

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Arnaldo Francisco De Giacomo Prieto

**GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA:
ESTUDO DE ALTERNATIVA SEM O BARRAMENTO DO RIO**

Porto Alegre
dezembro 2012

ARNALDO FRANCISCO DE GIACOMO PRIETO

**GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA:
ESTUDO DE ALTERNATIVA SEM O BARRAMENTO DO RIO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Fernando Setembrino Cruz Meirelles

Porto Alegre
dezembro 2012

ARNALDO FRANCISCO DE GIACOMO PRIETO

**GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA:
ESTUDO DE ALTERNATIVA SEM O BARRAMENTO DO RIO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2012

Professor Fernando S. Cruz Meirelles
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Professora Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Ricardo Nino Machado Pigatto (ECBrasil)
Especialista pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Lawson Francisco de Souza Beltrame (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Fernando Setembrino Cruz Meirelles (UFRGS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha mãe, Luizete Vani Kirsch De Giacomo, que sempre esteve ao meu lado, e em memória de meu pai, Arnaldo da Costa Prieto, fonte de inspiração como pessoa e profissional.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão de curso, gostaria de agradecer a todos os professores da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, de alguma forma, souberam me cativar, despertando um interesse pessoal para um maior aprendizado. Dentre eles, cito, por ordem de aparição durante o curso, os Professores Ruy Cremonini, Eduardo Isatto, Denise Dal Molin, Roberto Rios, Rogério Maestri, Lawson Beltrame, Dieter Wartchow, Acir Souza, Alfonso Riso e Francisco Kliemann. Em especial ao Prof. Fernando Meirelles, que pacientemente soube lidar com minhas dúvidas e sempre esteve prontamente propenso a orientar, tendo participação direta na estrutura e sucesso deste trabalho.

Agradeço também à empresa Energias Complementares do Brasil – Geração de Energia Elétrica S.A., onde por anos atuei e adquiri grande parte do conhecimento exposto neste trabalho, em especial aos Engenheiros Fabiano Mafra Siqueira e Ricardo Nino Machado Pigatto, que sempre demonstraram disposição e forneceram todo o auxílio necessário para a execução deste trabalho.

Por fim, agradeço todas as pessoas especiais, amigos e familiares, que sempre estiveram ao meu redor, colaborando direta e indiretamente neste trabalho.

Estuda filho!
O conhecimento é o bem de maior valor,
pois uma vez conquistado,
jamais lhe será tomado.

Arnaldo da Costa Prieto

RESUMO

A energia hidrelétrica é uma fonte limpa e renovável, que pouco contribui para o aquecimento global. Entretanto, nos últimos anos teve sua participação na matriz energética brasileira reduzida consideravelmente, sendo um dos principais motivos para este fato a dificuldade em se obter as licenças ambientais. Este trabalho teve como objetivo a análise comparativa das vantagens e desvantagens encontradas na geração de energia hidrelétrica sem o barramento do rio – nos âmbitos energéticos, ambientais e econômicos –, frente à situação com o represamento, como alternativa para o aproveitamento energético onde não é permitida a construção de barragens. Foi elaborada uma pesquisa bibliográfica e documental, fornecendo um embasamento teórico para a consecução do trabalho, identificando os parâmetros de comparação utilizados posteriormente no caso estudado da PCH Sacre 2. Para esta Usina, que gera energia apenas desviando as águas do rio por meio de um canal de adução, foram propostas duas alternativas considerando o represamento de seu curso da água. Verificou-se que o ganho energético provocado pelo barramento foi significativo, confrontado com os custos civis de sua construção, mas incompatível com as situações de contorno e danos ambientais causados. Por fim, foi proposto arranjo semelhante à PCH Sacre 2 para o AHE (aproveitamento hidrelétrico) Cachoeira da Velha, localizado no Rio Novo, no Estado do Tocantins, que teve seu inventário hidrelétrico aprovado há mais de 14 anos, mas em decorrência dos impactos sócio-ambientais, não se viabilizou.

Palavras-chave: Geração de Energia. Central Hidrelétrica. Derivação. PCH Sacre 2. UHE Cachoeira da Velha.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de pesquisa	22
Figura 2 – Geração de energia elétrica no mundo nos anos de 1973 e 2006	23
Figura 3 – Custos da produção de energia elétrica no Brasil	24
Figura 4 – Croqui estruturas de uma hidrelétrica - planta	31
Figura 5 – Esquema típico de uma CHR	32
Figura 6 – Esquema típico de uma CHD	33
Figura 7 – Corte longitudinal esquemático de uma CHV	33
Figura 8 – Representação esquemática de uma turbina	34
Figura 9 – Representação esquemática de uma bomba	34
Figura 10 – Rotores	35
Figura 11 – Turbina Francis: desenho esquemático	36
Figura 12 – Turbina Francis: corte A-A	36
Figura 13 – Turbina Francis: corte B-B	36
Figura 14 – Turbina Kaplan: desenho esquemático	37
Figura 15 – Turbina Kaplan: seção transversal.....	37
Figura 16 – Turbina Pelton: desenho esquemático	37
Figura 17 – Turbina Pelton: seção transversal	37
Figura 18 – Turbinas: campo operacional para baixas potências	38
Figura 19 – Turbinas: campo operacional	38
Figura 20 – Altura disponível em baixas quedas	40
Figura 21 – Altura disponível em grandes quedas	41
Figura 22 – Posto fluviométrico	43
Figura 23 – Curvas de permanência	44
Figura 24 – Fluviograma	45
Figura 25 – PCH Autódromo: trecho de vazão reduzida	54
Figura 26 – Esquema típico de desvio por canal lateral.....	55
Figura 27 – Salto Belo, Rio Sacre	62
Figura 28 – PCH Sacre 2: arranjo	63
Figura 29 – PCH Sacre 2: canal de adução	63
Figura 30 – Rio Sacre, Salto Belo: série histórica – fluviograma	66
Figura 31 – PCH Sacre 2: curva de permanência	67
Figura 32 – Alternativa 2: curva de permanência	70
Figura 33 – Rio Sacre, alternativas com barramento: seleção de turbinas	70

Figura 34 – Rio Sacre, alternativas com barramento: área alagada	71
Figura 35 – AHE Cachoeira da Velha: localização	76
Figura 36 – Rio Novo, Cachoeira da Velha	77
Figura 37 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: série histórica – fluviograma	79
Figura 38 – UHE Cachoeira da Velha: curva de permanência	80
Figura 39 – Rio Novo, alternativas: curva de permanência	82
Figura 40 – Rio Novo: alternativas	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da potência hidrelétrica instalada no Brasil	26
Tabela 2 – Usinas em operação no Brasil	28
Tabela 3 – Seleção de turbina	39
Tabela 4 – Custos médios da construção civil de uma PCH padrão	57
Tabela 5 – Rio Sacre, Salto Belo: série histórica (m ³ /s) – vazões mínimas, médias e máximas mensais	65
Tabela 6 – Rio Sacre, Salto Belo: permanência das vazões	65
Tabela 7 – PCH Sacre 2: vazões turbinadas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	66
Tabela 8 – PCH Sacre 2: vazões ecológicas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	66
Tabela 9 – PCH Sacre 2: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	68
Tabela 10 – PCH Sacre 2: número de meses operando com a máxima potência	68
Tabela 11 – Rio Sacre, alternativa 1: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	69
Tabela 12 – Rio Sacre, alternativa 2: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	70
Tabela 13 – Atualização do OPE da PCH Sacre 2	72
Tabela 14 – Rio Sacre: estimativo de custos adicionais para as alternativas	73
Tabela 15 – Rio Sacre: cálculo do índice custo benefício	73
Tabela 16 – Rio Sacre: comparação das alternativas	74
Tabela 17 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: série histórica (m ³ /s) – vazões mínimas, médias e máximas mensais	78
Tabela 18 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: permanência das vazões	78
Tabela 19 – UHE Cachoeira da Velha: vazões turbinadas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	79
Tabela 20 – UHE Cachoeira da Velha: vazões ecológicas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	79
Tabela 21 – UHE Cachoeira da Velha: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	80
Tabela 22 – Rio Novo, alternativas: vazões turbinadas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	81
Tabela 23 – Rio Novo, alternativas: vazões ecológicas (m ³ /s) – mínimas, médias e máximas mensais	81
Tabela 24 – Rio Novo, alternativa 1: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	83

Tabela 25 – Rio Novo, alternativa 2: energia gerada (MW) – mínimas, médias e máximas mensais	83
Tabela 26 – Rio Novo: comparação das alternativas	83

LISTA DE SIGLAS

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

AHE – aproveitamento hidrelétrico

ANA – Agência Nacional de Águas

APA – área de proteção ambiental

Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CGH – central geradora hidrelétrica

CH – central hidrelétrica

CHD – central hidrelétrica de desvio

CHR – central hidrelétrica de represamento

CHV – central hidrelétrica de derivação

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA – estudo de impacto ambiental

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FC – fator de capacidade

FEMA – Fundação Estadual do Meio Ambiente

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

INCC – Índice Nacional da Construção Civil

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MME – Ministério de Minas e Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema

OPE – orçamento padrão eletrobrás

PCH – pequena central hidrelétrica

PE – parque estadual

PIE – produtores independentes de energia

RIMA – relatório de impacto ambiental

SIN – Sistema Interligado Nacional

Sisnama – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

TIR – taxa interna de retorno

TVR – trecho de vazão reduzida

UHE – usina hidrelétrica

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

η_t – rendimento total do aproveitamento

ρ – massa específica da água (kg/m³)

$\sum J$ – perdas de carga (m)

A – área do reservatório (km²)

A_d – área de drenagem (km²)

A_{d1} – área de drenagem no local de interesse (km²)

A_{ds} – área de drenagem da estação semelhante (km²)

BE – benefício energético anual (MWh)

COM – custo de operação e manutenção (R\$/MWh)

E_{el} – energia elétrica gerada (kWh)

FC – fator de capacidade (%)

FRC – fator de recuperação de capital (%)

g – aceleração da gravidade: (m/s²)

H – altura útil ou queda líquida (m)

h_1 – altura perdida no canal superior (m)

h_2 – altura perdida no canal de fuga (m)

ha - hectare

H_b – altura total ou queda bruta (m)

I – investimento (R\$)

IA – investimento anual (R\$)

ICB – índice custo-benefício (R\$/MWh)

N – velocidade de rotação da turbina (rpm)

N_s – velocidade específica (rpm)

P – potência instalada (MW)

P_i – potência instalada (kW)

P_m – potência média gerada (kW)

P_u – potência unitária (kW)

PV – preço de venda (R\$/MWh)

q – vazão específica ($m^3/s.km^2$)

Q – vazão (m^3/s)

Q_1 – vazão no local de interesse (m^3/s)

Q_s – vazão na estação semelhante (m^3/s)

t – tempo (h)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	20
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	20
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	20
2.2.1 Objetivo Principal	20
2.2.2 Objetivos Secundários	20
2.3 DELIMITAÇÕES	21
2.4 LIMITAÇÕES	21
2.5 DELINEAMENTO	21
3 CENTRAIS HIDRELÉTRICAS	23
3.1 ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL	24
3.1.1 Cenário Atual do Setor e Perspectivas	26
3.1.2 Fases de Estudos	29
3.2 TIPOS DE ARRANJOS E COMPONENTES	30
3.2.1 Central Hidrelétrica de Represamento	32
3.2.2 Central Hidrelétrica de Desvio	32
3.2.3 Central Hidrelétrica de Derivação	33
3.2.4 Máquinas Hidráulicas	34
3.2.4.1 Turbinas	34
3.2.4.2 Utilização da energia hidráulica	39
3.3 ESTUDOS HIDROENERGÉTICOS	41
3.3.1 Estudos Hidrológicos	42
3.3.1.1 Curva de permanência	42
3.3.1.2 Fluviograma	44
3.3.1.3 Transposição de vazões	44
3.3.2 Estudos Energéticos	46
3.4 LICENCIAMENTO AMBIENTAL	48
3.4.1 Legislação Ambiental e o Rito Licenciatório	49
3.4.2 Principais Impactos	51
3.4.3.1 Formação do reservatório	52
3.4.3.2 Trecho de vazão reduzida	53
3.4.3.3 Desvio do rio	54
3.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	56

3.5.1 Custos de uma Central Hidrelétrica	56
3.5.1.1 Estudos e projetos	56
3.5.1.2 Acessos e canteiros	56
3.5.1.3 Construção civil	57
3.5.1.4 Equipamentos eletromecânicos	57
3.5.1.5 Meio ambiente	58
3.5.2 Venda de Energia Elétrica	58
3.5.3 Índice Custo Benefício	59
4 CASO ESTUDADO: PCH SACRE 2	61
4.1 LOCALIZAÇÃO E ARRANJO	61
4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	64
4.3 ESTUDOS ENERGÉTICOS	67
4.4 PROPOSTAS ALTERNATIVAS COM BARRAMENTO	68
4.4.1 Estudos Hidroenergéticos	69
4.4.2 Área Alagada	71
4.4.3 Custo de Geração	71
4.4 COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A	89
APÊNDICE B	92
APÊNDICE C	95
APÊNDICE D	98
APÊNDICE E	101
APÊNDICE F	104
APÊNDICE G	107
APÊNDICE H	110
APÊNDICE I	113
APÊNDICE J	116
APÊNDICE L	119
APÊNDICE M	122
APÊNDICE N	125
APÊNDICE O	128
APÊNDICE P	131

ANEXO A	134
ANEXO B	136
ANEXO C	138
ANEXO D	140
ANEXO E	142
ANEXO F	144

1 INTRODUÇÃO

O grande consumo durante o Século XX de energia obtida de fontes fósseis possibilitou o crescimento e as transformações da economia global. Entretanto, o cenário mudou ao ser colocado à prova a necessidade de um desenvolvimento sustentável. A existência de rios caudalosos e a grande extensão territorial destacam o Brasil dentre os maiores potenciais hidrelétricos existentes no mundo, com aproximadamente 260 GW estimados, dos quais mais de 40% estão localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Com a reestruturação e privatização do setor elétrico nos anos 1990, tendo como principal argumento a necessidade de transformar o setor monopolista em um mercado concorrencial, a construção de novas usinas passa naturalmente por uma avaliação econômica do empreendimento. Esta, que poderia ser o principal empecilho na viabilização das hidrelétricas, vem sendo superada nos últimos anos pela dificuldade da obtenção do licenciamento ambiental: procedimento legal e obrigatório à instalação de qualquer empreendimento gerador de impacto ao meio ambiente. Conforme Mello (2011a), as dificuldades enfrentadas na obtenção de licenças ambientais e as incertezas que sempre rondam os processos de aprovação de projetos hidrelétricos vêm causando significativa perda na matriz energética limpa.

Este trabalho objetivou estudar uma alternativa à concepção clássica de arranjos hidrelétricos, o qual notoriamente se dá alterando o regime dos rios através do represamento. A não construção de uma barragem, ou seja, mantendo-se o seu leito de rio semelhante às condições naturais e desviando parte da vazão através de uma estrutura de captação, acarretaria em um impacto ambiental de menor porte, tanto nos meios físico, biótico e antrópico. É exemplo disto e item de estudo deste trabalho a Pequena Central Hidrelétrica Sacre 2, localizada no Estado do Mato Grosso, no Rio Sacre, onde sua cascata a jusante foi preservada em decorrência do não barramento do trecho. Projetos semelhantes podem até não serem tão efetivos no âmbito energético-econômico, porém, enfrentariam menores entraves na obtenção das licenças, tornando mais fácil a sua exequibilidade.

Nos capítulos a seguir estão descritas as diretrizes da pesquisa; informações sobre centrais hidrelétricas (CH), expondo brevemente a energia hidrelétrica no Brasil, os principais tipos de

arranjos e componentes, os estudos hidroenergéticos, o licenciamento ambiental bem como a avaliação econômica expedita de aproveitamentos hidrelétricos; o caso estudado de geração hidrelétrica sem o barramento do rio, informando sua localização, arranjo, estudos hidrológicos/energéticos, propondo duas alternativas com represamento e posterior comparação das alternativas de arranjo; e as considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Estão elucidadas a seguir a descrição das diretrizes de pesquisa deste trabalho, abordando a questão e os objetivos.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho foi: quais as vantagens e desvantagens da opção por alternativa de geração de energia hidrelétrica sem o barramento do rio, comparativamente ao modelo tradicional?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários, sendo apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho foi a análise comparativa das vantagens e desvantagens encontradas na geração de energia hidrelétrica sem o barramento do rio, nos âmbitos energéticos, ambientais e econômicos, frente à situação tradicional com o represamento.

2.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) apresentação de possíveis arranjos de hidrelétricas sem o uso de barragem;
- b) análise dos resultados da simulação energética de caso real – utilizando apenas o desvio do rio para geração de energia – frente à condição com barramento.

2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de alternativas para geração de energia hidrelétrica no Brasil, em situações que o barramento do rio não é permitido.

2.4 LIMITAÇÕES

Foram limitações do trabalho os seguintes itens apresentados abaixo:

- a) necessidade de estabelecer alguns dados, pela complexidade de calculá-los com exatidão e dificuldade de obter informações de um caso real;
- b) para a simulação energética, não foram contemplados estudos de campo ou laboratoriais, utilizando apenas informações obtidas por meio de pesquisa documental e ferramenta computacional para tal;
- c) as variáveis estudadas foram: energia gerada, área alagada e custos da energia.

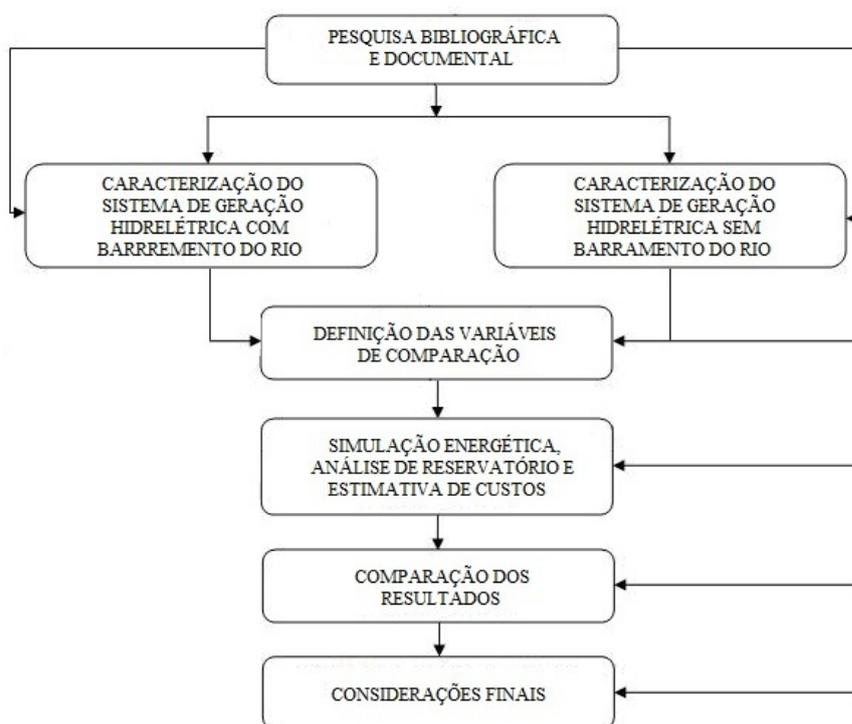
2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1, e são descritos nos parágrafos a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica e documental;
- b) definição das variáveis de comparação;
- c) caracterização do sistema de geração hidrelétrica com barramento;
- d) caracterização do sistema de geração hidrelétrica sem barramento;
- e) simulação energética;
- f) comparação dos resultados;
- e) considerações finais.

A **pesquisa bibliográfica** é um processo sistemático de construção do conhecimento que consistiu na coleta de dados e informações com vistas a obter embasamento teórico para a consecução do trabalho. Foi de fundamental importância, estando presente em todas as etapas deste trabalho. A **pesquisa documental** vislumbrou uma coleta de dados de modo consistente, a partir da análise de documentos de fontes terciárias, os quais foram obtidos em órgãos públicos e utilizados na caracterização do caso estudado.

Figura 1 – Etapas de pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

A **caracterização dos sistemas de geração hidrelétrica** com e sem o barramento do rio deu-se através da bibliografia e documentos existentes. Durante o processo, buscou-se estruturar as informações de forma clara e objetiva, para facilitar a comparação dos resultados.

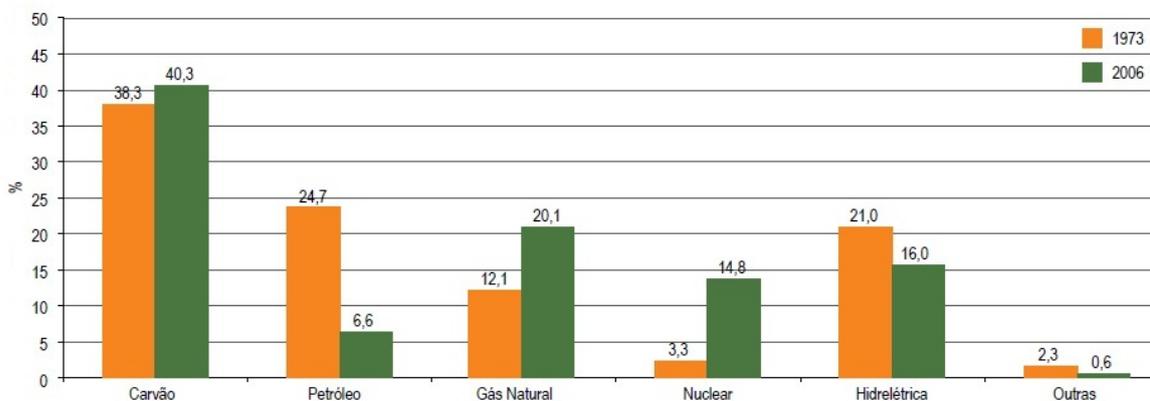
A **definição das variáveis** visou delimitar as características de maior interesse comparativo. No caso deste trabalho, as variáveis definidas foram a energia gerada, o reservatório e custos da geração de energia elétrica. Após, foram executadas **simulações energéticas, análise de reservatório e estimativas de custos de geração** considerando alternativas com e sem o barramento do rio para o aproveitamento hidrelétrico estudado.

A **comparação dos resultados** obtidos durante o levantamento de dados serviu como base para o apontamento das vantagens e desvantagens da geração hidrelétrica sem o represamento do rio. As **considerações finais** foram feitas após análise dos resultados e conhecimentos adquiridos. Por fim, foi proposta uma alternativa para viabilizar um aproveitamento hidrelétrico onde o barramento do rio não é possível por questões ambientais, considerando apenas a derivação por sua margem esquerda, enfim, finalizando o trabalho de conclusão do curso.

3 CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

A energia hidrelétrica, além de ser uma das fontes que pouco contribuem para o aquecimento global, é considerável renovável, pois utiliza a energia solar ao transformar a água em vapor e, ao se condensar em nuvens, retorna à superfície terrestre por meio da ação da gravidade sob a forma de chuva. As centrais hidrelétricas são a terceira maior fonte de geração de energia elétrica no mundo, representando 16% da produção mundial, conforme figura 2. Sendo responsáveis por mais de metade da produção de energia hidrelétrica no mundo, os cinco maiores consumidores desta forma de energia eram em 2007, respectivamente, China, Brasil, Canadá, Estados Unidos e Rússia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Figura 2 – Geração de energia elétrica no mundo nos anos de 1973 e 2006



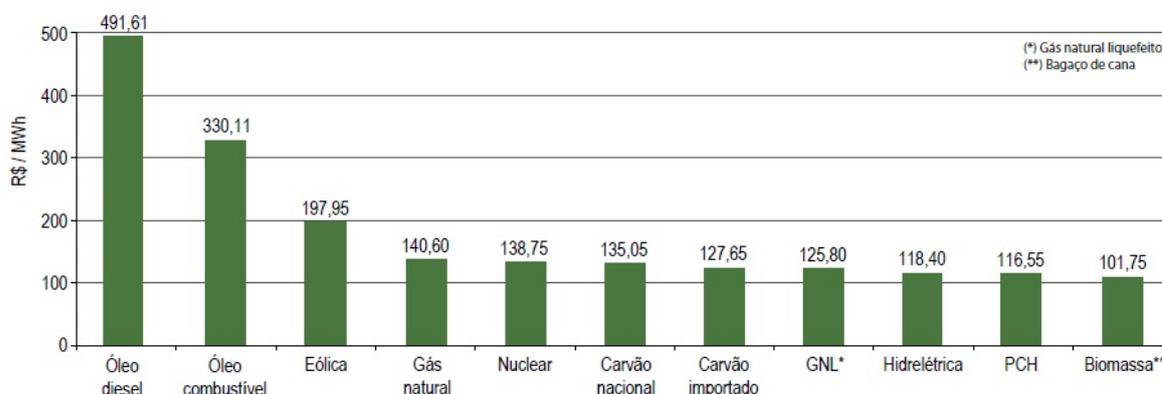
(fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ¹, 2008, p. 52)

Mesmo estando entre as fontes com o custo menos oneroso no Brasil, conforme ilustrado na figura 3, esta forma de energia encontra obstáculos para sua disseminação. O parque hidrelétrico brasileiro já chegou a atender 90% da energia elétrica consumida, tendo sua presença reduzida para 75% em 2008. Esta diminuição na participação da hidroeletricidade se deu basicamente por três motivos: a necessidade da diversificação da matriz energética, a dificuldade em desenvolver novas centrais hidrelétricas pela falta de estudos e inventários e o

¹ Conforme autor a informação foi obtida junto ao **International Energy Agency**.

aumento dos entraves jurídicos que dificultam o licenciamento ambiental de hidrelétricas, paradoxalmente promovendo o aumento das usinas de fonte térmica, as quais na sua maioria queimam derivados de petróleo ou carvão. O principal argumento adverso à construção de centrais hidrelétricas decorre do impacto causado sobre o modo de vida da população, flora e faunas locais, assim como a formação de grandes reservatórios, aumentando o nível dos rios ou promovendo alterações em seu curso, após o represamento (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Figura 3 – Custos da produção de energia elétrica no Brasil



(fonte: adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ², 2008, p. 30)

Este capítulo aborda os principais tópicos sobre centrais hidrelétricas, sendo estudados nos itens a seguir a energia hidrelétrica no Brasil, os principais tipos de arranjos e componentes, os estudos hidroenergéticos, o licenciamento ambiental bem como a avaliação econômica expedita de aproveitamentos hidrelétricos.

3.1 ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL

As primeiras usinas hidrelétricas do País remontam do Século XIX, implantadas nas regiões Sul e Sudeste, todas com dimensões discretas e finalidade de suprimento de cargas modestas e localizadas (MELLO, 2011a). Situada em Diamantina, Minas Gerais, a hidrelétrica mais antiga do Brasil data de 1883 e utilizada as águas do Ribeirão do Inferno na exploração de diamante, gerando energia para movimentar duas bombas de desmonte a jato d'água,

² Conforme autor a informação foi obtida junto ao **Power Systems Research**.

posteriormente sendo usada também como fonte para iluminação (MELLO, 2011b). Neste aproveitamento hidrelétrico, onde era aproveitado um desnível de 5 metros, foi construída a maior linha de transmissão da época, com dois quilômetros de extensão – superando em 500 metros a segunda, em Niagara Falls, EUA (MÜLLER, 1995).

Muitas das hidrelétricas pioneiras eram de pequeno porte e destinadas ao uso privado em serrarias, moinhos e tecelagens, com maior concentração nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Como grande parte da energia gerada não era aproveitada à noite pelas máquinas, pequenas redes de distribuição foram instaladas por seus proprietários. Com o passar do tempo, estas redes foram se expandindo progressivamente às regiões vizinhas, motivando o incremento da potência de muitas usinas (MÜLLER, 1995).

A usina hidrelétrica (UHE) de Marmelos, primeira usina de uso público do País, foi inaugurada no dia 7 de setembro de 1889. Possuía inicialmente duas turbinas de 125 kW cada, às quais foi agregado mais um conjunto de mesma potência em 1892, totalizando 375 kW. A barragem era constituída por um maciço de enrocamento, impermeabilizado a montante por uma laje de madeira composta por pranchas aparelhadas. Sua duração, porém, foi efêmera, pois em 1896, com o início da operação de Marmelos-I, foi interrompida a operação desta hidrelétrica (MÜLLER, 1995).

Em 1893 entrou em operação a primeira hidrelétrica do Brasil cujo arranjo não contemplava o barramento do rio, denominada Luiz Queiros. Implantada na zona urbana de Piracicaba, Estado de São Paulo, no Rio Piracicaba, as águas do rio são desviadas por meio de uma adução em sua margem esquerda para gerar, atualmente, 2,88 MW de potência (MELLO, 2011b).

Já na virada do Século XX, o Brasil encontrava-se com uma capacidade instalada na ordem de 5,5 MW em 5 usinas hidrelétricas pertencentes ao serviço público (MÜLLER, 1995). De 1901 a 1910 foram construídas por todo o Brasil 77 usinas hidrelétricas (PIGATTO, 2011). A partir de então, intensificou-se os investimentos na geração de energia elétrica no País, contando já em 1940 com 759 hidrelétricas (trabalho não publicado)³. Mello (2011a) aponta que, em 2011, havia 1.206 MW instalados de hidrelétricas com mais de 50 anos de existência, sendo

³ Informação obtida em slide de aula da disciplina Obras Hidráulicas, ministrada pelo professor Marcelo Marques, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2011/1.

que muitas destas unidades foram reabilitadas e repotencializadas recentemente. A Tabela 1 apresenta a evolução da potência hidrelétrica instalada no País.

Tabela 1 – Evolução da potência hidrelétrica instalada no Brasil

Ano	Potência (kW)	Ano	Potência (kW)
1901	3.756	1950	1.257.766
1910	63.143	1960	3.172.328
1920	193.829	1970	8.634.652
1930	448.692	1980	27.090.631
1940	757.684	1990	50.542.728

(fonte: adaptado de BRASIL⁴, 1991 apud MÜLLER, 1995, p. 8)

3.1.1 Cenário Atual do Setor e Perspectivas

O setor elétrico brasileiro, seguindo a tendência mundial, passou nos últimos anos por um processo de reestruturação, com profundas alterações no quadro institucional, financeiro e regulatório (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Uma das mais significativas modificações no setor foi a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 1996, por meio da Lei n. 9.427. Esta agência reguladora, autarquia sob regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem função de regular e fiscalizar a geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, além da outorga de concessões, permissões e autorizações de serviços públicos de energia elétrica (BRASIL, 2006).

Em seguida, foi constituído o Operador Nacional do Sistema (ONS) para supervisionar e controlar o sistema elétrico, coordenando a programação e operação das geradoras, objetivando a otimização dos sistemas de transmissão (BRASIL, 2006). Neste novo cenário, o papel do Estado concentrou-se essencialmente na formulação de políticas energéticas para o

⁴ BRASIL. Ministério da Infra-estrutura. Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica. **Cadastro Nacional de Usinas**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1991.

setor e regulação de suas atividades. As políticas e diretrizes são responsabilidades do MME, auxiliado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002).

Em 2004, por meio da Lei n. 10.848 e Decreto n. 5.163, foi introduzido o novo Modelo Institucional do Setor Elétrico, com o encargo de corrigir as falhas que ocasionaram a crise energética de 2001. Através deste novo modelo foram constituídos dois ambientes para praticar contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), específico para geradoras e distribuidoras, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), envolvendo geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres, onde a compradora e vendedora acordam as cláusulas por meio de contratos bilaterais (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). O novo modelo criou também, através da Lei n. 10.847 e Decreto n. 5.184 a estatal Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao MME, com o propósito de executar estudos e pesquisas de forma a subsidiar o planejamento do setor (BRASIL, 2006).

Como já apresentado anteriormente, o parque gerador nacional é altamente dependente da energia hidráulica. Por sua vez, os melhores potenciais hidrelétricos apresentam-se distantes dos grandes centros consumidores. Devido à grande extensão e às variações climáticas e hidrológicas, acabam ocorrendo excedentes de produção hidrelétrica em determinadas regiões e períodos do ano. Portanto, a interligação do sistema de transmissão é essencial para o suprimento de eletricidade no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). O País conta com o Sistema Interligado Nacional (SIN), apresentado no anexo A, conjunto composto por usinas, linhas de transmissão e ativos de distribuição, que abrange quase a totalidade do território nacional – regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte –, e os Sistemas Isolados, localizados principalmente na região Amazônica, que em razão das características geográficas locais não possibilitou a implantação de grandes linhas de transmissão conectando ao SIN. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

O SIN, operado pelo ONS e por sua vez fiscalizado e regulamentado pela Aneel, distribui espacialmente mais de 95% da energia produzida, conectando as usinas geradoras às subestações de distribuição de forma a aperfeiçoar temporal e economicamente a geração, alocando de forma eficiente e racional a energia gerada. Através da distribuição interligada é

possível realizar um estoque de energia elétrica em forma de água, visto que o período de estiagem de uma região pode ocorrer concomitantemente ao chuvoso de outra. Outra vantagem é a possibilidade de operação complementar das fontes hidráulicas e térmicas. Mais barata, abundante e limpa, a energia hidrelétrica é prioritária no abastecimento do mercado nacional. Já as térmicas são requisitadas em períodos secos e momentos que o consumo sobe repentinamente, também chamados de picos de demanda (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Atualmente, o Brasil possui um total de 2.708 usinas em operação, com capacidade de gerar 119.699,74 MW, conforme detalhado na tabela 2. Para um futuro próximo, estão previstos a implantação de 732 empreendimentos, dos quais 174 já em construção, incorporando 48.303,11 MW à matriz energética brasileira (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

Quadro 2 – Usinas em operação no Brasil

Tipo		Quantidade	Potência Fiscalizada (kW)		Participação (%)	
Hidrelétrica	CGH	392	83.449.776	231.869	69,71	0,19
	PCH	430		4.169.703		3,48
	UHE	201		79.048.204		66,04
Eólica		82	1.762.182		1,47	
Solar		10	2.578		0	
Termelétrica		1.591	32.478.200		27,13	
Nuclear		2	2.007.000		1,68	

(fonte: adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012)

O consumo de energia elétrica no Brasil, em 2009, chegou próximo dos 390 mil GWh, tendo aumentado cerca de 32% desde 2002 (ROCKMANN, 2010). O ano de 2010 foi atípico relativamente ao consumo de energia elétrica no segmento industrial, pois, após a queda do consumo neste segmento em 2009, associada à crise financeira internacional, ocorreu uma recuperação significativa pelas indústrias, resultando em uma expansão de 10,9%. Como

resultado, o consumo de energia na rede elétrica nacional superou 415 TWh, sendo mais de metade na região Sudeste (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2011).

