica/Residual  $Q = 120,60\text{m}^3/\text{s}$ ;
- b) Fechamento do Desvio pelas Adufas poderá ocorrer durante os meses de Setembro / Outubro Ano3. Foram adotadas as vazões médias mensais destes meses;
- c) Cotas superiores das ranhuras para Comportas Ensecadeiras de Montante e Comporta Vagão de Montante serão mais altas do que os níveis d'água ocorridos a montante durante a operação de fechamento, evitando-se assim o galgamento pelas ranhuras;
- Cota topo das ranhuras da Comporta Vagão Montante El.71,29m
  - Cota topo das ranhuras das Comportas Ensecadeiras Montante El.73,54m
  - Os níveis d'água montante, durante a operação de Fechamento das Adufas de Desvio, estão apresentados no Anexo I.
- d) O fechamento final, na última Adufa de Desvio, será com a Comporta Vagão que não será retirada. Esta Comporta Vagão liberará uma Vazão Ecológica/Remanescente conforme gráfico apresentado no Anexo II.
- A Comporta Vagão deverá ter um peso estimado de 13 t., desconsiderando-se os esforços hidrodinâmicos.
- e) No Anexo III estão relacionados a curva de Abertura Comporta Vagão versus N.A. Montante.

**ANEXO I**  
**Operação Fechamento das Adufas Desvio x NA Montante**

<b>Nº Adufas Abertas</b>	<b>N.A Montante(m) Mês Setembro <math>Q_{med} = 241,00m^3/s</math>(vazão afluente)</b>	<b>N.A Montante(m) Mês Outubro <math>Q_{med} = 268,00m^3/s</math>(Vazão afluente)</b>
12 adufas	61,80	61,90
08 adufas	62,30	62,50
06 adufas	62,80	63,00
05 adufas	63,20	63,40
04 adufas	63,70	64,00
03 adufas	64,50	64,80
02 adufas	65,90	66,40
01 adufa	72,20	74,50

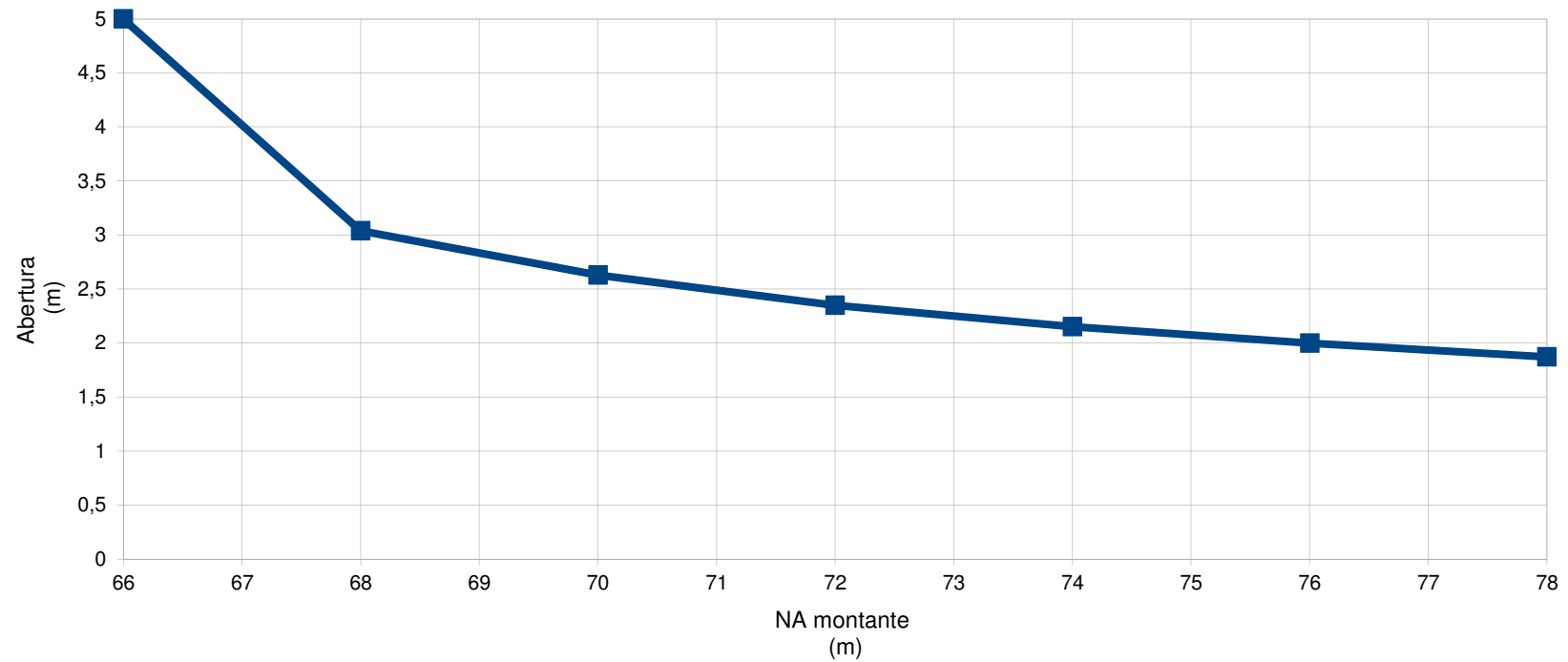
## ANEXO II

### Curva de Descarga de 01 (Uma) Adufa de Desvio (Adufa Final)



### ANEXO III Curva Abertura Comporta Vagão x N.A. Montante

Liberação da Vazão Ecológica/Remanescente -120,60m<sup>3</sup>/s  
Curva Abertura Comporta Vagão x N.A. montante



### 6.7.5 Circuito Hidráulico de Adução

O Circuito Hidráulico de Geração foi concebido de forma a melhor aproveitar técnica e economicamente as condições topográficas e geológico-geotécnicas do trecho previsto para sua implantação, desta forma sua estrutura está situada no Canal Esquerdo da Ilha Serena apoiada em rocha sã. O arranjo geral do Circuito Hidráulico de Geração é mostrado nos desenhos SPEC C11-DEB-0002, 0003, 0004, 0005, 0006 e C11-DEB-001.

### 6.7.6 Canal de Adução

O Canal de Adução à Tomada d'Água é um canal escavado em rocha sã, com largura aproximada de 45,0 m e extensão de 80,0 m, com fundo variando da EL. 60,00 m na extremidade de montante a El. 52,50 m junto da Tomada d'Água. A vazão de engolimento máxima é de 666,00 m<sup>3</sup>/s.

### 6.7.7 Tomada d'Água de Adução

A estrutura da Tomada d'Água de Adução da Casa de Força é composta de dois (02) Portais de Entrada com dois vãos por Portal, com cada vão dotado de grade metálica de proteção de 22,00 m de altura por 9,75 m de largura. Os quatro (04) vãos prosseguem, e são controlados por quatro (04) comportas ensecadeiras nas dimensões livres de 7,76 m (L) x 13,95 m (H) para conectar-se à Casa de Força, em posição adjacente jusante e solidária à estrutura da Tomada D'Água através de junta de construção.

A vazão unitária de engolimento cada Unidade da Tomada D'Água que se conecta à cada Unidade Geradora da Casa de Força é de 333,00 m<sup>3</sup>/s, a velocidade na Grade Metálica é de 1,56 m/s e na Comporta Ensecadeira é de 3,36 m/s.

### 6.7.8 Equipamentos da Tomada d'Água

#### 6.7.8.1 Grades Metálicas

Para a proteção da Tomada d'Água contra a entrada de detritos com dimensões iguais ou maiores que 100,00 mm teremos painéis de grades intercambiáveis do tipo removível.

Cada bloco/unidade da Tomada d'Água, dividida em duas aduções por um pilar vertical de concreto, contará a partir da cota da soleira, com um gradeamento de aproximadamente 215 m<sup>2</sup>, com inclinação para jusante de 11,31°, com relação ao plano vertical.

Cada adução consistirá de sete painéis empilhados, sendo um superior e seis inferiores iguais e intercambiáveis, perfazendo um total de vinte (28) painéis de grade na Tomada d'Água.

Os painéis se constituirão de barras chatas verticais espaçadas pela linha de centro de 100,00 mm e apoiadas em vigas horizontais de estrutura soldada.

Os painéis superiores serão providos de uma transição, na sua parte superior que permita a passagem do rastelo da máquina limpa-grades de suas guias para as barra dos painéis das grades. Os painéis inferiores serão intercambiáveis.

Deverão ser projetadas para uma pressão diferencial de 30 kPa aplicada à área total de proteção e ao impacto de um objeto submerso de peso 10 kN, movendo-se a uma velocidade de 1,0 m/s, com superfície de contato circular de 0,20 m<sup>2</sup>. Quanto à estabilidade dinâmica, as barras deverão ter frequência própria de, no mínimo, 1,5 vezes a frequência de turbilhonamento correspondente à máxima vazão de disparo da turbina, considerando as grades com 50% de obstrução.

Os painéis serão manobrados através do Pórtico Rolante da Tomada d'Água/Vertedouro com o auxílio de uma viga pescadora.

A viga pescadora suspenderá os painéis de grade por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão dos painéis e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho do Pórtico Rolante da Tomada d'Água/Vertedouro.

Para a garantia de geração de energia, sem perdas de carga apreciáveis, as grades metálicas deverão ser limpas sempre que a perda de carga nas mesmas atingir um valor pré-determinado. Para tal objetivo teremos um sistema detector de perdas de carga com tomadas de pressão a montante e a jusante das grades, com indicação local da medida e transmissão à Sala de Controle de dois alarmes por grupo: o primeiro para 0,30 m de perda de carga e o segundo para 1,0 m, com precisão mínima dos aparelhos de medição de 10 cm.

#### Características Principais Garantidas:

• Tipo de grades metálicas .....	removível
• Operação .....	pórtico rolante
• Número de vãos.....	04
• Número de painéis superiores da grade .....	04
• Número de painéis de grade iguais e intercambiáveis .....	24
• Número total de painéis de grade .....	28
• Número total de jogos de peças fixas (04x2=8).....	04
• Número de jogos de peças fixas para o Poço de Estocagem da viga pescadora .....	01
• Número de vigas pescadoras .....	01
• Vão livre.....	9,23m
• Altura livre na vertical.....	20,94m
• Espaçamento entre linhas de centro das barras verticais	100 mm
• Elevação do piso de operação da Tomada d'Água	93,60 m
• Elevação do NA maximo maximorum	90,90 m
• Elevação do NA máximo normal	89,60 m
• Elevação topo do portal de entrada da Tomada d'Água.....	73,44m

- Elevação da soleira das grades ..... 52,50 m
- Carga de projeto ..... 30 kPa
- Razão mínima entre a frequência própria das barras e a frequência de turbilhamento considerando as grades com 25% de obstrução..... 1,5

### 6.7.8.2 Comportas Ensecadeira

As comportas ensecadeira da Tomada d'Água destinam-se ao ensecamento das duas Unidades Hidrogeradoras, possibilitando assim a inspeção geral da Tomada D'Água/Casa de Força e a manutenção das comportas de emergências da sucção e das turbinas.

Deverão ser previstas 04 (quatro) comportas ensecadeiras, compostas de 06 (seis) painéis, construídos em aço estrutural soldado, para serem utilizadas para o fechamento do fluxo pela estrutura de modo a permitir o esvaziamento de todo o circuito de geração. A comporta ensecadeira será prevista com válvulas *by-pass* e será operada através de viga pescadora. As operações de colocação e retirada dessa comporta serão feitas sem fluxo d'água, através do pórtico da tomada d'água.

As comportas ensecadeira, formadas por 06 (seis) painéis cada, serão metálicas, planas, com duas sapatas de guia em cada lateral, com paramento e vedação do lado jusante sustentado por vigas horizontais e verticais, que transmitirão a carga hidráulica, através das peças fixas, ao concreto da estrutura. Os painéis deverão ter contra-guias e guias laterais.

As vedações estarão dispostas nas partes inferior, laterais e frontal, atuando contra o quadro de vedação composto do caminho de deslizamento, das guias laterais, da soleira e frontal. Utilizará borrachas do tipo nota musical nas partes laterais e frontal e borrachas tipo barra chata para vedação inferior. As vedações deverão ser fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável.

Os painéis deverão ser armazenados em cavaletes dispostos na plataforma/crista da tomada d'água EL. 93,60m.

As peças fixas embutidas de 1º e 2º estágios deverão incluir: chumbadores, soleiras, guias laterais, frontal, guias de deslizamento e apoio da vedação, contra-guias e guias laterais. As guias de deslizamento deverão ser revestidas por chapas de aço inoxidável com espessura mínima de 5,0 mm. As superfícies de deslizamento deverão ser esmerilhadas para eliminação de ressaltos.

Em cada ranhura de operação será estocado um painel de comporta ensecadeira. Os demais painéis e a viga pescadora serão estocados em um Poço de Armazenamento localizado na Área de Montagem localizada adjacente à Unidade 1 da Tomada D'Água.

Características Técnicas Principais:

- Tipo de comporta ..... ensecadeira de fundo
- Operação ..... Viga pescadora /Pórtico rolante
- Paramento e plano de vedação..... jusante
- Número de comportas ensecadeiras..... 04



• Número de painéis por comporta .....	06
• Número total de jogos de peças fixas para as ranhuras de operação .....	04
• Número de jogos de peças fixas para o poço de estocagem .....	02
• Número de jogos de dispositivos de calagem .....	04
• Número de vigas pescadoras.....	01
• Vão livre.....	7,76 m
• Altura livre.....	13,95 m
• Elevação do piso de operação da Tomada d'Água .....	93,60 m
• Elevação do NA máximo maximorum.....	90,90 m
• Elevação do NA máximo normal .....	89,60 m
• Elevação da soleira da comporta .....	49,12 m

### **6.7.8.3 Pórtico Rolante e Máquina Limpa-Grades da Tomada d'Água / Vertedouro**

A Tomada d'Água e Vertedouro da UHE Itacara I será equipada com um Pórtico Rolante com a finalidade de operar os elementos das comportas ensecadeiras da Tomada d'Água e Vertedouro, colocar e retirar os painéis das grades metálicas e movimentar as tampas metálicas de fechamento das ranhuras de operação das comportas. Este Pórtico Rolante será equipado, também, com um mecanismo completo capaz de fazer a limpeza das grades de proteção da Tomada d'Água.

O Pórtico Rolante será equipado com um carro guincho, totalmente coberto, para abrigar os mecanismos do guincho e da direção do carro. O mecanismo do guincho será do tipo suspensão através de um moitão e equipado com olhal, contendo um furo para acoplamento na viga pescadora.

O Pórtico Rolante será equipado com uma talha elétrica móvel, destinada a colocar e retirar os painéis das grades da Tomada d'Água, com o auxílio de uma viga pescadora.

O mecanismo completo para limpeza das grades será adaptado à estrutura do Pórtico Rolante. O ciclo de limpeza das grades será automático com a remoção dos detritos realizados durante o curso de subida do rastelo. Esses detritos serão recolhidos em uma vagoneta basculante para descarte do lixo em local adequado.

O Pórtico Rolante deslocar-se-á sobre trilhos fixados na elevação 93,60 m, permitindo sua movimentação em linha reta ao longo da Tomada d'Água e do Vertedouro, em uma extensão de 220,00m que cobre todo o caminho de rolamento ao longo das estruturas de concreto.

A alimentação elétrica do Pórtico Rolante será constituída de uma tomada de força do tipo embutida no concreto e um cabo elétrico flexível, enrolado em um tambor motorizado do tipo tensão constante, enrolando nos dois sentidos.

#### Características Técnicas Principais:

- Tipo de Pórtico .....carro-guincho
- Vão entre as linhas de centro dos trilhos ..... 5,45 m
- Capacidade nominal do gancho principal ..... 400kN
- Capacidade nominal do gancho auxiliar ..... 50 kN
- Curso do gancho principal ..... 54,85 m
- Curso do gancho auxiliar..... 30,00 m
- Capacidade do guincho do rastelo limpa grades ..... 15 kN
- Capacidade volumétrica do rastelo ..... 1,00 m<sup>3</sup>
- Elevação do piso de operação da Tomada d'Água e Vertedouro ..... 93,60 m
- Extensão do caminho de rolamento ..... 220,00 m

#### 6.7.9 Canal de Fuga

O Canal de Fuga foi dimensionado considerando-se as condicionantes hidráulicas, as dimensões da Casa de Força junto aos Tubos de Sucção das Turbinas e as características topográficas e geológicas no trecho de implantação do Canal, com os seguintes requisitos:

- Perdas hidráulicas de carga baixas, mesmo para as condições de operação da Usina em sua potência máxima;
- Baixas velocidades das águas turbinadas na restituição ao leito rio, de forma que a entrada do escoamento no leito do mesmo seja suave e gradual, conseguindo-se manter mínimas as perdas de carga.

De forma a não exercer controle sobre as vazões turbinadas, foi estabelecida a cota na saída dos tubos de sucção na El. 39,00 m subindo então uma rampa de 1(V):4,0(H) até a EL. 51,00m e, subindo posteriormente, até a elevação do fundo do Canal de Fuga/Canal de Restituição na El. 58,50 m. Os taludes de escavação em rocha são de declividade de 1(V):0,1(H), em rocha alterada 1(V):0,5(H) e os de escavação em solo apresentam declividade de 1(V):1,5(H). Os taludes de escavação deverão ser protegidos com camadas de enrocamento com  $D_{50} = 0,40\text{m}$  com 0,80m de espessura e transição única com 0,50 m de espessura, para evitar erosão e carreamento de finos, conforme mostrado em desenho específico de detalhes típicos para tratamento.

Para a vazão turbinada máxima de 626,00 m<sup>3</sup>/s correspondente à Potência Instalada de 150,00 MW e vazão decimilênica de 9.530 m<sup>3</sup>/s, o Canal de Fuga /Canal de Restituição de seção trapezoidal e largura de fundo na EL. 58,50 m apresentam velocidades em torno de 2,00 m/s.

### 6.7.10 Escavação, Tratamento e Fundações

A Tomada d'Água será assente na EL. 45,00, o que demandará escavação em rocha sã, cujas características geológico-geotécnicas são as mesmas citadas no item 5.4.2.

Como tratamento de fundação está prevista uma cortina de injeções de impermeabilização e uma cortina de drenagem, ambas executadas a partir do piso da Galeria de Drenagem e Injeção (EL. 47,28m).

Os tratamentos de fundação da Tomada d'Água requeridos estão apresentados em desenho de detalhes típicos.

Para implantação do Canal de Adução e Canal de Fuga será necessária escavação do colúvio / solo residual no Canal Esquerdo da Ilha Serena (talude 1V:1,5H) e rocha (talude 1V:0,1 H) até as elevações de projeto na EL 60,00m e EL 39,00m, respectivamente.