Pelo atual planejamento energético, o Brasil enfrenta a necessidade da instalação de aproximadamente 5.000 MW/ano. É esperado que o consumo total de energia evolua em média 4,8% ao ano, passando dos 456,5 TWh verificados em 2010 para 730 TWh em 2020 (MELLO, 2011a). Estima-se que, até 2019, a capacidade instalada passe para 167 mil MW, tendo como grande responsável os projetos hidrelétricos. O crescimento da economia e da renda dos brasileiros, o ciclo de alta das *commodities* e programas de inclusão à eletricidade por grande parte da sociedade são fatores determinantes para isto. A expansão deve continuar pelos próximos anos, tendo em vista a realização da Copa do Mundo de 2014, da Olimpíada de 2016 e a ascensão econômica de China e Índia, dois consumidores de produtos básicos brasileiros (ROCKMANN, 2010).

3.1.2 Fases de Estudo

O estudo da potência hidrelétrica de uma bacia hidrográfica é executado em etapas, das mais amplas às mais específicas, com o intuito de evitar despesas com uma coleta de dados que não será aproveitada no futuro. A conclusão das etapas iniciais indica a continuação ou não de aprofundamento dos estudos. Estes podem ser paralisados e retomados no futuro, desde que haja um tratamento adequado sobre dados dinâmicos, a exemplo dos sociais, que podem sofrer muitas alterações. Estas etapas são divididas em estimativa preliminar, estudos de inventário, estudos de viabilidade, projeto básico, e projeto executivo (MÜLLER, 1995).

A **estimativa preliminar** é uma avaliação em larga escala realizada em escritório, baseada em dados existentes das características da bacia hidrográfica, verificando a topografia, hidrologia, geologia e meio ambiente, buscando identificar sua vocação para geração de energia elétrica (BRASIL, 2007). Esta análise, utilizada na definição das prioridades dos estudos da etapa a seguir, vem sendo aplicada em rios não inclusos em estudos de inventários anteriores, considerados na época em que foram estudos pouco atrativos (MÜLLER, 1995).

Nos **estudos de inventário** são analisadas as várias alternativas de divisão de queda para a bacia em questão, mediante a identificação de um conjunto de projetos que, após comparados, apresentem um “aproveitamento ótimo”, ou seja, o melhor equilíbrio entre custos de

implementação, aproveitamento energéticos e efeitos sociambientais (BRASIL, 2007). A Lei n. 9.074 de 1995, em seu artigo 5., parágrafo III, definiu aproveitamento ótimo como (BRASIL, 1995): “§ 3o [...] todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico geral, níveis d’água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica.”.

A Aneel, por meio da Resolução n. 393 de 1998, em seu artigo 1., conceituou inventário hidrelétrico como (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 1998): “[...] a etapa de estudos de engenharia em que se define o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica, mediante o estudo de divisão de quedas e a definição prévia do aproveitamento ótimo.”.

Nesta etapa de inventário são estudados elementos secundários e consolidados com dados de campo, pautados em estudos cartográficos, hidrometeorológicos, energéticos, geológicos, geotécnicos e outros usos da água (BRASIL, 2006).

Na sequência, são elaborados os **estudos de viabilidade**, com investigações de campo, resultando no dimensionamento de um dos aproveitamentos hidrelétricos estabelecidos na etapa anterior, de seu reservatório e áreas de influência, bem como definidas as obras de infraestrutura necessárias (BRASIL, 2007).

Em seguida, o **projeto básico** consiste no detalhamento do projeto, esmiuçando as características do projeto e especificações técnicas das obras civis e equipamentos eletromecânicos, assim como programas socioambientais (BRASIL, 2007).

Por fim, o **projeto executivo** é realizado visando à construção do empreendimento, com a elaboração dos desenhos detalhados das obras civis e equipamentos eletromecânicos essenciais à execução da obra e instalação dos equipamentos. São tomadas todas as medidas socioambientais relativas à implantação da usina e reservatório (MÜLLER, 1995).

3.2 TIPOS DE ARRANJOS E COMPONENTES

Em grande parte das centrais hidrelétricas existentes, são implantadas estruturas hidráulicas de reservação, com a finalidade de um uso mais racional dos recursos hídricos, permitindo a retenção temporária das águas para posterior uso ou descarga em ocasião mais conveniente.

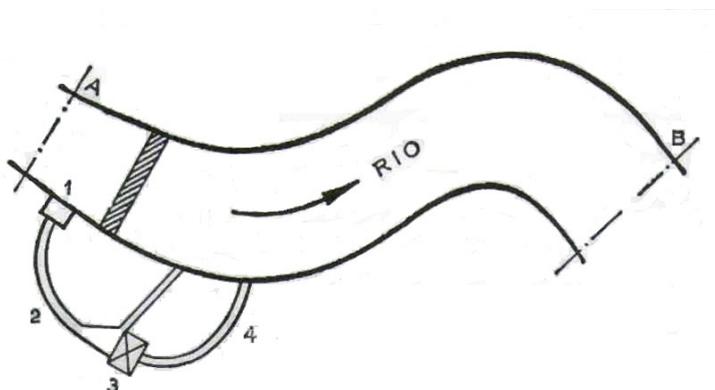
Assim, as barragens, estruturas típicas de represamento, suprem diversos fins, tais como aproveitamento energético, o controle de inundações, a captação de águas para irrigação ou abastecimento de água e a regularização de níveis para navegação fluvial. Tendo em vista a crescente demanda por recursos hídricos e a complexidade dos empreendimentos, muitas vezes as barragens acabam por atender mais de um dos objetivos citados acima, sendo denominadas barragens de uso múltiplo (CIRILO, 2003).

A figura 4 apresenta esquematicamente uma central hidrelétrica onde, para aproveitar a queda entre os pontos A e B, a água do rio sofre uma derivação por meio de uma **tomada d'água (1)**, entrando no **canal de entrada (2)** – de baixa declividade para não se desperdiçar muita queda – e alargando-se antes de chegar à **casa de máquinas ou casa de força (3)**, onde estão instaladas as turbinas. O **canal de fuga (4)** devolve restitui ao rio a água utilizada pelas turbinas. Esta disposição varia para cada caso podendo, a exemplo de grandes quedas, onde é implantada uma câmara de carga ao fim do canal de entrada, partindo então os condutos que abastecem as turbinas (STEVENAZZI, 1993).

Segundo Souza et al.(2009), as CH podem, basicamente, ter três arranjos distintos, com as seguintes denominações, ou seja, central hidrelétrica de:

- a) represamento – CHR;
- b) desvio – CHD;
- c) derivação – CHV.

Figura 4 – Croqui estruturas de uma hidrelétrica - planta



(fonte: adaptado de STEVENAZZI, 1993, p. 276)

Os tipos de arranjos são apresentados detalhadamente na sequência.

3.2.1 Central Hidrelétrica de Represamento

A CHR é o arranjo característico para o caso de cachoeira, tendo o barramento – a montante –, ligação direta à casa de máquinas – a jusante –, por meio de um conduto forçado. A queda bruta total é consequência da altura d'água da barragem e da distância do fundo da barragem ao nível de água a jusante (SOUZA et al., 2009). Como a altura do barramento tem influência direta na queda total este esquema resulta em uma grande área alagada, conforme pode ser observado na figura 5 (DUARTE, 2009).

Figura 5 – Esquema típico de uma CHR

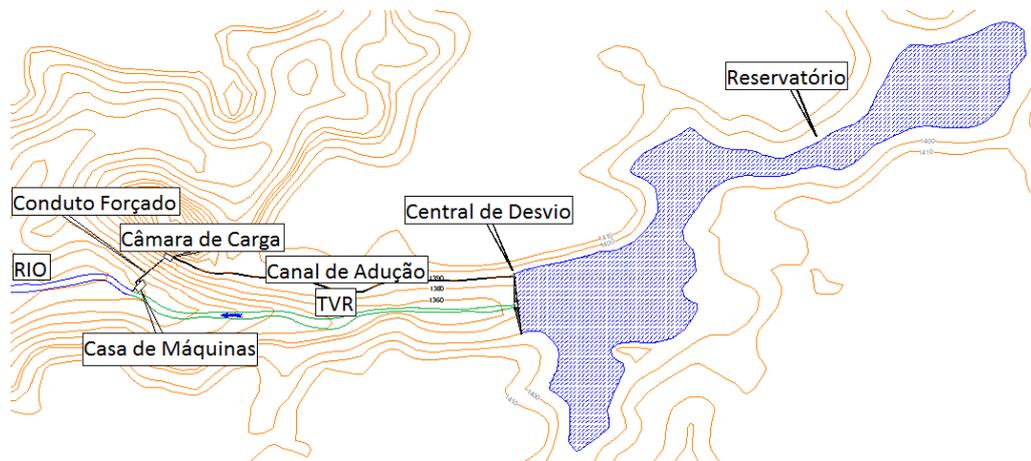


(fonte: DUARTE, 2009, p. 9)

3.2.2 Central Hidrelétrica de Desvio

A CHD, representada pela figura 6, se encaixa perfeitamente em rios que apresentam considerável declividade, normalmente com corredeiras, aproveitando os desníveis naturais do curso d'água. Devido à grande distância entre a barragem e a casa de máquinas, torna-se necessário que seja concebido antes do conduto forçado um sistema de baixa pressão (SOUZA et al., 2009). Este arranjo, que desvia parte da vazão de seu curso natural gerando um trecho de vazão reduzida (TVR), geralmente é mais implantado em cabeceiras de bacias hidrográficas, gerando energia em escala reduzida. Há uma enorme redução da área alagada em relação à CHR, ao passo que neste caso a barragem não possui função de agregar queda (DUARTE, 2009).

Figura 6 – Esquema típico de uma CHD

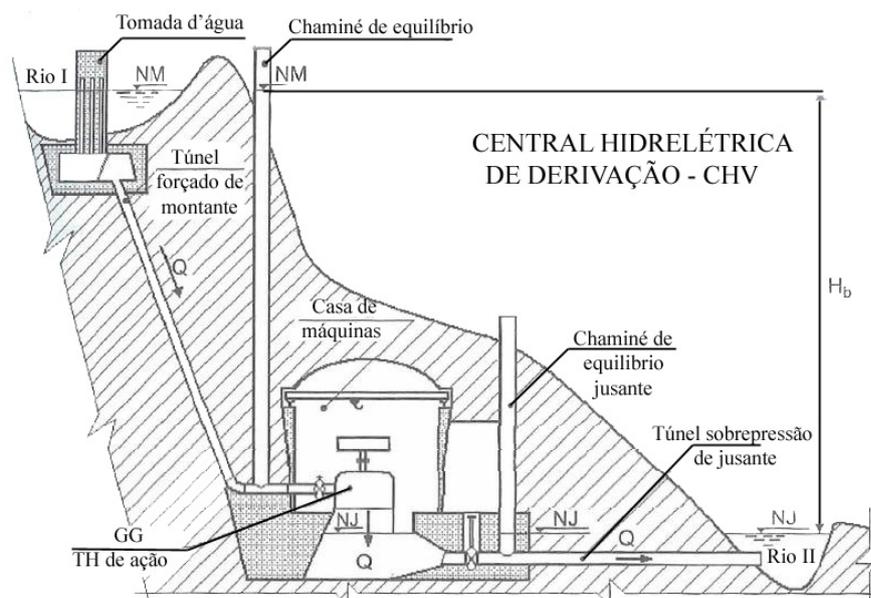


(fonte: adaptado de DUARTE, 2009)

3.2.3 Central Hidrelétrica de Derivação

Nas CHV, a captação de água em geral é realizada em um rio e a descarga em outro. O arranjo típico contempla represamento (CHVR). Contudo, há uma alternativa apenas com o desvio (CHVD) do rio, quando os dois escoam com diferentes cotas, conforme figura 7 (SOUZA et al., 2009).

Figura 7 – Corte longitudinal esquemático de uma CHV



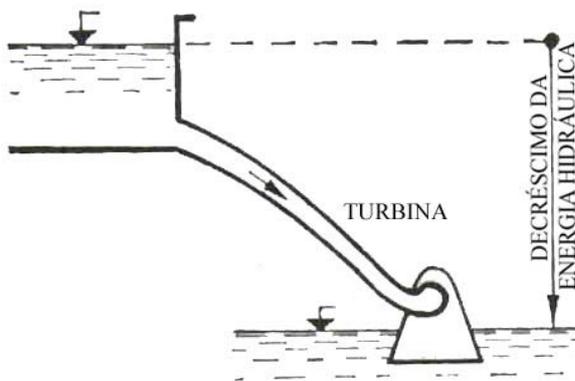
(fonte: adaptado de SOUZA et al., 2009, p. 41)

3.2.4 Máquinas Hidráulicas

Máquinas hidráulicas são os mecanismos utilizados na transformação de energia hidráulica em corrente mecânica, ou vice-versa (STEVENAZZI, 1993). Estão divididas em dois grupos:

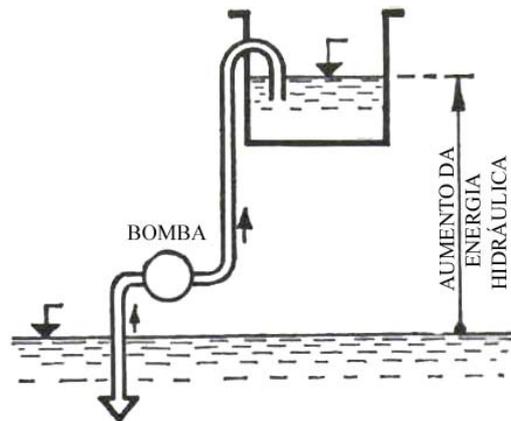
- a) turbinas, as quais convertem a energia hidráulica em energia mecânica, conforme figura 8;
- b) bombas, que transformam a energia mecânica recebida de um agente exterior (motor) em energia hidráulica, afim de possibilitar o transporte ou elevação de fluídos, representadas pela figura 9.

Figura 8 – Representação esquemática de uma turbina



(fonte: STEVENAZZI, 1993, p. 276)

Figura 9 – Representação esquemática de uma bomba



(fonte: STEVENAZZI, 1993, p. 276)

A seguir são descritos os tipos de turbinas e como é aproveitada a energia dos rios por meio destas.

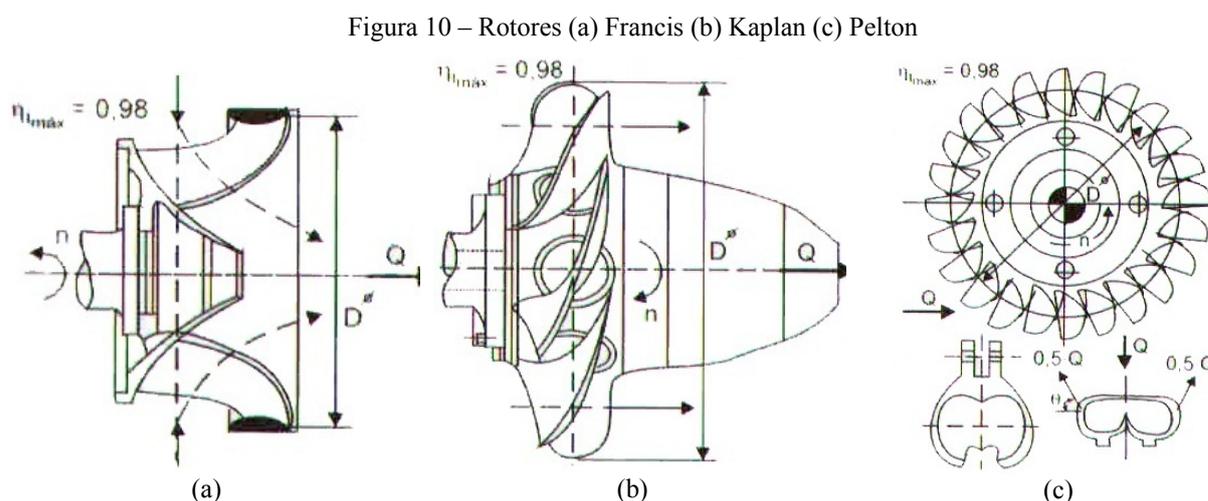
3.2.3.1 Turbinas

As Turbinas Hidráulicas (TH) são motores hidráulicos de grande rendimento, que podem ser adaptados a qualquer vazão e queda (STEVENAZZI, 1993, p. 282). Podem ser classificadas em dois grupos, ou seja, turbinas de:

- a) ação, também conhecida por turbina a jato ou de impulsão, quando o escoamento através do rotor ocorre sem variação da pressão estática. Toda energia potencial da queda se transforma em energia cinética antes de encontrar o rotor. Por sua vez, esta energia cinética se transforma no rotor em energia mecânica, girando o eixo de rotação da turbina;

- b) reação, quando o escoamento através do rotor ocorre com variação da pressão estática, sendo ela maior que atmosférica. Ou seja, entra com energia potencial de pressão. Dentro do rotor, esta se transforma em energia cinética. Em algumas turbinas esta reação se dá no interior do rotor e outras externamente.

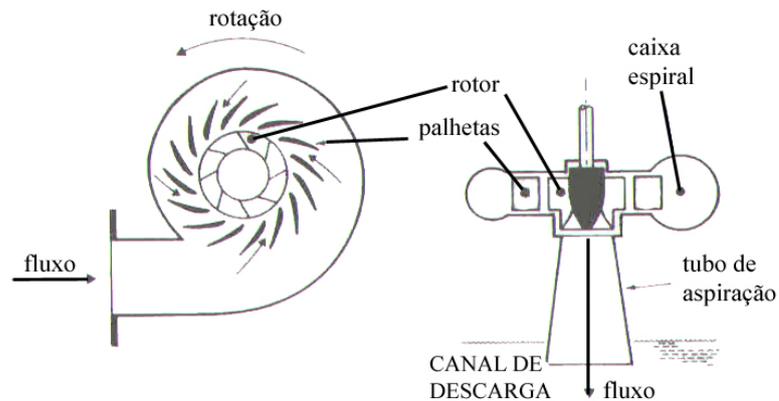
Os diversos modelos de turbinas hidráulicas existentes são capazes de cobrir uma vasta gama de condições operacionais, permitindo portanto projetar arranjos hidrelétricos em montanhas, rios ou estuários. Esta diversificação abrange três tipos básicos dominantes: turbina de fluxo radial (Francis), turbina de fluxo axial (Kaplan) e turbina de fluxo tangencial Pelton (CHADWICK; MORFETT, 1998). A figura 10 ilustra os rotores das turbinas supracitadas, com suas geometrias, seus rendimentos internos e a dimensão característica normalizada de cada tipo.



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 313)

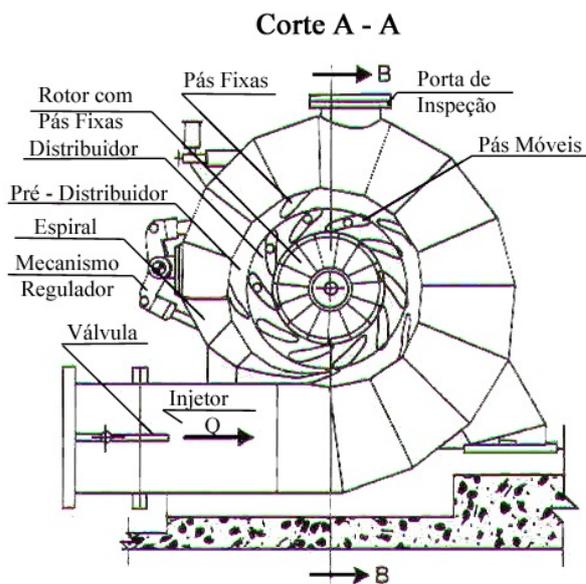
Na turbina de reação fluxo radial Francis, representada nas figuras 11 a 13, a água entra na parte externa da caixa espiral e corre radialmente para o interior através do rotor, transferindo energia para o tubo de aspiração. A água sai da caixa espiral através de um tubo de aspiração cônico, de forma a minimizar a perda de energia cinética. O rotor é envolto por palhetas devidamente orientadas – pás guias –, de forma a ajustar a direção do vetor velocidade, possibilitando o aproveitamento em uma ampla faixa de operação de vazão e energia. Esta turbina é indicada para vazões e quedas moderadas (CHADWICK; MORFETT, 1998). Este tipo é normalmente utilizado para quedas brutas variando de 8 à 600 metros, podendo alcançar potências unitárias de 850 MW. Em alturas menores que 20 metros, pode ser instalado com a caixa aberta, eliminando a espiral (SOUZA et al., 2009).

Figura 11 – Turbina Francis: desenho esquemático



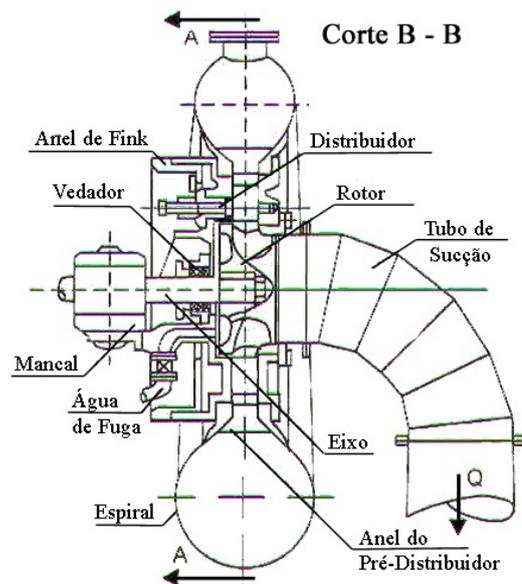
(fonte: CHADWICK; MORFETT, 1998, p. 244)

Figura 12 – Turbina Francis: corte A-A



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 315)

Figura 13 – Turbina Francis: corte B-B

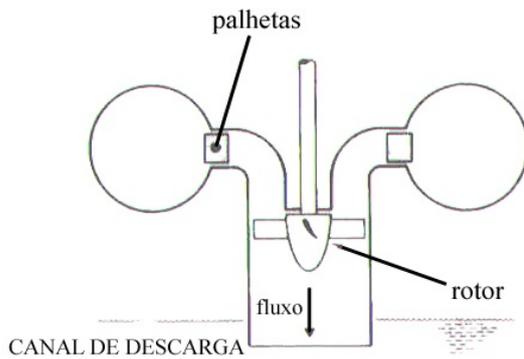


(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 315)

A turbina de reação fluxo radial Kaplan, conforme figuras 14 e 15, assim como a Francis, é equipada com palhetas orientadas. Estas pás guias podem inclusive, em períodos em que a demanda por energia elétrica é reduzida, alterar sua angulação de tal forma que a turbina passa a operar como bomba, devolvendo a água de jusante para o reservatório, podendo ser reaproveitada posteriormente. A turbina Kaplan é geralmente utilizada em locais com grande vazão e baixa queda (CHADWICK; MORFETT, 1998). Esta turbina, com relação à forma da carcaça e maioria dos componentes, assemelha-se muito à Francis, sendo diferenciada na geometria do rotor, que é composto por um cubo variando de três à oito pás em forma de asa

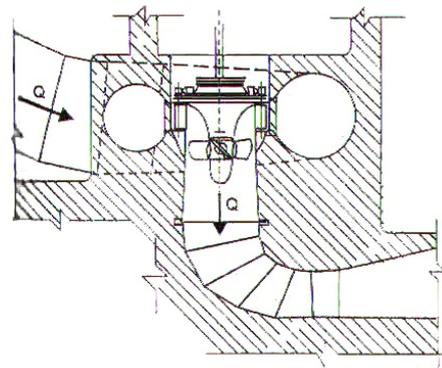
de sustentação. São aplicadas em quedas variando de poucos metros até 70 metros (SOUZA et al., 2009).

Figura 14 – Turbina Kaplan:
desenho esquemático



(fonte: CHADWICK; MORFETT, 1998, p. 245)

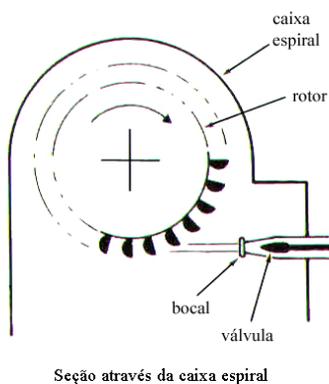
Figura 15 – Turbina Kaplan: seção transversal



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 319)

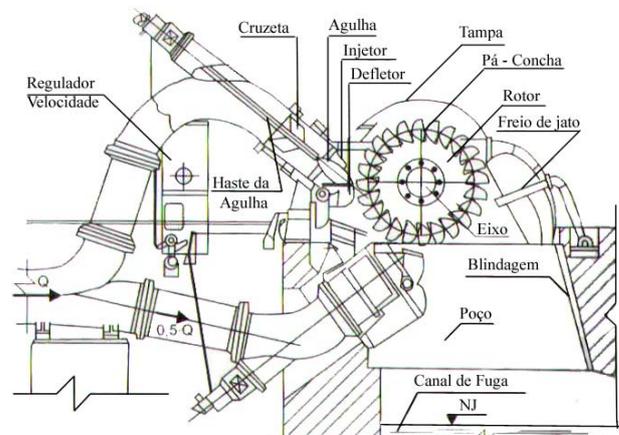
A turbina de fluxo tangencial Pelton, ilustrada nas figuras 16 e 17, é uma turbina de ação onde a água entra na caixa espiral por meio de jatos d'água, que incidem nas pás do rotor, movimentando a roda Pelton. É indicada para casos de grandes quedas e baixa vazão (CHADWICK, MORFETT, 1998). Opera com eixo horizontal no caso de ter um ou dois jatos e vertical no caso de três à seis jatos, podendo chegar a mais de 150 MW por unidade e quedas na ordem de 1.900 metros (SOUZA et al., 2009).

Figura 16 – Turbina Pelton:
desenho esquemático



(fonte: CHADWICK; MORFETT, 1998, p. 246)

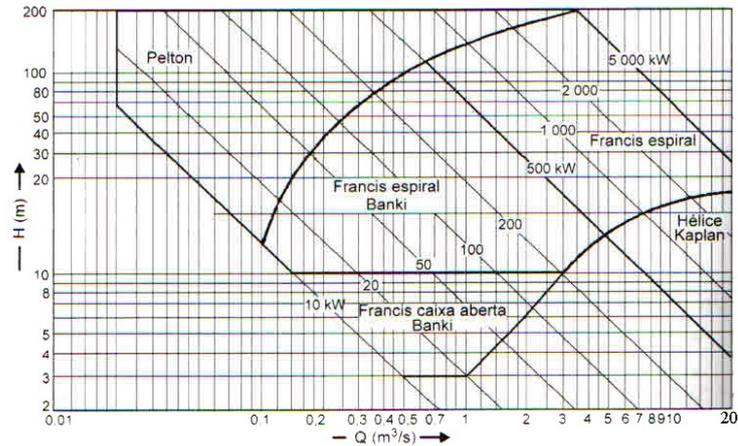
Figura 17 – Turbina Pelton: seção transversal



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 314)

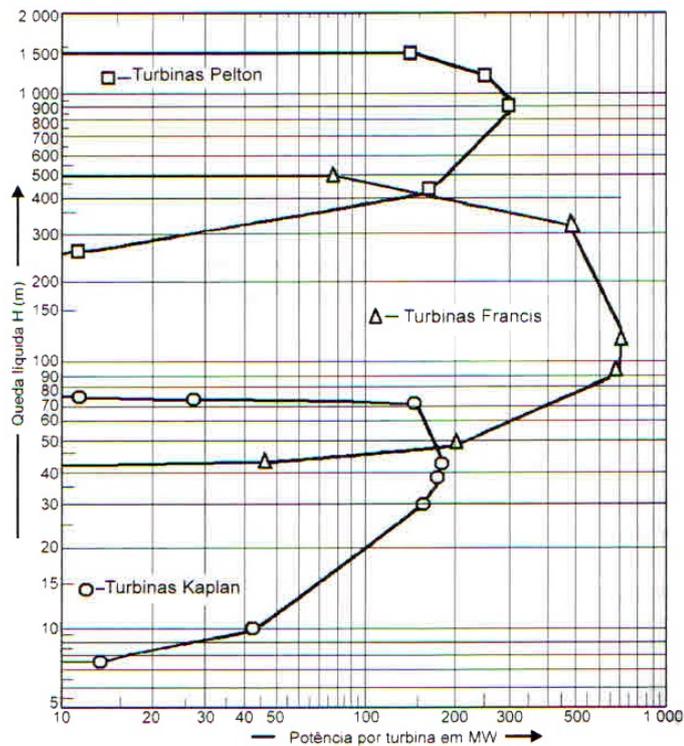
As figuras 18 e 19 ilustram o campo operacional de maneira simplificada das turbinas, conforme sua queda líquida e potência por turbina.

Figura 18 – Turbinas: campo operacional para baixas potências



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 348)

Figura 19 – Turbinas: campo operacional



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 348)

Outra maneira para seleção da turbina indicada para o aproveitamento hidrelétrico considera a velocidade específica para cada caso. Esta pode ser definida conforme a fórmula 1 (CHADWICK; MORFETT, 1998, p. 246):

$$N_s = N * P_u^{1/2} / H^{5/4} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

N_s = velocidade específica (rpm)

N = velocidade de rotação da turbina (rpm);

P_u = potência unitária (kW);

H = altura útil ou queda líquida (m);

Assim, a seleção de turbina deve respeitar a faixa de velocidade específica apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Seleção de turbina

Velocidade específica (rpm)	Turbina indicada
$8 < N_s < 80$	Pelton
$55 < N_s < 320$	Francis
$250 < N_s < 750$	Kaplan

(fonte: baseado em CHADWICK; MORFETT, 1998, p. 246)

3.2.3.2 Utilização da energia hidráulica

O escoamento das águas dos rios, desde suas cabeceiras até a foz, disponibiliza uma enorme quantidade de energia hidráulica, resultante da energia potencial do desnível das águas, sendo transformada pelas turbinas em energia mecânica. Este desnível aproveitado pelas turbinas se chama queda ou altura disponível. A queda bruta representa o desnível entre as alturas de água a montante e a jusante, enquanto a queda líquida consiste da diferença de energia disponível, sendo, portanto, abatidas as perdas (STEVENAZZI, 1993).

No caso de baixa queda, conforme figura 20, a água normalmente é conduzida às turbinas através de um canal, com uma declividade e velocidade de escoamento mínimas, aproveitando o máximo da queda. Deste modo, a altura útil pode ser determinada conforme fórmula 2 (STEVENAZZI 1993):

$$H = H_b - (h_1 + h_2) \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

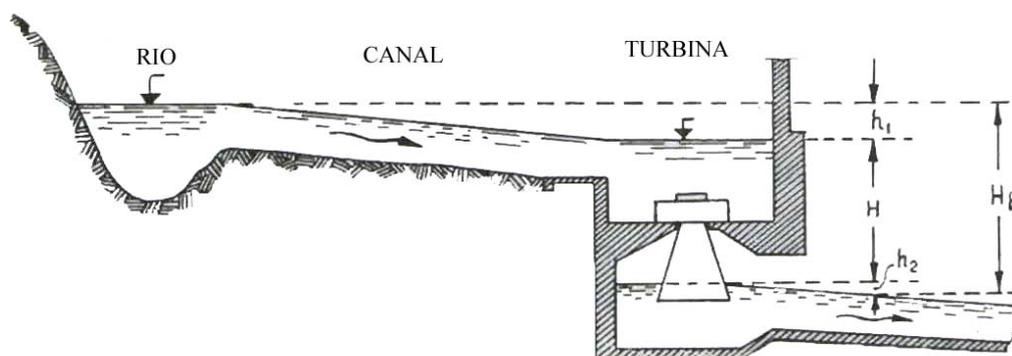
H = altura útil ou queda líquida;

H_b = altura total ou queda bruta;

h_1 = altura perdida no canal superior;

h_2 = altura perdida no canal de fuga.

Figura 20 – Altura disponível em baixas quedas



(fonte: STEVENAZZI, 1993, p. 277)

Para as grandes quedas, esquematizadas pela figura 21, a água é levada para as turbinas por meio de um canal ou túnel até uma câmara de carga, de onde partem os condutos até a casa de máquinas. Para este caso, o autor indica que da queda total H_b será descontada, além das alturas h_1 e h_2 , perdas nos canais superior e inferior, também as perdas de cargas $\sum J$, originadas nas tubulações, conforme a fórmula 3 (STEVENAZZI, 1993):

$$H = H_b - (h_1 + h_2 + \sum J) \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

H = altura útil ou queda líquida;

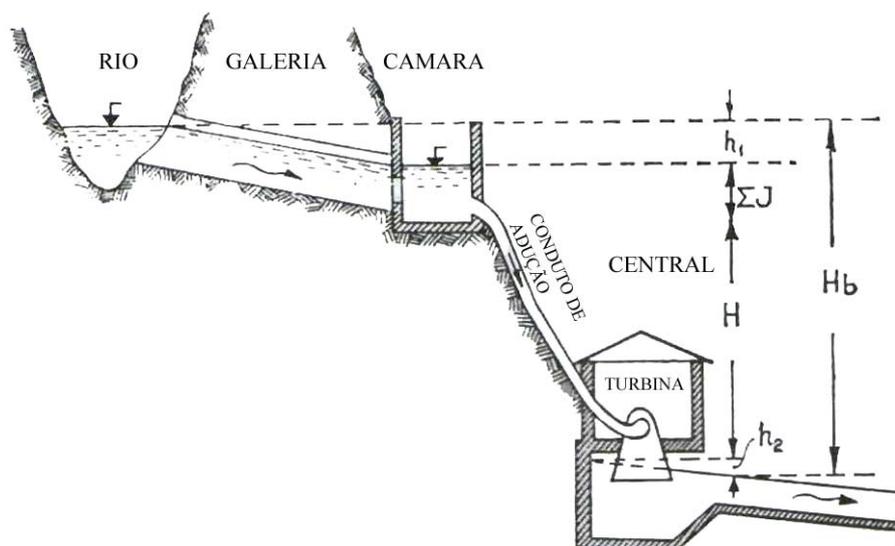
H_b = altura total ou queda bruta;

h_1 = altura perdida no canal superior;

h_2 = altura perdida no canal de fuga;

$\sum J$ = perdas de carga.

Figura 21 – Altura disponível em grandes quedas



(fonte: STEVENAZZI, 1993, p. 277)

3.3 ESTUDOS HIDROENERGÉTICOS

Os estudos energéticos utilizam dados e métodos fornecidos pela hidrologia aplicada à geração hidrelétrica. Estes estudos envolvem o tratamento estatístico de um período tomado como base – que deverá conter um grande número de dados –, sempre considerando que o ocorrido no passado se repetirá em períodos iguais no futuro (SOUZA et al., 2009).

Para estimar a vazão de projeto, ou seja, aquela que será turbinada, deve-se realizar um amplo estudo do curso d'água onde será implantada a central hidrelétrica. Para sua determinação

deve-se considerar o comportamento do rio ao longo de vários anos, visto que sofre grandes variações. A determinação do seu valor considera inúmeros fatores, dentre os quais a área de drenagem do local de interesse, as condições climáticas existentes, a topografia do terreno e as características geológicas da bacia (TIAGO FILHO et al., 2008).

A definição do potencial hidrelétrico de uma usina passa principalmente pelos estudos hidrológicos e energéticos, tratados a seguir.

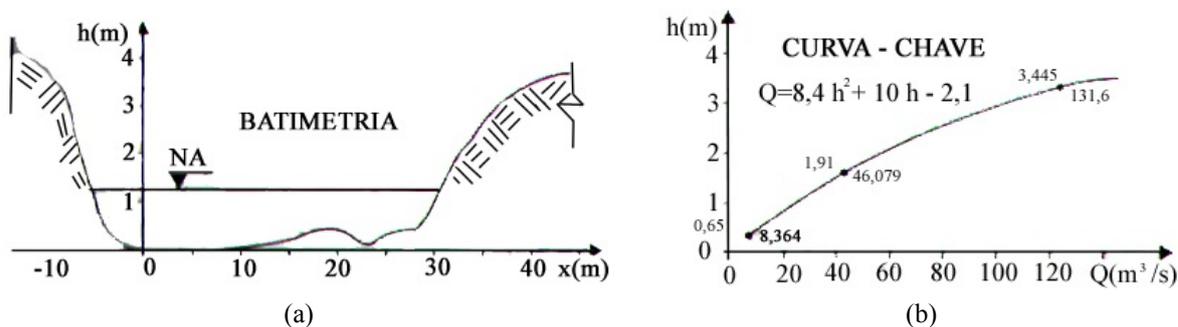
3.3.1 Estudos Hidrológicos

Como já citado anteriormente, as descargas afluentes de um rio variam muito ao longo dos anos. Por esta razão, atualmente é exigido um histórico de vazões abrangendo 70 anos para, utilizando-se de recursos estatísticos, executar a simulação de tantas outras possibilidades de sequência de vazão para cada aproveitamento hidrelétrico. A origem destes dados de vazão são os postos fluviométricos. (SOUZA et al., 2009). Existem, no Brasil, mais de 4.000 destes postos em operação, sendo a centralização destas informações responsabilidade da Agência Nacional das Águas – ANA (TIAGO FILHO et al., 2008).

Posto fluviométrico compreende um sistema instalado em qualquer curso da água, de onde será possível estabelecer a vazão instantânea do aproveitamento tendo em mãos apenas da altura de nível da água. Isto apenas é possível através da realização de medições diretas da vazão e suas respectivas alturas de lâmina da água na seção transversal, as quais, após plotadas em um gráfico h (m) x Q (m^3/s), resultarão, por meio de regressão linear, à curva-chave do posto fluviométrico. O melhor local para a implementação do posto fluviométrico deve compreender um trecho reto do rio e que tenha uma seção transversal com a calha mais estável possível (SOUZA et al., 2009). A figura 22 ilustra a batimetria e curva-chave de um posto situado no Rio Sapucaí, ao sul do Estado de Minas Gerais.

Outro meio de se obter os dados de descarga é através de um modelo chuva-vazão. Utilizando os registros de precipitação medidos pelas estações pluviométricas, essa técnica é indicada para os casos onde registros de vazões são limitados, questionáveis ou inexistentes. A precisão dos resultados depende da exatidão do modelo e do correto ajuste de seus parâmetros (TIAGO FILHO et al., 2008).

Figura 22 – Posto fluviométrico (a) seção transversal (b) curva-chave



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 75)

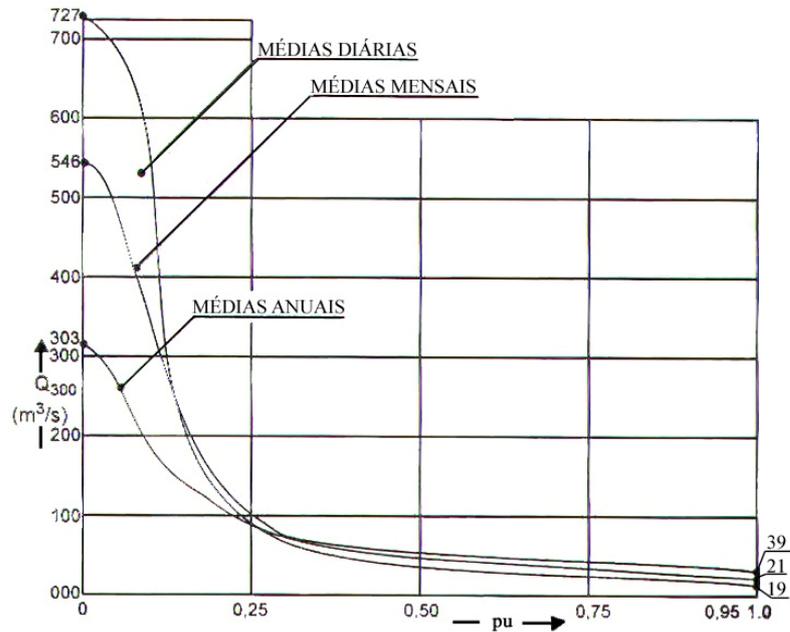
São apresentadas a seguir as descrições de três ferramentas para o tratamento de dados hidrológicos.

3.3.1.1 Curva de Permanência

A curva de permanência, duração de vazão ou frequência acumulada de vazões fornece a probabilidade de uma determinada vazão ser igualada ou superada (SOUZA et al., 2009). Analisando a curva de permanência é possível descobrir os valores de vazão média, mínima e máxima dos dados considerados. A vazão firme Q_{95} possui permanência de 95% do tempo, e, na maioria das vezes, é superior à vazão média mensal mínima. Observa-se que a vazão Q_{50} é diferente da vazão média de longo termo, Q_{mlt} , sendo na maioria das vezes menor que esta última, que por sua vez, tem uma duração menor (TIAGO FILHO et al., 2008).

A curva de representa de maneira clara os dados históricos de vazão de um curso da água estudado. Para sua construção pode-se considerar os dados de vazões médias diárias, mensais ou anuais, sendo comumente mais utilizadas as mensais (TIAGO FILHO et al., 2008). Na sua elaboração deve-se primeiramente obter um diagrama de frequências da série e sua distribuição probabilística discreta, separando o histograma de vazões em um determinado número de classes. Integrando esta distribuição chega-se à curva de probabilidade acumulada representando a curva de duração (SOUZA et al., 2009). Na figura 23 foram traçadas as curvas de duração aproximadas das vazões médias diárias, mensais e anuais, para uma mesma série de dados.

Figura 23 – Curvas de permanência

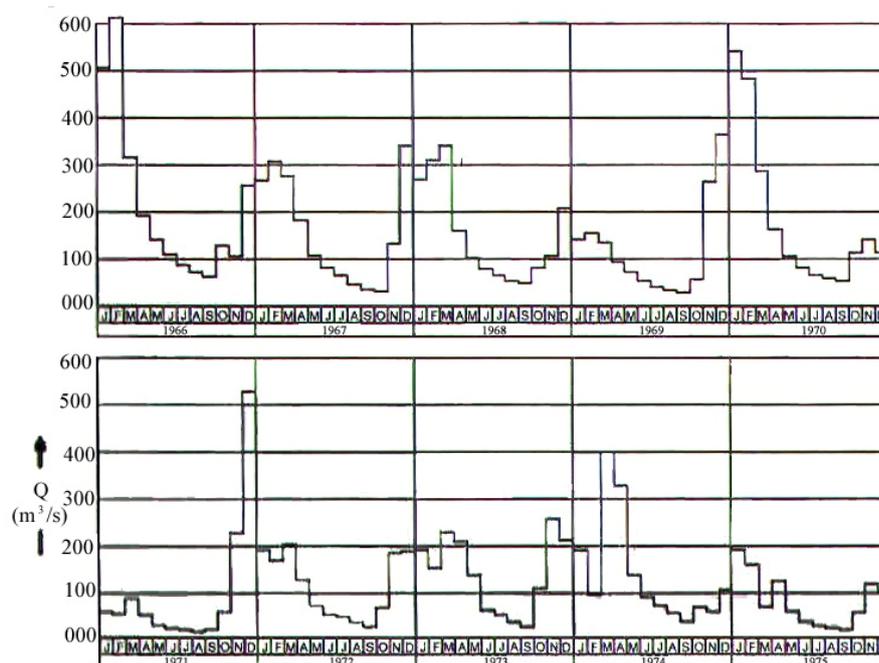


(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 86)

3.3.1.2 Fluviograma

Outro método estatístico de tratamento de vazões é o fluviograma, gráfico que representa as vazões para uma determinada seção transversal de um curso da água em função do tempo. É o gráfico que melhor representa visualmente o comportamento de um rio, podendo esta representação ser feita com as vazões instantâneas, médias diárias, semanais, mensais ou anuais, máximas e mínimas semanais, mensais ou anuais. A figura 24 representa um fluviograma das vazões médias mensais com o comportamento do Rio Paracatu, afluente do Rio São Francisco (SOUZA et al., 2009).

Figura 24 – Fluviograma



(fonte: SOUZA et al., 2009, p. 83)

3.3.1.3 Transposição de vazões

A transposição de vazões é utilizada para gerar o histórico de vazões para um determinado aproveitamento hidrelétrico do qual não existem dados suficientes em sua bacia hidrográfica, mas estão disponíveis para bacias próximas ou vizinhas. Para que a transposição seja executada sem erros significativos é necessário que as duas bacias hidrográficas possuam comportamentos hidrológicos parecidos, ou seja, possuindo área de drenagem, relevo, solo e cobertura vegetal semelhantes (TIAGO FILHO et al., 2008).

Para o correto uso deste método, a bacia hidrográfica semelhante deve estar na mesma faixa de paralelos terrestre da estudada e distância entre ela não deve ser maior que 100 quilômetros. Quanto às áreas de drenagem, recomenda-se que a relação entre elas não seja maior do que cinco. Esta técnica clássica que as vazões específicas são iguais em bacias com o mesmo comportamento hidrológico. A vazão específica pode ser determinada conforme a fórmula 3 (TIAGO FILHO et al., 2008, p. 84-85):

$$q = Q/A_d \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

q = vazão específica, em (m³/s.km²);

Q = vazão, em (m³/s);

A_d = área de drenagem, em (km²).

A vazão do local de interesse pode ser calculada pela fórmula 4 (TIAGO FILHO et al., 2008):

$$Q_1 = (A_{d1}/A_{ds}) * Q_s \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

Q_1 = vazão no local de interesse, em (m³/s);

A_{d1} = área de drenagem no local de interesse, em (km²);

A_{ds} = área de drenagem na estação semelhante, em (km²);

Q_s = vazão na estação semelhante, em (m³/s).

3.3.2 Estudos Energéticos

A potência disponível em um aproveitamento hidrelétrico é resultado da energia potencial da água, podendo ser expressa conforme a fórmula 5 (QUEIROZ, 2010):

$$P = \eta_t * \rho * Q * g * H \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

P = potência elétrica gerada, em (kW);

η_t = rendimento total do aproveitamento;

ρ = massa específica da água, em (kg/m³);

Q = vazão, em (m³/s);

g = aceleração da gravidade, em (m/s²);

H = queda líquida, em (m).

Uma CH, ao longo de um período analisado, poderá gerar uma energia elétrica inferior à sua capacidade, em decorrência de vazões no curso da água inferiores à máxima turbinada (QUEIROZ, 2010). Um índice amplamente utilizado no setor é o **fator de capacidade** (FC), o qual relaciona a energia de fato gerada pela hidrelétrica com a energia que seria gerada caso houvesse plena disponibilidade da vazão máxima turbinada. Indica a adequação entre a vazão de projeto da usina e as vazões efetivamente disponíveis, sendo calculado através da fórmula 6 (TIAGO FILHO, 2008):

$$FC = (P_m/P_i) * 100 \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

FC = fator de capacidade, em (%);

P_m = potência média gerada, em (kW);

P_i = potência instalada, em (kW);

Analisando este índice, percebe-se que um baixo fator de capacidade demonstra que foi determinada uma vazão de projeto muito grande, situação onde a CH opera com uma potência reduzida frequentemente. Com um custo dos equipamentos eletromecânicos muito alto, conseqüentemente o tempo de retorno do investimento será maior. Por outro lado, um alto fator de capacidade incorre em uma grande perda de energia, proporcional à vazão vertida durante o período úmido, indicando que uma pequena vazão de projeto (TIAGO FILHO et al. 2008).

A energia elétrica gerada pode ser estimada pela fórmula 7 (QUEIROZ, 2010):

$$E_{el} = P_i * t * (FC/100) \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

E_{el} = energia elétrica gerada, em (kWh);

P_i = potência instalada, em (kW);

t = tempo, em (h);

FC = fator de capacidade, em (%)

3.5. LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A hidroeletricidade, em meio a todas as fontes de energia atualmente exploradas, se destacada por ser extraída da água, um recurso renovável, não poluente, sem resíduos e que permite sua reutilização a jusante, para o mesmo fim, enquadrando-se nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável. Entretanto, ocorrem relatos onde sociedades viram suas bases de sustentação e valores socioculturais repentinamente abalados com a sua implantação, incorrendo, no lugar do desenvolvimento, mesmo com uma geração hidrelétrica sustentável, em um retrocesso insustentável (MÜLLER, 1995). Como aprendizado aos graves erros do passado, foi incorporada a variável ambiental no setor elétrico, principalmente nas etapas de projeto e execução de novos empreendimentos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Neste capítulo será discutida brevemente a legislação ambiental e o procedimento licenciatório, assim como descritos os principais impactos causados por uma central hidrelétrica.

3.5.1 Legislação Ambiental e o Rito Licenciatório

O início das discussões sobre os riscos de degradação do meio ambiente datam da década de 60, com a atenção da comunidade internacional com os limites do desenvolvimento do planeta, sendo os Estados Unidos o primeiro país a constatar a necessidade de intervenção do poder público sobre as questões ambientais. A partir das últimas décadas, a questão ambiental tornou-se uma preocupação global, com um crescimento expressivo do interesse mundial pelo futuro do planeta, passando a maioria das nações a tratar os problemas ambientais com prioridade, sempre na procura por imediatas soluções (BLUM, 2008).

A complexidade dos problemas ambientais deve ser tratada de forma global, considerando que a degradação ambiental é resultante de um processo social determinado pelo modo como a sociedade apropria-se e utiliza os recursos naturais. Portanto, exige-se mais do que medidas pontuais que busquem resolver problemas a partir de seus efeitos, não sendo possível resolver

estes problemas de forma isolada, ignorando ou desconhecendo suas causas (MARTINS, 2004).

No Brasil, as primeiras legislações ambientais datam de 1927, quando o Governo de São Paulo, influenciado pelas obras de escadas de peixes executadas em represas americanas para garantir a subida dos salmões, determinou o mesmo fim para as barragens paulistas. No âmbito federal, o Código de Águas de 1934 e o primeiro Código de Pesca de 1938, incluíram preceitos para proteger a migração produtiva dos peixes ao longo dos rios represados. Entretanto, apenas a partir da década de 70 observou-se o progressivo interesse pela sensibilidade ambiental em todo o Brasil, inclusive dentro do setor elétrico, precedendo e coincidindo com a Conferência de Estocolmo em 1972 e a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente da Presidência da República no ano seguinte (MÜLLER, 1995).

Em 1981, por meio da Lei n. 6.938, foi idealizada a Política Nacional de Meio Ambiente, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental. Esta Lei estabeleceu, como meio de prevenção e planejamento ambiental, a obrigatoriedade de uma avaliação de impactos ambientais e licenciamento ambiental para empreendimentos julgados efetiva e potencialmente poluidores, assim como capazes de gerar degradação ambiental (BRASIL, 2006).

Posteriormente, em 1986, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n. 001 regulamentou o processo de licenciamento ambiental, indicando as responsabilidades, critérios e diretrizes para o uso e execução da Avaliação de Impacto Ambiental, como um dos aparatos da Política Nacional do Meio Ambiente. Esta norma estabeleceu a necessidade da realização de um estudo de impacto ambiental (EIA) e seu concernente relatório de impacto ambiental (RIMA) para o licenciamento ambiental de qualquer usina de geração de energia primária com potência acima de 10 MW. Dispõe também sobre a necessidade da realização de audiências públicas, regulamentadas posteriormente através da Resolução Conama n. 009 de 1987, como primeira via de interação da sociedade sobre projetos públicos ou privados, com amplos debates sobre o empreendimento e seus respectivos danos impactos ambientais, possibilitadas por um RIMA com linguagem acessível ao público (BRASIL, 2006).

As normas gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte foram implantadas em 1987 por meio da Resolução Conama n. 006, garantindo desde a etapa de projeto até instalação e entrada em operação que estes projetos estarão regidos por uma série de estudos

e procedimentos, visando uma interação com a natureza menos impactante. Para tal, foram instituídas a Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), expedidas nas várias etapas de implantação dos empreendimentos (BRASIL, 2006).

A LP é a primeira e mais importante etapa, pois nela é comprovada a exequibilidade ambiental do empreendimento, restando às demais fases pormenorizarem o que foi definido no licenciamento prévio. A sua solicitação deverá acontecer deverá ocorrer na fase inicial de projeto. Emitida com base no EIA/RIMA, aprova sua localização e arranjo, além de conter requisitos, recomendações, orientações e limitações que deverão serem seguidas nas demais etapas (BRASIL, 2006). Nesta fase se enfrentam as maiores dificuldades relacionadas ao licenciamento ambiental, conseqüentes da falta de planejamento governamental e entendimento sobre qual esfera tem competência para delegar sobre o licenciamento, além no atraso da emissão dos termos de referência para elaboração do estudo, entre outros (BANCO MUNDIAL).

A LI autoriza habilita o início da construção, conforme as especificações dos projetos aprovados. Acrescenta medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Por sua vez, a LO aprova a operação do empreendimento, após comprovação de que foram seguidas todas as orientações das licenças anteriores (BRASIL, 2006).

Com o advento da Constituição Federal de 1988, tornou-se garantia constitucional a proteção ao meio ambiente, cabendo não apenas ao Estado, mas também a todos os cidadãos sua proteção e preservação (BLUM, 2008). Conforme artigo 225, a Constituição define (BRASIL, 1988):

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1.º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I. preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II. preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III. definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV. exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V. controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI. promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII. proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

Em 1997, a Resolução Conama n. 237 atualizou a legislação sobre licenciamento ambiental, relacionando os empreendimentos que estão sujeitos ao licenciamento ambiental e, principalmente, definindo que estes devem ser licenciados em um único nível de competência (BRASIL, 2006, p. 35). São de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) as atividades e empreendimentos (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1997):

I - localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.

II - localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;

III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;

Devem ser consideradas também, durante a elaboração de estudos e projetos, as demais legislações ambientais, nos níveis federal, estadual e municipal, no que tange o licenciamento ambiental assim como para os diversos temas discutidos nos estudos ambientais.

3.5.2 Principais Impactos Ambientais

Blum (2008, p. 27) define impacto ambiental como: “[...] uma modificação brusca causada ao meio ambiente. É uma intervenção humana no meio ambiente, podendo ser positiva (devendo ser estimulada) ou negativa (devendo ser evitada).”.

Alternativamente às concepções citadas anteriormente, para a consecução deste trabalho, as CH serão segmentadas em dois grupos, ou seja, alternativas com a construção de barragem e

sem barramento. Neste contexto, serão analisados os impactos gerados devido à formação do reservatório, ao trecho de vazão reduzida e ao desvio do rio. Isto porque, das três perspectivas, apenas a terceira não sofre influência direta de uma barragem.

3.5.3.1 Formação do reservatório

A implantação de barragens para geração de energia elétrica induz, como principais impactos ambientais consequência à formação do reservatório, a mudança do ambiente do rio, do regime lótico para o lântico assim como a inundação de grandes áreas florestais (SILVA, 2007). Parte dos processos químicos e biológicos, que anteriormente ocorria ao longo do rio, passa agora a ocorrer nos reservatórios. A qualidade da água é afetada diretamente pois, por um lado, estes processos podem alterar a situação de capacidade de diluição, por outro o desenvolvimento de plantas e animais tipicamente lacustres é favorecida, ficando em contato temporário com a fauna e flora características de rios, gerando um período de instabilidade do sistema (NOGUEIRA⁵, 1991 apud SILVA 2007).

Com a diminuição da velocidade de escoamento e, por consequência, de sua turbulência, a capacidade de reoxigenação das águas é afetada, tendo em vista que o coeficiente de reaeração é diretamente proporcional à turbulência. Outro fator a ser considerado, facilitado pela formação de reservatórios, é a proliferação de algas, que, caso ocorra de forma muito intensa, pode levar à eutrofização (SILVA, 2007). As alterações hidrológicas provocadas pelo barramento podem também ter efeito sobre o nível do lençol freático, intensidade do assoreamento e temperatura da água. O clima também é diretamente afetado, principalmente sobre a umidade do ar, além dos efeitos sobre a paisagem (BRANCO; ROCHA⁶, 1977 apud SILVA, 2007). A formação de microclimas favorece algumas espécies e prejudica outras, podendo até levar à extinção. Dentre as espécies nocivas à saúde humana, ressalta-se a proliferação de parasitas e transmissores de doenças endêmicas, como exemplo a malária e esquistossomose (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002).

No âmbito social, vale ressaltar o fato de, na fase de construção do empreendimento, ser gerado um fluxo de mão de obra intenso, esgotando a infraestrutura preexistente no local e a

⁵ NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: PORTO, R. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da USP, 1991. v. 3. Coleção ABRH de Recursos Hídricos.

⁶ BRANCO, S. M., ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

necessidade de relocação da população que habita a área a ser alagada (LA ROVERE⁷, 1990 apud SILVA, 2007, p. 12). Após a conclusão das obras, é constatado o agravamento de doenças sexualmente transmissíveis, aumento da violência e acidentes (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002).

3.5.3.2 Trecho de vazão reduzida

Para os casos em que o aproveitamento hidrelétrico apresenta arranjo com a casa de força a jusante e muito distante do barramento, aproveitando o desnível topográfico entre os dois e ganhando maior potência energética devido ao ganho de queda d'água, são gerados trechos de vazão reduzida, ilustrado na figura 25. São assim denominados pois a água, que antes passava pela calha natural do rio, é desviada por um túnel ou canal de adução, só retornando ao curso da água após a casa de força (MORTARI⁸, 1997 apud SILVA 2007). O trecho a jusante da barragem passa, portanto, a apresentar uma vazão menor do que a natural, sendo apenas restituída após passar pela casa de força onde então o rio retorna à sua vazão natural (SILVA, 2007).

A redução de fluxo da água no trecho de rio que se caracteriza por TVR pode causar diversos impactos nos usos e qualidade da água, tais como (ENGEVIX⁹, 2002 apud SILVA, 2007, p. 14):

[...] deterioração da paisagem, expondo o leito do rio e secando corredeiras; mortandade de peixes, por estagnação de água em poças, baixa oxigenação e isolamento de trechos; possibilidade de desenvolvimento de condições anaeróbias, pela diminuição da capacidade de autodepuração das águas; possibilidade de rebaixamento do lençol freático e da franja capilar da zona de umidade do solo, afetando os componentes da mata ciliar; interrupção de atividades econômicas de uso consuntivo das águas, como a irrigação de culturas e as captações para abastecimento público e industrial.

Segundo Silva (2007), apesar de existirem definições sobre vazões remanescentes e vazões ecológicas, a complexidade não permite definições quanto à quantificação das mesmas. A

⁷ LA ROVERE, E. L. Energia e Meio Ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). **Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Brasília: IPEA, 1990.

⁸ MORTARI, D. Uma abordagem geral sobre a vazão remanescente, em trechos “curtocircuitados” de usinas hidrelétricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. Não paginado.

⁹ ENGEVIX. **Programa de Garantia das Condições Hidrológicas e Ambientais no Trecho de Vazão Reduzida**: plano de controle ambiental [UHE Capim Branco I]. [S.l.], 2002.

Agência Nacional das Águas (ANA) indica que a vazão ecológica é condicionada aos os requisitos de cada trecho do rio, sejam ambientais ou de natureza operacional. Os aspectos físicos, químicos e biológicos da água devem ser protegidos por esta vazão remanescente, assegurando a manutenção e a conservação dos aspectos paisagísticos, dos ecossistemas aquáticos ou outros interesses científico ou cultural (SANTOS et al.¹⁰, 2003 apud SILVA 2007).

Figura 25 – PCH Autódromo: trecho de vazão reduzida



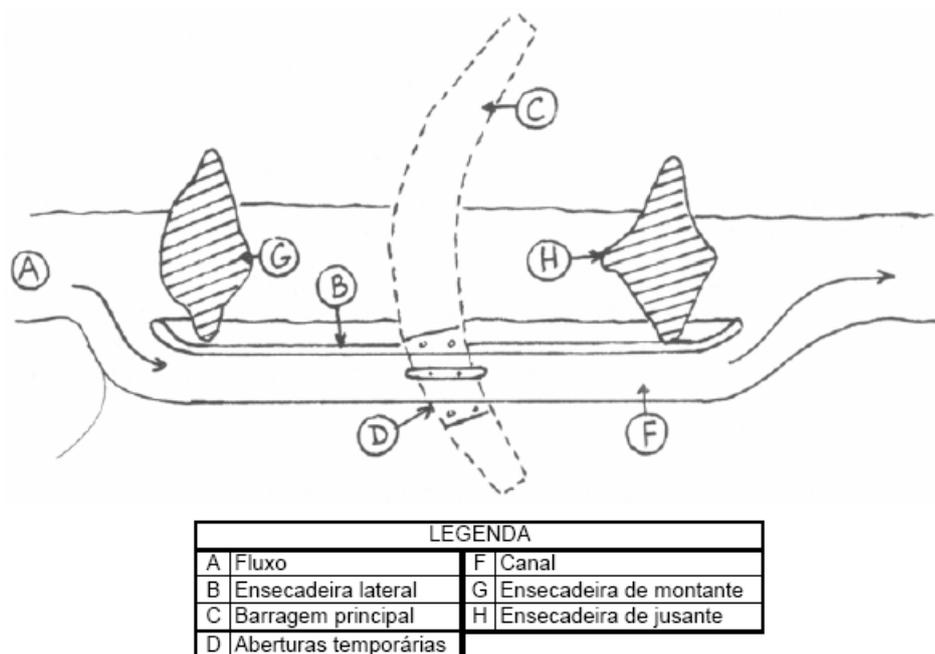
(fonte: adaptado de GOOGLE, 2012a)

3.5.3.3 Desvio do rio

Em localidades com vales abertos, de topografia suave, são amplamente implantados canais como solução para o desvio do rio, de acordo com a figura 26. Estes se tornam ainda mais interessantes quando o material das ombreiras é resistente à erosão (ROCHA, 2006).

¹⁰ SANTOS, A. H. M., RIBEIRO Jr, L. U., GARCIA, M. A. R. A., SEVERI, M. A. Vazão Remanescente no Trecho de Vazão Reduzida de Pequenas Centrais Hidrelétricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. Não paginado

Figura 26 – Esquema típico de desvio por canal lateral



(fonte: ROCHA, 2006, p. 113)

Os principais impactos ambientais de um aproveitamento hidrelétrico estão ligados à construção e operação das estruturas permanentes (barragem, vertedor, turbinas), não dependendo das obras de desvio do rio. Todavia, durante a implantação e operação das estruturas de desvio de rio, são gerados também impactos ambientais, de menor intensidade, mas com importância e duração que devem ser levados em conta, em alguns casos irreversíveis (ROCHA, 2006).

A erosão e a qualidade da água são os principais e mais comuns impactos que podem ocorrer no meio físico em virtude das obras de desvio de rio. Contudo, cada caso pode apresentar impactos diferentes em relação à topografia, hidrologia, geologia, morfologia e outros impactos físicos (ROCHA, 2006).

Ainda segundo Rocha (2006), o meio biótico é diretamente afetado pelos efeitos causados no meio físico, ao passo que se apoia nele para sobreviver. Fauna, flora, aquática e terrestre, podem sofrer consequências devido à mudança na qualidade da água. O meio sócio-econômico também pode sofrer impactos devido às obras de desvio, principalmente com relação à navegação no rio, às comunidades ribeirinhas, ao risco de falhas nas estruturas de desvio e ao patrimônio histórico, cultural e paisagístico.

3.6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Com a privatização do setor, a viabilidade de uma hidrelétrica passa naturalmente por uma análise econômica do empreendimento, tendo a certeza que o investidor terá seu dinheiro devidamente remunerado. Assim, a seguir são descritos os principais custos de uma central hidrelétrica, como é realizada a venda da energia elétrica e o cálculo do custo desta energia.

3.6.1 Custos de uma Central Hidrelétrica

Para o sucesso de uma avaliação econômico-financeira de uma CH deve-se, primeiramente, realizar uma estimativa de custos, com uma correta abrangência e alocação de gastos. A seguir são descritos e quantificados os principais itens para uma hidrelétrica padrão, representando uma média de todas as PCH que estariam aptas a participar do leilão de venda de energia, com LP emitida e projeto básico já aprovado pela Aneel. Nota-se que alguns componentes de custo não dependem da potência instalada, representando um empecilho para viabilizar hidrelétricas de capacidade energética reduzida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

3.6.1.1 Estudos e projetos

Abrange todos os estudos complementares e projetos básico e executivo realizados na etapa pré-operacional, de forma a obter a autorização da Aneel para execução do empreendimento. Estima-se um valor de R\$ 3 milhões, independente da capacidade instalada da usina (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

3.6.1.2 Acessos e canteiros

São benfeitorias e obras iniciais para qualquer CH, pois destas dependem para ser realizada a mobilização para o local da hidrelétrica. Como referência, estima-se um custo de R\$ 2 milhões, independente do porte da usina, tendo casos de usina com baixa capacidade instalada e um alto investimento em acessos e canteiros, assim como hidrelétricas de 30 MW com este valor menor. Varia com a localização do empreendimento, topografia, existência e distância de estradas próximas ao empreendimento, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

3.6.1.3 Construção civil

A construção civil de hidrelétrica compreende uma das principais componente de custo no orçamento, tendo seu valor dependendo da altura, largura e comprimento da barragem, volume e valor do concreto, comprimento do túnel ou canal de adução, entre outros. A seguir é apresentado na tabela 4 as dimensões e custos das principais estruturas civis, considerando uma PCH padrão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

Tabela 4 – Custos médios da construção civil de uma PCH padrão

Construção Civil	Quantidade	Unidade
Altura da Barragem	20	m
Largura da Barragem	12	m
Área Seção da Barragem	120	m ²
Comprimento da Barragem	250	m
Volume Concreto Barragem	74.000	m ³
Custo Concreto	300	R\$/m ³
Custo Barragem	R\$ 22.200,00	R\$ x mil
Comprimento Túnel	300	m
Custo Túnel	5.000	R\$ mil / m
Custo Total Túnel	R\$ 1.500,00	R\$ x mil
Outros¹¹	R\$ 12.800,00	R\$ x mil
Total Geral	R\$ 36.500,00	R\$ x mil

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011, p. 13)

3.6.1.4 Equipamentos Eletromecânicos

Abrange os equipamentos relacionados à casa de força e barragem, essenciais à geração de energia, como turbinas, geradores, controladores, válvulas, comportas, grades, sistemas

¹¹ Outros: desvio do rio (ensecadeiras, adufas/túnel), casa de máquinas, chaminé de equilíbrio, canal de descarga, por exemplo.

auxiliares, controles e medições. O valor médio está na ordem de R\$ 2 milhões por MW (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

3.6.1.5 Meio Ambiente

O meio ambiente é um dos itens que mais cresceu recentemente, sendo de difícil aferição, visto imprevisibilidade relacionada às condicionantes obrigatórias para obtenção das licenças. Considera-se um valor médio de R\$ 5 milhões para esta componente, englobando os programas ambientais e estudos visando o licenciamento ambiental (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA, 2011).

3.6.2 Venda de Energia Elétrica

Como informado anteriormente, foram instituídos juntamente com o Novo Modelo do Setor Elétrico dois ambientes de contratação de energia, o ACR, com contratação regulada e o ACL, para o mercado livre. Segundo Brasil (2006), num esforço de viabilizar a comercialização da energia elétrica, através da mesma lei de criação deste novo modelo, foi concebida a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), pessoa jurídica sem fins lucrativos, regulada e fiscalizada pela Aneel.

No ambiente regulado, as distribuidoras compram, por meio de leilões, grande volume de energia por um longo período, viabilizando os projetos das geradoras. Os leilões mais usuais para energia nova são o A-3 e A-5, com prazo para início de fornecimento, respectivamente, de três e cinco anos. O MME estabelece a data do leilão, sendo realizado pela Aneel e CCEE e preço teto do MWh é fixado previamente, por meio de portaria, de acordo com a fonte de energia. Participam do A-3 e A-5 usinas em processo de leilão das concessões e empreendimentos que já foram outorgadas pela Aneel, encontrando-se em etapa de planejamento ou construção (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Esporadicamente o MME disponibiliza para licitação projetos devidamente estudados e aprovados pela EPE, sendo julgados como os melhores econômico e sócio e ambientalmente. Qualquer empreendedor pode indicar novos projetos para licitação, desde que tenham sido habilitados pela EPE. Ao vencedor, será outorgada uma concessão ou autorização juntamente com a Licença Prévia (LP) ambiental do empreendimento (BRASIL, 2006).

Já no mercado livre, vendedores e compradores acertam entre si as condições dos contratos bilaterais, como preço, prazo e condições de entrega. A parte compradora deverá ter demanda mínima de 0,5 MW para uso próprio, sendo os vendedores enquadrados como produtores independentes de energia (PIE) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Como compradores e vendedores se baseiam em projeções consumo e produção, e nas duas pontas pode ocorrer variação entre o contratado e o volume realmente movimentado, são realizadas operações de curto prazo no mercado *spot*, com o intuito de que, a cada mês, as partes zerem suas posições através da compra ou venda de energia elétrica. A CCEE, além da incumbência da sua liquidação financeira, regula as operações deste mercado, onde seus preços variam por região, de acordo com a disponibilidade de energia (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

3.6.3 Índice Custo Benefício

Amplamente aplicado no setor hidrelétrico, é um método clássico de seleção de um aproveitamento hidrelétrico (DUARTE, 2009). O índice custo benefício energético é obtido pela razão de seu custo total anual e seu respectivo benefício energético, conforme fórmula 9 (NAHAS, 2010):

$$ICB = IA/BE \quad (\text{fórmula 9})$$

Onde:

ICB = índice custo-benefício (R\$/MWh);

IA = investimento anual, em (R\$);

BE = benefício energético anual, em (MWh).