Para proteção do Canal de Fuga está prevista a execução de uma berma de 6,0 m de largura sobre a rocha sã e proteção de enrocamento ( $D_{50} = 0,80\text{m}$ ) com 2,0 m de espessura até a EL. 70,40m, totalizando 3.000 m<sup>3</sup>.

## 6.8 Casa de Força e Área de Montagem

### 6.8.1 Descrição Geral

A Casa de Força e o Canal de Fuga situam-se no Canal Esquerdo da Ilha Serena no rio Paraíba do Sul, distando-se aproximadamente 250,00m da ombreira esquerda. A Casa de Força será implantada em maciço rochoso sã, escavado com talude 1V:0,1H até a EL. 33,80m sem necessidade de tratamento de fundação.

As estruturas da Casa de Força e Tomada D'Água são solidárias com junta de construção, com a Casa de Força posicionando-se em continuação e adjacente jusante à Tomada D'Água. A Casa de Força, Área de Montagem e Área de Descarga de Equipamentos serão do tipo abrigadas com coberturas metálicas autoportantes, em estruturas de concreto armado e constituídas por cinco (05) blocos independentes separados por juntas de contração, sendo dois (02) blocos destinados às duas Unidades Geradoras com 21,38 m de largura cada, um (01) bloco adjacente lateral à Unidade 2 com largura de 6,55m onde se alojam os Poços de Esgotamento das Unidades Geradoras e Drenagem Interna da Casa de Força. Os dois (02) blocos remanescentes e adjacentes laterais à Unidade Geradora 1, incluem a Área de Montagem com largura de 22,00m e Área de Descarga de Equipamentos com largura de 10,00m.

O posicionamento dos blocos está apresentado nos desenhos SPEC C11-DEB-0002, 0003, 0004, 0005 e C11-DEB-0008.

A movimentação e levantamento de cargas no interior da Casa de Força será realizada por Ponte Rolante que se deslocará sobre um caminho de rolamento constituído de vigas em concreto armado.

A descarga dos equipamentos permanentes e outros da Área de Descarga para o piso da Área de Montagem na EL.61,70m onde será montado parte dos equipamentos eletromecânicos da Usina será efetuada com o auxílio da Ponte Rolante que tem capacidade de 2.500kN gancho principal/300 kN gancho auxiliar

À jusante das Unidades Geradoras estarão localizadas as estruturas que abrigam a Galeria Mecânica/El. 53,40m e Galeria Elétrica/El. 61,70 com larguras de 11,55 m facilitando assim, durante o período de construção, a utilização de fôrmas deslizantes nestas áreas. As galerias jusantes estarão protegidas das variações dos níveis d'água do Canal de Fuga, com previsão no projeto, de parede de concreto localizada à jusante da Casa de Força.

Estão previstas para os acessos internos às galerias e interligação entre os pisos diversos, a fabricação e utilização de escadas metálicas.

O espaçamento de 21,38m entre Unidades Geradoras foi determinado considerando-se as dimensões da caixa semi-espiral de concreto, do tubo de sucção, o diâmetro externo do gerador e a necessidade de se prover espaço suficiente entre as Unidades para permitir o acesso de equipamentos às galerias de jusante. O acesso de equipamentos à Galeria Mecânica será feito por meio de abertura na laje do piso do "hall de geradores", situada sobre a junta de contração nº4 entre Barris dos Geradores, convenientemente posicionada para possibilitar o uso da Ponte Rolante.

As Galerias necessárias e suficientes para abrigar os diversos equipamentos eletromecânicos da Usina foram projetadas no lado de jusante da Casa de Força. Sobre as Galerias de jusante e na EL. 70,40m encontra-se a Plataforma de Jusante com os Transformadores Elevadores Principais e Transformadores de Serviços Auxiliares.

Na mesma Plataforma de jusante do Transformador Elevador, encontra-se um Pórtico Rolante que se desloca no sentido transversal ao fluxo das águas turbinadas, para manuseio das comportas vagão de operação/emergência do tubo de sucção por ocasião de sua manutenção, e também se necessário no uso para manuseio e operação das grades anticardumes se eventualmente necessárias por exigências de condicionantes ambientais.

Ainda na Plataforma jusante (EL.70,40m) e em situação adjacente lateral aos Transformadores de Serviços Auxiliares e jusante da parede da Área de Montagem, encontra-se projetado o Edifício de Controle constituído das dependências Sala das Unidades Hidráulicas das Comportas Vagões, Sala de Controle/Telecomunicações, Sala de Reunião, Copa, "Hall" de Entrada e Sanitários Masculino e Feminino.

A Casa de Força é servida por uma Ponte Rolante de 2.500kN no gancho principal/300kN no gancho auxiliar de capacidade de cargas e foi dimensionada para suportar a peça mais pesada prevista, o rotor do gerador. No interior da Casa de Força e estruturas adjacentes laterais, encontram-se o "Hall" dos Geradores/EL.61,70m, a Área de Montagem/EL.61,70m e Área de Descarga de Equipamentos/EL.70,40m, todas áreas ao alcance da Ponte Rolante.

A Casa de Força tem toda sua estrutura em concreto armado.

É prevista a concretagem, em segundo estágio, de algumas partes embutidas como blindagem da sucção, partes metálicas da caixa semi-espiral, bases dos estatores dos geradores e Barril/Câmara dos Geradores.

## 6.8.2 Equipamentos Principais

### 6.8.2.1 Geral

Os arranjos dos Equipamentos Eletromecânicos serão dispostos conforme mostrados nos desenhos S0813E03-1-C11-0001 a 0009.

### 6.8.2.2 Unidades Geradoras

#### 6.8.2.2.1 Geradores

Os Geradores serão trifásicos, síncronos, de eixo vertical, acionados por Turbinas hidráulicas tipo Kaplan eixos verticais e com todos os sistemas auxiliares eletromecânicos necessários ao seu funcionamento.

Cada unidade geradora de eixo vertical será suportada por um mancal de guia, abaixo do rotor e um mancal combinado guia escora, acima do rotor.

Os Geradores serão resfriados a ar, por meio de trocadores de calor ar-água na carcaça do estator. O ar circula em circuito fechado dentro do poço do Gerador, e a água é proveniente do sistema de água de resfriamento da Usina.

Os terminais de saída de linha de cada Gerador serão ligados ao Transformador Elevador através de barramento blindado de fases isoladas, com derivações para o cubículo de proteção contra surtos, para o transformador de excitação e para os serviços auxiliares.

Características Principais dos Geradores:

- Quantidade ..... 2
- Potência aparente nominal com tensão, fator de potência e frequência nominais ..... 78,95 MVA
- Tensão nominal sugerida, a ser confirmada pelo fabricante ..... 13,8 kV, -10%/±5%
- Fator de potência nominal ..... 0,95
- Frequência nominal ..... 60 Hz
- Rendimento mínimo com potência, tensão, fator de potência e frequência nominais (IEC-4), considerando as perdas no cobre a 115°C ..... 0,975
- Velocidade ..... 120 rpm
- Disparo ..... 216 rpm
- Classe de isolamento dos enrolamentos do estator e rotor ..... F
- Máxima temperatura do ar ambiente ..... 40°C
- Elevação máxima de temperatura dos enrolamentos sobre a temperatura do ar ambiente (com valores nominais de potência, fator de potência, tensão e frequência) ..... 85°C
- Grau de proteção ..... IP44

#### 6.8.2.2.2 Sistema de Excitação e Regulação de Tensão

Cada Gerador será equipado com um sistema de excitação independente, do tipo estático, alimentado por um transformador seco, ligado diretamente aos terminais do Gerador.

O regulador de tensão será do tipo digital, baseado em microprocessadores e apto para operar normalmente integrado, através de canais de comunicação digital, aos níveis superiores do sistema de supervisão e controle da Usina.

#### 6.8.2.2.3 Cubículo de Proteção contra Surtos

Cada Gerador será ligado a um cubículo contendo capacitores e para-raios para proteção contra surtos atmosféricos originados no sistema de transmissão e transferidos aos Geradores através dos acoplamentos magnético e capacitivo do Transformador Elevador.

Características principais do Cubículo de Proteção Contra Surtos do Gerador:

- Tensão nominal ..... 13,8/  $\sqrt{3}$  kV
- Tensão máxima de operação ..... 15 kV
- Tensão suportável à frequência industrial ..... 34 kV
- Frequência nominal ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 4.000 A
- Capacidade de curto-circuito simétrico, 1 s ..... 32 kA
- Grau de proteção ..... IP 54
- Capacitores
  - Tensão nominal ..... 15 kV
  - Capacitância nominal ..... 0,25  $\mu$ F
- Para-raios
  - Tensão nominal ..... 15 kV
  - Corrente de descarga nominal ..... 10 kA

#### 6.8.2.2.4 Cubículo de Aterramento do Neutro

O aterramento de cada Gerador será de alta impedância, através de transformador de distribuição do tipo seco ligado diretamente ao terminal de neutro, instalado no cubículo de neutro.

Características principais do Cubículo de Aterramento do Neutro do Gerador:

- Tensão nominal ..... 13,8/  $\sqrt{3}$  kV
- Tensão máxima de operação ..... 15,0 kV
- Tensão suportável à frequência industrial ..... 34 kV
- Frequência nominal ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 4.000 A
- Corrente curto-circuito ..... 32 kA

- Grau de proteção ..... IP 54
- Transformador de aterramento - Relação ..... 13,8 /  $\sqrt{3}$ kV – 400 V
- Transformadores de corrente (Antes do fechamento do neutro)  
 Corrente nominal e relação nominal.....4.000-5-5-5A  
 Classe de exatidão para proteção..... 10B400 e 0,3C50

#### 6.8.2.2.5 Barramento Blindado

Cada gerador será conectado diretamente a um transformador elevador trifásico através de barramentos blindados, trifásicos, do tipo fases isoladas, protegidos por invólucros metálicos eletricamente contínuos, à prova de tempo, próprios para instalação interna e externa, refrigerados por ventilação natural.

Os barramentos blindados deverão suportar os esforços mecânicos e os efeitos térmicos provenientes das correntes de curto-circuito.

Dos barramentos blindados principais serão previstas derivações para os cubículos de proteção contra surtos de tensão, para os transformadores de excitação e para os serviços auxiliares.

Características Principais do Barramento Blindado:

- Tensão nominal ..... 13,8 kV
- Tensão máxima de operação ..... 15 kV
- Tensão suportável nominal à frequência industrial, 1,0 minuto ..... 34 kV
- Tensão suportável nominal de impulso atmosférico ..... 110 kV
- Frequência nominal..... 60 Hz
- Corrente nominal:  
 Barramento Principal.....4.000 A  
 Barramento Derivação ..... 1.500 A
- Capacidade de curto-circuito simétrico, 1,0 segundo  
 Barramento Principal..... 30 kA  
 Barramento Derivação ..... 50 kA
- Grau de proteção ..... IP 54
- Resfriamento..... Ventilação natural

#### 6.8.2.2.6 Transformador Elevador

Os Transformadores Elevadores serão trifásicos, imersos em óleo isolante, com os enrolamentos de baixa tensão ligados em triângulo e os de alta tensão em estrela com neutro acessível e solidamente aterrado, refrigerados por meio de circulação natural de óleo com circulação natural de ar (ONAN) e com circulação forçada de ar (ONAF), adequados para instalação ao tempo.

Os terminais do enrolamento de baixa tensão serão ligados ao Gerador através de barramento blindado de fases isoladas e os terminais do enrolamento de alta tensão, em 138 kV, serão conectados, através de linha aérea, a uma Subestação Seccionadora situada próxima à Casa de Força.

A Usina contará com um Transformador Elevador para cada Unidade Geradora.

Características principais dos transformadores elevadores:

- Potência nominal ..... 75/83 MVA
- Tensão do enrolamento primário..... 13,8 kV
- Tensão do enrolamento secundário ..... 138 kV  $\pm 2 \times 2,5\%$
- Frequência nominal..... 60Hz
- Resfriamento..... ONAN – ONAF
- Grupo de ligação..... Ynd1
- Nível de isolamento primário ..... 110kV
- Nível de isolamento secundário ..... 850kV
- Elevação de temperatura do óleo..... 65°C
- Elevação de temperatura do enrolamento/médio ..... 65°C
- Impedância mínima de curto circuito..... 12,5%

#### 6.8.2.2.7 Turbinas Hidráulicas

As duas turbinas a serem instaladas na casa de força da UHE Itacara serão do tipo Kaplan de eixo vertical. Com abertura total do distribuidor, cada uma deverá fornecer, sob queda referência de 26,9 m, uma potência de 76.923 kW, no eixo, dentro dos limites de cavitação garantidos.

A velocidade nominal (síncrona) das turbinas será de 120 rpm e todas suas partes serão projetadas para resistir com segurança aos esforços induzidos pela velocidade de disparo (estimada em cerca de 216 rpm), com as palhetas do distribuidor totalmente abertas e queda máxima, com potência nula no eixo da turbina. As turbinas serão projetadas para girarem no sentido horário quando vistas de cima.

As partes girantes, bem como o empuxo hidráulico que atuarem no rotor da turbina, serão suportados axialmente por um mancal de escora, contra-escora e guia localizado abaixo do gerador, transferindo todos os esforços para estrutura. Radialmente, o eixo será guiado por três mancais de guia, dois para o rotor do gerador e um para o da turbina, entretanto os Fabricantes poderão propor outro arranjo da árvore.

A sobrepressão máxima nas passagens d'água, com inércia combinada do gerador e da turbina, estará limitada a 40% e a sobrevelocidade, a 50% da nominal.

A caixa semiespiral será projetada para resistir à sobrepressão máxima prevista quando da rejeição de carga e terá uma tampa de acesso para permitir a inspeção do seu interior. O pré-distribuidor fará parte integrante da caixa semiespiral, constituindo o seu aro interno.



O eixo da turbina será constituído de uma peça única forjada integralmente em aço, será usinado em toda sua superfície externa e se estenderá desde o acoplamento com o rotor da turbina até o acoplamento com o eixo do gerador, ficando assim, o grupo turbina-gerador composto por dois eixos. Ambos os eixos possuirão um furo central que será utilizado, durante sua fabricação, para exame boroscópico e, durante a operação, para passagem da tubulação que levará óleo pressurizado para movimentar as pás do rotor Kaplan.

O rotor Kaplan será preenchido com óleo sob pressão oriundo do reservatório situado acima do cabeçote Kaplan. Essa pressão será superior à pressão máxima normal de água externa ao rotor, de forma a evitar a entrada de água para dentro do rotor em caso de falha de alguma de suas gaxetas. Além disso, esse reservatório acomodará as variações de volume de óleo no interior do rotor durante a abertura ou o fechamento de suas pás.

Todos os mancais serão projetados para trabalhar em banho de óleo, tendo os mancais de cada unidade o mesmo sistema de lubrificação e de resfriamento à água externo. Não serão utilizadas serpentinas de água dentro das cubas de óleo.

O mancal (escora e guia) e sua estrutura de apoio serão projetados para resistir e transmitir à estrutura da casa de força todos os esforços provenientes das partes girantes da turbina e do gerador, a qualquer velocidade, até a máxima de disparo, incluindo as mais severas condições impostas pelos transitórios hidráulicos e elétricos.

O mancal de guia será constituído de bucha bipartida, revestida de metal patente. Será projetado para resistir a todos os esforços radiais do eixo, sob todas as condições de operação, sem excessiva elevação de temperatura e sem danos para a bucha.

O arranjo final dos mancais será o objeto de consolidação no projeto executivo com os fabricantes da unidade geradora.

O distribuidor será formado por pás diretrizes, mancais dos eixos das pás, mecanismo de regulação, anel de regulação e servomotor. As palhetas diretrizes serão fabricadas integralmente em aço inoxidável, ou em aço carbono soldadas a hastes fundidas em aço inoxidável. Vedações adequadas impedirão fugas de água para o exterior.

#### Características Principais da Turbina:

- Tipo.....Kaplan de eixo vertical
- Potência unitária nominal no eixo ..... 76.923 kW
- Número de Unidades/Turbinas ..... 2
- Queda de referência ..... 26,9 m
- Velocidade síncrona sugerida ..... 120 rpm
- Rendimento da turbina na potência máxima ..... 93,33%
- Vazão de engolimento nominal unitária.....313,00 m<sup>3</sup>/s

### 6.8.2.2.8 Reguladores de Velocidade

O sistema de regulação será constituído por reguladores digitais com controle tipo PID (Proporcional-Integral-Derivativo) para regulação da frequência e/ou da potência fornecida pela Unidade Geradora, possuindo para isso, transdutores de posição das palhetas diretrizes e das pás Kaplan, transdutor de energia, chaves de controle e os acessórios necessários a um sistema digital deste tipo.

Os mecanismos de movimentação das palhetas diretrizes do distribuidor e das pás do rotor Kaplan terão resistência suficiente para suportar todos os esforços oriundos de quaisquer condições de operação, inclusive os originados de falhas de dispositivos de controle automático.

O servomotor será de acionamento hidráulico, convencional, de dupla ação, equipado com dispositivo de amortecimento para o final do seu curso.

### 6.8.3 Equipamentos de Movimentação e Levantamento de Cargas da Casa de Força

#### 6.8.3.1 Pórtico Rolante do Tubo de Sucção

Será previsto um Pórtico Rolante a deslocar-se na Plataforma de jusante da Casa de Força, elevação 70,40 m, para movimentar os painéis das comportas vagão de operação/emergência do Tubo de Sucção, retirar e colocar as tampas de fechamento dos poços/ranhuradas de operação das comportas e, eventualmente, operar as grades anticardumes se forem instaladas por solicitação dos condicionantes ambientais.

A alimentação elétrica do pórtico rolante será constituída de uma tomada de força do tipo embutida no concreto, situada aproximadamente no meio do caminho de rolamento, e um cabo elétrico flexível, enrolado em um tambor motorizado do tipo tensão constante, enrolando nos dois sentidos.

Características Técnicas Principais:

- Tipo de pórtico ..... guincho fixo
- Vão entre as linhas de centro dos trilhos..... 7,40m
- Capacidade nominal do gancho ..... 300 kN
- Curso do gancho ..... 44,15 m
- Elevação do piso de operação do Tubo de Sucção ..... EL. 70,40 m
- Extensão do caminho de rolamento ..... 42,84 m

### 6.8.3.2 Ponte Rolante

A Casa de Força será equipada com uma Ponte Rolante com finalidade inicial de utilização na fase de construção e montagem da Usina, de auxiliar o içamento e transporte dos conjuntos mais pesados das turbinas e geradores, bem como de auxiliar as montagens parciais desses equipamentos. Posteriormente, durante a fase de operação da Usina, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos montados e em operação na Casa de Força.

A Ponte Rolante será equipada com um carro, do tipo sem cobertura, próprio para operar em ambiente fechado tendo em vista que a Casa de Força é abrigada. Neste carro serão instalados os mecanismos de elevação principal e auxiliar, bem como o mecanismo de direção conduzido sobre o caminho de rolamento montado ao longo das vigas principais da Ponte Rolante.

O rotor do gerador montado será a peça mais pesada a ser içada e transportada pela Ponte Rolante. Esse içamento poderá ser feito com auxílio de dispositivos especiais acoplados no gancho principal da Ponte Rolante e no rotor do gerador.

O gancho auxiliar da Ponte Rolante será utilizado no auxílio de pequenas montagens e principalmente na descida de peças e equipamentos através de aberturas específicas.

A Ponte Rolante deslocar-se-á sobre trilhos metálicos TR-36, instalados sobre o topo das vigas de concreto na elevação 79,28m.

A alimentação elétrica da ponte rolante será feita por meio de um barramento constituído de quatro (04) barras rígidas fixadas à viga de jusante do caminho de rolamento ao longo da Casa de Força, com interruptores de fim de curso e batentes fixos em cada extremidade. O ponto de alimentação desse barramento elétrico (caixa de ligação) será feito próximo à metade da extensão do percurso da Ponte Rolante.

Características Técnicas Principais:

- Vão entre as linhas de centro dos trilhos ..... 17,20 m
- Elevação topo da viga de rolamento ..... 79,28 m
- Extensão do caminho de rolamento ..... 79,40 m
- Capacidade nominal do gancho principal..... 2.500 kN
- Curso do gancho principal ..... 41,73 m
- Capacidade nominal do gancho auxiliar ..... 100 kN
- Curso do gancho auxiliar..... 35,26 m

### 6.8.3.3 Talha Elétrica e Monovia do poço da Turbina

Será prevista uma talha elétrica instalada em estruturas metálicas fixas no poço da turbina com capacidade estimada de 50 kN a ser confirmada durante o projeto executivo. A talha será destinada ao manuseio dos equipamentos do poço da turbina. A monovia será constituída de uma viga “I” soldada, com resistência, fixação e reforços adequados para suportar as cargas de operação. A talha elétrica deverá ter dupla velocidade.

#### Características Técnicas Principais:

- Quantidade ..... 1
- Capacidade nominal do gancho ..... 50 kN
- Extensão do caminho de rolamento ..... 12,00 m
- Altura de elevação do gancho ..... 12,56 m
- Velocidade de elevação ..... 5 m/min / 0,5 m/min
- Velocidade da translação da talha ..... 10 m/min / 1,0 m/min
- Acionamento ..... Botoeira pendente
- Alimentação ..... Cortina de cabos

### 6.8.4 Equipamentos Hidromecânicos

#### 6.8.4.1 Comportas Vagões de Emergência/Operação

Serão previstas 04 (quatro) comportas do tipo vagão para vedar as saídas dos tubos de sucção das turbinas e permitir o esgotamento total destes tubos. As comportas do tipo vagão deverão possuir vedação a montante e fechar em qualquer condição de fluxo pela ação do seu próprio peso. Cada comporta será guiada por peças fixas embutidas nas ranhuras de concreto e deverão ser constituídas de um paramento composto de 3 (três) painéis unidos por talas e pinos.

Cada comporta será manobrada por servomotor hidráulico de simples efeito, estando fixado por uma estrutura de apoio instalada no piso de operação da Plataforma jusante, elevação 70,40m e sua haste ligada à comporta vagão. Será prevista uma Sala Oleodinâmica adjacente ao Edifício de Controle na plataforma de jusante, onde serão instaladas duas unidades hidráulicas responsáveis pelo acionamento dos servomotores. As comportas de emergência serão operadas remotamente da Sala de Controle da Usina.

As comportas vagão serão metálicas, planas, com paramento e vedação do lado da turbina. As vedações estarão dispostas nas partes inferior, laterais e frontal, atuando contra o quadro de vedação composto dos blocos laterais, soleira e frontal (lintel). Utilizará borrachas do tipo nota musical nas partes laterais e frontal e borrachas tipo barra chata para vedação inferior de cada painel, fixadas por meio de barras chatas em aço carbono, com parafusos e porcas em aço inoxidável.

As chapas estanques do painel serão previstas do lado montante sustentadas por vigas verticais e horizontais, que transmitirão às peças fixas no concreto a carga hidráulica aplicada no painel.

As comportas serão armazenadas suspensas nos poços de operação, por meio de travas de armazenamento e serão projetadas para suportar a carga hidráulica máxima de jusante, com o tubo de sucção vazio.

As peças fixas a serem embutidas no concreto de 1° e 2° estágios, deverão incluir chumbadores, soleiras, lintel, pista de deslizamento e apoio da vedação, contra-guias e guias laterais e as peças embutidas necessárias para a fixação do dispositivo de calagem das comportas. Todas as superfícies de vedação e apoio das peças fixas serão de aço inoxidável com espessura mínima de 5 mm. As superfícies de deslizamento deverão ser esmerilhadas para eliminação de ressaltos.

A comporta será montada em partes, no interior da câmara/ranhura de operação com o auxílio do Pórtico Rolante da Sucção. Para tanto está previsto dispositivos de calagem instalados na plataforma da ranhura.

Características Técnicas Principais:

• Tipo de comporta .....	Vagão
• Tipo de acionamento.....	Mecanismo oleodinâmico
• Paramento e plano de vedação.....	Jusante
• Número de comportas tipo vagão .....	04
• Número de jogos de peças fixas .....	04
• Número de pares de dispositivos de calagem da comporta vagão .....	04
• Número de vigas de apoio dos mecanismos oleodinâmicos .....	04
• Vão livre.....	8,59 m
• Altura livre.....	7,41m
• Elevação do piso de operação da Plataforma Jusante.....	70,40
• Elevação do NA máximo maximorum.....	68,40m
• Elevação do NA máximo normal .....	61,28m
• Elevação da soleira da comporta .....	39,00m

## 6.8.5 Equipamentos de Telecomunicações

### 6.8.5.1 Descrição do Sistema

O sistema de telecomunicações deverá permitir a comunicação de voz, dados e de comandos de teleproteção entre UHE Itaocara I e UHE Ilha dos Pombos; comunicações telefônicas internas e externas às Usinas e Subestações Associadas; comunicações de dados e sistema de comunicação móvel, via rádio para apoio à operação e manutenção da Usina.

O sistema de comunicação entre as Usinas deverá ser implementado através um Sistema de Digital Óptico, tipo SDH/PDH, via cabo OPGW. Este sistema deverá ser o responsável pelo transporte, no mínimo, dos seguintes serviços:

- 2 (dois) Canais Voz tipo ponto-a-ponto (Hot-Line);
- 2 (dois) Canais Voz discados;
- 2 (dois) Canais de Teleproteção;

- 2 (dois) Canais de Dados V.35 (n x 64kbps);
- 2 (dois) Canais de dados V.24/V.28;
- 2 (dois) Canais de Dados no Padrão Ethernet

Na UHE Itaocara I será instalada uma central telefônica, digital, do tipo PABX-CPA que além de realizar a comunicação interna da Usina, deverá permitir a comunicação com a rede pública, através de linhas tronco e a comunicação operativa entre esta Usina e a UHE Ilha dos Pombos. Para tanto, as centrais deverão ser interligadas via canais do Sistema Digital Óptico.

O Sistema Digital Óptico em conjunto com o Sistema Telefônico, também servirão de suporte para comunicação de voz e dados com os Centros de Operação do ONS e das Operadoras envolvidas.

Na UHE Itaocara I também será instalada redes de comunicação de dados no padrão Ethernet para uso corporativo e operativo.

A comunicação de dados, para o sistema de medição de faturamento, poderá utilizar canais de dados em banda larga, agregados ao Sistema Digital Óptico.

Na Usina será instalada uma estação fixa do sistema de comunicação móvel, via rádio, que dará cobertura à Usina e seus correlatos (Tomada d'água; vertedouro, subestação seccionadora, reservatório e linha de transmissão). Serão disponibilizados transceptores móveis para instalação em veículos e unidades portáteis. No Projeto Executivo deverá ser definida a faixa de frequência a ser utilizada (VHF ou UHF).

#### **6.8.5.2 Sistema Digital Óptico SDH/PDH**

As Usinas UHE Itaocara I e UHE Ilha dos Pombos serão interligadas por uma (01) Linha de Transmissão em 138 kV, onde deverão ser instalados cabos ópticos OPGW com 24 fibras ópticas (no mínimo), tipo monomodo ("Single Mode"). No trecho entre o pórtico da LT e a Sala de Equipamentos serão utilizados cabos dielétricos com as mesmas características elétricas do cabo OPGW.

O Sistema Digital Óptico deverá ser composto por: equipamentos multiplex digitais síncronos SDH/STM-1 (155Mbps), fornecidos na configuração 1+1; transponder de comprimento de onda unidirecionais; multiplex de acesso tipo PDH; Distribuidores Ópticos; Distribuidores Digitais etc.

#### **6.8.5.3 Sistema Telefônico**

O Sistema Telefônico da Usina deverá ser composto por uma Central Telefônica Digital, tipo PABX-CPA, da rede de distribuição de ramais, quadros de distribuição e aparelhos telefônicos digitais e analógicos.

A configuração básica prevista para a Central Telefônica é de 30(trinta) posições para ramais digitais e analógicos; oito (08) posições de tronco e 1 (uma) interface E1.

Quando aplicável, a rede para distribuição dos ramais telefônicos, deverá utilizar a tecnologia de cabeamento estruturado.

#### **6.8.5.4 Sistema de Comunicação de Dados**

O Sistema de Comunicação de Dados que será instalado na UHE Itacara I, será composto por equipamentos ativos de rede (“Switch Ethernet”, Roteadores, conversores eletro-ópticos, etc.) e pela rede de cabeamento estruturado e seus acessórios.

#### **6.8.5.5 Sistema de Comunicação Móvel**

O Sistema de Comunicação Móvel deverá ser composto por uma Estação Fixa instalada na UHE Itacara I. Os sistemas irradiantes destas estações deverão ser projetados para dar cobertura à área da Usina e seus correlatos/associados (Tomada d’água; vertedouro, subestação seccionadora, reservatório e linha de transmissão).

Serão disponibilizados transceptores móveis para instalação em veículos e unidades portáteis a serem utilizados pelo pessoal de operação, manutenção e vigilância da Usina.

O projeto técnico do sistema de comunicação móvel deverá ser submetido e licenciado pela ANATEL/ Agência Nacional de Telecomunicações.

Todos os equipamentos deste sistema deverão ser homologados na ANATEL.

#### **6.8.5.6 Sistema de Alimentações para Telecomunicações**

A fonte primária de alimentação dos equipamentos de telecomunicações deverá ser o Sistema de Corrente Contínua das Usinas em 125Vcc.

Caso necessário, deverão ser fornecidos conversores de 125Vcc/48 Vcc, redundantes, (configuração 1+1), com positivo aterrado.

Para os equipamentos a serem alimentados com corrente alternada, deverão ser fornecidos Inversores de 125Vcc para 120/ 220Vca.

### **6.8.6 Sistemas Auxiliares**

#### **6.8.6.1 Sistemas Auxiliares Elétricos**

##### **6.8.6.1.1 Sistema de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada**

A estrutura principal dos Serviços Auxiliares em CA está mostrada no documento S0813B03-1-G80-DEB-0002 – Serviços Auxiliares CA – Diagrama Unifilar Básico

Os Serviços Auxiliares Elétricos, em corrente alternada, serão alimentados a partir de quatro transformadores 750 kVA, ligados ao barramento de 13,8 kV, na saída dos geradores.

Serão adotados os seguintes níveis de tensão:

- 460Vca +/- 10%, 60 Hz, trifásico, 3 fios, ligação estrela com neutro aterrado, para alimentação de todos os motores, e tomadas de força;
- 220/127Vca +/-10%, trifásico, 4 fios, aterrado solidamente, para alimentação do sistema de iluminação, tomadas, resistências de aquecimento de motores e aquecimento, iluminação e tomadas de painéis.

Os transformadores alimentarão uma barra de distribuição dos circuitos, a partir da qual serão alimentadas todas as cargas (motrizes ou não, tais como: iluminação, tomadas, carregadores de bateria e todas as demais cargas da casa de força, subestação e tomada d'água).

Para assegurar a continuidade de fornecimento de energia elétrica para os serviços auxiliares, proporcionando garantia de segurança operativa e de parada segura das unidades geradoras, será utilizado um Sistema de Transferência Automática de Fontes que no caso de falha em um dos transformadores de serviços auxiliares, fará a transferência para o outro transformador.

Tendo em vista que os serviços auxiliares elétricos não possuem alimentação através de fonte externa em 13,8 kV, quando as unidades geradoras estiverem fora de operação, os Serviços Auxiliares Elétricos serão alimentados pelo gerador diesel de emergência, desde que os disjuntores associados às unidades geradoras encontrem-se abertos. Os Serviços Auxiliares da UHE Itacara I poderão ser alimentados, também em situações de emergência, a partir do Sistema Elétrico Interligado (em LT de 138 kV), através do fluxo inverso do transformador elevador.

#### **6.8.6.1.2 Gerador Diesel de Emergência**

Deverá ser instalado um grupo gerador para operação de emergência, acionado por motor diesel, dimensionado para atender às cargas essenciais.

O gerador de emergência deverá ter partida automática, provido de bateria e carregador de baterias independentes. As proteções do grupo deverão ser supervisionadas pelo Sistema Digital de Supervisão e Controle.

O gerador de emergência será conectado ao painel principal de 460Vca, com uma potência estimada de 750 kVA.

#### **6.8.6.1.3 Proteções**

##### **a) Painel Principal de 460 Vca**

A proteção das cargas, alimentadas a partir do Painel de Principal 460 Vca será feita por disjuntores tripolares, dotados de elementos de sobrecorrente e sobrecarga, devidamente coordenados com os disjuntores de saída.

##### **b) Transformadores de Serviços Auxiliares**

Para os transformadores de serviços auxiliares, a proteção no secundário será feita através de elemento de sobrecorrente ajustável do disjuntor de entrada do painel principal de 460 Vca.

#### **6.8.6.1.4 Medição de Energia**

As entradas do painel principal de 460 Vca serão providas com medidores digitais de corrente, tensão, potência e energia ativa e reativa, com saída serial RS485 para permitir, através do SDSC, o registro da medição de energia consumida nos serviços auxiliares da usina.



### 6.8.6.1.5 Sistema de Serviços Auxiliares em Corrente Contínua

A estrutura principal dos Serviços Auxiliares em CC está mostrada no documento S0813B03-1-G80-DEB-0003 – Serviços Auxiliares CC – Diagrama Unifilar Básico. Será previsto sistema de serviços auxiliares elétricos em corrente contínua na tensão de 125 Vcc.

As seguintes fontes farão o suprimento destas tensões (valores a serem confirmados no Projeto Executivo):

- 3 x retificadores carregadores de baterias, alimentação 460Vca, tensão nominal de saída 125Vcc, corrente nominal 250A, padrão fabricante, para os serviços auxiliares da casa de força (+CB1, +CB2 e +CB3);
- 2 x Bancos de Baterias, tensão nominal 125Vcc, (+10%/-15%), 350Ah, capaz de suprir as necessidades da usina por 5 horas. Completa com estantes e demais acessórios, padrão fabricante, para os serviços auxiliares da casa de força (+B1 e +B2);
- 2 (dois) inversores CC/CA, monofásico, tensões de entrada 220Vca/125Vcc, 60Hz, saída 220Vca para iluminação de emergência e alimentação de cargas seguras em 220Vca da casa de força e subestação (+I1 e +I2).

Os circuitos serão protegidos por disjuntores do tipo de caixa moldada. Os disjuntores de entrada e dos alimentadores principais serão dotados de elementos térmicos ajustáveis a fim de assegurar a perfeita coordenação entre si.

### 6.8.6.2 Sistemas Auxiliares Mecânicos

#### 6.8.6.2.1 Sistema de Água Industrial

Este sistema tem por objetivo fornecer água industrial com vazão e pressão necessárias a todos os consumidores da casa de força, que são os seguintes:

- Resfriamento das unidades hidráulicas e vedação de eixo;
- Água de serviço;
- Sistema de proteção contra incêndio.

O sistema de água industrial constará de 02 (duas) tomadas de água no canal de fuga, que serão interligadas a um header que direcionará a água para tubulação de sucção das duas bombas centrífugas de água industrial. A saída destes é ligada a outro header de onde sai a tubulação que direcionará a água para (02) dois filtros e a tubulação de água industrial deverá ser ligada a um terceiro header a partir do qual serão alimentados os referidos consumidores. Cada filtro e bomba deverão atender os critérios de vazão para o abastecimento de todos os pontos de consumo da UHE, caso haja problema em um dos equipamentos. Isto significa que, com um filtro ou bomba de uma das unidades inoperantes, o outro filtro ou bomba poderá abastecer toda a usina, inclusive em caso de incêndio.

Farão parte do sistema de água industrial, incluindo os três subsistemas abaixo referidos:

- Tubulação de alimentação, a partir do conduto forçado de cada unidade;
- 02 (dois) filtros de limpeza automática, malha de aproximadamente 0,5 mm;
- 02(duas) bombas centrífugas de água industrial para pressurização do sistema;

- Tubulação principal header de interligação entre as unidades e alimentação de todos os consumidores;
- “Tomadas” com engate rápido para mangueira DN 20 mm ( $\varnothing 3/4$ ”);
- Saídas para resfriamento do óleo dos mancais das turbinas e dos geradores, através dos trocadores de calor da unidade hidráulica;
- Saída para alimentação do selo de vedação do eixo da turbina;
- Retorno de água de resfriamento das unidades hidráulicas para o canal de fuga;
- Tomada para alimentação do SPCI.

Para o correto entendimento do Sistema de Água Industrial, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B03-1-C35-DEB-0001.

#### **6.8.6.2.2 Sistema de Água de Resfriamento e de Vedação das Unidades Geradoras**

O sistema de água de resfriamento se destinará ao resfriamento, das unidades hidráulicas dos mancais da turbina e do gerador por meio de trocadores de calor água/óleo.

Para vedação da turbina (selo do eixo), o sistema ficará a cargo do fornecedor da turbina, fazendo escopo dos Sistemas Auxiliares Mecânicos apenas o fornecimento de água filtrada para o sistema. Mesmo assim, uma filtragem mais fina deverá ser feita por filtros fornecidos pelo fabricante, caso seja verificada a necessidade.

#### **6.8.6.2.3 Sistema de Esgotamento/Esvaziamento das Unidades Geradoras**

O sistema de esgotamento e enchimento das Unidades Geradoras terá a função de esvaziar/esgotar ou encher o Circuito Hidráulico da Unidade Geradora.