O benefício energético anual pode ser determinado segundo a fórmula 10 (DUARTE, 2009):

$$BE = 24 * 365 * FC * P \quad (\text{fórmula 10})$$

Onde:

BE = benefício energético anual, em (MWh);

FC = fator de capacidade, em (%), que relaciona a potência média e a capacidade máxima instalada;

P = potência instalada, em (MW).

O investimento anual, por sua vez, é obtido pela fórmula 11 (DUARTE, 2009):

$$IA = FRC * I \quad \text{(fórmula 11)}$$

Onde:

IA = investimento anual, em (R\$);

FRC = fator de recuperação de capital, em (%);

I = investimento, em (R\$).

Por fim, o fator de recuperação de capital é determinado pela fórmula 12 (NAHAS, 2010).

$$FRC = j * (1 + j)^z / [(1 + j)^z - 1] \quad \text{(fórmula 11)}$$

Onde:

FRC = fator de recuperação de capital, em (%);

j = taxa anual de desconto (%);

i = vida útil da usina.

4 CASO ESTUDADO: PCH SACRE 2

Durante toda a etapa de pesquisa executada para a consecução deste trabalho, foram identificadas no Brasil poucas centrais hidrelétricas de derivação existentes, sendo a PCH Sacre 2 escolhida para análise neste trabalho por não apresentar reservatório e possuir informações disponíveis. Nos itens subsequentes foi estudada esta usina, descrevendo sua localização e arranjos, bem como seus estudos hidrológicos/energéticos. Após, foi proposta à ela duas alternativas considerando o represamento por meio da construção de uma barragem de 20 metros de altura, analisando a energia gerada, área alagada e custos de geração. Por fim, realizada uma comparação entre os dois tipos de arranjos.

Todas as informações com autoria não indicada diretamente nos itens a seguir, utilizadas na elaboração do estudo da PCH Sacre 2, foram obtidas através de análise do documento elaborado pela Brasil Central Engenharia Ltda. (2002), o qual consiste nos estudos de inventário hidrelétrico simplificado de um trecho do Rio Sacre, entre a barra do Rio Verde e a sua foz no Rio Papagaio. Este relatório, que elaborou a partição de queda do rio supracitado, garantindo a melhor exploração do potencial energético sob a ótica econômica e ambiental, está disponível na Agência Nacional de Energia Elétrica.

4.1 LOCALIZAÇÃO E ARRANJO

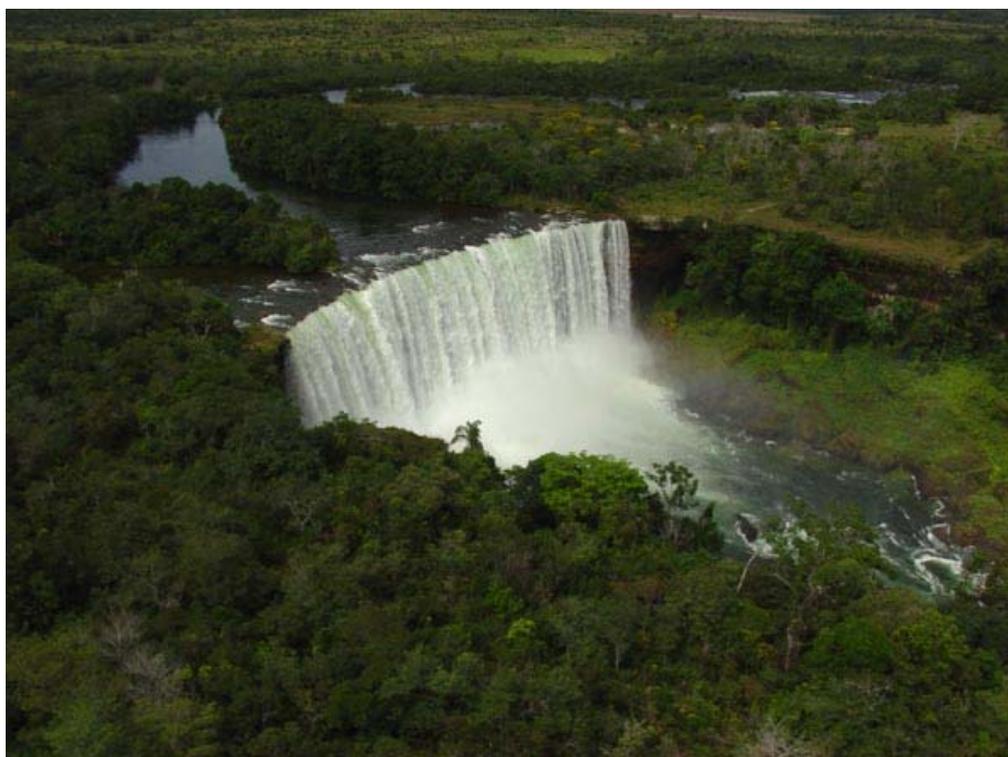
A PCH Sacre 2 está localizada no Rio Sacre, tributário do Rio Juruena, sub-bacia 17, bacia hidrográfica do Rio Amazonas, na cidade de Campo Novo do Parecis, Estado do Mato Grosso. O trecho do rio estudado apresenta as peculiaridades de ter em sua margem esquerda uma reserva indígena e possuir uma cachoeira de grande beleza cênica, ilustrada na figura 27, denominada de Salto Belo.

Vale salientar a dificuldade de se viabilizar hidrelétricas com áreas de influência em terras indígenas, pois estas são protegidas por lei, conforme define a Constituição de 1988 em seu artigo 231 (BRASIL, 1988):

§ 3º - O aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivados com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei.

Como solução para aproveitar o potencial hidrelétrico do rio sem afetar a reserva indígena, considerou-se no seu arranjo uma derivação pela margem direita, aproveitando a queda natural existente para gerar energia, restituindo as águas à jusante do Salto Belo, conforme figura 28. No anexo B é apresentado o planta de arranjo geral, nos anexos C e D a planta e perfil, respectivamente, da caixa de carga, conduto forçado e casa de máquinas, e no anexo E a seção típica do canal adutor, este ilustrado durante sua contração pela figura 29. Contudo, por tratar-se de uma queda com grande valor cênico e importância turística para a região, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMA), órgão ambiental local, delimitou que a máxima vazão que poderia ser turbinada equivale à metade da vazão média de longo termo, restringindo também a turbinar metade de sua vazão instantânea. O orçamento padrão eletrobrás (OPE) da PCH Sacre 2, elaborado em dezembro de 2001, que prevê um investimento de R\$ 65.789.000,00 é apresentado no anexo F.

Figura 27 – Salto Belo, Rio Sacre



(fonte: CAMPO NOVO DO PARECIS, 2012a)

Figura 28 – PCH Sacre 2: arranjo



(fonte: adaptado de GOOGLE, 2012b)

Figura 29 – PCH Sacre 2: canal de adução



(fonte: CAMPO NOVO DO PARECIS, 2012b)

4.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O Rio Sacre é afluente pela margem direita do Rio Papagaio, o qual é pertencente da bacia do Rio Juruena e por sua vez, em conjunto com o Rio Teles Pires, formam a Sub-Bacia do Rio Tapajós (n. 17), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (n. 1). Sua nascente é localizada nas proximidades da Chapada dos Parecis, à aproximadamente 700 metros de altura. Até sua foz, no Rio Papagaio, percorre cerca de 280 km seguindo a direção Sudeste-Noroeste, com um desnível total de 388 metros e uma área de drenagem de 6.672 km², até sua foz no Rio Papagaio, enquanto a área de drenagem a montante do Salto Belo é de 6.396 km².

Como não existem estações fluviométricas no Rio Sacre com dados consistidos o suficiente para a obtenção da série de vazões mensais no período de 1930-2000, utilizou-se o modelo SMAP de transformação chuva-vazão. O SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica que utiliza como dados básicos a série mensal de chuva e as médias mensais multianuais de evaporação potencial, necessitando de dois a nove anos de dados de vazão média mensal para sua calibração.

Para aplicação da metodologia, foi selecionada a estação fluviométrica Fazenda Satélite (n. 17092350), distante aproximadamente 6 quilômetros a montante da PCH Sacre 2. Esta apresenta características físicas – geologia, solo e vegetação – semelhante ao local estudado e possui uma área de drenagem de 6.118 km², apenas 4,4% inferior à área de drenagem da hidrelétrica, sendo, portanto, adequada para definir os parâmetros a serem adotados na geração do modelo.

Para calibração do modelo foram analisadas as vazões médias mensais da estação Fazenda Grande e as correspondentes chuvas totais mensais das estações pluviométricas Bacaval (n. 01358001), Tapirapuã (n. 013457000) e Deciolândia (n. 013457003), no período de outubro de 1994 à setembro de 1999. Em seguida, os parâmetros obtidos foram validados, no período de outubro de 1988 à setembro de 1990.

Como resultado da aplicação deste modelo, foi gerada a série de vazões médias mensais para a PCH Sacre 2, compreendendo o período de outubro de 1930 à setembro de 2000, correspondente a 70 anos de dados hidrológicos, apresentada no apêndice A. Na tabela 5 estão demonstradas as vazões mínimas, médias e máximas mensais, na tabela 6 as permanências

das vazões e na figura 30 representado o fluviograma relativo ao comportamento do rio neste período.

Tabela 5 – Rio Sacre, Salto Belo: série histórica (m³/s)
– vazões mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	100	107	115	105	102	102	100	102	98,2	99,7	96,7	109
Médio	169,70	176,90	186,93	169,17	161,61	156,90	155,97	153,26	151,23	153,19	155,20	162,04
Máximo	257	279	292	248	232	217	215	211	208	213	221	238

(fonte: elaborado pelo autor)

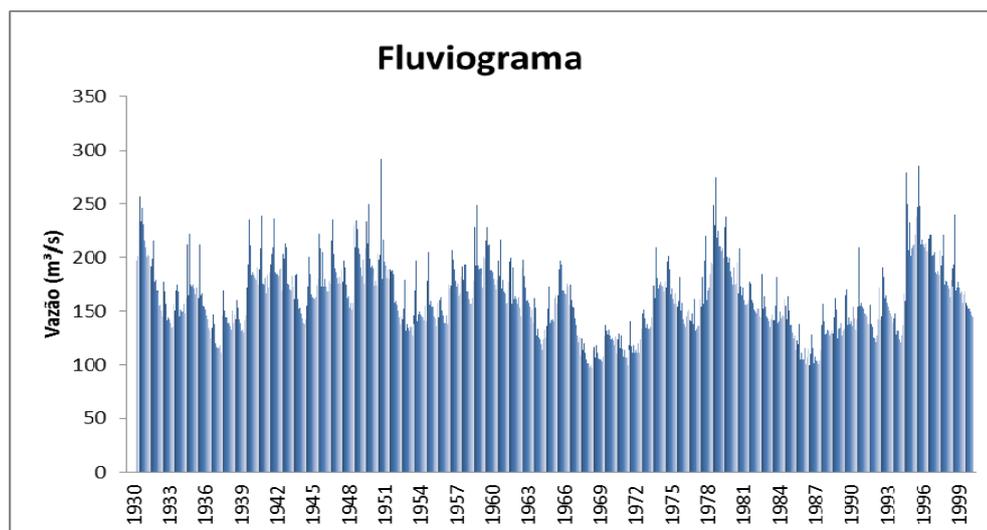
Tabela 6 – Rio Sacre, Salto Belo: permanência das vazões

Permanência	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Vazão (m³/s)	292,0	218,1	206,1	197,0	190,0	183,3	177,0
Permanência	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%
Vazão (m³/s)	173,4	169,0	165,0	160,0	156,0	151,0	147,0
Permanência	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Vazão (m³/s)	143,0	139,0	135,0	130,8	123,0	111,0	96,7

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir da análise desta série gerada, foi possível determinar que a Q_{mlt} equivale a 162,68 m³/s, permitindo, conseqüentemente, turbinar no máximo 81,34 m³/s para gerar energia. Com base neste dado, foi elaborada a série de vazões turbinadas e ecológicas – sendo vertida no Salto Belo –, apresentadas, respectivamente, nos apêndices B e C. As tabelas 7 e 8 introduzem as vazões mínimas, médias e máximas mensais turbinadas e ecológicas, respectivamente.

Figura 30 – Rio Sacre, Salto Belo: série histórica – fluviograma



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 7 – PCH Sacre 2: vazões turbinadas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	50,0	53,5	57,5	52,5	51,0	51,0	50,0	51,0	49,1	49,9	48,4	54,5
Médio	76,1	77,2	78,2	76,1	74,8	74,0	73,8	73,0	72,6	73,0	73,5	74,9
Máximo	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3

(fonte: elaborado pelo autor)

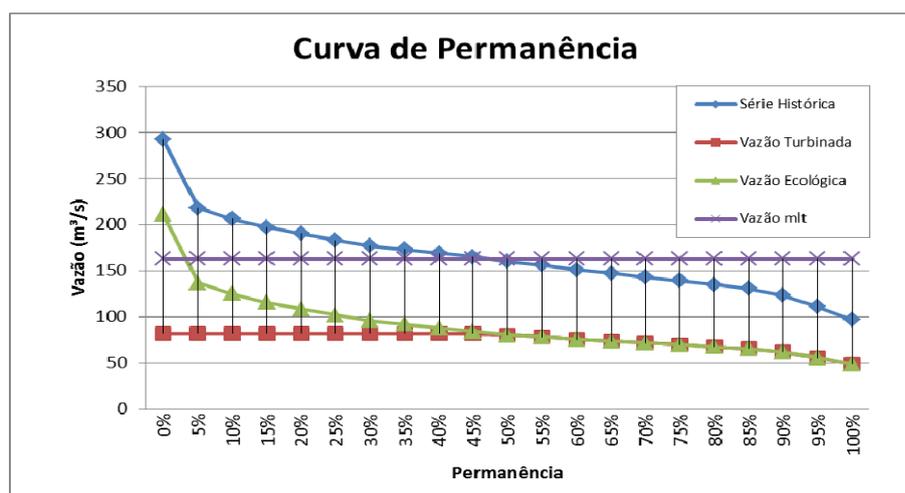
Tabela 8 – PCH Sacre 2: vazões ecológicas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	50,0	53,5	57,5	52,5	51,0	51,0	50,0	51,0	49,1	49,9	48,4	54,5
Médio	93,6	99,7	108,8	93,0	86,8	82,9	82,2	80,2	78,6	80,2	81,7	87,2
Máximo	175,7	197,7	210,7	166,7	150,7	135,7	133,7	129,7	126,7	131,7	139,7	156,7

(fonte: elaborado pelo autor)

A consolidação destes dados é ilustrada na figura 31, que apresenta a curva de permanência do período histórico, da vazão turbinada e da vazão ecológica, indicando também a vazão média de longo termo.

Figura 31 – PCH Sacre 2: curva de permanência



(fonte: elaborado pelo autor, 2012)

4.3 ESTUDOS ENERGÉTICOS

Na realização dos estudos energéticos deste trabalho consideraram-se quase todos os dados fornecidos nos estudos de inventário. O nível de montante na cota 382,50 metros, de jusante em 337 metros e uma perda de carga de 3 metros, resultaram em uma queda líquida de 42,50 metros. O aproveitamento apresenta um rendimento estimado para as duas turbinas Francis de 91% e para os geradores de 95%, chegando a uma energia máxima gerada de 29,27 MW. Mesmo sabendo que a potência prevista em inventário é de apenas 29 MW, optou-se por simular os **30 MW instalados** com a qual a PCH Sacre 2 opera atualmente. A partir desta decisão, foi gerado um histórico da energia gerada para o caso em que a hidrelétrica estivesse em operação nos 70 anos de dados hidrológicos, disponível no apêndice D, com seu respectivo resumo das energias mínimas, médias e máximas mensais apresentado na tabela 9, representando uma **energia média de 26,92 MW** e um **fator de capacidade (FC) de 89,74%**, altíssimo para o setor.

Tabela 9 – PCH Sacre 2: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	18,0	19,3	20,7	18,9	18,4	18,4	18,0	18,4	17,7	17,9	17,4	19,6
Médio	27,4	27,8	28,1	27,4	26,9	26,7	26,6	26,3	26,2	26,3	26,5	27,0
Máximo	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3

(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando o histórico da energia gerada concluiu-se que foi acertada a opção de motorizar CH com 30 MW, pois dos 840 meses considerados nos 70 anos hidrológicos, em 392 meses, ou seja, 46,67% do tempo, esta hidrelétrica operaria com o máximo de sua capacidade, conforme demonstrado na tabela 10. Importante ressaltar o fato de que a restrição imposta pela FEMA foi o item determinante da capacidade instalado da usina, visto que, mesmo implantando uma motorização maior, não representaria ganho ao sistema, pois a máxima energia gerada, atrelada à máxima vazão turbinada, não aumentaria.

Tabela 10 – PCH Sacre 2: número de meses operando com a máxima potência

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
N. meses	36	43	47	39	32	29	30	26	25	25	29	31	392

(fonte: elaborado pelo autor)

4.4 PROPOSTAS ALTERNATIVAS COM BARRAMENTO

Na elaboração de uma proposta alternativa para aproveitamento do potencial hidrelétrico deste trecho do Rio Sacre considerou-se a construção de uma barragem a aproximadamente 50 metros a montante do Salto Belo, garantindo a elevação da cota de montante em 20 metros. Para um maior ganho energético, a casa de máquinas foi considerada no mesmo local da utilizada na PCH Sacre 2, resultando em uma queda bruta de 65,50 metros e gerando um TVR de 1.500 metros. Esta solução é de difícil exequibilidade, lembrando que para se aproveitar o potencial energético em terras indígenas é obrigatória, em forma de lei, uma aprovação do Congresso Nacional.

4.4.1 Estudos Hidroenergéticos

Alterando apenas a cota de montante e considerando a mesma perda de carga, a simulação energética para esta alternativa foi realizada estimando uma queda líquida de 62,5 metros. Nesta **primeira alternativa** foi inicialmente considerada também a mesma limitação outorgada pela FEMA referente às vazões máximas turbinadas permitidas para este aproveitamento energético, implicando em uma curva de permanência idêntica à ilustrada na figura 31. Sendo assim, sabendo que nesta situação a máxima energia gerada é de 43,06 MW, foi simulada a planilha de energia para esta primeira alternativa capacitando este aproveitamento hidrelétrico em **44 MW de potência instalada**, apresentada no apêndice E, com o resumo de mínimas, médias e máximas apresentados na tabela 11, resultando em uma **energia média de 39,59 MW** e um **FC de 89,98%**.

Tabela 11 – Rio Sacre, alternativa 1: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	26,5	28,3	30,4	27,8	27,0	27,0	26,5	27,0	26,0	26,4	25,6	28,9
Médio	40,3	40,9	41,4	40,3	39,6	39,2	39,1	38,7	38,5	38,7	38,9	39,6
Máximo	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1

(fonte: elaborado pelo autor)

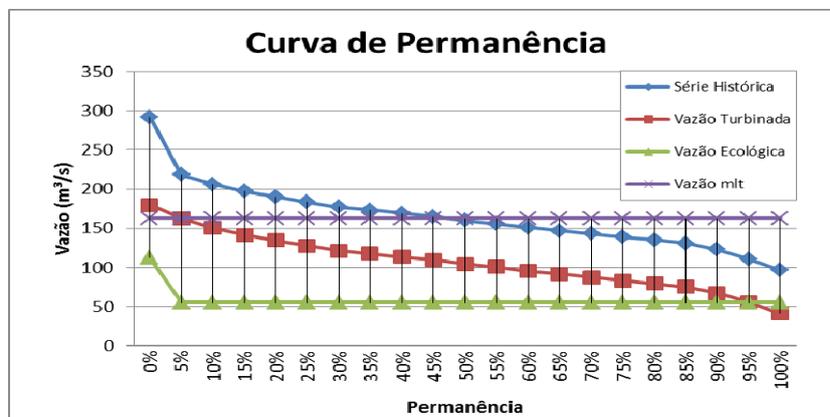
Posteriormente, para este caso hipotético foi realizada a simulação energética para uma **segunda alternativa**, deixando de lado, além da questão indígena, também a restrição da FEMA, sendo fixada uma **vazão ecológica de 55,50 m³/s**, equivalente a 50% da Q₉₅. Assim, o aproveitamento hidrelétrico foi dimensionado para **95 MW de potência instalados**, resultando em uma **energia média de 56,54 MW** com um **FC de 59,51%**. As séries de vazões turbinada e energia gerada são apresentadas, respectivamente, nos apêndices F e G. Na tabela 12 são demonstradas as mínimas, médias e máximas energias geradas e, na figura 32, a curva de permanência. Nesta situação a potência máxima instalada foi atingida em apenas vinte vezes, sendo uma três no mês de janeiro, duas em fevereiro, onze em março, três em abril e uma em dezembro.

Tabela 12 – Rio Sacre, alternativa 2: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	23,6	27,3	31,5	26,2	24,6	24,6	23,6	24,6	22,6	23,4	21,8	28,3
Médio	60,1	63,9	68,0	60,0	56,2	53,7	53,2	51,8	50,7	51,7	52,8	56,4
Máximo	95,0	95,0	95,0	95,0	93,5	85,5	84,5	82,3	80,7	83,4	87,6	95,0

(fonte: elaborado pelo autor)

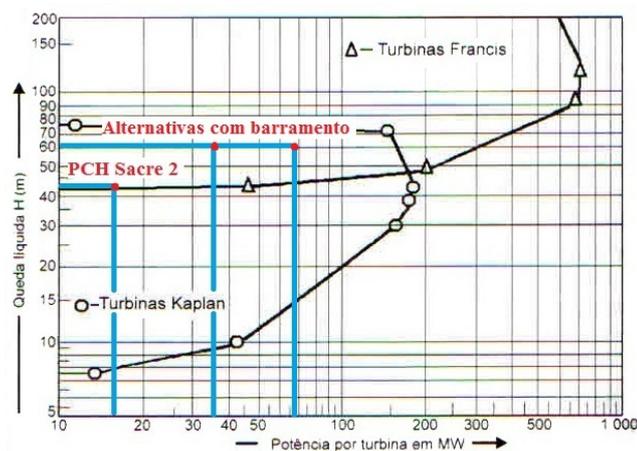
Figura 32 – Rio Sacre, alternativa 2: curva de permanência



(fonte: elaborado pelo autor)

Para estas duas situações, considerando também duas turbinas para a CH, indica-se o uso da turbina Francis assim como de turbina Kaplan, conforme ilustrado na figura 33.

Figura 33 – Rio Sacre, alternativas com barramento: seleção de turbina

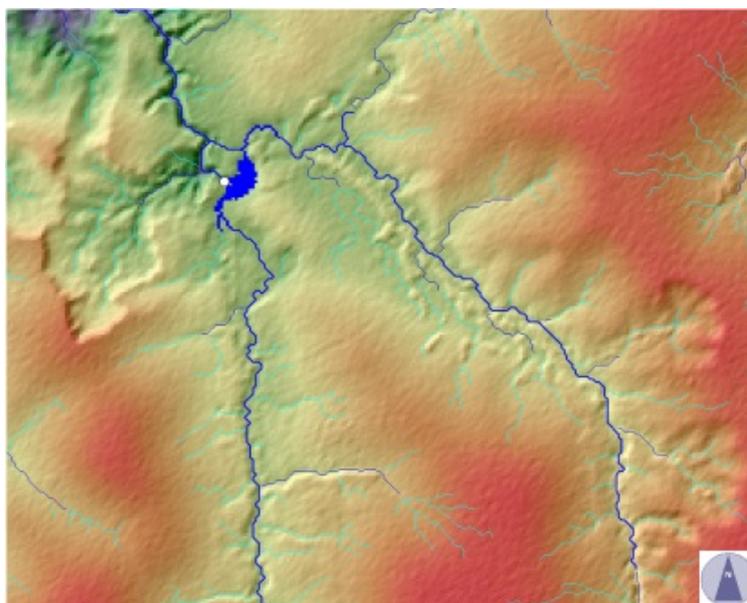


(fonte: adaptado de SOUZA et al., 2009, p. 348)

4.4.2 Área alagada

Para realização da simulação da área alagada pela barragem de 20 metros de altura foi executada a altimetria da região baseada no *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, com *pixel* de 100 metros. O reservatório gerado pelo barramento de aproximadamente 250 metros, na cota 402,50 metros, compreende a 125,16 ha, sendo ilustrado na figura 34 (RISSO, 2012).

Figura 34 – Rio Sacre, alternativa com barramento: área alagada



(fonte: RISSO, 2012)

4.4.3 Custo de Geração

As alternativas propostas neste trabalho compreendem basicamente as estruturas já existentes na PCH Sacre 2, acrescentando um barramento com 20 metros de altura e aproximadamente 250 metros de comprimento. Para avaliar o custo de geração de todas as alternativas – incluindo da hidrelétrica estudada, pois seu valor está desatualizado –, foi primeiramente corrigido o custo de implantação da PCH Sacre 2, por meio do seu OPE, ao valor presente – novembro de 2012 –, conforme demonstrado na tabela 13, por meio índice nacional da construção civil (INCC), que teve uma variação de 144,43% no período. Percebe-se que o valor dos equipamentos eletromecânicos ficou R\$ 2.393.014,68/MW, muito próximo do estimado pela Associação Brasileira dos Geradores de Energia Limpa.

Tabela 13 – Atualização do OPE da PCH Sacre 2

Itens	Valor orçado (dez./2001)	Valor atualizado (nov./2012)
Terrenos, realocações e meio ambiente	R\$ 1.991.000,00	R\$ 4.866.692,78
Acessos e canteiros	R\$ 4.447.000,00	R\$ 10.870.006,43
Estruturas e benfeitorias	R\$ 4.087.000,00	R\$ 9.990.041,88
Estradas de rodagem, de ferro e pontes	R\$ 360.000,00	R\$ 879.964,54
Barragens e adutoras	R\$ 17.054.000,00	R\$ 41.685.875,78
Equipamentos eletromecânicos	R\$ 29.370.000,00	R\$ 71.790.440,46
Turbinas e geradores	R\$ 23.540.000,00	R\$ 57.539.903,59
Equipamento elétrico	R\$ 4.950.000,00	R\$ 12.099.512,44
Diversos equipamentos da usina	R\$ 880.000,00	R\$ 2.151.024,43
Custos indiretos	R\$ 6.270.000,00	R\$ 15.326.049,09
Juros durante a construção	R\$ 6.654.000,00	R\$ 16.264.677,93
Total	R\$ 65.786.000,00	R\$ 160.803.742,45

(fonte: elaborado pelo autor)

Posteriormente, para a análise das alternativas propostas para este aproveitamento hidrelétrico, foi suposto, sem um maior nível de detalhamento, que a barragem descrita no item 3.6.1.3 é semelhante a esta que seria construída no Rio Sacre, podendo-se consequentemente estimar o custo de obra civil para o barramento. Deve ser igualmente considerado o custo gerado pelo incremento de potência no conjunto eletromecânico. O INCC também foi utilizado neste caso, com uma variação de 13,29%, resultando em R\$ 25.152.281,91 para a garagem e um custo incremental eletromecânico de R\$ 2.265.971,34/MW instalados, originando R\$ 31.723.598,81 para a alternativa 1 e R\$ 147.288.137,33 para a alternativa 2, conforme apresentado na tabela 14.

Para o custo da energia gerada, calculado através do ICB, foram consideradas uma taxa de desconto de 12% e uma vida útil da usina de 35 anos – período de concessão das usinas hidrelétricas (BRASIL, 1995) –, convergindo em um FRC de 0,12232. Os valores resultantes estão apresentados na tabela 15.

Tabela 14 – Rio Sacre: estimativo de custos adicionais para as alternativas

Itens		Valor orçado (dez./2001)	Valora atualizado (nov./2012)
Construção civil: barramento		R\$ 22.200.000,00	R\$ 25.152.281,91
Equipamentos eletromecânicos	Alternativa 1	R\$ 28.000.000,00	R\$ 31.723.598,81
	Alternativa 2	R\$ 130.000.000,00	R\$ 147.288.137,33

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 15 – Rio Sacre: cálculo do índice custo benefício

Itens	PCH Sacre 2	Alternativa 1	Alternativa 2
OPE (R\$)	160.803.742,45	160.803.742,45	160.803.742,45
Barragem (R\$)	-	25.152.281,91	25.152.281,91
Potência incremental (R\$)	-	31.723.598,81	147.288.137,33
Custo total (R\$)	160.803.742,45	217.679.623,18	333.244.161,70
Taxa anual de desconto (%)	0,12	0,12	0,12
Vida útil da usina (anos)	35,00	35,00	35,00
Fator de recuperação capital (%)	0,12232	0,12232	0,12232
Investimento anual (R\$)	19.668.970,15	26.625.835,60	40.761.299,27
Energia gerada anualmente (MWh)	261.360,00	383.328,00	827.640,00
Índice custo benefício (R\$/MWh)	75,26	69,46	49,25

(fonte: elaborado pelo autor)

4.4 COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Utilizando a PCH Sacre 2 como parâmetro de comparação, no âmbito energético percebe-se um acréscimo de 47,06% na energia média gerada para primeira alternativa, sendo este unicamente consequente ao aumento da queda líquida decorrente do barramento. Isto se deve ao fato de que nesta alternativa foi considerada a mesma restrição de uso da água imposta pela FEMA, sendo o aumento da energia proporcional ao aumento da altura. Já na segunda

alternativa, houve a considerável elevação de 109,99%, resultante de um maior turbinamento ocasionado pela fixação de um valor correspondente à 50% da Q_{95} para a vazão ecológica.

O meio sócio-ambiental é onde se constatou as mudanças mais significativas, comparativamente ao arranjo da PCH Sacre 2. As duas alternativas sofrem todos os impactos ambientais decorrente da construção de uma barragem, gerando um lago reservatório de 125,16 ha e inundando, pela margem esquerda, áreas de propriedade indígena. Além disto, o trecho de vazão reduzida, presente também no arranjo inicial, mas protegido pela restrição do órgão ambiental, terá sua vazão ecológica reduzida em 36,41% na alternativa 2

Por outro lado, desconsiderando um aumento dos custos ambientais assim como um acréscimo para a implantação de uma usina hidrelétrica em terra indígenas, ocorreu um redução de 7,70% no custo da energia gerada para a alternativa 1 e de 34,56% para a alternativa 2, resultante do aumento da energia consequente da queda de 20 metros agregados e, para o segundo caso, da desconsideração da restrição ambiental imposta pela FEMA, aumentando consideravelmente a vazão turbinada. Na tabela 16 é apresentado um resumo destas comparações.

Tabela 16 – Rio Sacre: comparação das alternativas

Componentes	PCH Sacre 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Arranjo	CHVR	CHD	CHD
Capacidade instalada (MW)	30	44	95
Energia média gerada (MW)	26,92	39,59	56,54
Varição da energia média	-	47,06%	109,99%
FC	89,74%	89,98%	59,51%
Reservatório (ha)	0	125,16	125,16
TVR (m)	1500	1500	1500
Vazão ecológica média (m ³ /s)	87,9	87,9	55,9
Varição da vazão ecológica	-	-	-36,41%
Índice custo benefício (R\$/MWh)	75,26	69,46	49,25

(fonte: elaborado pelo autor)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de projetos para uma central hidrelétrica envolve inúmeros parâmetros que devem ser analisados, não existindo uma solução única para um determinado aproveitamento hidrelétrico. Os estudos procuram sempre obter um aproveitamento ótimo, com o máximo aproveitamento energético, minimizando os custos e impactos socioambientais. Após a realização deste trabalho, ficou clara a importância do barramento na geração de energia, devendo sempre minimizar seus impactos associados.

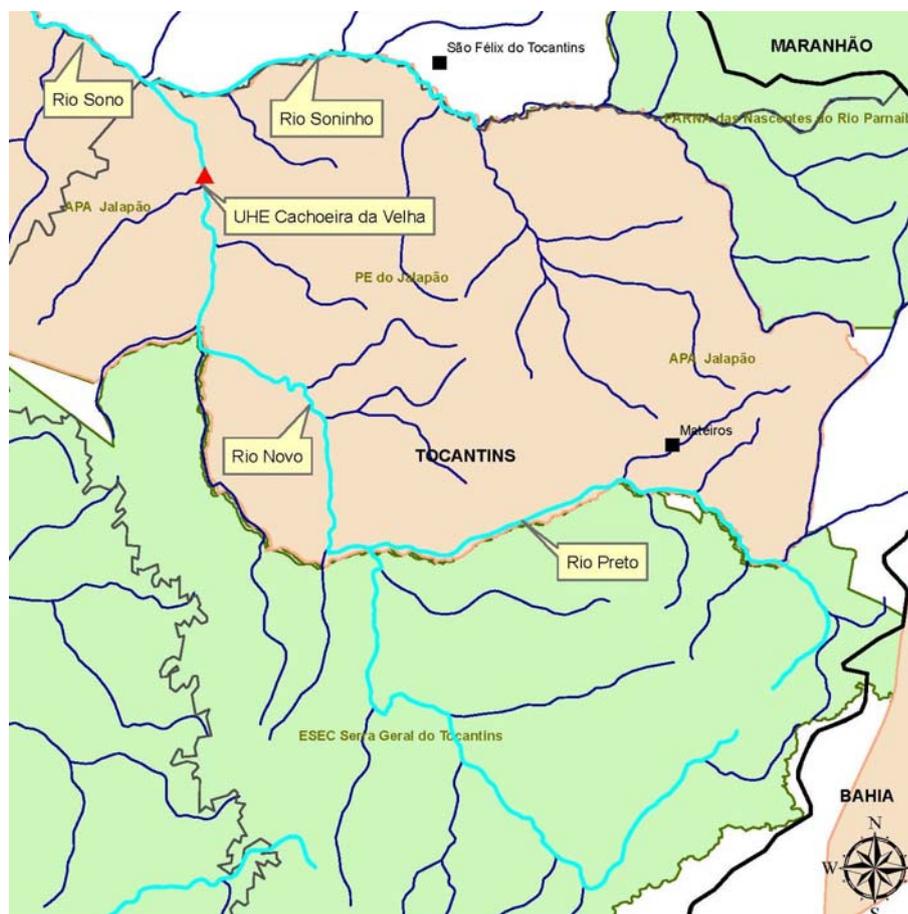
Entretanto, para cursos da água em que exista uma queda concentrada considerável e não seja possível o seu represamento, uma alternativa para viabilizar o aproveitamento hidrelétrico considerando apenas o desvio do rio para geração de energia se mostra muito atrativa, principalmente no que tange o meio ambiente. Neste aspecto, vale ressaltar que o licenciamento ambiental é um dos grandes obstáculos para a geração de energia elétrica no Brasil.