O sistema será constituído basicamente de uma Sala de Bombas de Esgotamento, um Poço de Esgotamento, duas bombas verticais tipo turbina, tubulação de esgotamento das Unidades Geradoras, tubulação de descarga das bombas, instrumentação de controle, quadros elétricos, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos (se aplicável).

O tempo para o esgotamento total de cada unidade será de aproximadamente 10(dez) horas (a ser confirmado na fase do Projeto Executivo), com nível do Canal de Fuga no N.A. normal de jusante. O esvaziamento total será feito até o ponto mais baixo do tubo de sucção e da adução.

A sala de bombas de esgotamento será dotada de equipamento de levantamento para movimentação das bombas em caso de manutenção.

O poço de esgotamento será dotado de todos os elementos necessários a operar com segurança, ou seja: será estanque, não permitindo entrada de água na sala das bombas. O poço de esgotamento será interligado ao poço de drenagem e possuirá um respiro. O acesso ao poço será feito através de uma porta de visita com tampa estanque, localizada na Sala de Bombas de Esgotamento. A descida ao fundo do poço será feita através de escada de marinho, provida de guarda-corpo.

A água acumulada no poço será descarregada por bombeamento no Canal de Fuga acima do nível Máximo Maximorum de jusante.

Na tubulação de descarga de cada bomba terá uma válvula para admissão de ar, um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta, uma chave de fluxo e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha.

Cada Tubo de Sucção será dotado de uma (01) tubulação que faz o esgotamento total de cada unidade geradora.

A tubulação que faz o esgotamento total saindo do fundo/piso do tubo de sucção caminha até o Poço de Válvulas de Esgotamento (poço de manobras de válvulas), onde será instalada uma válvula gaveta. A tubulação de esgotamento continua em direção ao Poço de Esgotamento, onde será instalada uma válvula de retenção do tipo portinhola ("flap") em sua extremidade dentro do Poço.

As tomadas de captação no piso da Sucção serão providas de grelha para proteção contra entrada de detritos. A tubulação de esvaziamento/esgotamento da Unidade Geradora possuirá uma tomada para injeção de ar comprimido para desobstruir a grelha, composta de uma válvula de isolamento do tipo gaveta, válvula de retenção e tomada tipo engate rápido com diâmetro de 3/4".

O Poço de Esgotamento será equipado com chaves controladoras de nível tipo de topo com deslocador para acionamento das bombas, alarmes (local e remoto) e duas bombas verticais do tipo turbina. As bases das chaves de nível e das bombas terão montagem estanque para não permitir que a Sala de Bombas seja inundada, caso o nível da água no Poço atinja a laje de apoio das bombas.

Todos os sinais de alarmes serão enviados ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da Usina.

O controle manual do Sistema para teste e manutenção será feito através de quadro local, e o controle automático através de CCM, onde estarão alojados os "demarradores" para acionamento dos motores e serão feitos o automatismo, a supervisão e a interface com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da Usina.

Sugere-se prever disponibilidade para uso de uma bomba submersível portátil para esgotamento da água que fica acumulada abaixo do nível de submergência das bombas, em caso de manutenção do Poço.

O enchimento de cada Unidade Geradora será feito através da abertura de válvulas "bypass" nas comportas ensecadeiras da Tomada D'Água, ou com pequena abertura ("cracking") das comportas vagões da Sucção.

Para o completo entendimento do Sistema de Esgotamento das unidades, analisar em conjunto o desenho ST813B03-1-C35-DEB-0002.

#### 6.8.6.2.4 Sistema de Drenagem Interna da Casa de Força

Destina-se à retirada, do interior da casa de força, de toda água proveniente de infiltrações em geral (através do concreto ou de juntas de contração), despejos, vazamentos normais ou acidentais dos equipamentos (inclusive da turbina), lavagem de pisos, de filtros e de outros equipamentos, drenos e/ou purga, etc.

O sistema de drenagem deverá ser constituído por uma rede coletora de água – ralos, tubos e canaletas meia cana – que conduzirão, por gravidade, todas as águas coletadas a uma caixa separadora água/óleo lubrificante, para posteriormente serem direcionadas ao poço de drenagem de onde serão bombeadas por duas bombas submersíveis até o canal de fuga acima do nível de água máximo maximumum.

A caixa separadora de água/óleo lubrificante deverá conter tampa de inspeção e tampa para a retirada do óleo.

As bombas de drenagem deverão ter vazão suficiente para atender à máxima afluência ao poço, qual seja. Uma bomba deverá ter capacidade para 100% da vazão de percolação calculada para a casa de força, seguindo o critério do *Bureau of Reclamation*.

O poço de drenagem deverá possuir aberturas para a retirada das bombas, em caso de manutenção ou troca e mais uma abertura para a instalação futura de uma terceira bomba, além de abertura para acesso ao interior do poço.

O quadro de comando local deverá ser equipado com uma chave seletora de comando manual-automático e uma chave seletora de bomba principal/reserva. Deverão ser previstos sinais de bomba ligada, alarme de nível alto, alarme de falha no demarrador, para o Sistema Digital de Supervisão e Controle.

Farão parte do sistema de drenagem:

- Canaletas e tubulações embutidas, para drenagem das águas coletadas abaixo do nível de água máx. máx. para o canal de fuga;
- Caixa separadora água/óleo lubrificante;
- Poço de drenagem;
- 02 (duas) bombas submersíveis;
- Tubulação de recalque das bombas, para o canal de fuga acima no nível de água máximo maximumum;
- Sensores de nível para o poço de drenagem.

Para o completo entendimento do Sistema de Drenagem, analisar em conjunto o desenho nº. ST813B03-1-C35-DEB-0003.

#### **6.8.6.2.5 Sistema de Drenagem da Galeria de Drenagem e Injeção (Estruturas de Concreto do Barramento)**

Este sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para as áreas externas ao Barramento de concreto todas as águas percoladas e infiltradas no interior da Galeria de Drenagem e Injeção que atravessa o interior das estruturas de concreto desde a Tomada D'Água/EL. 46,00m, passando pelo Vertedouro até o Muro de Abraço Margem Direita/EL.55,00m.

O Sistema de Drenagem será composto basicamente de um Poço de Drenagem localizado na parte baixa da estrutura Muro Divisor, duas bombas submersíveis de instalação fixa, instrumentação de controle, quadro elétrico, canaletas de drenagem dos pisos da Galeria, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos (se aplicável) e tubulação de descarga das bombas.

Todas as águas vertidas dentro da Galeria de Drenagem e Injeção serão coletadas em canaletas montante e jusante adjacentes lateralmente ao piso da Galeria e, através das mesmas, serão conduzidas por gravidade para o Poço de Drenagem no Muro Divisor, de onde então, as águas percoladas e infiltradas serão bombeadas através de bombas submersíveis fixas e diretamente lançadas no reservatório.

O Poço de Drenagem da Galeria será equipado com duas bombas de drenagem, tipo submersível, fixas por pedestal, completas com todos os seus acessórios, sendo uma bomba principal e outra bomba de reserva, com capacidade unitária igual às vazões afluentes ao Poço de Drenagem.

Cada conjunto moto-bomba possuirá na descarga um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta, uma chave de fluxo e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha. Os dois conjuntos terão suas descargas interligadas a um único tubo de recalque que descarrega as águas oriundas da Galeria de Drenagem e Injeção para montante da usina, ou seja, no reservatório.

O Poço de Drenagem da Galeria será equipado com chaves controladoras de nível, tipo eletrodo ou de topo com deslocador para cada conjunto moto-bomba; um controlador de nível com contatos suficientes para atuar nos alarmes de nível baixo, nível alto e nível muito alto, assim como todos os elementos necessários ao seu funcionamento, tais como: tampa para acesso (se aplicável), escada de marinho, etc.

A Sala de Bombas de Drenagem (se aplicável) será dotada de equipamento de transporte e levantamento de cargas para movimentação das bombas submersíveis em caso de manutenção.

O controle do Sistema de Drenagem da Galeria será feito através de quadro elétrico local, chaves de nível (acionamento das bombas) e chave de nível para alarmes.

Será previsto funcionamento em forma de revezamento dos conjuntos moto-bombas. A operação dos conjuntos moto-bombas será automática através de controladores de nível instalados no Poço de Drenagem e para operação manual através de botoeiras instaladas no quadro de controle local.

Os “demarradores” para acionamento dos motores e proteção dos circuitos de alimentação, bem como os instrumentos necessários à supervisão e ao controle de operação das bombas submersíveis de drenagem (tais como: chave seletora de modalidade e botoeiras para comando manual) estarão alojados no quadro elétrico específico das Bombas de Drenagem que ficará instalado na própria Sala de Bombas de Drenagem(se aplicável).

#### **6.8.6.2.6 Sistema de Ar Comprimido de Serviço**

O Sistema de Ar Comprimido de Serviço terá o objetivo de fornecer ar sob pressão para ferramentas pneumáticas, tomadas de serviço, limpeza de tubulações, sistema de frenagem do gerador, operação de equipamentos e outros serviços correlatos.

O Sistema de Ar Comprimido de Serviço será constituído basicamente de dois (02) compressores de ar, um (01) reservatório de ar, instrumentação de controle, quadros de controle e sinalização, e uma rede de distribuição de ar comprimido para a Casa de Força, composta de tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos.

O sistema terá dois (02) compressores rotativos, tipo parafuso, iguais, sendo um(01) de reserva mas podendo operar juntos, resfriados a ar, acionados por motor elétrico, controlados por regulador eletrônico e com secador de ar integrado.

O reservatório de ar será dotado de conexões roscadas ou flangeadas de entrada e saída de ar e de conexões roscadas para indicador de pressão, válvula de segurança, uma conexão reserva e dreno com purgador automático do ar condensado. A tubulação de entrada de ar será dotada de uma válvula de retenção e uma válvula gaveta ou esfera e a tubulação de saída de ar será dotada de válvula gaveta ou esfera.

A rede de distribuição consistirá de uma tubulação principal, ramais e sub-ramais que distribuem ar para os pontos de consumo e tomadas de serviço na Casa de Força. Todos os ramais horizontais ou verticais possuirão válvulas para isolamento. Todas as tomadas de serviço possuirão válvulas esfera e engates rápido de diâmetro nominal DN 20 mm (3/4”).

Os ramais que atendem ao Sistema de Frenagem dos Geradores e aos Dispositivos Auxiliares de Vedação de Emergência do Eixo da Turbina serão dotados de válvula esfera e válvula de retenção.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão previstos purgadores automáticos de ar condensado e, nos trechos horizontais, os purgadores serão instalados no máximo a cada 25,00 metros.

A alimentação de força dos compressores será suprida por quadro elétrico específico que alimentará o sistema de controle de cada compressor.

O Painel de Controle de cada compressor propiciará as seguintes condições operacionais do sistema: ajuste da pressão máxima e mínima do sistema; ajuste da pressão de partida e parada de cada compressor; indicações de falhas.

O funcionamento dos compressores será previsto para que seja efetuado rodízio de operação, havendo a possibilidade de os dois compressores operarem simultaneamente. A seleção do compressor N° 1 ou do N° 2 para funcionar como principal será feita pela rotina de operação. A partida dos compressores é feita automática ou manualmente, dependendo da posição da chave seletora. Na posição de partida manual, cada compressor somente é ligado e desligado através da botoeira “liga-desliga”.

O controle automático dos compressores será baseado na pressão do reservatório. O compressor principal estando parado e a pressão no reservatório caindo de 690,00 kPa (manométrico-man), o compressor principal parte em vazio e é acelerado até sua velocidade nominal, após o que, é automaticamente posto em carga. Quando a pressão no reservatório alcançar 710,00 kPa (man) o compressor é aliviado e continua a funcionar nesta condição por um período de 10,0 minutos, condicionado por um relé de tempo. Se o consumo de ar durante este período não for suficiente para fazer com que a pressão no reservatório caia ao limite mínimo de 690,00 kPa(man), o motor do compressor será desligado. Porém, existindo consumo de ar durante este período, de maneira que a pressão caia a 690,00 kPa (man), antes que o período de alívio esteja esgotado, o compressor é novamente posto em carga. A contagem de tempo só reiniciará quando o compressor for aliviado novamente. O compressor auxiliar funciona de maneira idêntica ao principal, partindo na pressão de 670,00 kPa (man), aliviando na pressão de 710,00 kPa (man) e parando após um período de alívio de 10,0 minutos.

Se a pressão nos reservatórios atingir 660,00 kPa (man) atua um alarme de pressão baixa. Um transmissor de pressão com indicação local, tipo manométrica, monitora a pressão no Sistema de Ar Comprimido de Serviço.

Farão parte do Sistema de Ar Comprimido:

- 02 (dois) compressores do tipo parafuso, resfriado a ar e pressão de 7,0 bar, vazão 2,0 m<sup>3</sup>/min;
- 01 (um) tanque de ar comprimido com volume de 2,0 m<sup>3</sup>;
- 01 (um) filtro coalescente;
- Tubulações em aço carbono, mangotes, válvulas e acessórios;
- Manômetros, válvula de segurança e pressostatos;
- Quadro elétrico e respectivas interligações com os equipamentos.

Para o correto entendimento do Sistema de Ar Comprimido, analisar em conjunto o desenho n° ST813B03-1-C35-DEB-0004.

#### **6.8.6.2.7 Sistema de Água Potável**

O sistema de água potável abrangerá a captação, armazenamento e distribuição nas instalações sanitárias, previstas na casa de força.

A água poderá ser captada de uma nascente ou de um poço profundo/artesiano.

O sistema de água potável deverá ser constituído por um reservatório (tanque), duas caixas d'água localizadas na casa de força e todas as tubulações, bombas e acessórios necessários para o perfeito funcionamento do sistema. As caixas d'água serão de linha comercial, podendo ser plástico ou em fibra de vidro, adequados para água potável.

Este sistema deverá ser fornecido pela construtora civil e projetado pela projetista civil.

O Sistema de Água Potável deverá ser composto basicamente por:

- 1 (um) reservatório (tanque) de água.
- 2 (duas) caixas d'água a serem instaladas sobre o edifício de controle
- 1 (um) conjunto moto-bomba submersa para ser utilizada no poço artesiano.
- 1 (uma) estação de tratamento de água;
- Tubulações embutidas e expostas com todas as conexões e acessórios necessários.

Para o correto entendimento do Sistema de Água Potável, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B03-1-C35-DEB-0009.

#### **6.8.6.2.8 Sistema de Água de Serviço**

O sistema de água de serviço será responsável pela alimentação das “tomadas de serviço”, dotadas de válvula esfera e engate rápido para mangueira, espalhadas pela casa de força.

Para o correto entendimento do Sistema de Água de Serviço, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B03-1-C35-DEB-0008.

#### **6.8.6.2.9 Sistema de Ventilação e Exaustão**

O Sistema de Ventilação da Casa de Força terá por finalidade assegurar condições adequadas aos usuários e equipamentos, através do suprimento de ar filtrado e da exaustão do ar de ambientes específicos, ocasionando renovação do ar, dissipação do calor gerado e a remoção ou diluição de poluentes conforme o caso.

O Sistema de Ventilação será constituído de um Sistema de Insuflamento Central, onde haverá captação de ar nas áreas externas da Plataforma da Sucção através de venezianas, sendo este ar encaminhado através de Poço de Concreto até alcançar a Sala dos Ventiladores, passando previamente por células de filtragem.

Por meio de 03 (três) Ventiladores Centrífugos de Dupla Aspiração (cada um com 50% da vazão total) localizados na Sala dos Ventiladores/Plataforma Jusante Sucção (EL. 70,40m), o ar será encaminhado, através de rede de dutos para os seguintes ambientes:

- Galeria de Acesso ao Tubo de Sucção (EL. 43,06m);
- Galeria de Equipamentos Mecânicos (EL.53,40m);
- Galeria de Equipamentos Elétricos (EL.61,70m), Sala de Baterias/Oficina Elétrica/Oficina Mecânica/Almoxarifado (EL.61,70m), Sanitários/Copa/Ar de Renovação para o Sistema de Ar Condicionado para a Sala de Controle Local (EL.70,40m).



A distribuição de ar será efetuada por meio de grelhas dispostas ao longo dos dutos, em pontos que proporcionem adequado beneficiamento dos ambientes.

Conforme descrição anterior, todo o ar insuflado será naturalmente movimentado através de aberturas e escadas no sentido de alcançar-se o exterior por venezianas instaladas próximas à cobertura da Casa de Força. O interior da Casa de Força será mantido ligeiramente pressurizado.

Para beneficiar os Poços das Turbinas, parte do ar do Sistema de Insuflamento, será captado através dos acessos aos Poços. Para a exaustão dos Poços das Turbinas o ar será direcionado para o exterior, através de dutos embutidos no concreto até os respectivos Exaustores Centrífugos de Simples Aspiração (01por Poço). Os Poços serão mantidos em ligeira depressão permanente, evitando-se a contaminação dos recintos adjacentes.

Para a exaustão dos Poços dos Geradores será previsto um ramal de duto interligado ao Sistema de Exaustão dos Poços das Turbinas com damper corta-fogo de bloqueio, normalmente fechado e que será acionado, manualmente, em caso de vazamento de CO<sub>2</sub> ou presença de fumaça.

O Almojarifado e as Oficinas Elétrica e Mecânica serão beneficiados por parte do ar do Sistema de Insuflamento, sendo que as Oficinas Elétrica e Mecânica terão um Sistema de Exaustão próprio com o ar a ser exaurido sendo captado por meio de grelhas e direcionado para o exterior, através de duto embutido até o Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

Para a exaustão dos Vestiários/Sanitários Masculino e Feminino será previsto um sistema comum. A admissão de ar será feita por grelha a ser instalada nas respectivas portas de acesso aos vestiários, e o ar exaurido será direcionado para o exterior, através de duto embutido até o Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

Para a exaustão da Copa no Edifício de Controle será previsto um sistema próprio. A admissão de ar será feita por grelha a ser instalada na porta de acesso ao ambiente, e o ar exaurido será direcionado para o exterior através de duto embutido, até o Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

Farão parte do Sistema de Exaustão e Ventilação:

- Dutos de exaustão/ventilação (se necessário);
- 04 (quatro) exaustores tubo axiais com motor fora do fluxo à prova de explosão;
- 03 (três) ventiladores industriais centrífugos
- Venezianas e todos os demais acessórios necessários para o sistema.

Para o correto entendimento do Sistema de Exaustão/Ar Condicionado, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B03-1-C35-DEB-0005.

#### **6.8.6.2.10 Sistema de Ar Condicionado**

A fim de proporcionar o condicionamento de ar necessário na sala de controle, para manter uma temperatura adequada aos operadores e aos equipamentos de controle e comunicação serão instalados dois aparelhos de ar condicionado, sendo um em operação e o outro reserva.

Deverá ser previsto uma unidade evaporadora no interior da sala onde será instalado o banco de baterias, localizada na galeria elétrica. A unidade condensadora deverá ser instalada na plataforma de jusante, ao lado do edifício de controle, de forma que a altura máxima entre a unidade condensadora e a unidade evaporadora seja inferior a 10 (dez) metros.

A finalidade deste ar condicionado é de promover o perfeito funcionamento das baterias, auxiliando no condicionamento da temperatura exigido pelas mesmas.

Farão parte do Sistema de Ar Condicionado:

- 4 (quatro) unidades condensadoras (uma atuante e outra reserva para sala de controle, uma para sala de reuniões e uma para a sala de baterias);
- 4 (quatro) unidades evaporadoras (uma atuante e outra reserva para sala de controle, uma para sala de reuniões e uma para a sala de baterias);
- Tubulações em cobre com isolamento térmico, válvulas, drenos e acessórios.

Para o correto entendimento do Sistema de Exaustão/Ar condicionado, analisar em conjunto o desenho n°. S0847B02-1-C35-DEB-0007.

#### **6.8.6.2.11 Sistema de Coleta e Separação de Água/Óleo Isolante (SAO-I)**

Deverá ser prevista na Casa de Força, uma bacia de contenção para o óleo isolante dos transformadores elevadores. A bacia deverá ser parcialmente preenchida com brita apoiada por grade. A bacia deverá ser projetada de forma que comporte todo o nível de óleo do Trafo, de acordo com os critérios do API.

O óleo que vazar do transformador elevador deverá ser coletado pela bacia de contenção e deverá ser direcionado, através de tubulações embutidas, para a caixa separadora água/óleo isolante. O óleo é armazenado em uma câmara específica para este, dentro da própria caixa separadora, onde, após alcançar um nível máximo, deverá ser retirado, através de bomba portátil, para possível descarte ou tratamento, enquanto a água escoará, por gravidade, para o canal de fuga.

Farão parte do Sistema de Coleta e Separação de Água e Óleo Isolante:

- Bacias de contenção;
- Caixa separadora de água/isolante;
- Tubulação embutida destinada a conduzir o óleo.

Para o correto entendimento do Sistema de Coleta de óleo isolante, analisar em conjunto o desenho n° ST813B03-1-C35-DEB-0011.

#### **6.8.6.2.12 Sistema de Medições Hidráulicas de Montante e Jusante**

O sistema terá por objetivo processar as seguintes medições: do nível de montante/nível do reservatório; da perda de carga nas grades metálicas, equilíbrio de pressão nas comportas ensecadeiras da Tomada D'Água; do nível de jusante/canal de fuga e equilíbrio de pressão nas comportas de operação/emergência do Tubo de Sucção.

#### **a) Medição de Nível de Montante**

A medição do nível de água de montante será feita na estrutura Tomada D'Água, por uma sonda de nível para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina/SDSC na Sala de Controle do Edifício de Controle e, também por régua liminimétrica, a ser instalada a montante.

A medição do nível d'água montante será feita com dois sensores, um deles reserva (o do Vertedouro).

#### **b) Medição de Perda de Carga nas Grades Metálicas e Equilíbrio de Pressão nas Comportas Ensecadeiras da Tomada D'Água**

A medição da perda de carga nas Grades Metálicas da Tomada d'Água ou de equalização de pressão nas comportas ensecadeiras será feita por comparação dos níveis de montante e de jusante das grades/comportas por duas sondas de nível para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle. As sondas acionam os alarmes de perda de cargas nas grades, quando a diferença de nível indicada nestas sondas, posicionadas à jusante das comportas ensecadeiras, em relação ao nível indicado na sonda de montante das comportas for de 1,0 m.c.a. Elas, também, sinalizam o equilíbrio de pressão nas comportas ensecadeiras, após o enchimento do circuito hidráulico. A medição de nível feita por estas sondas é comparada com a medição de nível na sonda de montante.

#### **c) Medição de Nível de Jusante**

A medição de nível de água de jusante será feita no Canal de Fuga por uma sonda de nível para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina/SDSC na Sala de Controle e, também por régua liminimétrica, a ser instalada à jusante.

#### **d) Medição de Equilíbrio de Pressão nas Comportas de Emergência dos Tubos de Sucção**

Para a medição de equalização de pressão nas Comportas de Emergência/Operação do Tubo de Sucção de cada Unidade após o enchimento do tubo de sucção, serão previstas tomadas piezométricas dispostas adequadamente e monitoradas por Indicador Transmissor de Pressão Diferencial, instaladas em cada Unidade, com leitura local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina/SDSC na Sala de Controle.

### **6.8.6.2.13 Sistema de Esgoto Sanitário**

Todo o esgoto sanitário proveniente da copa e dos banheiros da casa de força será tratado. Este tratamento será feito por uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), constituída de filtro anaeróbio, fossa séptica e caixa de cloração. Após a passagem pela ETE, o esgoto tratado escoará, por gravidade, para o canal de fuga. Este sistema deverá ser fornecido pela construtora civil e projetado pela projetista civil.

O Sistema de Esgoto Sanitário deverá ser composto basicamente por:

- 1 (uma) Estação de Tratamento de Esgoto dotada de filtro anaeróbio, caixa de cloração, fossa séptica;
- Tubulações embutidas e expostas com todas as conexões e acessórios necessários.

Para o correto entendimento do Sistema de Esgoto Sanitário, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B02-1-C35-DEB-0010.

#### **6.8.6.2.14 Sistema de Proteção Contra Incêndio/SPCI**

O Sistema de Proteção Contra Incêndio da UHE Itacara deverá ser composto de três subsistemas, que permitiram o perfeito controle e extinção do incêndio, em locais onde possam ocorrer sinistros. Estes subsistemas serão:

- Sistema de Proteção Contra Incêndio por Hidrantes;
- Sistema de Proteção Contra Incêndio por Extintores.
- Sistema de Proteção por Água Nebulizada.

Farão parte do Sistema de Proteção Contra Incêndio:

- Extintores portáteis para a casa de força e edifício de controle;
- Extintores de 50 kg com carreta para a subestação;
- Tubulação da rede de SPCI, com todos os acessórios necessários para o sistema;
- Hidrantes e todos os acessórios necessários para seu perfeito funcionamento;
- Válvulas de bloqueio;
- Filtro tipo cesto duplex e demais acessórios de medição e controle.

Para o correto entendimento do Sistema de Combate a Incêndio, analisar em conjunto o desenho n°. ST813B03-1-C35-DEB-0006.

#### **a) Sistema de Água de Combate a Incêndio por Hidrantes**

A partir do *header* do sistema de água industrial, a montante das bombas de água industrial, será feito o abastecimento do sistema de proteção contra incêndio para todos os hidrantes locados em pontos estratégicos na casa de força. A tubulação de alimentação principal do SPCI deverá ser dotada de válvula gaveta, a fim de permitir o isolamento de todo este sistema, para eventuais manutenções e/ou inspeções em algum dos hidrantes, e do filtro dupla cesta.

#### **b) Sistema de Proteção Contra Incêndio nos Transformadores**

O Sistema para proteção aos transformadores por água nebulizada será composto por válvulas dilúvio, detectores, redes de "sprinklers" com anel superior e inferior, etc. O acionamento da válvula dilúvio será por intermédio de ar comprimido ou água. Será disponibilizado, próximo aos transformadores, ramais de ar comprimido de serviço com pressão aproximada de 700 kPa.

O limite do projeto executivo para fornecimento de água para proteção dos transformadores, por água nebulizada, será nos flanges de espera próximo aos transformadores para conexão da válvula gaveta de montante que geralmente acompanha as válvulas dilúvio. A partir deste flange de espera, todo o sistema de água nebulizada será de competência do seu FORNECEDOR.

O Sistema de proteção aos transformadores por água nebulizada será do tipo fixo e pressurizado pela mesma bomba “booster”.

O Sistema entrará em funcionamento automaticamente pela atuação de qualquer detector térmico. Quando o detector térmico for sensibilizado, provocará a abertura da válvula dilúvio e o funcionamento da bomba “booster”, e simultaneamente o pressostato enviará um sinal ao módulo de controle que sinalizará este evento.

Ocorrendo um princípio de incêndio no equipamento a conseqüente elevação de temperatura deverá provocar a atuação do elemento sensor de calor, que deverá disparar a atuação do sistema. O impacto da água em alta velocidade sobre o óleo incendiado deverá causar a emulsificação e resfriamento de forma que a extinção de incêndio seja acompanhada pelo sufocamento da combustão, apagando o mesmo.

O Sistema também poderá ser acionado pela botoeira de acionamento manual que atuará a válvula solenóide da tubulação e abrindo a válvula dilúvio e ligando a bomba. A válvula dilúvio quando atuada, permitirá a passagem de água para a rede de “Sprinklers” que acionará um alarme hidráulico.

### **c) Sistema de Extintores de Combate a Incêndio**

O Sistema de proteção por Extintores portáteis, Extintores sobre rodas de CO<sub>2</sub> e Extintores de pó químico, protegerá as áreas e salas na Casa de Força e será em conformidade com as recomendações da ABNT.

A Estação de Tratamento de Água, Sala do Gerador Diesel e Depósito de Óleo Lubrificante, também, serão protegidas por extintores portáteis de CO<sub>2</sub> e extintores de pó químico, em conformidade com as recomendações da ABNT.

No pátio da subestação, deverão conter extintores de pó químico seco com carga de 50 kg, colocados sobre carreta, alojados em abrigos, de forma estratégica.

#### **6.8.6.2.15 Oficina Eletromecânica**

Uma Oficina equipada com algumas máquinas operatrizes simples, equipamentos de solda, bancadas e ferramentas diversas, permitirá a execução, na casa de força, de pequenos serviços de manutenção que poderão surgir durante a operação da usina, será dotada, no mínimo dos seguintes itens:

- Uma furadeira de coluna para furos até 32 mm;
- Uma serra mecânica com capacidade de corte 155 x 155 mm;
- Uma esmerilhadeira para rebolo até 250 x 45 mm;
- Um lavador de peças com bomba e filtro;
- Um aspirador de pó industrial;

- Uma máquina de lavar piso de alta pressão;
- Uma furadeira elétrica manual tipo industrial;
- Uma lixadeira elétrica manual tipo industrial;
- Uma bigorna 500 N;
- Uma máquina de solda elétrica;
- Um sistema de solda oxi-acetileno;
- Uma mesa para desempenho;
- Um torno de bancada n° 3;
- Uma bancada para trabalhos mecânicos;
- Uma estufa elétrica para secagem de eletrodos 900 x 600 mm;
- Um conjunto completo de ferramentas para mecânica;
- Um armário para ferramentas mecânicas (geral);
- Uma bancada para trabalhos elétricos;
- Um conjunto completo de ferramentas para elétrica (se aplicável);
- Um armário para ferramentas elétricas (se aplicável).

### **6.8.7 Sistema Digital de Supervisão e Controle e de Proteção**

#### **6.8.7.1 Sistema Digital de Supervisão e Controle/SDSC**

O Sistema Digital de Supervisão e Controle/SDSC deverá possuir os seguintes níveis hierárquicos:

- Sala de Controle Local da Usina (SCL);
- Unidades de Aquisição e Controle (UAC);
- Sala de Controle Central da Usina (SCC).

A arquitetura do Sistema deverá ser distribuída com Unidades de Aquisição e Controle (UAC) individuais para cada Unidade Geradora, para as Comportas Segmentos do Vertedouro, para as Linhas de Transmissão, para a Subestação e Serviços Auxiliares e para os Serviços Auxiliares da Usina, onde serão realizadas todas as funções de aquisição e controle inerentes a cada vão/equipamento/Sistema.

A Usina e a Subestação Seccionadora Associada serão supervisionadas e controladas a partir das Interfaces Homem-Máquinas/IHMs da SCL e da SCC.

Na Casa de Controle da Subestação Seccionadora haverá um terminal remoto da IHM com a mesma funcionalidade.

As UACs terão telas de cristal liquido que permitam a função de IHM local, de forma a possibilitar o controle e/ou supervisão dos mesmos durante o comissionamento, testes ou operação degradada.

A rede de aquisição será um duplo anel óptico, onde todas as UACs deverão estar conectadas através de um HUB óptico.

As UACs não deverão se comunicar entre si e todas as informações necessárias de outros vãos deverão ser diretamente adquiridas pelas entradas das mesmas.

Os equipamentos/sistemas deverão se integrar totalmente ao Sistema de Proteção, Controle e Supervisão.

As UACs deverão ter interfaces seriais de comunicação independentes com os reguladores de tensão/geradores e reguladores de velocidade/turbinas, com a finalidade de medição e supervisão. A Interface do Sistema para controle com os reguladores de tensão, reguladores de velocidade será por meio de cartões de entrada / saída das UACs.

As UACs das Unidades Geradoras deverão ter um Controlador Lógico Programável/CLP exclusivo para a parada de emergência da Unidade, assegurando a parada da Unidade no caso de pane do CLP principal.

Ficará a cargo da UAC de cada Unidade Geradora o controle e a supervisão dos seus Sistemas Auxiliares (ex.: sistema de circulação de óleo, sistema de resfriamento do Gerador, etc).

Deverão ser previstas, além da rede de processo, rede de proteção e rede de oscilografia que interligará as unidades de proteção e oscilografia das unidades geradoras, transformadores elevadores, barras e linhas aos concentradores instalados na Sala de Controle.

No Sistema Digital de Supervisão e Controle deverão ser atendidos todos os requisitos determinados pelo Operador Nacional do Sistema/ONS.

A arquitetura do Sistema está mostrada no desenho S0813B03-1-G52-DEB-0001 - Arquitetura Básica do SDSC.

Deverão ser fornecidos os seguintes Equipamentos Principais:

- 02 UACs para as unidades geradoras (uma para cada unidade);
- 01 UAC para os serviços auxiliares;
- 01 (uma) UAC para o vertedouro;
- 02 (duas) UACs para as linhas de transmissão (uma para cada linha);
- 01 (uma) UAC para a subestação seccionadora.

As UACs deverão ser próprias para receberem dupla alimentação em 125 Vcc a partir dos Serviços Auxiliares em corrente contínua.

Deverá ser prevista uma Central Horária que fornecerá, a partir de satélite GPS, o horário calendário para sincronizar os diversos componentes do Sistema de Controle, Proteção e Oscilografia.

Deverão ser providos microcomputadores portáteis para configuração, manutenção e depuração dos programas aplicativos.

A rede, os servidores, monitores e demais equipamentos instalados na Sala de Controle central deverão ser compatíveis para receberem alimentação ininterrupta, com tensão regulada e filtragem de surtos e tensão e frequências parasitas disponibilizado pelo Sistema de Alimentação da Usina.

Os equipamentos serão alimentados por unidades de energia ininterrupta, em configuração redundante, do tipo "online" que deverão fazer parte do fornecimento do SDSC.

#### **6.8.7.2 Sistema de Proteção**

As funções de proteção deverão ser implementadas por relés digitais numéricos com conversão analógico / digital e processamento digital dos sinais de entrada do processo.

O Sistema de Proteção deverá ser constituído por sistemas independentes do Sistema Digital de Supervisão e Controle/SDSC e as proteções deverão atuar, através de seus contatos de saída sobre os disjuntores ou dispositivos de parada, de modo a garantir a parada ou desligamento do equipamento protegido sem a interferência do Sistema Digital de Supervisão e Controle.

O Sistema de Proteção será constituído por zonas, de modo que uma zona de proteção seja estabelecida ao redor de cada elemento do sistema a ser protegido, com vistas a manter a seletividade da atuação dos relés de proteção. No entanto, deverá haver uma adequada superposição das zonas em torno dos disjuntores ou dos limites das zonas, de modo a eliminar "pontos cegos" ou sem proteção em todo o sistema protegido.

A atuação das diversas funções de proteção sobre os circuitos de disparo dos disjuntores principal e de campo das Unidades Geradoras e sobre o circuito de parada da turbina será feita através de relés de disparo de alta velocidade e relés de bloqueio.

Os relés de bloqueio serão do tipo de "rearme manual" e "rearme elétrico". O rearme manual será efetuado a partir do Painel de Proteção do Gerador, e o rearme elétrico a partir do Sistema Digital de Supervisão e Controle.

No Sistema de Proteção serão atendidos todos os requisitos determinados pelo Operador Nacional do Sistema/ONS através dos "Procedimentos de Rede".

Os esquemas de proteção estão mostrados no desenho S0813B03-1-G80-DEB-0004 - Geral - Sistema de Proteção e Controle - Diagrama Unifilar Básico.

#### **a) Proteção para as LTs de 138kV**

As proteções das LTs serão constituídas por dois esquemas de proteção independentes, principal e alternada, ligados a circuitos de correntes e potenciais distintos, alimentados por sistemas de corrente contínua independentes.

As proteções principais e alternadas deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das LTs.



## b) Proteção as Unidades Geradoras

As proteções das duas (02) Unidades Geradoras serão constituídas por dois esquemas de proteção independentes, principal e alternada, ligados a circuitos de corrente e potencial diferentes, alimentados por sistemas de corrente contínua independentes.

As proteções principal e alternada deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das Unidades Geradoras.

## c) Proteção dos Transformadores Elevadores

As proteções dos dois (02) Transformadores Elevadores serão constituídas por um esquema de proteção, alimentado por sistema de corrente contínua independente.

As proteções deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das Unidades Geradoras.

## d) Proteção de Barra da Subestação Seccionadora

A proteção de barra da Subestação será assegurada por esquema de proteção diferencial constituída por módulos de vãos (periféricos) e módulo central.

A proteção diferencial de barra deverá atuar sobre os dois circuitos de disparo de todos os disjuntores a ela conectados.

## e) Oscilografia

Deverão ser previstas facilidades de oscilografia independentes do Sistema de Proteção, com taxa de amostragem adequada a uma detalhada análise pós-falta das ocorrências.

Deverá existir uma rede de oscilografia de modo a concentrar os dados de todos os Registradores de Dados de Perturbação/RDPs.

## 6.9 Obras Acessórias

O arranjo proposto da UHE Itaocara I para as estruturas de concreto no Canal Esquerdo da Ilha Serena próximo da ombreira esquerda, contempla espaço suficiente à jusante da Barragem de Terra Margem Esquerda para a implantação de um “Sistema de Transposição de Peixes”/STP do tipo “Elevador de Peixes” compatível com o desnível máximo de 30,11 m, definido entre o N.A. Máximo Normal do Reservatório em 89,60m e o N.A. Mínimo Normal de Jusante de 59,49m.

No Desenho **SPEC G11-DEB-0005** está indicada uma “Faixa Diretriz” para o caminhamento de tal mecanismo/sistema, caso venha a ser exigido sua construção no futuro por exigências ambientais. Desta forma, a estrutura STP não está detalhada neste Projeto Básico.

## 6.10 Subestações e Linhas de Transmissão

### 6.10.1 Subestação Seccionadora da Usina

A Subestação Seccionadora ou de Manobra será do tipo convencional, externa, com esquema de manobra em barra principal e barra de transferência.