A concepção da PCH Sacre 2 poderia ser adaptada ao AHE Cachoeira da Velha, localizado no Rio Novo, Estado do Tocantins, que teve seu inventário hidrelétrico aprovado pela Aneel em 1998. O arranjo da UHE Cachoeira da Velha contempla a construção de uma barragem aproximadamente 1.700 metros a montante do salto que deu nome ao aproveitamento, elevando em 15 metros queda da água e resultando um reservatório de 195 hectares. Um canal de adução com 5.700 metros de comprimento seria capaz de desviar até a casa de força a vazão máxima turbinada de 161 m³/s, provocando um trecho de vazão reduzida significativo, com uma vazão ecológica de apenas 4 m³/s. A casa de força prevê três turbinas Francis com potência unitária de 27 MW, totalizando 81 MW de potência instalada, aproveitando uma queda bruta de 84 metros. Com um rendimento médio do conjunto turbina-gerador de 92%, geraria uma energia média no período crítico de 43,99 MW no período crítico, representando um fator de capacidade de 55% (TOCANTINS, 1997).

Entretanto, passados 14 anos desde a referida qualificação pelo órgão, este aproveitamento hidrelétrico, que foi destacado com notórias possibilidades de implantação em curto prazo, não teve seus estudos continuados por nenhum interessado, indo de encontro ao que concluiu

os estudos de inventário. No decorrer dos últimos anos sucederam inúmeras modificações ambientais na região, contribuindo para inviabilizar a consecução dos estudos e implantação do empreendimento, sendo instituídas Unidades de Conservação (UC) em nível estadual e federal envolvendo os cursos da água, conforme ilustrado na figura 35, sendo destacadas, no entorno da Cachoeira da Velha, a Área de Proteção Ambiental (APA) Jalapão e o Parque Estadual (PE) do Jalapão.

Figura 35 – AHE Cachoeira da Velha: localização



(fonte: elaborado pelo autor)

Segundo Tocantins (2012a), as UC têm por finalidade proteger o meio ambiente, sendo divididas em duas categorias de manejo distintas:

As de Uso Sustentável são constituídas por áreas públicas e/ou privadas, têm o objetivo de disciplinar o processo de uso e ocupação do solo e promover a proteção dos recursos naturais que se encontram em seus limites, de modo a assegurar o bem-estar das comunidades humanas que aí residem, resguardar as condições ecológicas locais e manter paisagens e atributos culturais relevantes. As atividades produtivas como agricultura e pecuária são asseguradas a cada proprietário desde que sejam

licenciadas pelo órgão responsável por sua gestão e haja consonância com o Plano de Manejo da Unidade. Nesta categoria estão incluídas:

I. APA – Área de Proteção Ambiental (...).

As Unidades de Conservação de Proteção Integral são constituídas exclusivamente por áreas públicas e têm por objetivo a preservação integral de ambientes naturais com características de grande relevância ecológica, beleza cênica, cultural, educativo e recreativo. **Nestas áreas são vedadas quaisquer modificações ambientais e a interferência humana direta.** Excetua-se as medidas de recuperação de seus sistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos naturais, conforme estabelecido em seu plano de manejo. Nestas Unidades é permitida a visitação pública com fins recreativos e educacionais, regulamentada pelo plano de manejo da unidade. Também podem ser realizadas as pesquisas científicas, desde que autorizadas pelo órgão gestor, sempre orientadas pelas diretrizes do Plano de Manejo da Unidade. Pertencem a este grupo:

I. Parques Nacional / Estadual / Municipal (...).

Este aproveitamento, que assim como a PCH Sacre 2 possui uma cachoeira de grande valor cênico que atrai inúmeros turistas para a região, ilustrada na figura 36, tem ainda sua margem direita protegida de qualquer interferência ambiental e modificação humana pelo PE do Jalapão. De forma a viabilizá-lo, é proposto, concluindo este trabalho e analisando apenas as questões energética e ambiental neste caso, alternativas à concepção de inventário, considerando apenas o desvio do rio por sua margem esquerda, aproveitando as quedas concentradas à jusante da Cachoeira da Velha para agregar queda à hidrelétrica.

Figura 36 – Rio Novo, Cachoeira da Velha



(fonte: TOCANTIS, 2012b)

Para investigar estas alternativas, primeiramente, por meio da modelagem determinística chuva-vazão, conforme os estudos de inventário, foi gerada a série histórica abrangendo o período de janeiro de 1930 a dezembro de 1995, apresentada no apêndice H, representando 65 anos hidrológicos. Na tabela 17 estão demonstradas as vazões mínimas, médias e máximas mensais, na tabela 18 as permanências das vazões e na figura 37 representado o fluviograma relativo ao comportamento do rio neste período.

Tabela 17 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: série histórica (m³/s)
– vazões mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	95,4	96,5	102,2	105,5	76,5	61,4	53,1	47,2	44,4	45,3	61,8	77,5
Médio	163,56	181,13	196,04	159,39	112,43	86,76	75,01	67,07	65,73	80,65	105,36	137,40
Máximo	395,5	467,6	490,2	265,9	205,5	126,3	107,4	98,1	93,9	127,6	160,3	331,3

(fonte: elaborado pelo autor)

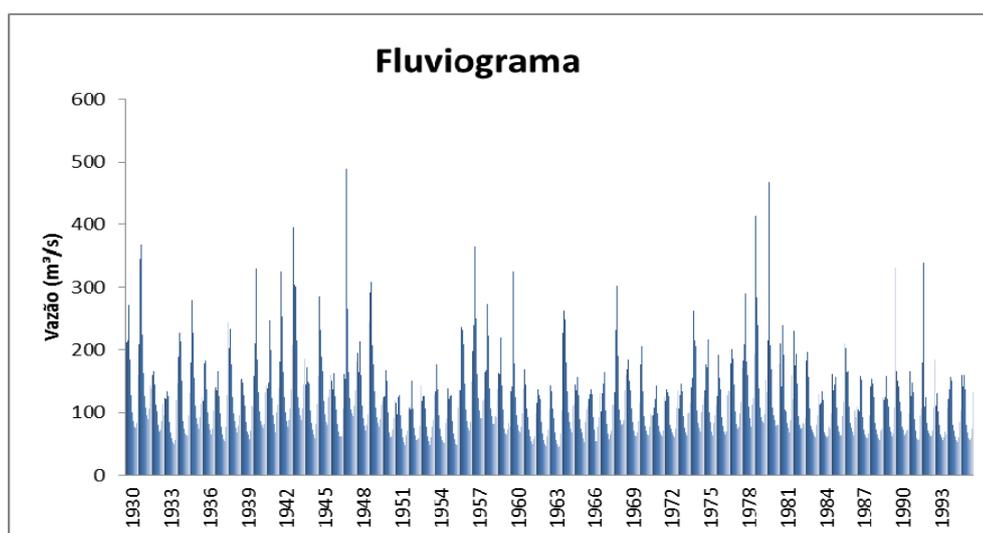
Tabela 18 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: permanência das vazões

Permanência	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Vazão (m³/s)	490,2	232,2	191,8	166,9	155,4	143,0	135,1
Permanência	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%
Vazão (m³/s)	126,9	120,7	110,3	105,1	98,8	92,5	85,1
Permanência	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Vazão (m³/s)	80,0	75,6	71,1	67,1	62,5	57,6	44,4

(fonte: elaborado pelo autor)

Com base nos dados de inventário, onde a vazão máxima turbinada foi fixada em 161 m³/s e a vazão ecológica em 4 m³/s, foi elaborada a série de vazões turbinadas e ecológicas, apresentadas, respectivamente, nos apêndices I e J. As tabelas 19 e 20 indicam as vazões mínimas, médias e máximas mensais turbinadas e ecológicas, respectivamente. Percebe-se que o período seco da região compreende os meses de junho a novembro, onde o curso da água seria nutrido constantemente em seu trecho de vazão reduzida por apenas 4 m³/s.

Figura 37 – Rio Novo, Cachoeira da Velha: série histórica – fluviograma



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 19 – UHE Cachoeira da Velha: vazões turbinadas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	91,4	92,5	98,2	101,5	72,5	57,4	49,1	43,2	40,4	41,3	57,8	73,5
Médio	140,0	144,3	148,6	141,3	107,8	82,8	71,0	63,1	61,7	76,7	101,4	125,6
Máximo	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0	122,3	103,4	94,1	89,9	123,6	156,3	161,0

(fonte: elaborado pelo autor)

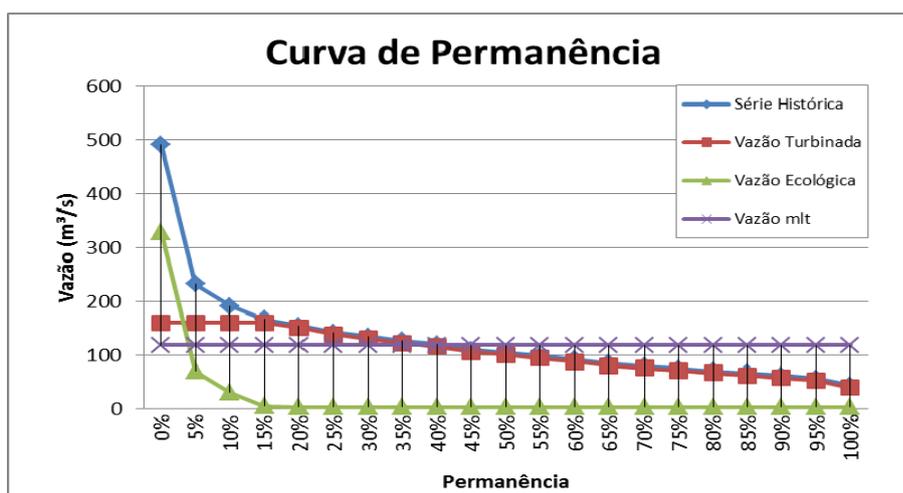
Tabela 20 – UHE Cachoeira da Velha: vazões ecológicas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Médio	23,5	36,9	47,5	18,1	4,6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	11,8
Máximo	234,5	306,6	329,2	104,9	44,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	170,3

(fonte: elaborado pelo autor)

A consolidação destes dados é ilustrada na figura 38, que apresenta a curva de permanência do período histórico, da vazão turbinada e da vazão ecológica, indicando também a vazão média de longo termo.

Figura 38 – UHE Cachoeira da Velha: curva de permanência



(fonte: elaborado pelo autor)

Para simular a energia gerada pela UHE Cachoeira da Velha, foram consideradas os dados de inventário, o qual aponta o nível de montante na cota 325 metros, de jusante em 271 metros e uma perda de carga de 1,5%, resultando em uma queda líquida de 53,19 metros. Assim, com um rendimento dos três conjuntos turbina-gerador na ordem de 92%, foi elaborada a série histórica de energia gerada, apresentada no apêndice L e resumida na tabela 21, resultando em uma energia média gerada de 50,52 MW e fator de capacidade de 62,37%.

Tabela 21 – UHE Cachoeira da Velha: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	43,8	44,4	47,1	48,7	34,8	27,5	23,5	20,7	19,4	19,8	27,7	35,2
Médio	67,2	69,2	71,2	67,8	51,7	39,7	34,1	30,2	29,6	36,8	48,6	60,2
Máximo	77,2	77,2	77,2	77,2	77,2	58,7	49,6	45,1	43,1	59,3	75,0	77,2

(fonte: elaborado pelo autor)

Para as alternativas de aproveitamento hidrelétrico da Cachoeira da Velha sem o barramento do Rio Novo, foi considerada a mesma restrição de vazão turbinada imposta à PCH Sacre 2, ou seja, uma vazão máxima turbinada de 59,60 m³/s, referente à metade da vazão média de longo prazo, limitando-se a turbinar metade de sua vazão instantânea. As vazões turbinadas, idênticas para os dois casos, estão apresentadas no apêndice M e as vazões ecológicas no apêndice N, sendo demonstrados nas tabelas 22 e 23, respectivamente, suas mínimas, médias e máximas mensais. A figura 39 ilustra a curva de permanência do período histórico, da vazão turbinada e da vazão ecológica, indicando também a vazão média de longo termo. A tomada da água ficaria logo a montante do salto e, para a casa de força, foram consideradas duas alternativas, conforme figura 40. A primeira, com localização logo a jusante da cascata, diminuindo em aproximadamente 4.200 metros o trecho de vazão reduzida, e a segunda coincidente ao arranjo de inventário. Para as duas situações foram consideradas a mesma perda de carga dos estudos de inventário, de 1,5%.

Tabela 22 – Rio Novo, alternativas: vazões turbinadas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	47,7	48,3	51,1	52,8	38,3	30,7	26,6	23,6	22,2	22,7	30,9	38,8
Médio	58,8	59,1	59,4	59,0	51,7	43,2	37,5	33,5	32,9	40,2	50,4	56,9
Máximo	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	53,7	49,1	47,0	59,6	59,6	59,6

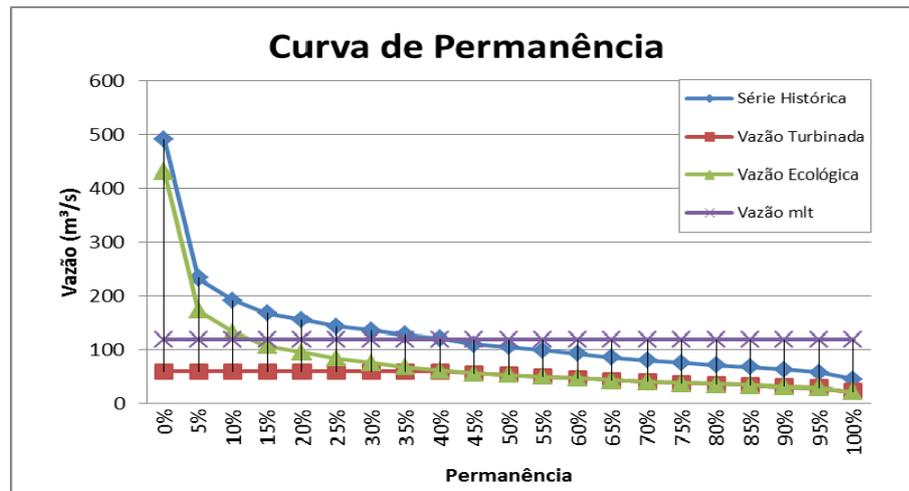
(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 23 – Rio Novo, Alternativas: vazões ecológicas (m³/s)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	47,7	48,3	51,1	52,8	38,3	30,7	26,6	23,6	22,2	22,7	30,9	38,8
Médio	104,8	122,1	136,6	100,4	60,7	43,5	37,5	33,5	32,9	40,4	54,9	80,5
Máximo	335,9	408,0	430,6	206,3	145,9	66,7	53,7	49,1	47,0	68,0	100,7	271,7

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 39 – Rio Novo, alternativas: curva de permanência



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 40 – Rio Novo: alternativas



(fonte: adaptado de GOOGLE, 2012c)

A **primeira alternativa** possui seu nível de jusante na cota 290 metros, resultando em uma queda líquida de 18,50 metros. Desta maneira, seria aproveitada uma **potência máxima de 10 MW**, gerando uma **energia média de 8,10 MW**, resultando em um **fator de capacidade de 80,98%**. Já a **segunda opção**, com a casa de força com altura de 271 metros, optou-se por instalar uma **potência de 21 MW**, representando uma **energia média de 16,81 MW** e um **FC de 80,07%**. As energias geradas das alternativas 1 e 2 são apresentadas respectivamente nos apêndices O e P, com suas mínimas, máximas e médias indicadas nas tabelas 24 e 25. A tabela 26 expõe uma análise comparativa das alternativas para AHE Cachoeira da Velha.

Tabela 24 – Rio Novo, alternativa 1: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	8,0	8,0	8,5	8,8	6,4	5,1	4,4	3,9	3,7	3,8	5,2	6,5
Médio	9,8	9,9	9,9	9,8	8,6	7,2	6,3	5,6	5,5	6,7	8,4	9,5
Máximo	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	8,2	7,8	9,9	9,9	9,9

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 25 – Rio Novo, alternativa 2: energia gerada (MW)
– mínimas, médias e máximas mensais –

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mínimo	16,5	16,7	17,7	18,3	13,2	10,6	9,2	8,2	7,7	7,8	10,7	13,4
Médio	20,4	20,5	20,6	20,4	17,9	15,0	13,0	11,6	11,4	13,9	17,5	19,7
Máximo	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,6	17,0	16,3	20,6	20,6	20,6

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 26 – Rio Novo: comparação das alternativas

Componentes	UHE Cachoeira da Velha	Alternativa 1	Alternativa 2
Arranjo	CHD	CHVR	CHVR
Capacidade instalada (MW)	81	10	21
Energia média gerada (MW)	50,52	8,10	16,81
Variação da energia média	-	-83,97%	-66,72%
FC	62,37%	80,98%	80,07%
Reservatório (ha)	195	0	0
TVR (m)	6600	2200	6600
Vazão ecológica média (m³/s)	4	70,7	70,7
Variação da vazão ecológica	-	1667,50%	1667,50%

(fonte: elaborado pelo autor)

Assim como no caso estudado no capítulo anterior, percebe-se uma perda significativa da energia média gerada para as alternativas de centrais hidrelétricas apenas com o desvio do rio, frente ao caso com barramento. Nesta esfera, vale ressaltar que, mesmo com um custo para a implantação da barragem sendo significativo frente ao dispêndio total da construção civil, este é compensado pelo benefício energético resultante do aumento da queda da água. Todavia, o impacto ao meio ambiente para as alternativas sem o barramento do curso da água é reduzido em uma escala ainda maior, viabilizando um aproveitamento hidrelétrico passível de coexistir de forma mais sustentável ao meio no qual está inserido.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução n. 393**, de 4 de dezembro de 1998. Estabelece procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1998393.pdf>>. Acesso em 9 nov. 2012.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Aneel, 2002. Disponível em: <http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_1edicao/atlas/index.html>. Acesso em 7 nov. 2012.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, DF: Aneel, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em 7 nov. 2012.

_____. Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil**. Brasília, DF: Aneel, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em 7 nov. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA. **Nota Técnica 002/11**: participação em leilões do Governo Federal: histórico e considerações. Brasília, 2011.

BANCO MUNDIAL. **Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil**: uma contribuição para debate. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.acendebrasil.com.br/archives/WORLD%20BANK%20%20Licenciamento%20Ambiental%20de%20Empreendimentos%20Hidreletricos%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BLUM, P. A. L. **Licenciamento Ambiental**: o caso das usinas hidrelétricas do rio Madeira. 2008. 68 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Direito) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.uniceub.br/curso/Mestrado/Casoteca/casos/LICENCIAMENTO%20AMBIENT AL.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Edições Câmara, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 8 nov. 2012.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 9.074**, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9074cons.htm>. Acesso em 8 nov. 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno setorial de recursos hídricos: geração de energia hidrelétrica**. 2. ed. Brasília, DF: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao23022011031204.pdf>. Acesso em 7 nov. 2012.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento **Energético. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. 1. ed. Brasília, DF: MME, 2007. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/Manual_de_Inventario_Hidroelétrico_de_Bacias_Hidrograficas/Manual_de_Inventario_Edixo_2007.pdf>. Acesso em 7 nov. 2012

BRASIL CENTRAL ENGENHARIA LTDA. **Estudos de Inventário Simplificado de um Trecho do Rio Sacre**. [S.l.]: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., 2002.

CAMPO NOVO DO PARECIS. Secretaria de Cultura e Turismo. **Salto Belo**. Foto de Juliano Olejas. Campo Novo do Parecis, 2012a. Disponível em:

<<http://www.camponovodoparecis.mt.gov.br/turismo/turismo/o-que-fazer/fotos/salto-belo/>>. Acesso em: 1 nov. 2012a.

CAMPO NOVO DO PARECIS. Secretaria de Cultura e Turismo. **Construção da PCH Sacre 2**. Campo Novo do Parecis, 2012b. Foto recebida de Sílvia Schneiders.

CHADWICK, A.; MORFETT, J. **Hidráulica em Engenharia Civil e Ambiental**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

CIRILO, J. A. **Hidráulica aplicada**. 2. ed. rev. e aum. Porto Alegre: ABRH, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Brasília, DF, 1997. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 8 nov. 2012.

DUARTE, P. S. **Metodologia para seleção de aproveitamentos hidrelétricos com aplicação da lógica Fuzzy**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009. Disponível em: <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0034582.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2011**. Rio de Janeiro, 2011.

GOOGLE. Google Earth. [**28°50'07" S 51°50'22"W**]. [S. l.]: 2012a. Disponível em:. Acesso em: 14 nov. 2012.

GOOGLE. Google Earth. [**13°01'19" S 58°11'28"W**]. [S. l.]: 2012b. Disponível em:. Acesso em: 19 nov. 2012.

MARTINS, T. O conceito de desenvolvimento sustentável e seu contexto histórico: algumas considerações. **Jus Navegandi**, Teresina, ano 9, n. 382, não paginado, 24 jul. 2004.

Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/5490/o-conceito-de-desenvolvimento-sustentavel-e-seu-contexto-historico>>. Acesso em: 10 out. 2012.

MELLO, F. M. de. Síntese do desenvolvimento da implantação das barragens no Brasil. In: MELLO, F. M. de (Coord.); PIASENTIN, C. (Ed.). **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI**: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2011a. p. 16-47.

_____. Resumo da história remota da hidroeletricidade no Brasil. In: MELLO, F. M. de (Coord.); PIASANTIN, C. (Ed.). **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens**. Rio de Janeiro: CBDB, 2011b. p. 88-97.

MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995.

NAHAS, R. L. de L. **PCHs – Viabilidade e Inventário Hidrelétrico**. 2010. 32 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-17112011-114306/publico/Nahas_Renato_Luiz_de_lima.pdf>. Acesso em 21 nov. 2012.

PIGATTO, R. N. M. As Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil. In: MELLO, F. M. de (Coord.); PIASANTIN, C. (Ed.). **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens**. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. p. 346-353.

QUEIROZ, G. B. R. **Análise de Viabilidade Econômica de Centrais Geradoras Hidrelétricas**. 2010. 82 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Eletricista) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/1385/1/2010_GuilhermeBertuolRodriguesdeQueiroz.pdf>. Acesso em: 9 set. 2012.

ROCHA, G. S. C. **Desvio de rios para construção de barragens**. 2006. 230 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-08122006-164741/publico/DissertacaoGabrielRocha.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2012.

RISSE, A. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fernando@iph.ufrgs.br> em 14 nov. 2012.

ROCKMANN, R. Força renovada. **Valor**, São Paulo, 20 out. 2010. Especial Energia Elétrica, p. 1.

SILVA, N. G. M. **Modelagem da qualidade da água no trecho de vazão reduzida (TVR) do aproveitamento hidrelétrico de Capim Branco I do rio Araguari-MG**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/278M.PDF>>. Acesso em: 9 set. 2012.

SOUZA, Z. de.; SANTOS, A. H. M.; BORTONI, E. C. **Centrais Hidrelétricas: implantação e comissionamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

STEVENAZZI, D. N. J. **Hydraulica y maquinas hidráulicas**. Buenos Aires: Cesarini Hermanos, 1993.

TIAGO FILHO, G. L.; STANO JÚNIOR, A.; BRASIL JÚNIOR, A.; FERRARI, J. T.; LEMOS, H.; NUNES, C. F.; ALVES, L. H. F.; NUNES, C. F.; MOURA, J. S.; RAMOS, R.;

ELS, R. V.; LEITE, F.; BARRETO, E. J. F. **Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos: soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

Disponível em:

<http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hidroeletrico.pdf>. Acesso em: 10 out. 2012.

TOCANTINS. Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins. **Estudos de Inventário Hidrelétrico: bacia do Rio do Sono**. [S.l.]: Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins, 1997.

_____. **Áreas Protegidas do Tocantins**. [S.l.]: 2012a. Disponível em:

<<http://areasprotegidas.to.gov.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

_____. Jalapão. **Cachoeira da Velha**. Foto de João Ramid. [S.l.]: 2012b. Disponível em:

<<http://jalapao.to.gov.br/>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

APÊNDICE A – Rio Sacre, Salto Belo: série histórica (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										197	202	233
1931	257	233	249	246	231	217	215	209	201	203	202	193
1932	192	199	215	177	179	169	169	167	155	156	150	145
1933	177	168	157	168	141	144	142	139	138	134	135	157
1934	150	169	175	168	145	151	149	149	157	146	148	162
1935	212	165	222	192	175	173	175	171	166	172	162	172
1936	162	212	165	167	155	154	151	146	142	134	131	124
1937	134	123	147	138	115	120	116	115	115	118	111	146
1938	169	147	150	144	144	139	139	136	132	150	139	147
1939	142	160	153	144	137	142	139	131	132	130	141	146
1940	172	194	235	211	184	180	186	184	181	179	191	175
1941	189	208	239	176	181	175	175	181	167	184	172	186
1942	194	204	209	236	186	185	185	182	183	189	190	169
1943	204	199	213	209	173	176	175	170	169	183	176	173
1944	161	184	185	161	152	153	148	143	139	138	142	133
1945	155	173	201	185	166	158	163	162	161	163	174	180
1946	167	222	208	173	205	173	180	173	168	168	178	176
1947	215	204	235	204	190	186	186	181	176	182	176	189
1948	177	197	191	175	163	162	164	153	158	151	158	230
1949	209	234	226	208	198	204	196	191	183	198	176	208
1950	233	213	250	199	191	193	190	183	174	178	174	204
1951	198	203	292	180	216	196	196	193	189	181	189	180
1952	189	187	188	185	158	159	156	150	144	138	138	145
1953	142	152	179	131	138	134	134	131	135	135	127	138
1954	146	169	197	140	147	149	147	145	144	141	155	140
1955	178	150	205	156	159	154	154	151	145	143	136	158
1956	144	160	146	163	150	146	139	139	146	138	175	171
1957	174	207	198	189	171	178	173	171	176	164	167	182
1958	192	179	194	194	168	166	168	161	157	157	162	178
1959	228	193	249	193	189	190	190	184	177	172	201	199
1960	215	228	211	212	188	188	186	180	171	175	170	179
1961	197	183	216	171	179	168	167	168	157	158	157	177
1962	196	200	157	191	161	164	161	157	163	153	145	191
1963	156	198	183	172	159	160	158	154	148	144	151	139
1964	162	136	153	127	133	125	123	119	113	123	132	125
1965	136	152	173	151	139	141	142	140	143	162	165	157
1966	165	189	197	175	194	169	169	167	166	176	173	156
1967	175	160	154	153	143	137	133	127	121	124	125	109
1968	124	113	120	111	105	102	100	102	98,2	99,9	96,7	113
1969	116	107	118	111	106	105	105	103	101	103	108	126
1970	137	131	128	132	127	123	124	122	118	126	118	110
1971	123	129	115	127	114	108	113	107	107	116	100	113
1972	118	140	117	111	118	111	113	111	120	111	123	133
1973	128	148	151	143	134	138	133	133	135	138	144	174
1974	174	162	209	207	181	171	175	177	174	173	168	177
1975	172	196	202	189	167	166	171	161	157	167	167	157
1976	154	159	182	150	158	142	142	138	135	145	149	151
1977	141	140	148	138	161	131	131	133	136	136	144	161

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	154	182	157	197	220	160	169	172	173	185	195	194
1979	249	230	275	218	224	210	210	206	208	192	200	222
1980	228	238	201	195	200	187	182	175	191	175	176	195
1981	192	167	208	173	165	172	160	156	156	157	169	160
1982	166	177	176	160	158	151	149	148	152	152	145	144
1983	185	152	164	156	154	145	143	140	135	142	147	161
1984	141	141	155	182	137	139	140	149	143	146	145	161
1985	155	142	164	150	137	137	135	130	124	127	113	110
1986	122	119	138	105	111	105	105	115	105	101	107	114
1987	100	110	128	115	102	108	104	103	101	99,7	104	113
1988	127	137	157	140	128	129	132	131	127	129	131	127
1989	129	144	162	151	124	133	134	139	127	131	133	136
1990	127	165	170	137	144	138	140	136	154	143	132	142
1991	154	209	166	155	158	154	152	148	147	145	138	138
1992	150	156	138	133	135	125	124	121	127	142	172	141
1993	145	191	182	162	165	158	158	154	150	148	145	139
1994	140	143	148	128	131	127	131	123	121	127	137	167
1995	159	279	250	207	232	202	208	211	202	212	221	238
1996	247	219	286	248	212	216	212	209	200	213	206	206
1997	217	221	221	202	203	205	186	185	187	184	189	207
1998	193	202	202	221	175	178	177	174	171	163	179	173
1999	190	194	240	169	172	177	172	167	168	158	166	168
2000	158	186	190	155	152	152	149	146	144			

APÊNDICE B – Rio Sacre, PCH Sacre 2: vazão turbinada (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										81,3	81,3	81,3
1931	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1932	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	77,5	78,0	75,0	72,5
1933	81,3	81,3	78,5	81,3	70,5	72,0	71,0	69,5	69,0	67,0	67,5	78,5
1934	75,0	81,3	81,3	81,3	72,5	75,5	74,5	74,5	78,5	73,0	74,0	81,0
1935	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,0	81,3
1936	81,0	81,3	81,3	81,3	77,5	77,0	75,5	73,0	71,0	67,0	65,5	62,0
1937	67,0	61,5	73,5	69,0	57,5	60,0	58,0	57,5	57,5	59,0	55,5	73,0
1938	81,3	73,5	75,0	72,0	72,0	69,5	69,5	68,0	66,0	75,0	69,5	73,5
1939	71,0	80,0	76,5	72,0	68,5	71,0	69,5	65,5	66,0	65,0	70,5	73,0
1940	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1941	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1942	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1943	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1944	80,5	81,3	81,3	80,5	76,0	76,5	74,0	71,5	69,5	69,0	71,0	66,5
1945	77,5	81,3	81,3	81,3	81,3	79,0	81,3	81,0	80,5	81,3	81,3	81,3
1946	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1947	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1948	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,0	81,3	76,5	79,0	75,5	79,0	81,3
1949	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1950	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1951	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1952	81,3	81,3	81,3	81,3	79,0	79,5	78,0	75,0	72,0	69,0	69,0	72,5
1953	71,0	76,0	81,3	65,5	69,0	67,0	67,0	65,5	67,5	67,5	63,5	69,0
1954	73,0	81,3	81,3	70,0	73,5	74,5	73,5	72,5	72,0	70,5	77,5	70,0
1955	81,3	75,0	81,3	78,0	79,5	77,0	77,0	75,5	72,5	71,5	68,0	79,0
1956	72,0	80,0	73,0	81,3	75,0	73,0	69,5	69,5	73,0	69,0	81,3	81,3
1957	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1958	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	80,5	78,5	78,5	81,0	81,3
1959	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1960	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1961	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	78,5	79,0	78,5	81,3
1962	81,3	81,3	78,5	81,3	80,5	81,3	80,5	78,5	81,3	76,5	72,5	81,3
1963	78,0	81,3	81,3	81,3	79,5	80,0	79,0	77,0	74,0	72,0	75,5	69,5
1964	81,0	68,0	76,5	63,5	66,5	62,5	61,5	59,5	56,5	61,5	66,0	62,5
1965	68,0	76,0	81,3	75,5	69,5	70,5	71,0	70,0	71,5	81,0	81,3	78,5
1966	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	78,0
1967	81,3	80,0	77,0	76,5	71,5	68,5	66,5	63,5	60,5	62,0	62,5	54,5
1968	62,0	56,5	60,0	55,5	52,5	51,0	50,0	51,0	49,1	50,0	48,4	56,5
1969	58,0	53,5	59,0	55,5	53,0	52,5	52,5	51,5	50,5	51,5	54,0	63,0
1970	68,5	65,5	64,0	66,0	63,5	61,5	62,0	61,0	59,0	63,0	59,0	55,0
1971	61,5	64,5	57,5	63,5	57,0	54,0	56,5	53,5	53,5	58,0	50,0	56,5
1972	59,0	70,0	58,5	55,5	59,0	55,5	56,5	55,5	60,0	55,5	61,5	66,5
1973	64,0	74,0	75,5	71,5	67,0	69,0	66,5	66,5	67,5	69,0	72,0	81,3
1974	81,3	81,0	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1975	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	80,5	78,5	81,3	81,3	78,5
1976	77,0	79,5	81,3	75,0	79,0	71,0	71,0	69,0	67,5	72,5	74,5	75,5
1977	70,5	70,0	74,0	69,0	80,5	65,5	65,5	66,5	68,0	68,0	72,0	80,5

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	77,0	81,3	78,5	81,3	81,3	80,0	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1979	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1980	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1981	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	80,0	78,0	78,0	78,5	81,3	80,0
1982	81,3	81,3	81,3	80,0	79,0	75,5	74,5	74,0	76,0	76,0	72,5	72,0
1983	81,3	76,0	81,3	78,0	77,0	72,5	71,5	70,0	67,5	71,0	73,5	80,5
1984	70,5	70,5	77,5	81,3	68,5	69,5	70,0	74,5	71,5	73,0	72,5	80,5
1985	77,5	71,0	81,3	75,0	68,5	68,5	67,5	65,0	62,0	63,5	56,5	55,0
1986	61,0	59,5	69,0	52,5	55,5	52,5	52,5	57,5	52,5	50,5	53,5	57,0
1987	50,0	55,0	64,0	57,5	51,0	54,0	52,0	51,5	50,5	49,9	52,0	56,5
1988	63,5	68,5	78,5	70,0	64,0	64,5	66,0	65,5	63,5	64,5	65,5	63,5
1989	64,5	72,0	81,0	75,5	62,0	66,5	67,0	69,5	63,5	65,5	66,5	68,0
1990	63,5	81,3	81,3	68,5	72,0	69,0	70,0	68,0	77,0	71,5	66,0	71,0
1991	77,0	81,3	81,3	77,5	79,0	77,0	76,0	74,0	73,5	72,5	69,0	69,0
1992	75,0	78,0	69,0	66,5	67,5	62,5	62,0	60,5	63,5	71,0	81,3	70,5
1993	72,5	81,3	81,3	81,0	81,3	79,0	79,0	77,0	75,0	74,0	72,5	69,5
1994	70,0	71,5	74,0	64,0	65,5	63,5	65,5	61,5	60,5	63,5	68,5	81,3
1995	79,5	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1996	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1997	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1998	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
1999	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3	79,0	81,3	81,3
2000	79,0	81,3	81,3	77,5	76,0	76,0	74,5	73,0	72,0			

APÊNDICE C – Rio Sacre, PCH Sacre 2: vazão ecológica (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										115,7	120,7	151,7
1931	175,7	151,7	167,7	164,7	149,7	135,7	133,7	127,7	119,7	121,7	120,7	111,7
1932	110,7	117,7	133,7	95,7	97,7	87,7	87,7	85,7	77,5	78,0	75,0	72,5
1933	95,7	86,7	78,5	86,7	70,5	72,0	71,0	69,5	69,0	67,0	67,5	78,5
1934	75,0	87,7	93,7	86,7	72,5	75,5	74,5	74,5	78,5	73,0	74,0	81,0
1935	130,7	83,7	140,7	110,7	93,7	91,7	93,7	89,7	84,7	90,7	81,0	90,7
1936	81,0	130,7	83,7	85,7	77,5	77,0	75,5	73,0	71,0	67,0	65,5	62,0
1937	67,0	61,5	73,5	69,0	57,5	60,0	58,0	57,5	57,5	59,0	55,5	73,0
1938	87,7	73,5	75,0	72,0	72,0	69,5	69,5	68,0	66,0	75,0	69,5	73,5
1939	71,0	80,0	76,5	72,0	68,5	71,0	69,5	65,5	66,0	65,0	70,5	73,0
1940	90,7	112,7	153,7	129,7	102,7	98,7	104,7	102,7	99,7	97,7	109,7	93,7
1941	107,7	126,7	157,7	94,7	99,7	93,7	93,7	99,7	85,7	102,7	90,7	104,7
1942	112,7	122,7	127,7	154,7	104,7	103,7	103,7	100,7	101,7	107,7	108,7	87,7
1943	122,7	117,7	131,7	127,7	91,7	94,7	93,7	88,7	87,7	101,7	94,7	91,7
1944	80,5	102,7	103,7	80,5	76,0	76,5	74,0	71,5	69,5	69,0	71,0	66,5
1945	77,5	91,7	119,7	103,7	84,7	79,0	81,7	81,0	80,5	81,7	92,7	98,7
1946	85,7	140,7	126,7	91,7	123,7	91,7	98,7	91,7	86,7	86,7	96,7	94,7
1947	133,7	122,7	153,7	122,7	108,7	104,7	104,7	99,7	94,7	100,7	94,7	107,7
1948	95,7	115,7	109,7	93,7	81,7	81,0	82,7	76,5	79,0	75,5	79,0	148,7
1949	127,7	152,7	144,7	126,7	116,7	122,7	114,7	109,7	101,7	116,7	94,7	126,7
1950	151,7	131,7	168,7	117,7	109,7	111,7	108,7	101,7	92,7	96,7	92,7	122,7
1951	116,7	121,7	210,7	98,7	134,7	114,7	114,7	111,7	107,7	99,7	107,7	98,7
1952	107,7	105,7	106,7	103,7	79,0	79,5	78,0	75,0	72,0	69,0	69,0	72,5
1953	71,0	76,0	97,7	65,5	69,0	67,0	67,0	65,5	67,5	67,5	63,5	69,0
1954	73,0	87,7	115,7	70,0	73,5	74,5	73,5	72,5	72,0	70,5	77,5	70,0
1955	96,7	75,0	123,7	78,0	79,5	77,0	77,0	75,5	72,5	71,5	68,0	79,0
1956	72,0	80,0	73,0	81,7	75,0	73,0	69,5	69,5	73,0	69,0	93,7	89,7
1957	92,7	125,7	116,7	107,7	89,7	96,7	91,7	89,7	94,7	82,7	85,7	100,7
1958	110,7	97,7	112,7	112,7	86,7	84,7	86,7	80,5	78,5	78,5	81,0	96,7
1959	146,7	111,7	167,7	111,7	107,7	108,7	108,7	102,7	95,7	90,7	119,7	117,7
1960	133,7	146,7	129,7	130,7	106,7	106,7	104,7	98,7	89,7	93,7	88,7	97,7
1961	115,7	101,7	134,7	89,7	97,7	86,7	85,7	86,7	78,5	79,0	78,5	95,7
1962	114,7	118,7	78,5	109,7	80,5	82,7	80,5	78,5	81,7	76,5	72,5	109,7
1963	78,0	116,7	101,7	90,7	79,5	80,0	79,0	77,0	74,0	72,0	75,5	69,5
1964	81,0	68,0	76,5	63,5	66,5	62,5	61,5	59,5	56,5	61,5	66,0	62,5
1965	68,0	76,0	91,7	75,5	69,5	70,5	71,0	70,0	71,5	81,0	83,7	78,5
1966	83,7	107,7	115,7	93,7	112,7	87,7	87,7	85,7	84,7	94,7	91,7	78,0
1967	93,7	80,0	77,0	76,5	71,5	68,5	66,5	63,5	60,5	62,0	62,5	54,5
1968	62,0	56,5	60,0	55,5	52,5	51,0	50,0	51,0	49,1	50,0	48,4	56,5
1969	58,0	53,5	59,0	55,5	53,0	52,5	52,5	51,5	50,5	51,5	54,0	63,0
1970	68,5	65,5	64,0	66,0	63,5	61,5	62,0	61,0	59,0	63,0	59,0	55,0
1971	61,5	64,5	57,5	63,5	57,0	54,0	56,5	53,5	53,5	58,0	50,0	56,5
1972	59,0	70,0	58,5	55,5	59,0	55,5	56,5	55,5	60,0	55,5	61,5	66,5
1973	64,0	74,0	75,5	71,5	67,0	69,0	66,5	66,5	67,5	69,0	72,0	92,7
1974	92,7	81,0	127,7	125,7	99,7	89,7	93,7	95,7	92,7	91,7	86,7	95,7
1975	90,7	114,7	120,7	107,7	85,7	84,7	89,7	80,5	78,5	85,7	85,7	78,5
1976	77,0	79,5	100,7	75,0	79,0	71,0	71,0	69,0	67,5	72,5	74,5	75,5
1977	70,5	70,0	74,0	69,0	80,5	65,5	65,5	66,5	68,0	68,0	72,0	80,5

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	77,0	100,7	78,5	115,7	138,7	80,0	87,7	90,7	91,7	103,7	113,7	112,7
1979	167,7	148,7	193,7	136,7	142,7	128,7	128,7	124,7	126,7	110,7	118,7	140,7
1980	146,7	156,7	119,7	113,7	118,7	105,7	100,7	93,7	109,7	93,7	94,7	113,7
1981	110,7	85,7	126,7	91,7	83,7	90,7	80,0	78,0	78,0	78,5	87,7	80,0
1982	84,7	95,7	94,7	80,0	79,0	75,5	74,5	74,0	76,0	76,0	72,5	72,0
1983	103,7	76,0	82,7	78,0	77,0	72,5	71,5	70,0	67,5	71,0	73,5	80,5
1984	70,5	70,5	77,5	100,7	68,5	69,5	70,0	74,5	71,5	73,0	72,5	80,5
1985	77,5	71,0	82,7	75,0	68,5	68,5	67,5	65,0	62,0	63,5	56,5	55,0
1986	61,0	59,5	69,0	52,5	55,5	52,5	52,5	57,5	52,5	50,5	53,5	57,0
1987	50,0	55,0	64,0	57,5	51,0	54,0	52,0	51,5	50,5	49,9	52,0	56,5
1988	63,5	68,5	78,5	70,0	64,0	64,5	66,0	65,5	63,5	64,5	65,5	63,5
1989	64,5	72,0	81,0	75,5	62,0	66,5	67,0	69,5	63,5	65,5	66,5	68,0
1990	63,5	83,7	88,7	68,5	72,0	69,0	70,0	68,0	77,0	71,5	66,0	71,0
1991	77,0	127,7	84,7	77,5	79,0	77,0	76,0	74,0	73,5	72,5	69,0	69,0
1992	75,0	78,0	69,0	66,5	67,5	62,5	62,0	60,5	63,5	71,0	90,7	70,5
1993	72,5	109,7	100,7	81,0	83,7	79,0	79,0	77,0	75,0	74,0	72,5	69,5
1994	70,0	71,5	74,0	64,0	65,5	63,5	65,5	61,5	60,5	63,5	68,5	85,7
1995	79,5	197,7	168,7	125,7	150,7	120,7	126,7	129,7	120,7	130,7	139,7	156,7
1996	165,7	137,7	204,7	166,7	130,7	134,7	130,7	127,7	118,7	131,7	124,7	124,7
1997	135,7	139,7	139,7	120,7	121,7	123,7	104,7	103,7	105,7	102,7	107,7	125,7
1998	111,7	120,7	120,7	139,7	93,7	96,7	95,7	92,7	89,7	81,7	97,7	91,7
1999	108,7	112,7	158,7	87,7	90,7	95,7	90,7	85,7	86,7	79,0	84,7	86,7
2000	79,0	104,7	108,7	77,5	76,0	76,0	74,5	73,0	72,0			

APÊNDICE D– Rio Sacre, PCH Sacre 2: energia gerada (MW)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										29,3	29,3	29,3
1931	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1932	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	27,9	28,1	27,0	26,1
1933	29,3	29,3	28,3	29,3	25,4	25,9	25,6	25,0	24,8	24,1	24,3	28,3
1934	27,0	29,3	29,3	29,3	26,1	27,2	26,8	26,8	28,3	26,3	26,6	29,2
1935	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,2	29,3
1936	29,2	29,3	29,3	29,3	27,9	27,7	27,2	26,3	25,6	24,1	23,6	22,3
1937	24,1	22,1	26,5	24,8	20,7	21,6	20,9	20,7	20,7	21,2	20,0	26,3
1938	29,3	26,5	27,0	25,9	25,9	25,0	25,0	24,5	23,8	27,0	25,0	26,5
1939	25,6	28,8	27,5	25,9	24,7	25,6	25,0	23,6	23,8	23,4	25,4	26,3
1940	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1941	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1942	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1943	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1944	29,0	29,3	29,3	29,0	27,4	27,5	26,6	25,7	25,0	24,8	25,6	23,9
1945	27,9	29,3	29,3	29,3	29,3	28,4	29,3	29,2	29,0	29,3	29,3	29,3
1946	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1947	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1948	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,2	29,3	27,5	28,4	27,2	28,4	29,3
1949	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1950	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1951	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1952	29,3	29,3	29,3	29,3	28,4	28,6	28,1	27,0	25,9	24,8	24,8	26,1
1953	25,6	27,4	29,3	23,6	24,8	24,1	24,1	23,6	24,3	24,3	22,9	24,8
1954	26,3	29,3	29,3	25,2	26,5	26,8	26,5	26,1	25,9	25,4	27,9	25,2
1955	29,3	27,0	29,3	28,1	28,6	27,7	27,7	27,2	26,1	25,7	24,5	28,4
1956	25,9	28,8	26,3	29,3	27,0	26,3	25,0	25,0	26,3	24,8	29,3	29,3
1957	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1958	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,0	28,3	28,3	29,2	29,3
1959	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1960	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1961	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	28,3	28,4	28,3	29,3
1962	29,3	29,3	28,3	29,3	29,0	29,3	29,0	28,3	29,3	27,5	26,1	29,3
1963	28,1	29,3	29,3	29,3	28,6	28,8	28,4	27,7	26,6	25,9	27,2	25,0
1964	29,2	24,5	27,5	22,9	23,9	22,5	22,1	21,4	20,3	22,1	23,8	22,5
1965	24,5	27,4	29,3	27,2	25,0	25,4	25,6	25,2	25,7	29,2	29,3	28,3
1966	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	28,1
1967	29,3	28,8	27,7	27,5	25,7	24,7	23,9	22,9	21,8	22,3	22,5	19,6
1968	22,3	20,3	21,6	20,0	18,9	18,4	18,0	18,4	17,7	18,0	17,4	20,3
1969	20,9	19,3	21,2	20,0	19,1	18,9	18,9	18,5	18,2	18,5	19,4	22,7
1970	24,7	23,6	23,0	23,8	22,9	22,1	22,3	22,0	21,2	22,7	21,2	19,8
1971	22,1	23,2	20,7	22,9	20,5	19,4	20,3	19,3	19,3	20,9	18,0	20,3
1972	21,2	25,2	21,1	20,0	21,2	20,0	20,3	20,0	21,6	20,0	22,1	23,9
1973	23,0	26,6	27,2	25,7	24,1	24,8	23,9	23,9	24,3	24,8	25,9	29,3
1974	29,3	29,2	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1975	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,0	28,3	29,3	29,3	28,3
1976	27,7	28,6	29,3	27,0	28,4	25,6	25,6	24,8	24,3	26,1	26,8	27,2
1977	25,4	25,2	26,6	24,8	29,0	23,6	23,6	23,9	24,5	24,5	25,9	29,0

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	27,7	29,3	28,3	29,3	29,3	28,8	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1979	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1980	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1981	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	28,8	28,1	28,1	28,3	29,3	28,8
1982	29,3	29,3	29,3	28,8	28,4	27,2	26,8	26,6	27,4	27,4	26,1	25,9
1983	29,3	27,4	29,3	28,1	27,7	26,1	25,7	25,2	24,3	25,6	26,5	29,0
1984	25,4	25,4	27,9	29,3	24,7	25,0	25,2	26,8	25,7	26,3	26,1	29,0
1985	27,9	25,6	29,3	27,0	24,7	24,7	24,3	23,4	22,3	22,9	20,3	19,8
1986	22,0	21,4	24,8	18,9	20,0	18,9	18,9	20,7	18,9	18,2	19,3	20,5
1987	18,0	19,8	23,0	20,7	18,4	19,4	18,7	18,5	18,2	17,9	18,7	20,3
1988	22,9	24,7	28,3	25,2	23,0	23,2	23,8	23,6	22,9	23,2	23,6	22,9
1989	23,2	25,9	29,2	27,2	22,3	23,9	24,1	25,0	22,9	23,6	23,9	24,5
1990	22,9	29,3	29,3	24,7	25,9	24,8	25,2	24,5	27,7	25,7	23,8	25,6
1991	27,7	29,3	29,3	27,9	28,4	27,7	27,4	26,6	26,5	26,1	24,8	24,8
1992	27,0	28,1	24,8	23,9	24,3	22,5	22,3	21,8	22,9	25,6	29,3	25,4
1993	26,1	29,3	29,3	29,2	29,3	28,4	28,4	27,7	27,0	26,6	26,1	25,0
1994	25,2	25,7	26,6	23,0	23,6	22,9	23,6	22,1	21,8	22,9	24,7	29,3
1995	28,6	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1996	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1997	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1998	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
1999	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	28,4	29,3	29,3
2000	28,4	29,3	29,3	27,9	27,4	27,4	26,8	26,3	25,9			

APÊNDICE E– Rio Sacre, alternativa 1: energia gerada (MW)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										43,1	43,1	43,1
1931	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1932	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	41,0	41,3	39,7	38,4
1933	43,1	43,1	41,6	43,1	37,3	38,1	37,6	36,8	36,5	35,5	35,7	41,6
1934	39,7	43,1	43,1	43,1	38,4	40,0	39,4	39,4	41,6	38,7	39,2	42,9
1935	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,9	43,1
1936	42,9	43,1	43,1	43,1	41,0	40,8	40,0	38,7	37,6	35,5	34,7	32,8
1937	35,5	32,6	38,9	36,5	30,4	31,8	30,7	30,4	30,4	31,2	29,4	38,7
1938	43,1	38,9	39,7	38,1	38,1	36,8	36,8	36,0	34,9	39,7	36,8	38,9
1939	37,6	42,4	40,5	38,1	36,3	37,6	36,8	34,7	34,9	34,4	37,3	38,7
1940	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1941	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1942	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1943	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1944	42,6	43,1	43,1	42,6	40,2	40,5	39,2	37,9	36,8	36,5	37,6	35,2
1945	41,0	43,1	43,1	43,1	43,1	41,8	43,1	42,9	42,6	43,1	43,1	43,1
1946	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1947	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1948	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,9	43,1	40,5	41,8	40,0	41,8	43,1
1949	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1950	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1951	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1952	43,1	43,1	43,1	43,1	41,8	42,1	41,3	39,7	38,1	36,5	36,5	38,4
1953	37,6	40,2	43,1	34,7	36,5	35,5	35,5	34,7	35,7	35,7	33,6	36,5
1954	38,7	43,1	43,1	37,1	38,9	39,4	38,9	38,4	38,1	37,3	41,0	37,1
1955	43,1	39,7	43,1	41,3	42,1	40,8	40,8	40,0	38,4	37,9	36,0	41,8
1956	38,1	42,4	38,7	43,1	39,7	38,7	36,8	36,8	38,7	36,5	43,1	43,1
1957	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1958	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,6	41,6	41,6	42,9	43,1
1959	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1960	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1961	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	41,6	41,8	41,6	43,1
1962	43,1	43,1	41,6	43,1	42,6	43,1	42,6	41,6	43,1	40,5	38,4	43,1
1963	41,3	43,1	43,1	43,1	42,1	42,4	41,8	40,8	39,2	38,1	40,0	36,8
1964	42,9	36,0	40,5	33,6	35,2	33,1	32,6	31,5	29,9	32,6	34,9	33,1
1965	36,0	40,2	43,1	40,0	36,8	37,3	37,6	37,1	37,9	42,9	43,1	41,6
1966	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	41,3
1967	43,1	42,4	40,8	40,5	37,9	36,3	35,2	33,6	32,0	32,8	33,1	28,9
1968	32,8	29,9	31,8	29,4	27,8	27,0	26,5	27,0	26,0	26,4	25,6	29,9
1969	30,7	28,3	31,2	29,4	28,1	27,8	27,8	27,3	26,7	27,3	28,6	33,4
1970	36,3	34,7	33,9	34,9	33,6	32,6	32,8	32,3	31,2	33,4	31,2	29,1
1971	32,6	34,2	30,4	33,6	30,2	28,6	29,9	28,3	28,3	30,7	26,5	29,9
1972	31,2	37,1	31,0	29,4	31,2	29,4	29,9	29,4	31,8	29,4	32,6	35,2
1973	33,9	39,2	40,0	37,9	35,5	36,5	35,2	35,2	35,7	36,5	38,1	43,1
1974	43,1	42,9	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1975	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,6	41,6	43,1	43,1	41,6
1976	40,8	42,1	43,1	39,7	41,8	37,6	37,6	36,5	35,7	38,4	39,4	40,0
1977	37,3	37,1	39,2	36,5	42,6	34,7	34,7	35,2	36,0	36,0	38,1	42,6

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	40,8	43,1	41,6	43,1	43,1	42,4	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1979	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1980	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1981	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	42,4	41,3	41,3	41,6	43,1	42,4
1982	43,1	43,1	43,1	42,4	41,8	40,0	39,4	39,2	40,2	40,2	38,4	38,1
1983	43,1	40,2	43,1	41,3	40,8	38,4	37,9	37,1	35,7	37,6	38,9	42,6
1984	37,3	37,3	41,0	43,1	36,3	36,8	37,1	39,4	37,9	38,7	38,4	42,6
1985	41,0	37,6	43,1	39,7	36,3	36,3	35,7	34,4	32,8	33,6	29,9	29,1
1986	32,3	31,5	36,5	27,8	29,4	27,8	27,8	30,4	27,8	26,7	28,3	30,2
1987	26,5	29,1	33,9	30,4	27,0	28,6	27,5	27,3	26,7	26,4	27,5	29,9
1988	33,6	36,3	41,6	37,1	33,9	34,2	34,9	34,7	33,6	34,2	34,7	33,6
1989	34,2	38,1	42,9	40,0	32,8	35,2	35,5	36,8	33,6	34,7	35,2	36,0
1990	33,6	43,1	43,1	36,3	38,1	36,5	37,1	36,0	40,8	37,9	34,9	37,6
1991	40,8	43,1	43,1	41,0	41,8	40,8	40,2	39,2	38,9	38,4	36,5	36,5
1992	39,7	41,3	36,5	35,2	35,7	33,1	32,8	32,0	33,6	37,6	43,1	37,3
1993	38,4	43,1	43,1	42,9	43,1	41,8	41,8	40,8	39,7	39,2	38,4	36,8
1994	37,1	37,9	39,2	33,9	34,7	33,6	34,7	32,6	32,0	33,6	36,3	43,1
1995	42,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1996	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1997	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1998	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1
1999	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	41,8	43,1	43,1
2000	41,8	43,1	43,1	41,0	40,2	40,2	39,4	38,7	38,1			

APÊNDICE F – Rio Sacre, alternativa 2: vazão turbinada (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										141,5	146,5	177,5
1931	179,4	177,5	179,4	179,4	175,5	161,5	159,5	153,5	145,5	147,5	146,5	137,5
1932	136,5	143,5	159,5	121,5	123,5	113,5	113,5	111,5	99,5	100,5	94,5	89,5
1933	121,5	112,5	101,5	112,5	85,5	88,5	86,5	83,5	82,5	78,5	79,5	101,5
1934	94,5	113,5	119,5	112,5	89,5	95,5	93,5	93,5	101,5	90,5	92,5	106,5
1935	156,5	109,5	166,5	136,5	119,5	117,5	119,5	115,5	110,5	116,5	106,5	116,5
1936	106,5	156,5	109,5	111,5	99,5	98,5	95,5	90,5	86,5	78,5	75,5	68,5
1937	78,5	67,5	91,5	82,5	59,5	64,5	60,5	59,5	59,5	62,5	55,5	90,5
1938	113,5	91,5	94,5	88,5	88,5	83,5	83,5	80,5	76,5	94,5	83,5	91,5
1939	86,5	104,5	97,5	88,5	81,5	86,5	83,5	75,5	76,5	74,5	85,5	90,5
1940	116,5	138,5	179,4	155,5	128,5	124,5	130,5	128,5	125,5	123,5	135,5	119,5
1941	133,5	152,5	179,4	120,5	125,5	119,5	119,5	125,5	111,5	128,5	116,5	130,5
1942	138,5	148,5	153,5	179,4	130,5	129,5	129,5	126,5	127,5	133,5	134,5	113,5
1943	148,5	143,5	157,5	153,5	117,5	120,5	119,5	114,5	113,5	127,5	120,5	117,5
1944	105,5	128,5	129,5	105,5	96,5	97,5	92,5	87,5	83,5	82,5	86,5	77,5
1945	99,5	117,5	145,5	129,5	110,5	102,5	107,5	106,5	105,5	107,5	118,5	124,5
1946	111,5	166,5	152,5	117,5	149,5	117,5	124,5	117,5	112,5	112,5	122,5	120,5
1947	159,5	148,5	179,4	148,5	134,5	130,5	130,5	125,5	120,5	126,5	120,5	133,5
1948	121,5	141,5	135,5	119,5	107,5	106,5	108,5	97,5	102,5	95,5	102,5	174,5
1949	153,5	178,5	170,5	152,5	142,5	148,5	140,5	135,5	127,5	142,5	120,5	152,5
1950	177,5	157,5	179,4	143,5	135,5	137,5	134,5	127,5	118,5	122,5	118,5	148,5
1951	142,5	147,5	179,4	124,5	160,5	140,5	140,5	137,5	133,5	125,5	133,5	124,5
1952	133,5	131,5	132,5	129,5	102,5	103,5	100,5	94,5	88,5	82,5	82,5	89,5
1953	86,5	96,5	123,5	75,5	82,5	78,5	78,5	75,5	79,5	79,5	71,5	82,5
1954	90,5	113,5	141,5	84,5	91,5	93,5	91,5	89,5	88,5	85,5	99,5	84,5
1955	122,5	94,5	149,5	100,5	103,5	98,5	98,5	95,5	89,5	87,5	80,5	102,5
1956	88,5	104,5	90,5	107,5	94,5	90,5	83,5	83,5	90,5	82,5	119,5	115,5
1957	118,5	151,5	142,5	133,5	115,5	122,5	117,5	115,5	120,5	108,5	111,5	126,5
1958	136,5	123,5	138,5	138,5	112,5	110,5	112,5	105,5	101,5	101,5	106,5	122,5
1959	172,5	137,5	179,4	137,5	133,5	134,5	134,5	128,5	121,5	116,5	145,5	143,5
1960	159,5	172,5	155,5	156,5	132,5	132,5	130,5	124,5	115,5	119,5	114,5	123,5
1961	141,5	127,5	160,5	115,5	123,5	112,5	111,5	112,5	101,5	102,5	101,5	121,5
1962	140,5	144,5	101,5	135,5	105,5	108,5	105,5	101,5	107,5	97,5	89,5	135,5
1963	100,5	142,5	127,5	116,5	103,5	104,5	102,5	98,5	92,5	88,5	95,5	83,5
1964	106,5	80,5	97,5	71,5	77,5	69,5	67,5	63,5	57,5	67,5	76,5	69,5
1965	80,5	96,5	117,5	95,5	83,5	85,5	86,5	84,5	87,5	106,5	109,5	101,5
1966	109,5	133,5	141,5	119,5	138,5	113,5	113,5	111,5	110,5	120,5	117,5	100,5
1967	119,5	104,5	98,5	97,5	87,5	81,5	77,5	71,5	65,5	68,5	69,5	53,5
1968	68,5	57,5	64,5	55,5	49,5	46,5	44,5	46,5	42,7	44,4	41,2	57,5
1969	60,5	51,5	62,5	55,5	50,5	49,5	49,5	47,5	45,5	47,5	52,5	70,5
1970	81,5	75,5	72,5	76,5	71,5	67,5	68,5	66,5	62,5	70,5	62,5	54,5
1971	67,5	73,5	59,5	71,5	58,5	52,5	57,5	51,5	51,5	60,5	44,5	57,5
1972	62,5	84,5	61,5	55,5	62,5	55,5	57,5	55,5	64,5	55,5	67,5	77,5
1973	72,5	92,5	95,5	87,5	78,5	82,5	77,5	77,5	79,5	82,5	88,5	118,5
1974	118,5	106,5	153,5	151,5	125,5	115,5	119,5	121,5	118,5	117,5	112,5	121,5
1975	116,5	140,5	146,5	133,5	111,5	110,5	115,5	105,5	101,5	111,5	111,5	101,5
1976	98,5	103,5	126,5	94,5	102,5	86,5	86,5	82,5	79,5	89,5	93,5	95,5
1977	85,5	84,5	92,5	82,5	105,5	75,5	75,5	77,5	80,5	80,5	88,5	105,5

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	98,5	126,5	101,5	141,5	164,5	104,5	113,5	116,5	117,5	129,5	139,5	138,5
1979	179,4	174,5	179,4	162,5	168,5	154,5	154,5	150,5	152,5	136,5	144,5	166,5
1980	172,5	179,4	145,5	139,5	144,5	131,5	126,5	119,5	135,5	119,5	120,5	139,5
1981	136,5	111,5	152,5	117,5	109,5	116,5	104,5	100,5	100,5	101,5	113,5	104,5
1982	110,5	121,5	120,5	104,5	102,5	95,5	93,5	92,5	96,5	96,5	89,5	88,5
1983	129,5	96,5	108,5	100,5	98,5	89,5	87,5	84,5	79,5	86,5	91,5	105,5
1984	85,5	85,5	99,5	126,5	81,5	83,5	84,5	93,5	87,5	90,5	89,5	105,5
1985	99,5	86,5	108,5	94,5	81,5	81,5	79,5	74,5	68,5	71,5	57,5	54,5
1986	66,5	63,5	82,5	49,5	55,5	49,5	49,5	59,5	49,5	45,5	51,5	58,5
1987	44,5	54,5	72,5	59,5	46,5	52,5	48,5	47,5	45,5	44,2	48,5	57,5
1988	71,5	81,5	101,5	84,5	72,5	73,5	76,5	75,5	71,5	73,5	75,5	71,5
1989	73,5	88,5	106,5	95,5	68,5	77,5	78,5	83,5	71,5	75,5	77,5	80,5
1990	71,5	109,5	114,5	81,5	88,5	82,5	84,5	80,5	98,5	87,5	76,5	86,5
1991	98,5	153,5	110,5	99,5	102,5	98,5	96,5	92,5	91,5	89,5	82,5	82,5
1992	94,5	100,5	82,5	77,5	79,5	69,5	68,5	65,5	71,5	86,5	116,5	85,5
1993	89,5	135,5	126,5	106,5	109,5	102,5	102,5	98,5	94,5	92,5	89,5	83,5
1994	84,5	87,5	92,5	72,5	75,5	71,5	75,5	67,5	65,5	71,5	81,5	111,5
1995	103,5	179,4	179,4	151,5	176,5	146,5	152,5	155,5	146,5	156,5	165,5	179,4
1996	179,4	163,5	179,4	179,4	156,5	160,5	156,5	153,5	144,5	157,5	150,5	150,5
1997	161,5	165,5	165,5	146,5	147,5	149,5	130,5	129,5	131,5	128,5	133,5	151,5
1998	137,5	146,5	146,5	165,5	119,5	122,5	121,5	118,5	115,5	107,5	123,5	117,5
1999	134,5	138,5	179,4	113,5	116,5	121,5	116,5	111,5	112,5	102,5	110,5	112,5
2000	102,5	130,5	134,5	99,5	96,5	96,5	93,5	90,5	88,5			

APÊNDICE G – Rio Sacre, alternativa 2: energia gerada (MW)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930										74,9	77,6	94,0
1931	95,0	94,0	95,0	95,0	92,9	85,5	84,5	81,3	77,0	78,1	77,6	72,8
1932	72,3	76,0	84,5	64,3	65,4	60,1	60,1	59,0	52,7	53,2	50,0	47,4
1933	64,3	59,6	53,7	59,6	45,3	46,9	45,8	44,2	43,7	41,6	42,1	53,7
1934	50,0	60,1	63,3	59,6	47,4	50,6	49,5	49,5	53,7	47,9	49,0	56,4
1935	82,9	58,0	88,2	72,3	63,3	62,2	63,3	61,2	58,5	61,7	56,4	61,7
1936	56,4	82,9	58,0	59,0	52,7	52,2	50,6	47,9	45,8	41,6	40,0	36,3
1937	41,6	35,7	48,4	43,7	31,5	34,2	32,0	31,5	31,5	33,1	29,4	47,9
1938	60,1	48,4	50,0	46,9	46,9	44,2	44,2	42,6	40,5	50,0	44,2	48,4
1939	45,8	55,3	51,6	46,9	43,2	45,8	44,2	40,0	40,5	39,4	45,3	47,9
1940	61,7	73,3	95,0	82,3	68,0	65,9	69,1	68,0	66,5	65,4	71,7	63,3
1941	70,7	80,7	95,0	63,8	66,5	63,3	63,3	66,5	59,0	68,0	61,7	69,1
1942	73,3	78,6	81,3	95,0	69,1	68,6	68,6	67,0	67,5	70,7	71,2	60,1
1943	78,6	76,0	83,4	81,3	62,2	63,8	63,3	60,6	60,1	67,5	63,8	62,2
1944	55,9	68,0	68,6	55,9	51,1	51,6	49,0	46,3	44,2	43,7	45,8	41,0
1945	52,7	62,2	77,0	68,6	58,5	54,3	56,9	56,4	55,9	56,9	62,7	65,9
1946	59,0	88,2	80,7	62,2	79,2	62,2	65,9	62,2	59,6	59,6	64,9	63,8
1947	84,5	78,6	95,0	78,6	71,2	69,1	69,1	66,5	63,8	67,0	63,8	70,7
1948	64,3	74,9	71,7	63,3	56,9	56,4	57,5	51,6	54,3	50,6	54,3	92,4
1949	81,3	94,5	90,3	80,7	75,5	78,6	74,4	71,7	67,5	75,5	63,8	80,7
1950	94,0	83,4	95,0	76,0	71,7	72,8	71,2	67,5	62,7	64,9	62,7	78,6
1951	75,5	78,1	95,0	65,9	85,0	74,4	74,4	72,8	70,7	66,5	70,7	65,9
1952	70,7	69,6	70,2	68,6	54,3	54,8	53,2	50,0	46,9	43,7	43,7	47,4
1953	45,8	51,1	65,4	40,0	43,7	41,6	41,6	40,0	42,1	42,1	37,9	43,7
1954	47,9	60,1	74,9	44,7	48,4	49,5	48,4	47,4	46,9	45,3	52,7	44,7
1955	64,9	50,0	79,2	53,2	54,8	52,2	52,2	50,6	47,4	46,3	42,6	54,3
1956	46,9	55,3	47,9	56,9	50,0	47,9	44,2	44,2	47,9	43,7	63,3	61,2
1957	62,7	80,2	75,5	70,7	61,2	64,9	62,2	61,2	63,8	57,5	59,0	67,0
1958	72,3	65,4	73,3	73,3	59,6	58,5	59,6	55,9	53,7	53,7	56,4	64,9
1959	91,3	72,8	95,0	72,8	70,7	71,2	71,2	68,0	64,3	61,7	77,0	76,0
1960	84,5	91,3	82,3	82,9	70,2	70,2	69,1	65,9	61,2	63,3	60,6	65,4
1961	74,9	67,5	85,0	61,2	65,4	59,6	59,0	59,6	53,7	54,3	53,7	64,3
1962	74,4	76,5	53,7	71,7	55,9	57,5	55,9	53,7	56,9	51,6	47,4	71,7
1963	53,2	75,5	67,5	61,7	54,8	55,3	54,3	52,2	49,0	46,9	50,6	44,2
1964	56,4	42,6	51,6	37,9	41,0	36,8	35,7	33,6	30,4	35,7	40,5	36,8
1965	42,6	51,1	62,2	50,6	44,2	45,3	45,8	44,7	46,3	56,4	58,0	53,7
1966	58,0	70,7	74,9	63,3	73,3	60,1	60,1	59,0	58,5	63,8	62,2	53,2
1967	63,3	55,3	52,2	51,6	46,3	43,2	41,0	37,9	34,7	36,3	36,8	28,3
1968	36,3	30,4	34,2	29,4	26,2	24,6	23,6	24,6	22,6	23,5	21,8	30,4
1969	32,0	27,3	33,1	29,4	26,7	26,2	26,2	25,2	24,1	25,2	27,8	37,3
1970	43,2	40,0	38,4	40,5	37,9	35,7	36,3	35,2	33,1	37,3	33,1	28,9
1971	35,7	38,9	31,5	37,9	31,0	27,8	30,4	27,3	27,3	32,0	23,6	30,4
1972	33,1	44,7	32,6	29,4	33,1	29,4	30,4	29,4	34,2	29,4	35,7	41,0
1973	38,4	49,0	50,6	46,3	41,6	43,7	41,0	41,0	42,1	43,7	46,9	62,7
1974	62,7	56,4	81,3	80,2	66,5	61,2	63,3	64,3	62,7	62,2	59,6	64,3
1975	61,7	74,4	77,6	70,7	59,0	58,5	61,2	55,9	53,7	59,0	59,0	53,7
1976	52,2	54,8	67,0	50,0	54,3	45,8	45,8	43,7	42,1	47,4	49,5	50,6
1977	45,3	44,7	49,0	43,7	55,9	40,0	40,0	41,0	42,6	42,6	46,9	55,9