O arranjo básico da Subestação está mostrado nos documentos:

- S0813B03-1-S51-DEB-0001 – Subestação 138kV – Arranjo Eletromecânico – Planta
- S0813B03-1-S51-DEB-0002 – Subestação 138kV – Arranjo Eletromecânico – Seções A-A e B-B
- S0813B03-1-S51-DEB-0003 – Subestação 138kV – Arranjo Eletromecânico – Seção C-C

A subestação está localizada próxima da casa da força, a cerca de 200 m a jusante desta, na mesma margem do rio. O acesso rodoviário será feito pelo mesmo acesso à casa de força. A área ocupada será de cerca de 4.150 m<sup>2</sup>. Para visualização da localização da SE, ver desenho S0813B03-1-G11-DEB-0001.

A subestação contará com uma saída de linha longa com circuito duplo e duas saídas de linha curta (uma para cada conjunto gerador). Cada entrada possuirá, além dos transformadores de corrente e dos para-raios, o seu próprio disjuntor.

A Casa de Controle possui uma área aproximada de 170,00 m<sup>2</sup> e é constituída basicamente por uma Sala de Controle, uma Sala de Serviços Auxiliares e uma Sala de Baterias.

As estruturas de suporte (pórticos, pilares, postes) poderão ser de concreto ou estrutura metálica, sendo que esta definição deverá ser feita por ocasião do projeto executivo. A subestação contará ainda com uma casa de controle, onde serão instalados os painéis de controle e proteção e de serviços auxiliares. Esta casa será construída em alvenaria convencional, em local adequado e possuirá dimensões apropriadas para receber o número de equipamentos previstos para ali serem instalados sem que haja qualquer tipo restrição à circulação de pessoal ou da manutenção.

Toda a área da subestação será recoberta com uma camada de brita de cerca de 0,10 m, lançada sobre o solo. O objetivo desta cobertura é assegurar uma camada isolante adequada de modo a garantir a manutenção das tensões de passo e toque dentro dos parâmetros seguros aos operadores.

Os cabos de controle e medição serão instalados em canaletas de alvenaria adequadamente distribuídas pelo pátio da subestação, originando-se na casa de controle. Estas canaletas deverão ser dimensionadas de modo a comportarem a quantidade de cabos necessários com folga e organização. As canaletas serão semienterradas no solo e serão cobertas por tampas de concreto removíveis. Nos locais onde seja prevista a passagem de equipamentos de movimentação por sobre esta, a canaleta em si e as tampas deverão prever esta sobrecarga. Na entrada da canaleta na casa de controle, deverá ser dada uma especial atenção ao modo de chegada dos cabos, de modo que seja impedida a entrada de insetos e roedores.

Devido à grande área plana, é importante que seja previsto um adequado sistema de drenagem da subestação. Esta drenagem deverá contemplar, além da drenagem da área, a drenagem das canaletas, de modo que, mesmo durante a ocorrência das chuvas mais intensas previstas, não ocorram inundações. O sistema deverá ser composto por uma rede de drenagem pluvial que atenda a estes requisitos.

### 6.10.1.1 Principais Equipamentos

Os quantitativos dos equipamentos principais estão indicados no documento S0813B03-1-G80-DEB-0001 – Diagrama Unifilar Simplificado.

#### a) Chaves Seccionadoras

Características técnicas principais mínimas exigidas para a chave seccionadora que deverá atender a todas as exigências da norma ABNT NBR 6935.

- Classe de tensão ..... 145 kV
- Tensão nominal ..... 138 kV
- Número de polos..... 3
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 2.000 A
- Corrente suportável nominal de curta duração (1s, valor Eficaz)..... 31,5 kA
- Instalação ..... Ao tempo na Subestação de Transmissão
- Tipo construtivo..... Abertura central
- Movimentação..... Horizontal
- Operação ..... Motorizada
- Quantidade ..... 12 conjuntos, sendo duas chaves seccionadoras com lâmina de terra

#### b) Chaves de Aterramento

Características técnicas principais mínimas exigidas para a chave seccionadora que deverá atender a todas as exigências da norma ABNT NBR 6935.

- Classe de tensão ..... 145 kV
- Tensão nominal ..... 138 kV
- Número de polos..... 3
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 2.000 A
- Corrente suportável nominal de curta duração (1s, valor Eficaz)..... 31,5 kA
- Instalação ..... Ao tempo na subestação elevadora (Casa de força)
- Tipo construtivo..... Abertura vertical
- Movimentação..... Vertical
- Operação ..... Motorizada
- Quantidade ..... 02 conjuntos

### c) Disjuntores de 138 kV

Os disjuntores a serem instalados na subestação terão por finalidade realizar as manobras de ligar e desligar as entradas, seja em condições normais ou em condições de falta. As características técnicas principais mínimas exigidas para os disjuntores de 138kV serão:

- Classe de tensão ..... 145 kV
- Tensão nominal ..... 138 kV
- Número de polos..... 3
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 2.000 A
- Corrente de interrupção simétrica ..... 31,5 kA
- Instalação ..... Ao tempo na subestação de transmissão
- Meio de extinção ..... SF6
- Mecanismo de operação ..... Motorizado
- Quantidade ..... 05 unidades

### d) Transformador de Corrente 138 kV - Entradas das LT's dos Geradores

Características técnicas principais mínimas exigidas para os transformadores de corrente a serem instalados nas entradas da LT's curtas em 138 kV, que vem dos transformadores elevadores são apresentadas no quadro a seguir.

- Tensão nominal ..... 138 kV
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 600 A
- Corrente de interrupção simétrica ..... 40,0 kA
- Instalação ..... Ao tempo
- Relação de transformação ..... 1200/800/400/5-5-5A
- Fator térmico ..... 1,2
- Classe de exatidão para todos os enrolamentos ..... 10B400
- Quantidade ..... 06 unidades

### e) Transformador de Corrente 138 kV - Saída da LT de Conexão

Características técnicas principais mínimas exigidas para os transformadores de corrente a serem instalados na saída da LT da conexão com a SE Itaocara II são:

- Tensão nominal ..... 138 kV
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente nominal ..... 1.200 A
- Instalação ..... Ao tempo

- Relação de transformação ..... 1200/800/400/5-5-5A
- Fator térmico ..... 1,2
- Classe de exatidão do enrolamento tipo A (3 unidades) ..... 10B400
- Classe de exatidão do enrolamento tipo B (1 unidade) ..... 0,3C50
- Quantidade ..... 06 unidades

#### f) Transformadores de Potencial 138 kV

Os barramentos da subestação possuirão um jogo de transformadores de potencial (TP), sendo ligados entre cada fase e a terra. Além disto, será instalado um TP para cada fase das saídas das linhas da subestação para fins de controle e verificação das condições de sincronismo. As características técnicas principais mínimas exigidas para os transformadores de potencial são:

- Classe de tensão ..... 145 kV
- Tensão nominal do sistema ..... 138 kV
- Tensão suportável à frequência industrial (1 min) ..... 230 kV
- Frequência ..... 60 Hz
- Instalação ..... Ao tempo
- Tensão superior .....  $138/\sqrt{3}$  kV
- Tensão inferior (TI) ..... (115) V -  $(115/\sqrt{3})$  V
- Classe de exatidão do enrolamento tipo A (2 unidades) ..... 0,3P200
- Quantidade ..... 09 unidades

#### g) Para-raios para os Circuitos 138 kV

Os para-raios a serem instalados nas entradas e saída das linhas da SE terão por finalidade limitar as sobretensões oriundas principalmente da indução provocada por descargas atmosféricas que ocorrerem nas proximidades do eixo ao longo de toda a linha de transmissão, assim como descargas diretas que porventura venham a acontecer.

- Classe de tensão ..... 120 kV
- Tensão nominal do sistema (fase-fase) ..... 138 kV
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente de descarga nominal ..... 10 kA
- Tipo ..... Óxido de zinco (ZnO)
- Instalação ..... Ao tempo na subestação e casa de força
- Quantidade ..... 18, sendo 12 na subestação de transmissão e 6 na casa de força

### 6.10.1.2 Sistema de Aterramento da Subestação

O sistema de aterramento da Subestação terá a função básica de proporcionar uma adequada circulação das correntes de falta que se fizerem presentes, promovendo equipotencialidade entre as diversas áreas e equipamentos. Este “caminho” deverá ser tal que não provoque o aparecimento de tensões induzidas perigosas aos equipamentos ou operadores. Os critérios adotados para a elaboração do sistema de aterramento deverão seguir as recomendações da Norma IEEE - *Guide for Safety in AC. Substation Grounding* - New York - 1986.

A malha será constituída por cabos de cobre nu, na bitola de 70 mm<sup>2</sup> enterrados no solo, com 0,60 m de profundidade, exceto nos condutores localizados na periferia da cerca, onde a profundidade aumenta para 1,00m. Os cabos deverão formar uma malha básica de 2,00 x 2,00 m. Nos cruzamentos dos cabos, os mesmos deverão ser unidos por meio de conexões soldadas. Em locais determinados no projeto, deverão ser previstos pontos de derivação (também soldados) que serão conectados aos equipamentos, estruturas, e cercas da SE.

Nos locais onde serão instalados para-raios e nos locais onde serão conectados os cabos guarda e contrapeso, deverão ser previstos eletrodos de amortecimento como forma de melhorar a descarga para o solo das correntes induzidas pelas descargas atmosféricas.

Todos os equipamentos, estruturas e componentes metálicos (tais como portas, janelas, tubulações) deverão ser conectados à malha de aterramento, de modo a se assegurar a sua equipotencialidade.

### 6.10.1.3 SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas, composto por hastes captoras instaladas no topo das estruturas também deverá ser conectado à malha de aterramento.

Todas as malhas de aterramento da usina (casa de força, tomada d’água, vertedouro e subestação) serão interconectadas por meio de dois cabos de cobre nu, na bitola 70mm<sup>2</sup>, enterrados no solo, sendo que estes cabos deverão estar afastados entre si de no mínimo 1,0m, de modo a garantir caminhos redundantes para esta interconexão.

Nos locais onde a presença de pessoas possa ser estatisticamente mais provável durante a ocorrência de surtos de tensão, tais como a casa de comando, as proximidades dos disjuntores e das chaves, deverão ser previstas submalhas, de abertura menor, interligadas à malha principal, de modo a assegurar tensões induzidas seguras ao pessoal da manutenção/operação.

Durante o projeto executivo, o local previsto para a implantação da subestação deverá ser mais bem investigado, através de medições de resistividade do solo, de modo a se obter os reais parâmetros do solo que irão permitir um estudo apurado para a reavaliação e otimização do sistema de aterramento aqui proposto.

#### 6.10.1.4 Serviços Auxiliares

- **Serviços Auxiliares de Corrente Alternada**

Para o suprimento de energia em corrente alternada das cargas dos Serviços Auxiliares da Subestação está sendo previsto um quadro de distribuição (PCAS) alimentado em 460 V, a partir do PGA e PGB instalados na Casa de Força da Usina.

A concepção dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada é apresentada no desenho S0813B03-1-G80-DEB-0002 – Geral – Serviços Auxiliares de CA - Diagrama Unifilar Básico.

Serão adotados os seguintes níveis de tensão:

- 460Vca +/- 10%, trifásico, 03 fios, ligação estrela com neutro aterrado, para alimentação de todos os motores e tomadas de força;
- 220/127Vca +/-10%, trifásico, 04 fios, aterrado solidamente para alimentação do sistema de iluminação, tomadas, resistências de aquecimento de motores e aquecimento, iluminação e tomadas de painéis.

- **Serviços Auxiliares de Corrente Contínua**

As cargas de corrente contínua da Subestação serão supridas em 125Vcc +10%/-20%. O sistema será constituído por dois conjuntos carregador-bateria, operando em regime de flutuação, com capacidade unitária para suprir toda a carga.

A concepção dos Serviços Auxiliares de Corrente Contínua é mostrada no desenho S0813B03-1-G80-DEB-0003 – Geral – Serviços Auxiliares de CC - Diagrama Unifilar Básico.

Cada Conjunto Carregador-Bateria alimentará seu respectivo quadro de distribuição de 125Vcc, PCCS1 e PCCS2 alimentando de forma independente (não paralela) as cargas da Subestação.

As seguintes fontes farão o suprimento destas tensões (valores a serem confirmados no Projeto Executivo):

- 2 x retificadores carregadores de baterias, alimentação 460Vca, tensão nominal de saída 125Vcc, corrente nominal 150A, padrão fabricante, para os serviços auxiliares da subestação (+CBS1, +CBS2);
- 2 x Bancos de Baterias, tensão nominal 125Vcc, (+10%/-15%), 350Ah, capaz de suprir as necessidades da usina por 5 horas. Completa com estantes e demais acessórios, padrão fabricante, para os serviços auxiliares da subestação (+BS1 e +BS2);

As baterias serão constituídas de elementos chumbo-ácidos. Os retificadores serão do tipo estático, providos de regulação automática e manual da tensão de saída.

## 6.10.2 Linha de Transmissão Associada

### 6.10.2.1 Geral

Conforme Parecer de Acesso emitido pela LIGHT, a UHE Itacara I será integrada ao sistema de distribuição a partir de linha de transmissão em circuito duplo 138 kV com cerca de 25 km de extensão e bitola 795 MCM, de uso exclusivo do acessante, que interligará a SE UHE Itacara I, de propriedade do acessante, ao barramento 138 kV da UHE Itacara II e, a partir deste ponto, ao barramento da UHE Ilha dos Pombos, de propriedade da LIGHT Energia, também através de um circuito duplo de bitola 795 MCM com aproximadamente 21 km de extensão.

Portanto, o ponto de conexão da UHE Itacara I serão os conectores dos isoladores do pórtico da subestação UHE Ilha dos Pombos onde se conecta a linha de transmissão 138 kV de propriedade do acessante.

#### a) Interligação da Casa de Força à Subestação Seccionadora da Usina

Uma Linha de Transmissão Curta/LTC será construída para interligar os dois (02) Transformadores Elevadores da Casa de Força da UHE Itacara I às respectivas entradas na Subestação Seccionadora. Esta linha LTC terá cerca de 200,00 m de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.

A linha será construída em circuito duplo, com apoio intermediário (caso necessário), em estrutura metálica treliçada autoportante, 01 (um) cabo condutor CAA 795,0 kcmil "DRAKE" por fase, 01 (um) cabo para-raios de aço galvanizado 3/8" EAR e 01 (um) cabo para-raios OPGW.

#### b) Linha de Transmissão SE UHE Itacara I – SE UHE Ilha dos Pombos

A linha de transmissão que interliga as usinas de Itacara I e Itacara II tem seus 25 km de extensão em circuito duplo, em um traçado praticamente paralelo ao Rio Paraíba do Sul, porém mantendo um afastamento suficiente para evitar interferências com áreas ambientais, como as matas de preservação permanente próximas ao rio e outras áreas impeditivas. O traçado será em terreno suavemente ondulado e com vão médio de 450m.

A linha terá 2 (dois) circuitos trifásicos, em disposição vertical, com 1 (um) condutor CAA por fase, e 2 cabos para-raios, sendo um de aço zincado e outro OPGW. A mesma terá aproximadamente 65 suportes de aço (cerca de 2,6 suportes/km).

No suporte mais comum, tipo SL3D, a separação vertical entre fases é de 4,00m e a separação horizontal entre fases é de 6,60m.

O vão médio das linhas é de 450m. O vão máximo das linhas é estimado em 600m.

Uma linha de transmissão será construída para interligar a Subestação da Usina de Itacara I à Subestação da Usina Ilha dos Pombos. A linha terá cerca de 21,00 km de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.



A linha será construída em circuito duplo, com apoios em estrutura metálica treliçada autoportante, 01 (um) cabo condutor CAA 795,0 kcmil “DRAKE” por fase, 01 (um) cabo para-raios de aço galvanizado 3/8” EAR e 01 (um) cabo para-raios OPGW.

#### 6.10.2.2 Diretriz Selecionada da Linha de Transmissão

A escolha do traçado preliminar da linha de transmissão foi feita com base em dados obtidos de cartas geográficas, imagens de satélite, investigações de campo e documento Parecer de Acesso da UHE Itaocara I, emitido pela Light..

A região de implantação das instalações de transmissão está localizada no médio vale do Rio Paraíba do Sul, onde o relevo é caracterizado por serras e morros alongados, ocorrendo ocasionalmente encostas rochosas, com forte tendência à erosão. A região situa-se entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, em altitudes que variam de 100 a 500 metros.

Em seu caminhamento, a linha passará pelos municípios de Itaocara e Cantagalo, localizados no estado do Rio de Janeiro, e pelo município de Pirapetinga, localizado no estado de Minas Gerais. O traçado preliminar da LT é apresentado no desenho S0813B03-1-G50-DEB-0001.

Por ocasião do Projeto Executivo, deverão ser realizados os estudos complementares e projetos de detalhamento, visando escolher o traçado definitivo, por exemplo:

- Reconhecimento de campo para análise da diretriz preliminar e identificação de suas principais interferências;
- Levantamento das principais interferências e eventuais readequações da diretriz;
- Elaboração do desenho referente ao traçado definitivo, incluindo as revisões provenientes do reconhecimento de campo;
- Materialização do traçado no campo;
- Levantamento topográfico de perfil e planta.

#### 6.10.2.3 Parâmetros Meteorológicos

Os seguintes dados meteorológicos e de vento foram considerados no Projeto Básico da Linha de Transmissão:

##### a) Dados Meteorológicos:

- Temperatura Média..... 23°C
- Temperatura Máxima Média ..... 31°C
- Temperatura Mínima..... 7°C
- Temperatura Máxima..... 39°C
- Temperatura Coincidente com Vento Máximo..... 15°C
- Altitude..... 200,00 m

**b) Velocidades de Vento:**

**Tabela 6.3**

Período de Retorno (T)	Período de Integração (t)	V <sub>T</sub> (Vel. Vento)	
		(Km/h)	(m/s)
50	3 seg	98	27,22
150	3 seg	110	30,56
50	10 min	63	17,50
150	10 min	71	19,72

**6.10.2.4 Cabo Condutor**

Será adotada a configuração com 01 (um) cabo condutor CAA 795 kcmil “DRAKE” por fase para a Linha de Transmissão. As principais características do cabo estão relacionadas a seguir:

- Código ..... DRAKE
- Formação..... 26/7
- Diâmetro ..... 28,13 mm
- Peso Próprio ..... 1,6285 kgf/m
- Seção.....468,47 mm<sup>2</sup>
- Carga de Ruptura ..... 14.291 kgf
- Módulo de Elasticidade ..... Inicial: 6.539 kgf/mm<sup>2</sup>; Final: 7.593 kgf/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente Dilatação Linear ..... 18,36 x 10<sup>-6</sup> / 0C (inicial) / 18,90x10<sup>-6</sup> / 0C (final)

A potência a ser transmitida pela Linha de Transmissão em circuito duplo é da ordem de 160,00 MVA/144,00MW, sendo 50% da potência transmitida em cada circuito da linha (operação normal) ou 100% da potência transmitida em 01 (um) circuito da linha (caso de emergência).

Estudo da elevação da temperatura do cabo condutor aponta que para a configuração utilizada, a temperatura dos cabos condutores é de aproximadamente 45°C durante a operação normal da linha de transmissão e de 62°C durante operação de emergência, quando toda a potência é transmitida em apenas um dos circuitos.

**6.10.2.5 Cabos Para-raios**

Serão adotados 02 (dois) cabos para-raios para a Linha de Transmissão, cujas principais características estão relacionadas a seguir:

**Tabela 6.4**

<b>Tipo</b>	<b>Aço Zincado</b>	<b>OPGW</b>
Código	3/8" EAR	-
Formação	7 fios de aço	-
Diâmetro	9,52 mm	14,30 mm
Peso Próprio	0,407 kgf/m	0,680 kgf/m
Seção	51,14 mm <sup>2</sup>	116,17 mm <sup>2</sup>
Carga de Ruptura	6.990 kgf	9.689 kgf
Módulo de Elasticidade	18.600 kgf/mm <sup>2</sup> (inicial)	12.068 kgf/mm <sup>2</sup> (inicial)
	18.200 kgf/mm <sup>2</sup> (final)	13.109 kgf/mm <sup>2</sup> (final)
Coeficiente Dilatação Linear	11,52 x 10 <sup>-6</sup> / °C	14,20 x 10 <sup>-6</sup> / °C

#### 6.10.2.6 Coordenação de Isolamento

Definiu-se um número de 09 (nove) isoladores para as cadeias de suspensão e jumper e 11 (onze) isoladores para as cadeias de ancoragem.

Considerando um período de retorno de 50 (cinquenta) anos, foram determinados os valores dos ângulos de balanço e das distâncias mínimas fase-terra:

**Tabela 6.5**

<b>Tipo de Sobretensão</b>	<b>dmín ( metros )</b>	<b>Ângulo de Balanço</b>
Tensão Máxima Operativa	0,77	25°
Surto de Manobra	1,30	12°

#### 6.10.2.7 Distâncias Mínimas de Segurança

Estão apresentadas a seguir as distâncias mínimas, verticais e/ou horizontais do condutor ao solo ou a obstáculos, em condições normais de operação, conforme Norma NBR-5422 da ABNT.

Tabela 6.6

Natureza da Região ou Obstáculo Atravessado	Distância Adotada "D" (m)
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,5
Locais onde circulam máquinas agrícolas	7,0
Rodovias, ruas e avenidas	8,5
Rodovias federais e estaduais	7,20+ L/100
Ferrovias não eletrificadas	9,5
Ferrovias eletrificadas ou eletrificáveis	12,5
Suporte de linha pertencente à ferrovia	4,5
Águas navegáveis	H + 2,5
Águas não navegáveis	6,5
Paredes e Instalações Transportadoras	3,5
Linhas de telecomunicações	2,5
Linhas de energia elétrica	2,0
Telhados e terraços	4,5
Paredes cegas	3,5
Veículos rodoviários e ferroviários	3,5
Vegetação de preservação permanente	4,5

#### 6.10.2.8 Campos Eletromagnéticos

Os estudos preliminares de campos eletromagnéticos para a Linha de Transmissão em tensão 138 kV indicam que a configuração proposta atende, com folga, a todos os critérios propostos.

- **Corona visual:** "As linhas de transmissão não deverão apresentar corona visual, nos cabos condutores e ferragens, para 90% da condição de tempo bom".
- **Radiointerferência:** "A relação sinal-ruído no limite da faixa de servidão, indicadora do nível de imunidade dos sinais de rádio (RI), deverá ser no mínimo igual a 24 dB, considerando nível mínimo de sinal referido na norma DENTEL, para 50% das condições atmosféricas do ano".
- **Ruído audível:** "O ruído audível (RA) no limite da faixa de servidão, sob a tensão máxima operativa, durante condição de chuva fina (0,00148 mm/min) ou névoa de 4 horas de duração ou após os primeiros 15 minutos de chuva, deverá ser no máximo igual a 58 dB(A)".
- **Campo elétrico:** "O campo elétrico a um metro do solo, no limite da faixa de servidão deverá ser 5 kV/m. Deve-se assegurar que o campo no interior da faixa, em função da utilização de cada trecho da mesma, não provoque efeitos nocivos a seres humanos".
- **Campo magnético:** "O campo magnético na condição de carregamento máximo e no limite da faixa de servidão deverá ser igual ou inferior a 67 A/m, equivalente a indução magnética de 83  $\mu$ T. Deve-se assegurar que o campo no interior da faixa, em função da utilização de cada trecho da mesma, não provoque efeitos nocivos a seres humanos".

### 6.10.2.9 Largura da Faixa de Segurança

A largura da faixa de segurança foi determinada levando-se em conta o balanço dos cabos e cadeias devido à ação do vento, bem como verificados os níveis máximos de interferência em sinais de RI, RA, campo elétrico e campo magnético encontrados no limite de faixa. O valor adotado para a largura da faixa de segurança foi de 25,00 metros.

### 6.10.2.10 Estruturas Metálicas/Torres

A série de estruturas utilizada na Linha de Transmissão é composta de estruturas metálicas autoportantes, para circuito duplo, cujas características são apresentadas a seguir:

Tabela 6.7

Característica		SL3D	A30D	A60D	
		Suspensão Leve	Ancoragem em Ângulo	Ancoragem em Ângulo	Terminal
Vão de Vento		450 m, 0°	350 m, 30°	350 m, 60°	350 m, 20°
Deflexão Máxima		3°	30°	60°	20°
Vão de peso	Condutor	600 m	1.100 m	1.100 m	600 m
	Para-raios	700 m	1200 m	1200 m	650 m
Alturas	Corpos básicos	11 m	11 m	11 m	11 m
	Extensões de corpo	6/12 m	6/12 m	6/12 m	6/12 m
	Pernas	1,5 a 9,0 m	1,5 a 9,0 m	1,5 a 9,0 m	1,5 a 9,0 m

### 6.10.2.11 Arranjos das Cadeias de Isoladores, Ferragens, Espaçadores e Acessórios

Os isoladores deverão atender as características técnicas estabelecidas a seguir:

- Material ..... Vidro temperado ou Porcelana aluminosa
- Engate ..... Concha-bola
- Diâmetro do disco ..... 254 mm
- Passo do isolador ..... 146 mm
- Carga Eletromecânica de Ruptura Mínima ..... 12.000 kgf

As cadeias de suspensão serão equipadas com grampo de suspensão anticorona e armadura pré-formada para 09(nove) isoladores tipo disco de 120 kN com engates do tipo concha – bola, e fixação na estrutura através de manilha.

As cadeias de ancoragem serão simples, equipadas com grampo de ancoragem para 11(onze) isoladores tipo disco de 120 kN, com engates do tipo concha - bola e fixação na estrutura através de manilha.

Estão previstos conjuntos de suspensão e ancoragem para os cabos para-raios de aço zincado e cabo ótico OPGW.

### 6.10.2.12 Sistema de Aterramento

As estruturas metálicas serão aterradas de maneira a adequar a resistência de aterramento ao desempenho previsto para a Linha de Transmissão e a segurança de terceiros.

O aterramento das estruturas metálicas será feito através do cabo cujas características estão relacionadas a seguir:

- Tipo.....Aço Zincado
- Código ..... 3/8" SM
- Formação..... 07 fios de aço
- Diâmetro ..... 9,144 mm
- Peso Próprio ..... 0,406 kgf/m
- Seção.....51,08 mm<sup>2</sup>
- Carga de Ruptura .....3.151 kgf

## 7 – PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS

## ÍNDICE

<b>7. PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS.....</b>	<b>3</b>
<b>7.1 Histórico do Licenciamento Ambiental e Programas Socioambientais.....</b>	<b>3</b>



## 7. PROJETO SOCIOAMBIENTAIS

As ações socioambientais de mitigação dos impactos gerados pela implantação da UHE Itaocara I constituem importantes mecanismos e medidas de controle dos efeitos diretamente associados ao Empreendimento. Estas ações deverão ser adotadas dentro de conjuntos programáticos estruturados e planejados, ou seja, por meio da elaboração de Projetos Ambientais e implementação de Programas Ambientais e Condicionantes Ambientais, descritas respectivamente no Plano Básico Ambiental - PBA e Licença de Instalação nº de 954/2013.

As ações propostas devem ser implantadas ao longo das etapas de planejamento, engenharia, construção e operação da Usina visando tanto à recuperação quanto à conservação do meio ambiente, bem como o maior aproveitamento das novas condições a serem criadas pelo meio ambiente.

Além disso, em função da sensibilidade da questão socioambiental na região de instalação da UHE Itaocara I, verifica-se a necessidade de implantação dos Programas Ambientais de maneira integrada e participativa, considerando o cenário local e regional para o desenvolvimento sustentável e conservação ambiental.

### 7.1 Histórico do Licenciamento Ambiental Programas Socioambientais

Visando atender ao “Termo de Referência” do IBAMA, o Empreendedor concluiu e protocolou no mesmo órgão ambiental em fevereiro/2.010, o “Estudo de Impacto Ambiental/EIA” e o “Relatório de Impacto Ambiental/RIMA”.

Em julho/2.011, dando continuidade no processo de licenciamento, foram realizadas as Audiências Públicas nos municípios de Estrela Dalva/MG, Aperibé/RJ, Cantagalo/RJ e Itaocara/RJ.

Em 28/12/2.011 o IBAMA expediu a Licença Ambiental Prévia/LP nº 428/2011 para a UHE Itaocara I, comprovando a viabilidade ambiental do Empreendimento.

Em seguida elaborou-se o Plano Básico Ambiental/PBA que teve sua primeira versão protocolada no IBAMA em 29/06/12.

Em 11/01/13, após adequações solicitadas pelo IBAMA, a Revisão 01 do PBA foi protocolada e, após sua análise, o órgão ambiental emitiu em 29/06/13 a Licença de Instalação Ambiental/LI nº 954/2.013.

Atualmente o documento PBA encontra-se em fase de consolidação para atender as Condicionantes da LI nº 954/2.013 e do Parecer nº 5.106/2.013, sendo composto por 43(quarenta e três) Programas e Subprogramas divididos em 04(quatro) Grupos Principais:

## 1) Programas de Gestão Ambiental da Obra

- Programa de Gestão Ambiental - PGA
- Plano Ambiental para Construção – PAC
  - Subprograma de Supressão da Vegetação e Limpeza do Reservatório
  - Subprograma de Formação de Mão de Obra
  - Subprograma de Educação Ambiental dos Trabalhadores
  - Subprograma de Prevenção de Acidentes com Fauna
  - Subprograma de Resgate e Salvamento de Germoplasma
- Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD
- Programa de Resgate de Fauna Terrestre
- Programa de Resgate de Ictiofauna e Carcinofauna

## 2) Programas de Monitoramento e Controle Ambiental

- Programa de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos
- Programa de Monitoramento Sismológico
- Programa de Monitoramento dos Fluxos Subterrâneos
- Programa de Monitoramento Climato-Meteorológico
- Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico
- Programa de Monitoramento Topobatimétrico do Reservatório
- Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade da Água
- Programa de Monitoramento e Aproveitamento de Macrófitas Aquáticas
- Programa de Reflorestamento
- Programa de Monitoramento de Fauna
- Programa de Monitoramento do Cágado de Hogei
- Programa de Monitoramento do Jacaré de Papo Amarelo
- Programa de Monitoramento de Lontras
- Programa de Monitoramento da Ictiofauna
- Programa de Avaliação da Instalação do Sistema de Transposição de Peixes/STP
- Programa de Monitoramento da Carcinofauna
- Programa de Prospecção Exocárstica e Endocárstica

## 3) Programas Sociais e Institucionais

- Programa de Comunicação Social
- Programa de Educação Ambiental
- Programa de Acompanhamento da População Atingida (PAS)
- Programa de Estímulo à Participação da População
- Programa de Monitoramento e Controle de Endemias
- Programa de Gestão de Interferências com Atividades Minerárias
- Programa de Resgate e Valorização de Aspectos Culturais
- Programa de Prospecção, Resgate e Monitoramento do Patrimônio Arqueológico
- Programa de Realocação de Estruturas e Saneamento
- Programa de Realocação de Cemitério
- Programa de Gestão Institucional
- Programa de Compensação Ambiental

#### 4) Plano Integrado de Sustentabilidade

- Programa de Gestão Fundiária
- Plano de Uso do Entorno do Reservatório - PACUERA
- Programa de Reativação das Atividades Econômicas e Geração de Renda
- Programa de Readequação da Atividade Pesqueira

## 8 - INFRAESTRUTURA E SUPRIMENTO DA OBRA

## ÍNDICE

<b>8.</b>	<b>INFRAESTRUTURA E SUPRIMENTO DA OBRA.....</b>	<b>3</b>
<b>8.1</b>	<b>Acessos .....</b>	<b>3</b>
<b>8.2</b>	<b>Mobilização de Pessoal .....</b>	<b>3</b>
<b>8.3</b>	<b>Mobilização de Equipamentos de Construção.....</b>	<b>3</b>
<b>8.4</b>	<b>Suprimento de Materiais.....</b>	<b>3</b>
8.4.1	Programa de Suprimentos .....	4
8.4.2	Aquisição de Materiais .....	5
<b>8.5</b>	<b>Materiais Naturais de Construção.....</b>	<b>6</b>

## **8. INFRAESTRUTURA E SUPRIMENTO DA OBRA**

### **8.1 Acessos**

Desde a cidade do Rio de Janeiro até às cidades de Aperibé e Itacara, conforme detalhado no item 2.2/Localização e Acessos, o acesso é feito por rodovias federais e estaduais asfaltadas. A partir de Aperibé pela margem esquerda e de Itacara, passando ainda pela localidade de Coronel Teixeira pela margem direita, o acesso ao local do aproveitamento UHE Itacara I é feito por estradas vicinais existentes não pavimentadas.

### **8.2 Mobilização de Pessoal**

Os critérios de mobilização de pessoal deverão ser planejados levando-se em conta os diversos níveis funcionais.

A equipe de direção e gerenciamento da Obra deverá ser formada em sua maioria por engenheiros e profissionais especializados.

Com referência ao pessoal técnico-administrativo, operários especializados e operários não especializados deverão ser oriundos das empresas construtoras licitantes, ou recrutados parte na própria região, conforme prevê o Subprograma Ambiental de Formação de Mão de Obra, e complementados, se necessário, com operários oriundos de outras regiões do País.

### **8.3 Mobilização de Equipamentos de Construção**

Todos os equipamentos de construção usados a serem mobilizados deverão ser objetos de uma revisão minuciosa, de modo a assegurar uma imediata condição de utilização, dentro de níveis adequados de disponibilidade mecânica.

O transporte dos equipamentos de construção de maior porte deverá ser feito em carretas, sendo os demais transportados em caminhões comuns. Os caminhões e veículos a serem mobilizados poderão se deslocar até o Canteiro de Obras por seus próprios meios.

### **8.4 Suprimento de Materiais**

A estrutura de suprimentos de materiais deverá ser compatível com a quantidade de materiais a serem empregados na Obra.

A política de compra e estocagem deverá ser estabelecida para cada tipo de material em função de sua movimentação, tempo de reposição e importância que representa para a execução da Obra.

O sistema de suprimento de matérias primas a ser implantado, deverá ser operado por profissionais experientes em obras de médio e grande porte, apoiados por um programa informatizado de suprimentos de materiais.

#### 8.4.1 Programa de Suprimentos

O programa de suprimentos compreende 03(três) etapas:

##### a) Planejamento

O planejamento construtivo da Obra através dos métodos construtivos, condições do local, plano de ataque às Obras e prazo de entrega dos materiais, definirá a estratégia para a aquisição dos materiais.

Com a programação estabelecida no Cronograma Físico para a execução da Obra, serão definidos os cronogramas de aplicação e entrega dos materiais.

O cronograma de aplicação dos materiais será compatível e consistente com o Cronograma Físico da Obra definido para cada etapa ou serviço. O cronograma de entrega dos materiais é função das necessidades da Obra, compatibilizados com o Cronograma Físico aprovado para a execução.

Estes cronogramas serão revisados e atualizados toda vez que houver alterações no planejamento das Obras do Empreendimento, procurando-se manter sempre o cumprimento do fornecimento dos materiais em tempo hábil e coerente com a execução das obras.

##### b) Aquisição

A aquisição dos materiais deve basear-se na análise e conferência das Especificações Técnicas, tendo em vista a minimização de erros que possam ser cometidos nos pedidos e na entrega dos materiais.

Deve-se analisar a existência de materiais similares no mercado que ofereçam qualidade, condições de preço e atendimento aos prazos, quando houver problemas de fabricação dos materiais especificados, procurando-se não causar atrasos na execução da Obra.

Principais etapas do suprimento de materiais:

- Retirada de dados do planejamento básico referentes às quantidades e especificações dos materiais a serem aplicados, equipamentos permanentes da Usina ou serviços a serem executados nas Obras Civis;
- Confirmação em conjunto com o planejamento da Obra, as datas de utilização dos materiais, equipamentos ou serviços;
- Pesquisa de mercado e coleta de preços;
- Visita aos Fornecedores/Fabricantes para inspeção dos materiais, equipamentos ou serviços a serem adquiridos, locados ou contratados;
- Programação do transporte e início dos serviços contratados;
- Comunicação à Obra, informando a data de entrega e características da carga.

Fator determinante na boa condução dos trabalhos será a determinação das fontes de suprimento de materiais/insumos que potencialmente possam atender às Obras, levando-se em consideração nesta determinação as características qualitativa e quantitativa dos diversos Fornecedores ou áreas produtoras.

Os materiais deverão ser adquiridos prioritariamente de Fornecedores regionais. Esta política se justifica pela economia dos custos de transporte, velocidade no suprimento à Obra, redução dos níveis de estoque e fortalecimento do mercado local. Caso o mercado local não disponha de todos os materiais/insumos necessários à execução da Obra, alguns materiais serão adquiridos em outras localidades através de Escritórios de Apoio instalados para esta finalidade.

#### c) **Administração e Controle de Estoque**

Com base no cronograma de pedido de materiais/insumos, o Setor responsável pelo suprimento da Obra deverá exercer vigilância permanente no controle de estoque, mantendo sempre quantidades mínimas nas datas dos pedidos, visando a não ocorrência de interrupção em qualquer etapa da construção da Obra pela falta de material.

### 8.4.2 **Aquisição de Materiais**

#### a) **Madeira**

Os produtos tais como madeiras, compensados, pontaletes, pranchões, etc.deverão ser adquiridos diretamente dos Fabricantes, com qualidade compatível às necessidade da Obra.