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	52,2	67,0	53,7	74,9	87,1	55,3	60,1	61,7	62,2	68,6	73,9	73,3
1979	95,0	92,4	95,0	86,0	89,2	81,8	81,8	79,7	80,7	72,3	76,5	88,2
1980	91,3	95,0	77,0	73,9	76,5	69,6	67,0	63,3	71,7	63,3	63,8	73,9
1981	72,3	59,0	80,7	62,2	58,0	61,7	55,3	53,2	53,2	53,7	60,1	55,3
1982	58,5	64,3	63,8	55,3	54,3	50,6	49,5	49,0	51,1	51,1	47,4	46,9
1983	68,6	51,1	57,5	53,2	52,2	47,4	46,3	44,7	42,1	45,8	48,4	55,9
1984	45,3	45,3	52,7	67,0	43,2	44,2	44,7	49,5	46,3	47,9	47,4	55,9
1985	52,7	45,8	57,5	50,0	43,2	43,2	42,1	39,4	36,3	37,9	30,4	28,9
1986	35,2	33,6	43,7	26,2	29,4	26,2	26,2	31,5	26,2	24,1	27,3	31,0
1987	23,6	28,9	38,4	31,5	24,6	27,8	25,7	25,2	24,1	23,4	25,7	30,4
1988	37,9	43,2	53,7	44,7	38,4	38,9	40,5	40,0	37,9	38,9	40,0	37,9
1989	38,9	46,9	56,4	50,6	36,3	41,0	41,6	44,2	37,9	40,0	41,0	42,6
1990	37,9	58,0	60,6	43,2	46,9	43,7	44,7	42,6	52,2	46,3	40,5	45,8
1991	52,2	81,3	58,5	52,7	54,3	52,2	51,1	49,0	48,4	47,4	43,7	43,7
1992	50,0	53,2	43,7	41,0	42,1	36,8	36,3	34,7	37,9	45,8	61,7	45,3
1993	47,4	71,7	67,0	56,4	58,0	54,3	54,3	52,2	50,0	49,0	47,4	44,2
1994	44,7	46,3	49,0	38,4	40,0	37,9	40,0	35,7	34,7	37,9	43,2	59,0
1995	54,8	95,0	95,0	80,2	93,5	77,6	80,7	82,3	77,6	82,9	87,6	95,0
1996	95,0	86,6	95,0	95,0	82,9	85,0	82,9	81,3	76,5	83,4	79,7	79,7
1997	85,5	87,6	87,6	77,6	78,1	79,2	69,1	68,6	69,6	68,0	70,7	80,2
1998	72,8	77,6	77,6	87,6	63,3	64,9	64,3	62,7	61,2	56,9	65,4	62,2
1999	71,2	73,3	95,0	60,1	61,7	64,3	61,7	59,0	59,6	54,3	58,5	59,6
2000	54,3	69,1	71,2	52,7	51,1	51,1	49,5	47,9	46,9			

APÊNDICE H – Rio Novo: série histórica (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	211,6	213,9	271,3	185,2	127,9	100,3	86	76,2	75,8	83,6	118,4	161
1931	208,3	346,5	368	223,7	164	126,3	107,4	94,9	89,2	105,5	142,9	138,8
1932	160,1	166,6	144,5	112,7	101,2	79,8	69,8	61,6	72,4	86,2	114,6	95,8
1933	122,6	120,9	134,6	126,3	84,8	67,5	58,2	51,7	49,4	54,9	119,7	146,8
1934	188,3	227,2	213	151,8	109,7	86,5	74,2	65,9	63,5	62,8	95,9	130,6
1935	160	179,7	279	226,9	155,8	110,4	90,6	81,8	74,2	92,5	113,7	124
1936	118,7	179	183,6	215,4	137,2	99,3	82,2	72	64,4	73,9	103,4	135,6
1937	140	136	165,9	126,1	99,1	76,2	64,7	57,4	54	76,7	127,8	243,5
1938	278,3	201,3	232,7	177,4	124	99	85,4	75,9	68,3	78	94,9	153
1939	153,4	147,6	128,5	110,3	85,1	69,1	64,6	56,8	71,3	94,5	111,1	109,4
1940	159,3	210,4	330,7	185,1	132,8	101,8	86,4	79,9	75,3	82,2	132,5	143,4
1941	139,4	147,8	246,3	199,3	123,8	94,8	81	71,7	67,5	100,4	112,8	138,3
1942	181,3	325,8	252,7	164,3	124,8	100,2	86,6	77	87,8	106,9	136,4	206,7
1943	395,5	304,8	301,3	214,2	150,3	124,4	107,4	95,4	87,3	106,9	145,3	186
1944	144,9	173,4	150,1	146,1	102,6	82,9	72	64	58,2	81,9	114,3	158,6
1945	285,2	262,2	231,2	188,8	166,8	117,9	96,5	84,1	80	124,5	137,1	159,6
1946	151,6	136,8	162,7	126,6	104,4	81,6	69,3	61,3	61,6	60,6	105,5	109,4
1947	162,5	154,2	490,2	265,9	164,4	123,7	104,4	98,1	93,9	110,2	136,1	182,1
1948	194,5	164,7	212,4	159,8	111,1	90,4	78,6	70,9	69,5	80,2	97,6	243,2
1949	292,4	308,3	207,1	177,3	134,1	107,3	92,7	82,4	76,3	88,6	112,9	118,5
1950	124,4	126,3	167,6	150,3	99,5	78,9	67,9	60,2	62	72,7	90,2	118,6
1951	115,8	96,5	125,5	128,5	96,1	73,1	60,3	52,6	48,1	62,3	70,9	105
1952	107,3	104,2	151,1	156,8	105,9	75,9	62,6	54,6	56,3	57,7	77,8	143,3
1953	118,7	125,9	125,8	106,4	76,5	61,4	53,1	47,2	59,5	76,8	87,9	129
1954	120,4	134,8	177	136,7	95,6	73	61,8	54,6	51,4	50	82,5	91,1
1955	139,2	122,2	126,6	128,3	85,8	66,1	56,3	49,7	47,5	69,9	108,1	136,8
1956	135,1	235,9	231,7	207,9	145,8	104,9	86,1	74,7	71,4	84	149,6	144,9
1957	197,5	239,7	364,8	249,9	162,2	122,7	103,5	91,3	91,2	90,6	117,8	121,4
1958	165,2	167,4	272,7	222,4	138,5	105,8	94,5	81,1	82,2	93,5	91,6	137,4
1959	163,2	162,1	219	143,7	103,9	88,5	74,2	66,4	65	72,4	83,7	77,5
1960	134,1	141,2	326,4	178,4	124,9	94,8	80,2	70,7	67,3	77,4	99,2	138,6
1961	170,2	144,6	130,7	105,5	92,4	71,7	61,1	54,1	49,5	56,1	61,8	98
1962	115,9	137,8	128,4	121,4	84	65,7	55,6	49	46,6	61,4	72,1	104
1963	113,5	142,7	134	105,5	91,3	67,1	55,9	49	44,4	45,3	65,3	102,6
1964	227,5	261,9	248,4	179,7	134,5	100,6	84,8	74,3	66,9	86,8	110,5	114
1965	144,8	135	157,3	128,4	89,6	74,2	67,6	58,5	52,5	85,1	105,1	109,6
1966	122,1	129,7	136,5	129,8	92,5	71,8	60,4	53,2	54,3	76,2	92,7	131,1
1967	101,8	130,8	146,9	165,6	103,5	81,2	66,1	57,4	64,3	71,1	112,9	113,1
1968	132,9	231,3	303,2	189	142,5	104,8	87,5	79,9	81,9	87	135,2	160
1969	170,2	185,7	151,3	135,1	105,5	84	71,1	63	61,5	67,4	86	115,7
1970	176,6	149,5	205,9	134,6	94,5	78	70,1	64,5	63,2	77,3	96,9	93,6
1971	95,4	107,6	122,1	142,9	99	79,1	69,3	64,1	61,9	70,3	93,5	124,5
1972	118,8	137,6	132,6	126,7	80,2	74	68	62,3	59,8	73	107	135,2
1973	106,3	127,7	146,6	134	94,5	75,3	67,9	62,5	56,8	98,8	100,1	115,5
1974	140,1	156,1	261,7	214,6	205,5	103,2	83,2	75,5	68,6	99,8	112,2	122,8
1975	135,9	177,4	173,3	216,2	100,1	83,5	84,4	69	63	83,3	95,6	110,3
1976	125,8	190,9	155,7	137,3	92,8	78,8	69,8	64,6	69,6	127,6	135,8	133,3
1977	179,5	200,5	132,4	186,9	144,2	100,8	81,8	74,3	76,7	98,2	117,3	171

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	182,8	208,4	289,6	181,8	159,7	109,8	90,2	76,8	73	112,7	122,8	192,8
1979	317,8	414	283,3	239,8	138,7	108,2	92,7	85,4	83,1	96,8	153,2	132,9
1980	215,1	467,6	207,2	169,2	108	95,3	86,9	77,6	79,3	79,8	148,9	178,8
1981	210,5	141,3	239,6	191,9	105,3	100,9	83,1	75,1	67	87,2	160,3	122,4
1982	230,6	175,4	193,5	146,7	93,3	79,9	73,3	67,8	75,1	82,4	81,7	91
1983	184	195,2	157,8	106,6	79	72,1	67,1	62,5	60,5	79,3	95	128,8
1984	112,9	115,1	133,6	120,7	79,8	68,2	62,3	59,5	61,5	76,7	74,3	99
1985	162,2	136,3	144,1	156,9	108,1	78	69	62,8	62,8	94,5	117,3	209,4
1986	202,5	164,3	164,6	166,2	108,7	82,6	75,6	69	62,9	103	91,8	109,8
1987	104,8	102,3	159,2	152,1	92,1	71,8	65,1	60,2	58,1	66,6	95,9	131,9
1988	142,1	154,4	146,3	124	82,6	71,5	64,2	59	54,7	70,5	74	124,5
1989	120,6	125,3	158,4	122,1	109,8	77,1	69,1	62	65,5	65,3	107,3	331,3
1990	167	151,8	141,8	116,7	101,7	76,4	71,6	63,3	66,6	70,3	72,7	98,7
1991	167	126,8	148,7	133	88,8	71,1	63,9	57,7	55,5	56,3	95,6	106,6
1992	179,7	339,4	109,5	124	82,9	70,2	65,8	60,9	62,5	70,5	107,8	185
1993	110,3	130,4	102,2	111,4	79,8	64,7	59,2	55,5	60,1	69,6	65	107,5
1994	121,7	136,7	156,7	150,4	80,4	70	61,2	55,3	52	59,8	84,4	102,5
1995	117	159,6	141,7	160,4	136,5	80	67,3	59	54,8	58,7	73,3	133

**APÊNDICE I – Rio Novo, UHE Cachoeira da Velha:
vazão turbinada (m³/s)**

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	161,0	161,0	161,0	161,0	123,9	96,3	82,0	72,2	71,8	79,6	114,4	157,0
1931	161,0	161,0	161,0	161,0	160,0	122,3	103,4	90,9	85,2	101,5	138,9	134,8
1932	156,1	161,0	140,5	108,7	97,2	75,8	65,8	57,6	68,4	82,2	110,6	91,8
1933	118,6	116,9	130,6	122,3	80,8	63,5	54,2	47,7	45,4	50,9	115,7	142,8
1934	161,0	161,0	161,0	147,8	105,7	82,5	70,2	61,9	59,5	58,8	91,9	126,6
1935	156,0	161,0	161,0	161,0	151,8	106,4	86,6	77,8	70,2	88,5	109,7	120,0
1936	114,7	161,0	161,0	161,0	133,2	95,3	78,2	68,0	60,4	69,9	99,4	131,6
1937	136,0	132,0	161,0	122,1	95,1	72,2	60,7	53,4	50,0	72,7	123,8	161,0
1938	161,0	161,0	161,0	161,0	120,0	95,0	81,4	71,9	64,3	74,0	90,9	149,0
1939	149,4	143,6	124,5	106,3	81,1	65,1	60,6	52,8	67,3	90,5	107,1	105,4
1940	155,3	161,0	161,0	161,0	128,8	97,8	82,4	75,9	71,3	78,2	128,5	139,4
1941	135,4	143,8	161,0	161,0	119,8	90,8	77,0	67,7	63,5	96,4	108,8	134,3
1942	161,0	161,0	161,0	160,3	120,8	96,2	82,6	73,0	83,8	102,9	132,4	161,0
1943	161,0	161,0	161,0	161,0	146,3	120,4	103,4	91,4	83,3	102,9	141,3	161,0
1944	140,9	161,0	146,1	142,1	98,6	78,9	68,0	60,0	54,2	77,9	110,3	154,6
1945	161,0	161,0	161,0	161,0	161,0	113,9	92,5	80,1	76,0	120,5	133,1	155,6
1946	147,6	132,8	158,7	122,6	100,4	77,6	65,3	57,3	57,6	56,6	101,5	105,4
1947	158,5	150,2	161,0	161,0	160,4	119,7	100,4	94,1	89,9	106,2	132,1	161,0
1948	161,0	160,7	161,0	155,8	107,1	86,4	74,6	66,9	65,5	76,2	93,6	161,0
1949	161,0	161,0	161,0	161,0	130,1	103,3	88,7	78,4	72,3	84,6	108,9	114,5
1950	120,4	122,3	161,0	146,3	95,5	74,9	63,9	56,2	58,0	68,7	86,2	114,6
1951	111,8	92,5	121,5	124,5	92,1	69,1	56,3	48,6	44,1	58,3	66,9	101,0
1952	103,3	100,2	147,1	152,8	101,9	71,9	58,6	50,6	52,3	53,7	73,8	139,3
1953	114,7	121,9	121,8	102,4	72,5	57,4	49,1	43,2	55,5	72,8	83,9	125,0
1954	116,4	130,8	161,0	132,7	91,6	69,0	57,8	50,6	47,4	46,0	78,5	87,1
1955	135,2	118,2	122,6	124,3	81,8	62,1	52,3	45,7	43,5	65,9	104,1	132,8
1956	131,1	161,0	161,0	161,0	141,8	100,9	82,1	70,7	67,4	80,0	145,6	140,9
1957	161,0	161,0	161,0	161,0	158,2	118,7	99,5	87,3	87,2	86,6	113,8	117,4
1958	161,0	161,0	161,0	161,0	134,5	101,8	90,5	77,1	78,2	89,5	87,6	133,4
1959	159,2	158,1	161,0	139,7	99,9	84,5	70,2	62,4	61,0	68,4	79,7	73,5
1960	130,1	137,2	161,0	161,0	120,9	90,8	76,2	66,7	63,3	73,4	95,2	134,6
1961	161,0	140,6	126,7	101,5	88,4	67,7	57,1	50,1	45,5	52,1	57,8	94,0
1962	111,9	133,8	124,4	117,4	80,0	61,7	51,6	45,0	42,6	57,4	68,1	100,0
1963	109,5	138,7	130,0	101,5	87,3	63,1	51,9	45,0	40,4	41,3	61,3	98,6
1964	161,0	161,0	161,0	161,0	130,5	96,6	80,8	70,3	62,9	82,8	106,5	110,0
1965	140,8	131,0	153,3	124,4	85,6	70,2	63,6	54,5	48,5	81,1	101,1	105,6
1966	118,1	125,7	132,5	125,8	88,5	67,8	56,4	49,2	50,3	72,2	88,7	127,1
1967	97,8	126,8	142,9	161,0	99,5	77,2	62,1	53,4	60,3	67,1	108,9	109,1
1968	128,9	161,0	161,0	161,0	138,5	100,8	83,5	75,9	77,9	83,0	131,2	156,0
1969	161,0	161,0	147,3	131,1	101,5	80,0	67,1	59,0	57,5	63,4	82,0	111,7
1970	161,0	145,5	161,0	130,6	90,5	74,0	66,1	60,5	59,2	73,3	92,9	89,6
1971	91,4	103,6	118,1	138,9	95,0	75,1	65,3	60,1	57,9	66,3	89,5	120,5
1972	114,8	133,6	128,6	122,7	76,2	70,0	64,0	58,3	55,8	69,0	103,0	131,2
1973	102,3	123,7	142,6	130,0	90,5	71,3	63,9	58,5	52,8	94,8	96,1	111,5
1974	136,1	152,1	161,0	161,0	161,0	99,2	79,2	71,5	64,6	95,8	108,2	118,8
1975	131,9	161,0	161,0	161,0	96,1	79,5	80,4	65,0	59,0	79,3	91,6	106,3
1976	121,8	161,0	151,7	133,3	88,8	74,8	65,8	60,6	65,6	123,6	131,8	129,3
1977	161,0	161,0	128,4	161,0	140,2	96,8	77,8	70,3	72,7	94,2	113,3	161,0

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	161,0	161,0	161,0	161,0	155,7	105,8	86,2	72,8	69,0	108,7	118,8	161,0
1979	161,0	161,0	161,0	161,0	134,7	104,2	88,7	81,4	79,1	92,8	149,2	128,9
1980	161,0	161,0	161,0	161,0	104,0	91,3	82,9	73,6	75,3	75,8	144,9	161,0
1981	161,0	137,3	161,0	161,0	101,3	96,9	79,1	71,1	63,0	83,2	156,3	118,4
1982	161,0	161,0	161,0	142,7	89,3	75,9	69,3	63,8	71,1	78,4	77,7	87,0
1983	161,0	161,0	153,8	102,6	75,0	68,1	63,1	58,5	56,5	75,3	91,0	124,8
1984	108,9	111,1	129,6	116,7	75,8	64,2	58,3	55,5	57,5	72,7	70,3	95,0
1985	158,2	132,3	140,1	152,9	104,1	74,0	65,0	58,8	58,8	90,5	113,3	161,0
1986	161,0	160,3	160,6	161,0	104,7	78,6	71,6	65,0	58,9	99,0	87,8	105,8
1987	100,8	98,3	155,2	148,1	88,1	67,8	61,1	56,2	54,1	62,6	91,9	127,9
1988	138,1	150,4	142,3	120,0	78,6	67,5	60,2	55,0	50,7	66,5	70,0	120,5
1989	116,6	121,3	154,4	118,1	105,8	73,1	65,1	58,0	61,5	61,3	103,3	161,0
1990	161,0	147,8	137,8	112,7	97,7	72,4	67,6	59,3	62,6	66,3	68,7	94,7
1991	161,0	122,8	144,7	129,0	84,8	67,1	59,9	53,7	51,5	52,3	91,6	102,6
1992	161,0	161,0	105,5	120,0	78,9	66,2	61,8	56,9	58,5	66,5	103,8	161,0
1993	106,3	126,4	98,2	107,4	75,8	60,7	55,2	51,5	56,1	65,6	61,0	103,5
1994	117,7	132,7	152,7	146,4	76,4	66,0	57,2	51,3	48,0	55,8	80,4	98,5
1995	113,0	155,6	137,7	156,4	132,5	76,0	63,3	55,0	50,8	54,7	69,3	129,0

**APÊNDICE J – Rio Novo, UHE Cachoeira da Velha:
vazão ecológica (m³/s)**

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	50,6	52,9	110,3	24,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1931	47,3	185,5	207,0	62,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1932	4,0	5,6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1933	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1934	27,3	66,2	52,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1935	4,0	18,7	118,0	65,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1936	4,0	18,0	22,6	54,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1937	4,0	4,0	4,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	82,5
1938	117,3	40,3	71,7	16,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1939	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1940	4,0	49,4	169,7	24,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1941	4,0	4,0	85,3	38,3	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1942	20,3	164,8	91,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	45,7
1943	234,5	143,8	140,3	53,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	25,0
1944	4,0	12,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1945	124,2	101,2	70,2	27,8	5,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1946	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1947	4,0	4,0	329,2	104,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	21,1
1948	33,5	4,0	51,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	82,2
1949	131,4	147,3	46,1	16,3	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1950	4,0	4,0	6,6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1951	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1952	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1953	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1954	4,0	4,0	16,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1955	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1956	4,0	74,9	70,7	46,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1957	36,5	78,7	203,8	88,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1958	4,2	6,4	111,7	61,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1959	4,0	4,0	58,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1960	4,0	4,0	165,4	17,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1961	9,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1962	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1963	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1964	66,5	100,9	87,4	18,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1965	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1966	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1967	4,0	4,0	4,0	4,6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1968	4,0	70,3	142,2	28,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1969	9,2	24,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1970	15,6	4,0	44,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1971	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1972	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1973	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1974	4,0	4,0	100,7	53,6	44,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1975	4,0	16,4	12,3	55,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1976	4,0	29,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1977	18,5	39,5	4,0	25,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	10,0

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	21,8	47,4	128,6	20,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	31,8
1979	156,8	253,0	122,3	78,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1980	54,1	306,6	46,2	8,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	17,8
1981	49,5	4,0	78,6	30,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1982	69,6	14,4	32,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1983	23,0	34,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1984	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1985	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	48,4
1986	41,5	4,0	4,0	5,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1987	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1988	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1989	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	170,3
1990	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1991	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1992	18,7	178,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	24,0
1993	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1994	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
1995	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

**APÊNDICE L – Rio Novo, UHE Cachoeira da Velha:
energia gerada (MW)**

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	77,2	77,2	77,2	77,2	59,4	46,2	39,3	34,6	34,4	38,2	54,9	75,3
1931	77,2	77,2	77,2	77,2	76,7	58,7	49,6	43,6	40,9	48,7	66,6	64,6
1932	74,9	77,2	67,4	52,1	46,6	36,4	31,6	27,6	32,8	39,4	53,0	44,0
1933	56,9	56,1	62,6	58,7	38,7	30,5	26,0	22,9	21,8	24,4	55,5	68,5
1934	77,2	77,2	77,2	70,9	50,7	39,6	33,7	29,7	28,5	28,2	44,1	60,7
1935	74,8	77,2	77,2	77,2	72,8	51,0	41,5	37,3	33,7	42,4	52,6	57,5
1936	55,0	77,2	77,2	77,2	63,9	45,7	37,5	32,6	29,0	33,5	47,7	63,1
1937	65,2	63,3	77,2	58,6	45,6	34,6	29,1	25,6	24,0	34,9	59,4	77,2
1938	77,2	77,2	77,2	77,2	57,5	45,6	39,0	34,5	30,8	35,5	43,6	71,5
1939	71,6	68,9	59,7	51,0	38,9	31,2	29,1	25,3	32,3	43,4	51,4	50,5
1940	74,5	77,2	77,2	77,2	61,8	46,9	39,5	36,4	34,2	37,5	61,6	66,9
1941	64,9	69,0	77,2	77,2	57,5	43,5	36,9	32,5	30,5	46,2	52,2	64,4
1942	77,2	77,2	77,2	76,9	57,9	46,1	39,6	35,0	40,2	49,3	63,5	77,2
1943	77,2	77,2	77,2	77,2	70,2	57,7	49,6	43,8	39,9	49,3	67,8	77,2
1944	67,6	77,2	70,1	68,1	47,3	37,8	32,6	28,8	26,0	37,4	52,9	74,1
1945	77,2	77,2	77,2	77,2	77,2	54,6	44,4	38,4	36,4	57,8	63,8	74,6
1946	70,8	63,7	76,1	58,8	48,1	37,2	31,3	27,5	27,6	27,1	48,7	50,5
1947	76,0	72,0	77,2	77,2	76,9	57,4	48,1	45,1	43,1	50,9	63,4	77,2
1948	77,2	77,1	77,2	74,7	51,4	41,4	35,8	32,1	31,4	36,5	44,9	77,2
1949	77,2	77,2	77,2	77,2	62,4	49,5	42,5	37,6	34,7	40,6	52,2	54,9
1950	57,7	58,7	77,2	70,2	45,8	35,9	30,6	27,0	27,8	32,9	41,3	55,0
1951	53,6	44,4	58,3	59,7	44,2	33,1	27,0	23,3	21,1	28,0	32,1	48,4
1952	49,5	48,1	70,5	73,3	48,9	34,5	28,1	24,3	25,1	25,8	35,4	66,8
1953	55,0	58,5	58,4	49,1	34,8	27,5	23,5	20,7	26,6	34,9	40,2	59,9
1954	55,8	62,7	77,2	63,6	43,9	33,1	27,7	24,3	22,7	22,1	37,6	41,8
1955	64,8	56,7	58,8	59,6	39,2	29,8	25,1	21,9	20,9	31,6	49,9	63,7
1956	62,9	77,2	77,2	77,2	68,0	48,4	39,4	33,9	32,3	38,4	69,8	67,6
1957	77,2	77,2	77,2	77,2	75,9	56,9	47,7	41,9	41,8	41,5	54,6	56,3
1958	77,2	77,2	77,2	77,2	64,5	48,8	43,4	37,0	37,5	42,9	42,0	64,0
1959	76,3	75,8	77,2	67,0	47,9	40,5	33,7	29,9	29,3	32,8	38,2	35,2
1960	62,4	65,8	77,2	77,2	58,0	43,5	36,5	32,0	30,4	35,2	45,7	64,5
1961	77,2	67,4	60,8	48,7	42,4	32,5	27,4	24,0	21,8	25,0	27,7	45,1
1962	53,7	64,2	59,7	56,3	38,4	29,6	24,7	21,6	20,4	27,5	32,7	48,0
1963	52,5	66,5	62,3	48,7	41,9	30,3	24,9	21,6	19,4	19,8	29,4	47,3
1964	77,2	77,2	77,2	77,2	62,6	46,3	38,7	33,7	30,2	39,7	51,1	52,8
1965	67,5	62,8	73,5	59,7	41,1	33,7	30,5	26,1	23,3	38,9	48,5	50,6
1966	56,6	60,3	63,5	60,3	42,4	32,5	27,0	23,6	24,1	34,6	42,5	61,0
1967	46,9	60,8	68,5	77,2	47,7	37,0	29,8	25,6	28,9	32,2	52,2	52,3
1968	61,8	77,2	77,2	77,2	66,4	48,3	40,0	36,4	37,4	39,8	62,9	74,8
1969	77,2	77,2	70,6	62,9	48,7	38,4	32,2	28,3	27,6	30,4	39,3	53,6
1970	77,2	69,8	77,2	62,6	43,4	35,5	31,7	29,0	28,4	35,2	44,6	43,0
1971	43,8	49,7	56,6	66,6	45,6	36,0	31,3	28,8	27,8	31,8	42,9	57,8
1972	55,1	64,1	61,7	58,8	36,5	33,6	30,7	28,0	26,8	33,1	49,4	62,9
1973	49,1	59,3	68,4	62,3	43,4	34,2	30,6	28,1	25,3	45,5	46,1	53,5
1974	65,3	72,9	77,2	77,2	77,2	47,6	38,0	34,3	31,0	45,9	51,9	57,0
1975	63,3	77,2	77,2	77,2	46,1	38,1	38,6	31,2	28,3	38,0	43,9	51,0
1976	58,4	77,2	72,7	63,9	42,6	35,9	31,6	29,1	31,5	59,3	63,2	62,0
1977	77,2	77,2	61,6	77,2	67,2	46,4	37,3	33,7	34,9	45,2	54,3	77,2

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	77,2	77,2	77,2	77,2	74,7	50,7	41,3	34,9	33,1	52,1	57,0	77,2
1979	77,2	77,2	77,2	77,2	64,6	50,0	42,5	39,0	37,9	44,5	71,6	61,8
1980	77,2	77,2	77,2	77,2	49,9	43,8	39,8	35,3	36,1	36,4	69,5	77,2
1981	77,2	65,8	77,2	77,2	48,6	46,5	37,9	34,1	30,2	39,9	75,0	56,8
1982	77,2	77,2	77,2	68,4	42,8	36,4	33,2	30,6	34,1	37,6	37,3	41,7
1983	77,2	77,2	73,8	49,2	36,0	32,7	30,3	28,1	27,1	36,1	43,6	59,8
1984	52,2	53,3	62,2	56,0	36,4	30,8	28,0	26,6	27,6	34,9	33,7	45,6
1985	75,9	63,4	67,2	73,3	49,9	35,5	31,2	28,2	28,2	43,4	54,3	77,2
1986	77,2	76,9	77,0	77,2	50,2	37,7	34,3	31,2	28,2	47,5	42,1	50,7
1987	48,3	47,1	74,4	71,0	42,2	32,5	29,3	27,0	25,9	30,0	44,1	61,3
1988	66,2	72,1	68,2	57,5	37,7	32,4	28,9	26,4	24,3	31,9	33,6	57,8
1989	55,9	58,2	74,0	56,6	50,7	35,1	31,2	27,8	29,5	29,4	49,5	77,2
1990	77,2	70,9	66,1	54,0	46,9	34,7	32,4	28,4	30,0	31,8	32,9	45,4
1991	77,2	58,9	69,4	61,9	40,7	32,2	28,7	25,8	24,7	25,1	43,9	49,2
1992	77,2	77,2	50,6	57,5	37,8	31,7	29,6	27,3	28,1	31,9	49,8	77,2
1993	51,0	60,6	47,1	51,5	36,4	29,1	26,5	24,7	26,9	31,5	29,3	49,6
1994	56,4	63,6	73,2	70,2	36,6	31,7	27,4	24,6	23,0	26,8	38,6	47,2
1995	54,2	74,6	66,0	75,0	63,5	36,4	30,4	26,4	24,4	26,2	33,2	61,9

APÊNDICE M – Rio Novo, alternativas: vazão turbinada (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	50,2	43,0	38,1	37,9	41,8	59,2	59,6
1931	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	53,7	47,5	44,6	52,8	59,6	59,6
1932	59,6	59,6	59,6	56,4	50,6	39,9	34,9	30,8	36,2	43,1	57,3	47,9
1933	59,6	59,6	59,6	59,6	42,4	33,8	29,1	25,9	24,7	27,5	59,6	59,6
1934	59,6	59,6	59,6	59,6	54,9	43,3	37,1	33,0	31,8	31,4	48,0	59,6
1935	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	55,2	45,3	40,9	37,1	46,3	56,9	59,6
1936	59,4	59,6	59,6	59,6	59,6	49,7	41,1	36,0	32,2	37,0	51,7	59,6
1937	59,6	59,6	59,6	59,6	49,6	38,1	32,4	28,7	27,0	38,4	59,6	59,6
1938	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	49,5	42,7	38,0	34,2	39,0	47,5	59,6
1939	59,6	59,6	59,6	55,2	42,6	34,6	32,3	28,4	35,7	47,3	55,6	54,7
1940	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	50,9	43,2	40,0	37,7	41,1	59,6	59,6
1941	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	47,4	40,5	35,9	33,8	50,2	56,4	59,6
1942	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	50,1	43,3	38,5	43,9	53,5	59,6	59,6
1943	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	53,7	47,7	43,7	53,5	59,6	59,6
1944	59,6	59,6	59,6	59,6	51,3	41,5	36,0	32,0	29,1	41,0	57,2	59,6
1945	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,0	48,3	42,1	40,0	59,6	59,6	59,6
1946	59,6	59,6	59,6	59,6	52,2	40,8	34,7	30,7	30,8	30,3	52,8	54,7
1947	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	52,2	49,1	47,0	55,1	59,6	59,6
1948	59,6	59,6	59,6	59,6	55,6	45,2	39,3	35,5	34,8	40,1	48,8	59,6
1949	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	53,7	46,4	41,2	38,2	44,3	56,5	59,3
1950	59,6	59,6	59,6	59,6	49,8	39,5	34,0	30,1	31,0	36,4	45,1	59,3
1951	57,9	48,3	59,6	59,6	48,1	36,6	30,2	26,3	24,1	31,2	35,5	52,5
1952	53,7	52,1	59,6	59,6	53,0	38,0	31,3	27,3	28,2	28,9	38,9	59,6
1953	59,4	59,6	59,6	53,2	38,3	30,7	26,6	23,6	29,8	38,4	44,0	59,6
1954	59,6	59,6	59,6	59,6	47,8	36,5	30,9	27,3	25,7	25,0	41,3	45,6
1955	59,6	59,6	59,6	59,6	42,9	33,1	28,2	24,9	23,8	35,0	54,1	59,6
1956	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	52,5	43,1	37,4	35,7	42,0	59,6	59,6
1957	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	51,8	45,7	45,6	45,3	58,9	59,6
1958	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	52,9	47,3	40,6	41,1	46,8	45,8	59,6
1959	59,6	59,6	59,6	59,6	52,0	44,3	37,1	33,2	32,5	36,2	41,9	38,8
1960	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	47,4	40,1	35,4	33,7	38,7	49,6	59,6
1961	59,6	59,6	59,6	52,8	46,2	35,9	30,6	27,1	24,8	28,1	30,9	49,0
1962	58,0	59,6	59,6	59,6	42,0	32,9	27,8	24,5	23,3	30,7	36,1	52,0
1963	56,8	59,6	59,6	52,8	45,7	33,6	28,0	24,5	22,2	22,7	32,7	51,3
1964	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	50,3	42,4	37,2	33,5	43,4	55,3	57,0
1965	59,6	59,6	59,6	59,6	44,8	37,1	33,8	29,3	26,3	42,6	52,6	54,8
1966	59,6	59,6	59,6	59,6	46,3	35,9	30,2	26,6	27,2	38,1	46,4	59,6
1967	50,9	59,6	59,6	59,6	51,8	40,6	33,1	28,7	32,2	35,6	56,5	56,6
1968	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	52,4	43,8	40,0	41,0	43,5	59,6	59,6
1969	59,6	59,6	59,6	59,6	52,8	42,0	35,6	31,5	30,8	33,7	43,0	57,9
1970	59,6	59,6	59,6	59,6	47,3	39,0	35,1	32,3	31,6	38,7	48,5	46,8
1971	47,7	53,8	59,6	59,6	49,5	39,6	34,7	32,1	31,0	35,2	46,8	59,6
1972	59,4	59,6	59,6	59,6	40,1	37,0	34,0	31,2	29,9	36,5	53,5	59,6
1973	53,2	59,6	59,6	59,6	47,3	37,7	34,0	31,3	28,4	49,4	50,1	57,8
1974	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	51,6	41,6	37,8	34,3	49,9	56,1	59,6
1975	59,6	59,6	59,6	59,6	50,1	41,8	42,2	34,5	31,5	41,7	47,8	55,2
1976	59,6	59,6	59,6	59,6	46,4	39,4	34,9	32,3	34,8	59,6	59,6	59,6
1977	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	50,4	40,9	37,2	38,4	49,1	58,7	59,6