#### b) **Aço**

O aço para construção deverá ser adquirido diretamente das usinas siderúrgicas produtoras. O aço deverá ser testado pelo Fornecedor, com fornecimento do “Boletim de Testes” para verificação do atendimento às normas técnicas de fabricação exigidas e posteriormente, o aço deverá ser encaminhado para o Pátio de Armação do Canteiro de Obras.

#### c) **Cimento**

O Cimento Portland, com mistura de material pozolana a ser utilizado na Obra, deverá ser obtido diretamente dos Fabricantes. O carregamento chegado à OBRA deverá vir acompanhado com “Boletim de Testes” para sua verificação com as exigências solicitadas. O controle de estoque deste material será diário, com os pedidos sendo emitidos com antecedência de uma (01) semana, evitando-se desta forma o envelhecimento e uso de cimento estocado.

#### d) **Combustível e lubrificante**

Os combustíveis e lubrificantes deverão ser fornecidos por distribuidoras autorizadas que atendem o mercado em nível nacional.

#### e) **Materiais de Construção em Geral**

Os materiais necessários à construção do Canteiro de Obras, Acampamento e demais instalações deverão ser adquiridos nas quantidades necessárias e suficientes, nos distribuidores regionais ou em estabelecimentos comerciais situados na região.

As compras deverão ser feitas de acordo com a programação do Cronograma de Construção integrado ao Planejamento da Obra, sendo os materiais estocados no



Almoxarifado da Obra com a devida antecedência e, evitando desta forma, atrasos no andamento dos serviços.

### **8.5 Materiais Naturais de Construção**

Os locais identificados como potenciais fontes de materiais naturais de construção para atender às necessidades de execução das Obras Civis da UHE Itaocara I, incluindo-se as áreas de jazidas de solos, bancos de areia natural e pedreiras, estão descritos no **item 5.3.4** deste Relatório e indicados nos Desenhos G26-DEB-0011 e 0012.

## 9 - PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

## ÍNDICE

<b>9.</b>	<b>PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>9.1</b>	<b>Planejamento.....</b>	<b>3</b>
9.1.1	Desvio do Rio.....	3
9.1.2	Vertedouro de Superfície Controlada .....	4
9.1.3	Barragem de Terra Margem Esquerda,Barragem de Terra Margem Direita e Barragem de Enrocamento Margem Direita e Margem Esquerda .....	4
9.1.4	Circuito Hidráulico de Geração.....	4
9.1.5	Sistema de Transmissão Associado/STA (Subestação Seccionadora/Linha de Transmissão SE Usina-SE Ilha dos Pombos/"Bay" de Conexão na SE Ilha dos Pombos) .....	5
<b>9.2</b>	<b>Cronograma de Construção .....</b>	<b>5</b>

## 9. PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

### 9.1 Planejamento

O Cronograma Físico de Construção da UHE Itaocara I, desenho G01-CRO-0003, elaborado em “MS Project” e apresentado no formato de barras, representa o Empreendimento globalmente em suas fases principais de implantação. O cronograma foi conceituado a partir da “Ordem de Serviço” para Mobilização do Pessoal e Equipamentos de Construção, Construção de Acessos, Instalação do Canteiro Industrial/Acampamento e da Contratação e Fornecimento dos Equipamentos Eletromecânicos.

O Plano de Trabalho baseou-se nas seguintes premissas:

- Mobilização de Pessoal e Equipamentos de Construção a partir de janeiro do Ano1;
- Prazos habituais de execução para os serviços de escavações, aterros compactados, concretagens e montagens eletromecânicas em Obras desse porte;
- Início da operação comercial da Primeira Unidade Geradora no final do quadragésimo segundo (42º) mês a partir do início das Obras Civis;
- Operação da Segunda Unidade Geradora sessenta (60) dias após a primeira Unidade Geradora, ou seja, 44º mês;
- Prazo total de implantação do Empreendimento será de 47(quarenta e sete) meses após início das Obras Civis.

#### 9.1.1 Desvio do Rio

A construção das ensecadeiras de Primeira (1ª) Fase de Desvio nos meses de ABR e MAI do Ano 1 pela Margem Esquerda/Canal Esquerdo da Ilha Serena, liberam as escavações e concretagens das estruturas dos Muros, Vertedouro, Tomada D'Água/Casa de Força do aproveitamento UHE Itaocara I nesta margem. Nesta etapa é executada, também, a Barragem de Terra Margem Esquerda, Dique de Fechamento Margem Esquerda e uma antecipação da Barragem de Enrocamento e Barragem de Terra Margem Direita, adjacente ao Muro de Abraço Direito.

A Segunda Fase de Desvio, caracterizada pelo lançamento das ensecadeiras de montante e jusante pela Margem Direita/Canal Direito da Ilha Serena e com o rio Paraíba do Sul passando pelas 12(doze) Adufas de Desvio do Vertedouro (período hidrológico anual), permite a execução do maciço no leito do rio e margem direita. Estas ensecadeiras transversais de montante e jusante são executadas nos meses de ABR e MAI do Ano 3.

### 9.1.2 Vertedouro de Superfície Controlada

O vertedouro da UHE Itacara I é composto por seis (06) blocos de concreto separados por meio de juntas de contração localizadas no eixo das ogivas. A sequência construtiva de concretagem prevê seu alteamento, em blocos alternados, com 15 dias(quinze) de defasagem entre eles e 02(dois) meses entre blocos adjacentes. O prazo de execução dos serviços de concreto, nas ogivas e pilares, é de OUT do Ano 1 até OUT do Ano 2. As vigas de concreto dos munhões das comportas segmentos, são executadas de MAI a NOV do Ano 2. As pontes do Vertedouro Principal de Montante e de Jusante que permite acesso às comportas ensecadeiras de jusante para atividades de concretagem das adufas, são construídas de FEV a OUT do Ano 2.

As montagens hidromecânicas das Guias, Soleiras, Espelhos e Painéis das Comportas das Adufas no Vertedouro, Comportas Ensecadeiras da Tomada D'Água e Comportas de Operação da Sucção, são executadas de ABR do Ano 2 a MAI do Ano 3 quando são lançadas as ensecadeiras montante e jusante do Canal Direito para Desvio de 2ª fase pelas Adufas de Desvio. A complementação de concretagem das estruturas do Vertedouro e Tomada D'Água e da montagem das guias remanescentes, são construídas durante o último período de estiagem entre ABR a OUT do Ano 3.

O concreto de enchimento/"plug" das Adufas de Desvio do Vertedouro é realizado de FEV a MAI do Ano 4. As estruturas da Bacia de Dissipação e Muros de Concreto são concretadas entre JUL do Ano 1 e DEZ do Ano 2.

### 9.1.3 Barragem de Terra Margem Esquerda, Barragem de Terra Margem Direita e Barragem de Enrocamento Margem Direita e Margem Esquerda

As obras da barragem de terra margem direita que abrangem as atividades de escavação, limpeza e tratamento das fundações e aterros compactados, condicionam o tempo de operação das adufas de desvio que está previsto para acontecer em 08(oito) meses, excluindo-se o lançamento das ensecadeiras transversais de montante e jusante de Segunda Fase.

A execução parcial ou antecipação da barragem de terra e barragem de enrocamento da margem direita está prevista para o período compreendido entre os meses de JUN do Ano 1 a FEV do Ano 2. A execução da Barragem de Terra Margem Esquerda, simultaneamente com o Dique de Fechamento da Margem Esquerda, prevê-se para o período AGO do Ano 2 até ABR do Ano 3. A complementação e maior parte da margem direita e leito do rio é executado na fase de Desvio pela Adufas e na última seca, entre os meses de MAI do Ano 3 e meados de Jan do Ano 4.

### 9.1.4 Circuito Hidráulico de Geração

O circuito hidráulico de geração delimitado por juntas de construção é composto pelas estruturas Tomada D'Água e Casa de Força. Os dois blocos que compõem estas estruturas são executados sequencialmente, segundo a defasagem proposta para entrada em operação dos grupos geradores (02 meses). Para efetivar-se o evento Desvio do Rio de 2ª fase, as estruturas Vertedouro/Tomada D'água/Casa de Força devem estar parcialmente concluídas, com as comportas ensecadeiras e comportas vagões montadas tanto na Tomada D'Água quanto na Casa de Força. O período de execução desta atividade é o seguinte:



## 10 - ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

## ÍNDICE

<b>10.</b>	<b>ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS .....</b>	<b>3</b>
10.1	Data Base para Referência de Custos .....	3
10.2	Itemização dos Orçamentos.....	3
10.3	Critérios Gerais .....	3
10.4	Obras Civis .....	3
10.5	Custos de Equipamentos Permanentes .....	4
10.6	Sistema de Transmissão Associado à USINA/STA .....	4
10.7	Custos Indiretos .....	4
10.8	Juros Durante a Construção (JDC) .....	4
10.9	Planilha de Estimativas de Custos .....	5



## 10. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

### 10.1 Data Base para Referência de Custos

As estimativas de custos apresentadas nos itens do Orçamento Padrão ELETROBRÁS/OPE estão referidas à data- base econômica de 01/FEV/2.014.

Estão citados, em seguida, alguns indicadores econômicos referentes à data-base:

- Taxa de Câmbio em FEV/2.014: ..... 1 US\$ = R\$2,40
- Salário Mínimo ( a partir de 01/JAN/2.014): ..... R\$ 724,00
- Fator de Correção do IGP-M/FGV (01/AGO/1.994 - Plano Real até 01/FEV/2.14): .....5,6211
- Fator de Correção do INCC-DI/FGV (01/AGO/1.994 até 01/FEV/2.014): .....5,7042

### 10.2 Itemização dos Orçamentos

A planilha de Estimativas de Custos apresentada baseia-se no “Plano de Contas Padrão do Manual de Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos/ELETROBRÁS/abril 1997”.

Em todas as Planilhas de Custos, os valores monetários em reais (R\$) foram considerados como sendo “Bens e Serviços Nacionais”, ou seja, não foi prevista a importação de “Bens e/ou Serviços” para implantação do Aproveitamento UHE Itaocara I.

### 10.3 Critérios Gerais

A título de “Eventuais ou Imprevistos ou Contingências ou Riscos”, foi aplicada uma taxa de 5%(cinco por cento) no fechamento de todas as grandes “Contas” relacionadas às Obras Civis, Equipamentos Eletromecânicos e Meio Ambiente.

### 10.4 Obras Civis

Os preços dos principais serviços das Obras Civis apresentados na Planilha de Custos, foram obtidos a partir dos resultados de composições de preços unitários com base nas informações existentes no Banco de Dados da SPEC, fundamentalmente relativas aos estudos de aproveitamentos hidrelétricos na região.

As quantidades dos serviços a serem executados foram calculadas a partir dos desenhos de arranjos, através de levantamentos e/ou cálculos geométricos por processos convencionais (autocad, seções médias,etc.), considerando-se as seções geológico-geotécnicas inferidas com base nas investigações de campo.

## 10.5 Custos de Equipamentos Permanentes

Os custos de equipamentos permanentes da USINA foram estimados com base em informações obtidas junto aos Fabricantes e Fornecedores, bem como nos preços e valores existentes no Banco de Dados da SPEC. Para avaliação final de custos da alternativa selecionada, foram levadas em conta todas as características determinadas em anteprojeto e todas as informações (peso próprio, custo FOB, transporte, impostos, montagem, etc) fornecidas por Fabricantes para equipamentos similares.

## 10.6 Sistema de Transmissão Associado à USINA/STA

O custo do STA é constituído pelo somatório dos preços de Interligação da Usina/SE USINA, SE USINA (Obras Cíveis e Equipamentos), Linha de Transmissão SE USINA/SE UHE Ilha dos Pombos e “Bay” de Conexão na SE Ilha dos Pombos.

## 10.7 Custos Indiretos

Os Custos Indiretos foram calculados em função dos Custos Diretos Totais/CDT, adequando-se os valores obtidos às estimativas elaboradas para aproveitamentos de UHEs similares na região.

**Tabela 10.1 - Percentuais Estimativos dos Custos Indiretos**

Item	Base de Cálculo	%
Canteiro e Acampamento	Custo das Obras Cíveis	6,0
Manutenção e Operação do Canteiro e Acampamento	Custo das Obras Cíveis	6,0
Engenharia Executiva	Custos Diretos	3,0
Serviços Especiais de Engenharia no Campo/Levantamentos Complementares	Custos Diretos	0,5
Administração da Obra	Custos Diretos	3,0
Administração Central	Custos Diretos	3,0

## 10.8 Juros Durante a Construção

Os juros durante a construção (JDC) são relativos ao “Custo Oportunidade” do Investimento Total a ser realizado, considerando-se o “Cronograma Físico de Construção”, no qual a data prevista para a geração comercial da primeira Unidade Geradora será ao final de 42(quarenta e dois) meses após o início das Obras Cíveis.

**Tabela 10.2 - Cronograma de Desembolso Anual do Investimento**

Ano Civil	%
Ano 1	20
Ano 2	30
Ano 3	40
Ano 4	10

O percentual de juros durante o período de construção, calculado em 22,62%, foi determinado a partir de uma taxa de juros de 10% ao ano usual no setor elétrico e seguindo-se a distribuição percentual do investimento aplicado conforme tabela 10.2.

### **10.9 Planilha de Estimativas de Custos**

A “Planilha de Estimativas de Custos” está apresentada em seguida e detalhada conforme o Orçamento Padrão ELETROBRÁS/OPE.

Um “Quadro Resumo dos Custos OPE” aparece no Capítulo 11 - Ficha Resumo.

---

## 10.10 Orçamento Padrão Eletrobrás – OPE

## 11 – FICHA RESUMO

## ÍNDICE

11. FICHA RESUMO .....	3
------------------------	---

---

11. FICHA RESUMO

## 12 – DOCUMENTOS TÉCNICOS DE REFERÊNCIA



## ÍNDICE

12. LISTAGEM DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS .....	3
--	---

## 12. LISTAGEM DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

Na Lista seguinte estão relacionados os principais documentos, utilizados durante a etapa de desenvolvimento dos estudos do Projeto Básico, elaborado pela SPEC ENGENHARIA:

- “Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia Regionais de Interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna”. Monografia N.7 da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Yociteru Hasui, Fernando Flávio M. de Almeida, José A. Miotto e Mário S. de Melo.
- “O Lineamento de Além Paraíba na Área de Três Rios – RJ”, separada da Revista Brasileira de Geociências, Vol. 11, pp. 159-171, São Paulo, 1.981 – Ginaldo A. C. Campanha.
- Reinterpretação das “Series” Juiz de Fora e Paraíba, em Minas Gerais e Rio de Janeiro – Anais do II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1.983 – A. Licínio de M. Barbosa e J. H. Grossi Sad.
- Relatório “Power Study Of South Central Brazil – Part A – Minas Gerais, Appendix 6 – Hidro Resources Of The Paraíba Basin In Minas Gerais”, elaborado pela CANAMBRA Engineering Consultants Limited, novembro de 1.965.
- Relatório “Power Study Of South Brazil – São Paulo Group, Appendix 8 – Rio Paraíba Basin Report”, fevereiro de 1.966.
- Relatório “Estudo de Divisão de Quedas do Rio Pomba, do Trecho entre a Cidade do rio Pomba e Astolfo Dutra” – Relatório final – Elaborado pelo Consórcio ELECTRA – HIDROESB para Cia. Força e Luz Cataguases – Leopoldina, dezembro de 1.982.
- Relatório “Expansion Electric Power System Feasibility Report”, elaborado pela “Berenhauser”, 1.969.
- Relatório “Bacia do Rio Paraíba do sul, trecho Piraí – São João da Barra – Inventário de Recursos Hidroelétricos – Preliminar”, Furnas, 1.983.
- Relatório do Comitê Executivo de Estudos integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEEIVAP, Projeto Gerencial 010/81, Plano Diretor de Irrigação, 1.981.
- Relatório N. 3, V. II do Comitê Executivo de Estudos integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEEIVAP, Projeto Gerencial 0003/79.

- “Estudos Sobre Sismicidade Induzida Desenvolvida na Universidade de Brasília”, Estudos Sismológicos em Paraibuna – Paraitinga, J. A. Mendiguren, publicação do “Simpósio sobre Sismicidade Natural e Induzida”, São Paulo, setembro de 1.979.
- Partição de Queda UHE Itacara em duas (02) Usinas UHEs, Relatório ANEEL de 06/09/2.011.
- Operação de Fechamento do Desvio do Rio, Relatório SPEC Planejamento, Engenharia e Consultoria S0813B01-1-G00-REL-0001 de Janeiro/2.011.
- Resolução nº 1.404/ANA de 26/11/2.013 sobre Estudo de Disponibilidade Hídrica / EDH.
- Nota Técnica nº 891/2.013/SGH/ANEEL contendo comentários técnicos do Projeto Básico UHE Itacara I / PCE Engenharia e sobre a Resolução ANA nº 1.404.
- Parecer de Acesso para a UHE Itacara I, Light Serviços de Eletricidade / Gerência de Planejamento e Estudos.
- Documento ANEEL, Leilão A-5 nº 10/2.013.
- Projeto Básico Otimizado UHE Itacara I, Volume I – Texto e Volume II – Desenhos, SPEC Planejamento, Engenharia e Consultoria, setembro/2.010.
- Projeto Básico UHE Itacara I, Volume I – Texto, Volume II – Desenhos e Volume III – Anexos, PCE Consultoria Engenharia, novembro/2009.
- Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental, documento nº RT0722-V-R00-GR-RL-001-0, PCE Consultoria Engenharia, maio/2.009.

## 13 – EQUIPE TÉCNICA PARTICIPANTE

## ÍNDICE

<b>13. EQUIPE TÉCNICA PARTICIPANTE.....</b>	<b>3</b>
---	----------

### 13. TÉCNICA PARTICIPANTE

A Equipe Técnica responsável pela elaboração dos estudos do Projeto Básico da UHE Itaocara I está relacionada em seguida:

Responsável Técnico:

- Engenheiro Magdi Abdel Shaat

Coordenação Geral:

- Engenheiro Wellington Jacarandá

Equipe:

- Engenheiro Leonel Ildo Oliveira
- Engenheira Maria Carolina Rossi
- Engenheiro Victor Martins
- Engenheira Sandra Regina da Luz
- Engenheiro Hugo Anastasia Modenesi
- Geólogo Luiz Alexandre Pereira
- Geotécnico Djalma Cyrino
- Geotécnico Thiago Gomes
- Projetista José Carlos Marques
- Projetista Antônio de Araújo
- Cadista Alfredo Barbosa dos Santos
- Cadista Bruno Alves Ribeiro
- Cadista Cristiano Souza
- Estagiário Samuel Souza Neves
- Secretária do Projeto Viviane Guimarães