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	54,9	45,1	38,4	36,5	56,4	59,6	59,6
1979	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	54,1	46,4	42,7	41,6	48,4	59,6	59,6
1980	59,6	59,6	59,6	59,6	54,0	47,7	43,5	38,8	39,7	39,9	59,6	59,6
1981	59,6	59,6	59,6	59,6	52,7	50,5	41,6	37,6	33,5	43,6	59,6	59,6
1982	59,6	59,6	59,6	59,6	46,7	40,0	36,7	33,9	37,6	41,2	40,9	45,5
1983	59,6	59,6	59,6	53,3	39,5	36,1	33,6	31,3	30,3	39,7	47,5	59,6
1984	56,5	57,6	59,6	59,6	39,9	34,1	31,2	29,8	30,8	38,4	37,2	49,5
1985	59,6	59,6	59,6	59,6	54,1	39,0	34,5	31,4	31,4	47,3	58,7	59,6
1986	59,6	59,6	59,6	59,6	54,4	41,3	37,8	34,5	31,5	51,5	45,9	54,9
1987	52,4	51,2	59,6	59,6	46,1	35,9	32,6	30,1	29,1	33,3	48,0	59,6
1988	59,6	59,6	59,6	59,6	41,3	35,8	32,1	29,5	27,4	35,3	37,0	59,6
1989	59,6	59,6	59,6	59,6	54,9	38,6	34,6	31,0	32,8	32,7	53,7	59,6
1990	59,6	59,6	59,6	58,4	50,9	38,2	35,8	31,7	33,3	35,2	36,4	49,4
1991	59,6	59,6	59,6	59,6	44,4	35,6	32,0	28,9	27,8	28,2	47,8	53,3
1992	59,6	59,6	54,8	59,6	41,5	35,1	32,9	30,5	31,3	35,3	53,9	59,6
1993	55,2	59,6	51,1	55,7	39,9	32,4	29,6	27,8	30,1	34,8	32,5	53,8
1994	59,6	59,6	59,6	59,6	40,2	35,0	30,6	27,7	26,0	29,9	42,2	51,3
1995	58,5	59,6	59,6	59,6	59,6	40,0	33,7	29,5	27,4	29,4	36,7	59,6

APÊNDICE N – Rio Novo, alternativas: vazão ecológica (m³/s)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	152,0	154,3	211,7	125,6	68,3	50,2	43,0	38,1	37,9	41,8	59,2	101,4
1931	148,7	286,9	308,4	164,1	104,4	66,7	53,7	47,5	44,6	52,8	83,3	79,2
1932	100,5	107,0	84,9	56,4	50,6	39,9	34,9	30,8	36,2	43,1	57,3	47,9
1933	63,0	61,3	75,0	66,7	42,4	33,8	29,1	25,9	24,7	27,5	60,1	87,2
1934	128,7	167,6	153,4	92,2	54,9	43,3	37,1	33,0	31,8	31,4	48,0	71,0
1935	100,4	120,1	219,4	167,3	96,2	55,2	45,3	40,9	37,1	46,3	56,9	64,4
1936	59,4	119,4	124,0	155,8	77,6	49,7	41,1	36,0	32,2	37,0	51,7	76,0
1937	80,4	76,4	106,3	66,5	49,6	38,1	32,4	28,7	27,0	38,4	68,2	183,9
1938	218,7	141,7	173,1	117,8	64,4	49,5	42,7	38,0	34,2	39,0	47,5	93,4
1939	93,8	88,0	68,9	55,2	42,6	34,6	32,3	28,4	35,7	47,3	55,6	54,7
1940	99,7	150,8	271,1	125,5	73,2	50,9	43,2	40,0	37,7	41,1	72,9	83,8
1941	79,8	88,2	186,7	139,7	64,2	47,4	40,5	35,9	33,8	50,2	56,4	78,7
1942	121,7	266,2	193,1	104,7	65,2	50,1	43,3	38,5	43,9	53,5	76,8	147,1
1943	335,9	245,2	241,7	154,6	90,7	64,8	53,7	47,7	43,7	53,5	85,7	126,4
1944	85,3	113,8	90,5	86,5	51,3	41,5	36,0	32,0	29,1	41,0	57,2	99,0
1945	225,6	202,6	171,6	129,2	107,2	59,0	48,3	42,1	40,0	64,9	77,5	100,0
1946	92,0	77,2	103,1	67,0	52,2	40,8	34,7	30,7	30,8	30,3	52,8	54,7
1947	102,9	94,6	430,6	206,3	104,8	64,1	52,2	49,1	47,0	55,1	76,5	122,5
1948	134,9	105,1	152,8	100,2	55,6	45,2	39,3	35,5	34,8	40,1	48,8	183,6
1949	232,8	248,7	147,5	117,7	74,5	53,7	46,4	41,2	38,2	44,3	56,5	59,3
1950	64,8	66,7	108,0	90,7	49,8	39,5	34,0	30,1	31,0	36,4	45,1	59,3
1951	57,9	48,3	65,9	68,9	48,1	36,6	30,2	26,3	24,1	31,2	35,5	52,5
1952	53,7	52,1	91,5	97,2	53,0	38,0	31,3	27,3	28,2	28,9	38,9	83,7
1953	59,4	66,3	66,2	53,2	38,3	30,7	26,6	23,6	29,8	38,4	44,0	69,4
1954	60,8	75,2	117,4	77,1	47,8	36,5	30,9	27,3	25,7	25,0	41,3	45,6
1955	79,6	62,6	67,0	68,7	42,9	33,1	28,2	24,9	23,8	35,0	54,1	77,2
1956	75,5	176,3	172,1	148,3	86,2	52,5	43,1	37,4	35,7	42,0	90,0	85,3
1957	137,9	180,1	305,2	190,3	102,6	63,1	51,8	45,7	45,6	45,3	58,9	61,8
1958	105,6	107,8	213,1	162,8	78,9	52,9	47,3	40,6	41,1	46,8	45,8	77,8
1959	103,6	102,5	159,4	84,1	52,0	44,3	37,1	33,2	32,5	36,2	41,9	38,8
1960	74,5	81,6	266,8	118,8	65,3	47,4	40,1	35,4	33,7	38,7	49,6	79,0
1961	110,6	85,0	71,1	52,8	46,2	35,9	30,6	27,1	24,8	28,1	30,9	49,0
1962	58,0	78,2	68,8	61,8	42,0	32,9	27,8	24,5	23,3	30,7	36,1	52,0
1963	56,8	83,1	74,4	52,8	45,7	33,6	28,0	24,5	22,2	22,7	32,7	51,3
1964	167,9	202,3	188,8	120,1	74,9	50,3	42,4	37,2	33,5	43,4	55,3	57,0
1965	85,2	75,4	97,7	68,8	44,8	37,1	33,8	29,3	26,3	42,6	52,6	54,8
1966	62,5	70,1	76,9	70,2	46,3	35,9	30,2	26,6	27,2	38,1	46,4	71,5
1967	50,9	71,2	87,3	106,0	51,8	40,6	33,1	28,7	32,2	35,6	56,5	56,6
1968	73,3	171,7	243,6	129,4	82,9	52,4	43,8	40,0	41,0	43,5	75,6	100,4
1969	110,6	126,1	91,7	75,5	52,8	42,0	35,6	31,5	30,8	33,7	43,0	57,9
1970	117,0	89,9	146,3	75,0	47,3	39,0	35,1	32,3	31,6	38,7	48,5	46,8
1971	47,7	53,8	62,5	83,3	49,5	39,6	34,7	32,1	31,0	35,2	46,8	64,9
1972	59,4	78,0	73,0	67,1	40,1	37,0	34,0	31,2	29,9	36,5	53,5	75,6
1973	53,2	68,1	87,0	74,4	47,3	37,7	34,0	31,3	28,4	49,4	50,1	57,8
1974	80,5	96,5	202,1	155,0	145,9	51,6	41,6	37,8	34,3	49,9	56,1	63,2
1975	76,3	117,8	113,7	156,6	50,1	41,8	42,2	34,5	31,5	41,7	47,8	55,2
1976	66,2	131,3	96,1	77,7	46,4	39,4	34,9	32,3	34,8	68,0	76,2	73,7
1977	119,9	140,9	72,8	127,3	84,6	50,4	40,9	37,2	38,4	49,1	58,7	111,4

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	123,2	148,8	230,0	122,2	100,1	54,9	45,1	38,4	36,5	56,4	63,2	133,2
1979	258,2	354,4	223,7	180,2	79,1	54,1	46,4	42,7	41,6	48,4	93,6	73,3
1980	155,5	408,0	147,6	109,6	54,0	47,7	43,5	38,8	39,7	39,9	89,3	119,2
1981	150,9	81,7	180,0	132,3	52,7	50,5	41,6	37,6	33,5	43,6	100,7	62,8
1982	171,0	115,8	133,9	87,1	46,7	40,0	36,7	33,9	37,6	41,2	40,9	45,5
1983	124,4	135,6	98,2	53,3	39,5	36,1	33,6	31,3	30,3	39,7	47,5	69,2
1984	56,5	57,6	74,0	61,1	39,9	34,1	31,2	29,8	30,8	38,4	37,2	49,5
1985	102,6	76,7	84,5	97,3	54,1	39,0	34,5	31,4	31,4	47,3	58,7	149,8
1986	142,9	104,7	105,0	106,6	54,4	41,3	37,8	34,5	31,5	51,5	45,9	54,9
1987	52,4	51,2	99,6	92,5	46,1	35,9	32,6	30,1	29,1	33,3	48,0	72,3
1988	82,5	94,8	86,7	64,4	41,3	35,8	32,1	29,5	27,4	35,3	37,0	64,9
1989	61,0	65,7	98,8	62,5	54,9	38,6	34,6	31,0	32,8	32,7	53,7	271,7
1990	107,4	92,2	82,2	58,4	50,9	38,2	35,8	31,7	33,3	35,2	36,4	49,4
1991	107,4	67,2	89,1	73,4	44,4	35,6	32,0	28,9	27,8	28,2	47,8	53,3
1992	120,1	279,8	54,8	64,4	41,5	35,1	32,9	30,5	31,3	35,3	53,9	125,4
1993	55,2	70,8	51,1	55,7	39,9	32,4	29,6	27,8	30,1	34,8	32,5	53,8
1994	62,1	77,1	97,1	90,8	40,2	35,0	30,6	27,7	26,0	29,9	42,2	51,3
1995	58,5	100,0	82,1	100,8	76,9	40,0	33,7	29,5	27,4	29,4	36,7	73,4

APÊNDICE O – Rio Novo, alternativa 1: energia gerada (MW)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,4	7,2	6,4	6,3	7,0	9,9	9,9
1931	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	7,9	7,4	8,8	9,9	9,9
1932	9,9	9,9	9,9	9,4	8,4	6,7	5,8	5,1	6,0	7,2	9,6	8,0
1933	9,9	9,9	9,9	9,9	7,1	5,6	4,9	4,3	4,1	4,6	9,9	9,9
1934	9,9	9,9	9,9	9,9	9,1	7,2	6,2	5,5	5,3	5,2	8,0	9,9
1935	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,2	7,6	6,8	6,2	7,7	9,5	9,9
1936	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,3	6,9	6,0	5,4	6,2	8,6	9,9
1937	9,9	9,9	9,9	9,9	8,3	6,4	5,4	4,8	4,5	6,4	9,9	9,9
1938	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,3	7,1	6,3	5,7	6,5	7,9	9,9
1939	9,9	9,9	9,9	9,2	7,1	5,8	5,4	4,7	5,9	7,9	9,3	9,1
1940	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,5	7,2	6,7	6,3	6,9	9,9	9,9
1941	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	7,9	6,8	6,0	5,6	8,4	9,4	9,9
1942	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,4	7,2	6,4	7,3	8,9	9,9	9,9
1943	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	8,0	7,3	8,9	9,9	9,9
1944	9,9	9,9	9,9	9,9	8,6	6,9	6,0	5,3	4,9	6,8	9,5	9,9
1945	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	8,0	7,0	6,7	9,9	9,9	9,9
1946	9,9	9,9	9,9	9,9	8,7	6,8	5,8	5,1	5,1	5,1	8,8	9,1
1947	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,7	8,2	7,8	9,2	9,9	9,9
1948	9,9	9,9	9,9	9,9	9,3	7,5	6,6	5,9	5,8	6,7	8,1	9,9
1949	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,9	7,7	6,9	6,4	7,4	9,4	9,9
1950	9,9	9,9	9,9	9,9	8,3	6,6	5,7	5,0	5,2	6,1	7,5	9,9
1951	9,7	8,0	9,9	9,9	8,0	6,1	5,0	4,4	4,0	5,2	5,9	8,8
1952	8,9	8,7	9,9	9,9	8,8	6,3	5,2	4,6	4,7	4,8	6,5	9,9
1953	9,9	9,9	9,9	8,9	6,4	5,1	4,4	3,9	5,0	6,4	7,3	9,9
1954	9,9	9,9	9,9	9,9	8,0	6,1	5,2	4,6	4,3	4,2	6,9	7,6
1955	9,9	9,9	9,9	9,9	7,2	5,5	4,7	4,1	4,0	5,8	9,0	9,9
1956	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,7	7,2	6,2	6,0	7,0	9,9	9,9
1957	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,6	7,6	7,6	7,6	9,8	9,9
1958	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,8	7,9	6,8	6,9	7,8	7,6	9,9
1959	9,9	9,9	9,9	9,9	8,7	7,4	6,2	5,5	5,4	6,0	7,0	6,5
1960	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	7,9	6,7	5,9	5,6	6,5	8,3	9,9
1961	9,9	9,9	9,9	8,8	7,7	6,0	5,1	4,5	4,1	4,7	5,2	8,2
1962	9,7	9,9	9,9	9,9	7,0	5,5	4,6	4,1	3,9	5,1	6,0	8,7
1963	9,5	9,9	9,9	8,8	7,6	5,6	4,7	4,1	3,7	3,8	5,4	8,6
1964	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,4	7,1	6,2	5,6	7,2	9,2	9,5
1965	9,9	9,9	9,9	9,9	7,5	6,2	5,6	4,9	4,4	7,1	8,8	9,1
1966	9,9	9,9	9,9	9,9	7,7	6,0	5,0	4,4	4,5	6,4	7,7	9,9
1967	8,5	9,9	9,9	9,9	8,6	6,8	5,5	4,8	5,4	5,9	9,4	9,4
1968	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,7	7,3	6,7	6,8	7,3	9,9	9,9
1969	9,9	9,9	9,9	9,9	8,8	7,0	5,9	5,3	5,1	5,6	7,2	9,6
1970	9,9	9,9	9,9	9,9	7,9	6,5	5,8	5,4	5,3	6,4	8,1	7,8
1971	8,0	9,0	9,9	9,9	8,3	6,6	5,8	5,3	5,2	5,9	7,8	9,9
1972	9,9	9,9	9,9	9,9	6,7	6,2	5,7	5,2	5,0	6,1	8,9	9,9
1973	8,9	9,9	9,9	9,9	7,9	6,3	5,7	5,2	4,7	8,2	8,3	9,6
1974	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,6	6,9	6,3	5,7	8,3	9,4	9,9
1975	9,9	9,9	9,9	9,9	8,3	7,0	7,0	5,8	5,3	6,9	8,0	9,2
1976	9,9	9,9	9,9	9,9	7,7	6,6	5,8	5,4	5,8	9,9	9,9	9,9
1977	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	8,4	6,8	6,2	6,4	8,2	9,8	9,9

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,2	7,5	6,4	6,1	9,4	9,9	9,9
1979	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	7,7	7,1	6,9	8,1	9,9	9,9
1980	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	7,9	7,2	6,5	6,6	6,7	9,9	9,9
1981	9,9	9,9	9,9	9,9	8,8	8,4	6,9	6,3	5,6	7,3	9,9	9,9
1982	9,9	9,9	9,9	9,9	7,8	6,7	6,1	5,7	6,3	6,9	6,8	7,6
1983	9,9	9,9	9,9	8,9	6,6	6,0	5,6	5,2	5,0	6,6	7,9	9,9
1984	9,4	9,6	9,9	9,9	6,7	5,7	5,2	5,0	5,1	6,4	6,2	8,3
1985	9,9	9,9	9,9	9,9	9,0	6,5	5,8	5,2	5,2	7,9	9,8	9,9
1986	9,9	9,9	9,9	9,9	9,1	6,9	6,3	5,8	5,2	8,6	7,7	9,2
1987	8,7	8,5	9,9	9,9	7,7	6,0	5,4	5,0	4,8	5,6	8,0	9,9
1988	9,9	9,9	9,9	9,9	6,9	6,0	5,4	4,9	4,6	5,9	6,2	9,9
1989	9,9	9,9	9,9	9,9	9,2	6,4	5,8	5,2	5,5	5,4	8,9	9,9
1990	9,9	9,9	9,9	9,7	8,5	6,4	6,0	5,3	5,6	5,9	6,1	8,2
1991	9,9	9,9	9,9	9,9	7,4	5,9	5,3	4,8	4,6	4,7	8,0	8,9
1992	9,9	9,9	9,1	9,9	6,9	5,9	5,5	5,1	5,2	5,9	9,0	9,9
1993	9,2	9,9	8,5	9,3	6,7	5,4	4,9	4,6	5,0	5,8	5,4	9,0
1994	9,9	9,9	9,9	9,9	6,7	5,8	5,1	4,6	4,3	5,0	7,0	8,5
1995	9,8	9,9	9,9	9,9	9,9	6,7	5,6	4,9	4,6	4,9	6,1	9,9

APÊNDICE P – Rio Novo, alternativa 2: energia gerada (MW)

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1930	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,4	14,9	13,2	13,1	14,5	20,5	20,6
1931	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,6	16,4	15,4	18,3	20,6	20,6
1932	20,6	20,6	20,6	19,5	17,5	13,8	12,1	10,7	12,5	14,9	19,8	16,6
1933	20,6	20,6	20,6	20,6	14,7	11,7	10,1	9,0	8,6	9,5	20,6	20,6
1934	20,6	20,6	20,6	20,6	19,0	15,0	12,8	11,4	11,0	10,9	16,6	20,6
1935	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	19,1	15,7	14,2	12,8	16,0	19,7	20,6
1936	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,2	14,2	12,5	11,2	12,8	17,9	20,6
1937	20,6	20,6	20,6	20,6	17,2	13,2	11,2	9,9	9,4	13,3	20,6	20,6
1938	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,1	14,8	13,1	11,8	13,5	16,4	20,6
1939	20,6	20,6	20,6	19,1	14,7	12,0	11,2	9,8	12,3	16,4	19,2	18,9
1940	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,6	15,0	13,8	13,0	14,2	20,6	20,6
1941	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	16,4	14,0	12,4	11,7	17,4	19,5	20,6
1942	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,4	15,0	13,3	15,2	18,5	20,6	20,6
1943	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,6	16,5	15,1	18,5	20,6	20,6
1944	20,6	20,6	20,6	20,6	17,8	14,4	12,5	11,1	10,1	14,2	19,8	20,6
1945	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,4	16,7	14,6	13,9	20,6	20,6	20,6
1946	20,6	20,6	20,6	20,6	18,1	14,1	12,0	10,6	10,7	10,5	18,3	18,9
1947	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,1	17,0	16,3	19,1	20,6	20,6
1948	20,6	20,6	20,6	20,6	19,2	15,7	13,6	12,3	12,0	13,9	16,9	20,6
1949	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,6	16,1	14,3	13,2	15,3	19,6	20,5
1950	20,6	20,6	20,6	20,6	17,2	13,7	11,8	10,4	10,7	12,6	15,6	20,5
1951	20,1	16,7	20,6	20,6	16,6	12,7	10,4	9,1	8,3	10,8	12,3	18,2
1952	18,6	18,0	20,6	20,6	18,3	13,1	10,8	9,5	9,7	10,0	13,5	20,6
1953	20,6	20,6	20,6	18,4	13,2	10,6	9,2	8,2	10,3	13,3	15,2	20,6
1954	20,6	20,6	20,6	20,6	16,6	12,6	10,7	9,5	8,9	8,7	14,3	15,8
1955	20,6	20,6	20,6	20,6	14,9	11,4	9,7	8,6	8,2	12,1	18,7	20,6
1956	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,2	14,9	12,9	12,4	14,5	20,6	20,6
1957	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,9	15,8	15,8	15,7	20,4	20,6
1958	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,3	16,4	14,0	14,2	16,2	15,9	20,6
1959	20,6	20,6	20,6	20,6	18,0	15,3	12,8	11,5	11,3	12,5	14,5	13,4
1960	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	16,4	13,9	12,2	11,7	13,4	17,2	20,6
1961	20,6	20,6	20,6	18,3	16,0	12,4	10,6	9,4	8,6	9,7	10,7	17,0
1962	20,1	20,6	20,6	20,6	14,5	11,4	9,6	8,5	8,1	10,6	12,5	18,0
1963	19,7	20,6	20,6	18,3	15,8	11,6	9,7	8,5	7,7	7,8	11,3	17,8
1964	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,4	14,7	12,9	11,6	15,0	19,1	19,7
1965	20,6	20,6	20,6	20,6	15,5	12,8	11,7	10,1	9,1	14,7	18,2	19,0
1966	20,6	20,6	20,6	20,6	16,0	12,4	10,5	9,2	9,4	13,2	16,1	20,6
1967	17,6	20,6	20,6	20,6	17,9	14,1	11,4	9,9	11,1	12,3	19,6	19,6
1968	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,1	15,2	13,8	14,2	15,1	20,6	20,6
1969	20,6	20,6	20,6	20,6	18,3	14,5	12,3	10,9	10,7	11,7	14,9	20,0
1970	20,6	20,6	20,6	20,6	16,4	13,5	12,1	11,2	10,9	13,4	16,8	16,2
1971	16,5	18,6	20,6	20,6	17,1	13,7	12,0	11,1	10,7	12,2	16,2	20,6
1972	20,6	20,6	20,6	20,6	13,9	12,8	11,8	10,8	10,4	12,6	18,5	20,6
1973	18,4	20,6	20,6	20,6	16,4	13,0	11,8	10,8	9,8	17,1	17,3	20,0
1974	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,9	14,4	13,1	11,9	17,3	19,4	20,6
1975	20,6	20,6	20,6	20,6	17,3	14,5	14,6	11,9	10,9	14,4	16,6	19,1
1976	20,6	20,6	20,6	20,6	16,1	13,6	12,1	11,2	12,1	20,6	20,6	20,6
1977	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	17,5	14,2	12,9	13,3	17,0	20,3	20,6

Ano\Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1978	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	19,0	15,6	13,3	12,6	19,5	20,6	20,6
1979	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	18,7	16,1	14,8	14,4	16,8	20,6	20,6
1980	20,6	20,6	20,6	20,6	18,7	16,5	15,0	13,4	13,7	13,8	20,6	20,6
1981	20,6	20,6	20,6	20,6	18,2	17,5	14,4	13,0	11,6	15,1	20,6	20,6
1982	20,6	20,6	20,6	20,6	16,2	13,8	12,7	11,7	13,0	14,3	14,1	15,8
1983	20,6	20,6	20,6	18,5	13,7	12,5	11,6	10,8	10,5	13,7	16,5	20,6
1984	19,6	19,9	20,6	20,6	13,8	11,8	10,8	10,3	10,7	13,3	12,9	17,1
1985	20,6	20,6	20,6	20,6	18,7	13,5	11,9	10,9	10,9	16,4	20,3	20,6
1986	20,6	20,6	20,6	20,6	18,8	14,3	13,1	11,9	10,9	17,8	15,9	19,0
1987	18,1	17,7	20,6	20,6	15,9	12,4	11,3	10,4	10,1	11,5	16,6	20,6
1988	20,6	20,6	20,6	20,6	14,3	12,4	11,1	10,2	9,5	12,2	12,8	20,6
1989	20,6	20,6	20,6	20,6	19,0	13,4	12,0	10,7	11,3	11,3	18,6	20,6
1990	20,6	20,6	20,6	20,2	17,6	13,2	12,4	11,0	11,5	12,2	12,6	17,1
1991	20,6	20,6	20,6	20,6	15,4	12,3	11,1	10,0	9,6	9,7	16,6	18,5
1992	20,6	20,6	19,0	20,6	14,4	12,2	11,4	10,5	10,8	12,2	18,7	20,6
1993	19,1	20,6	17,7	19,3	13,8	11,2	10,3	9,6	10,4	12,1	11,3	18,6
1994	20,6	20,6	20,6	20,6	13,9	12,1	10,6	9,6	9,0	10,4	14,6	17,8
1995	20,3	20,6	20,6	20,6	20,6	13,9	11,7	10,2	9,5	10,2	12,7	20,6

ANEXO A – Sistema Interligado Nacional



Convenções Cartográficas

- Capital Federal
- Capitais
- Divisão Estadual

	Existente	Futuro
138 kV		
230 kV		
345 kV		
440 kV		
500 kV		
750 kV		
± 600 kV CC		

Complexo

- A Paraná
- B Paranapanema
- C Grande
- D Paranaíba
- E Paulo Afonso

- Centro de carga
- N Número de circuitos existentes

Fonte: ONS, 2008.

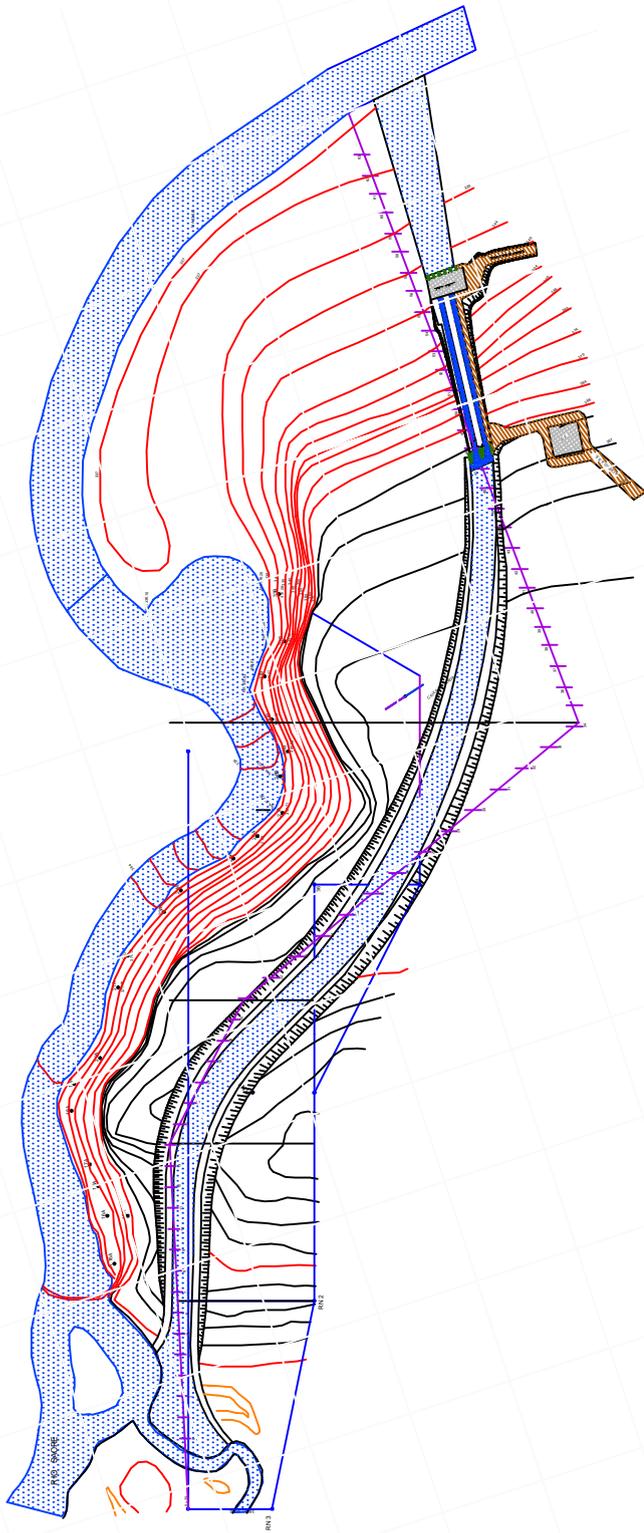
ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL - 3ª EDIÇÃO

Escala Gráfica: 0 250 500 km



MAPA 1.3 - Sistema de transmissão - Horizonte 2007-2009

ANEXO B – PCH Sacre 2: arranjo geral (sem escala)



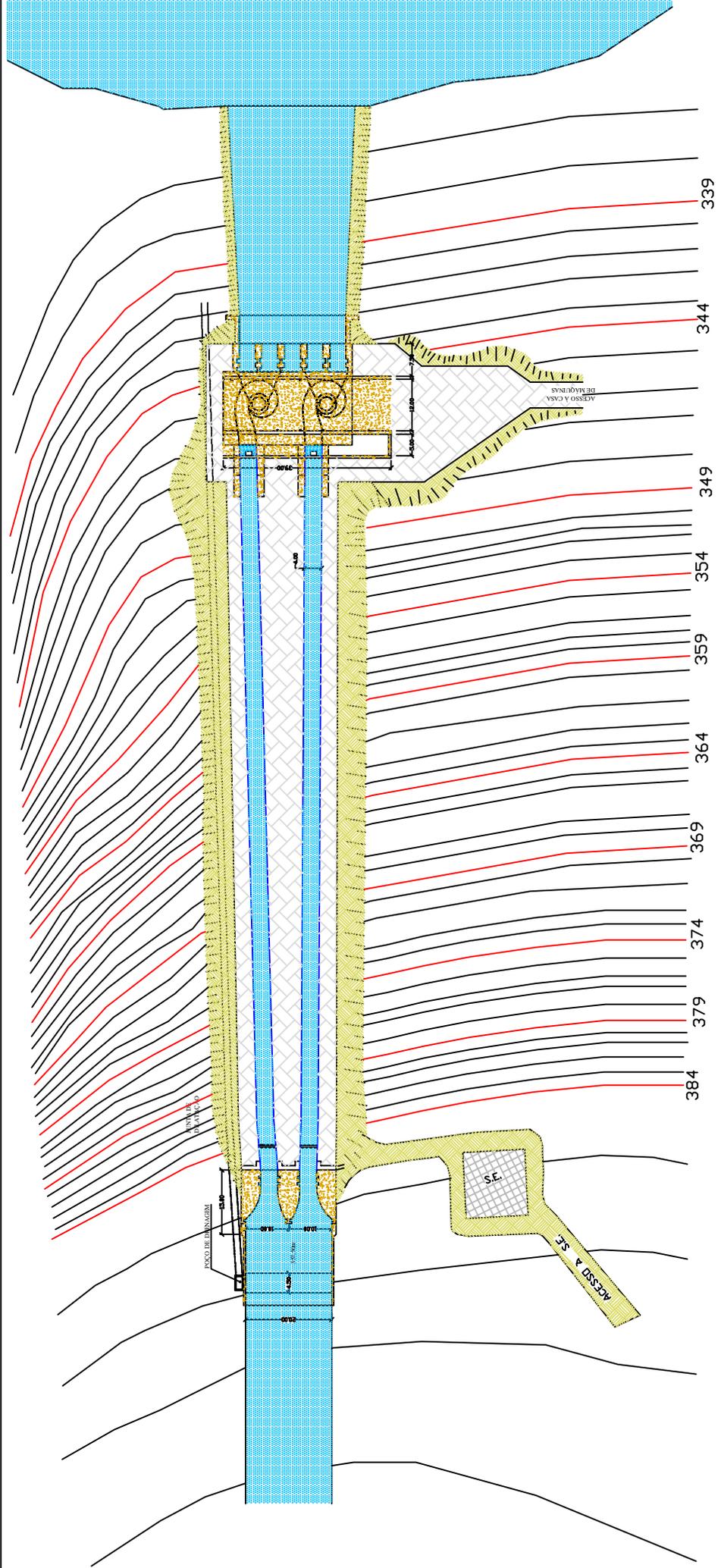
DESENHO	PAULA DMS	CLIENTE	BRASIL CENTRAL ENGENHARIA
PROJETO	Mirafloz, Maritima		
VERIFICAÇÃO	Mirafloz, Maritima		
APROVAÇÃO			
COORDENAÇÃO			
ENC. RESPONSÁVEL			
PAULO DMS JUNIOR CREA RJ Nº 12.125/2008		DATA	08/12/2001
		CONTRATO	
		Nº DESENHO	SCR2-03
		REV.	03

IDE IDEC- EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS LTDA.

OBJETO
PCH SALTO BELO (SCR2)
ARRANJO GERAL

ESCALA
1 : 4000

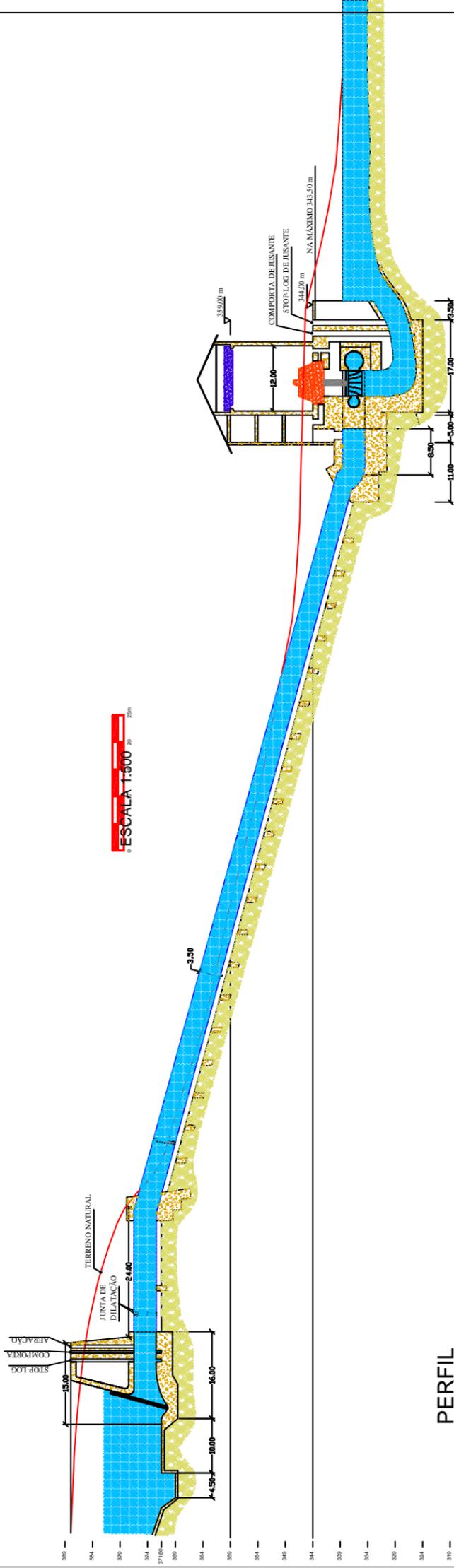
ANEXO C – PCH Sacre 2: caixa de carga, conduto forçado e casa de máquinas – planta (sem escala)



PLANTA BAIXA
 CAIXA DE CARGA
 CONDUITO FORÇADO
 CASA DE MÁQUINAS
 ESCALA 1:500

EMPRESA	Brasil Beito	UBRTE	BRASIL CENTRAL ENGENHARIA
PROJETO			
VERIFICADO			
APROVADO			
COORDENADOR			
DEF. RESPONSÁVEL			
PROJ. POR			
PROJ. EM ESCALA			
DATA	09/11/2001	REVISÃO	02/01-04
		IDEC - EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS LTDA. PROJ: SALTO BELO (S009) OBR: CAIXA DE CARGA, CONDUITO FORÇADO, CASA DE MÁQUINAS	

ANEXO D – PCH Sacre 2: caixa de carga, conduto forçado e casa de máquinas – perfil (sem escala)

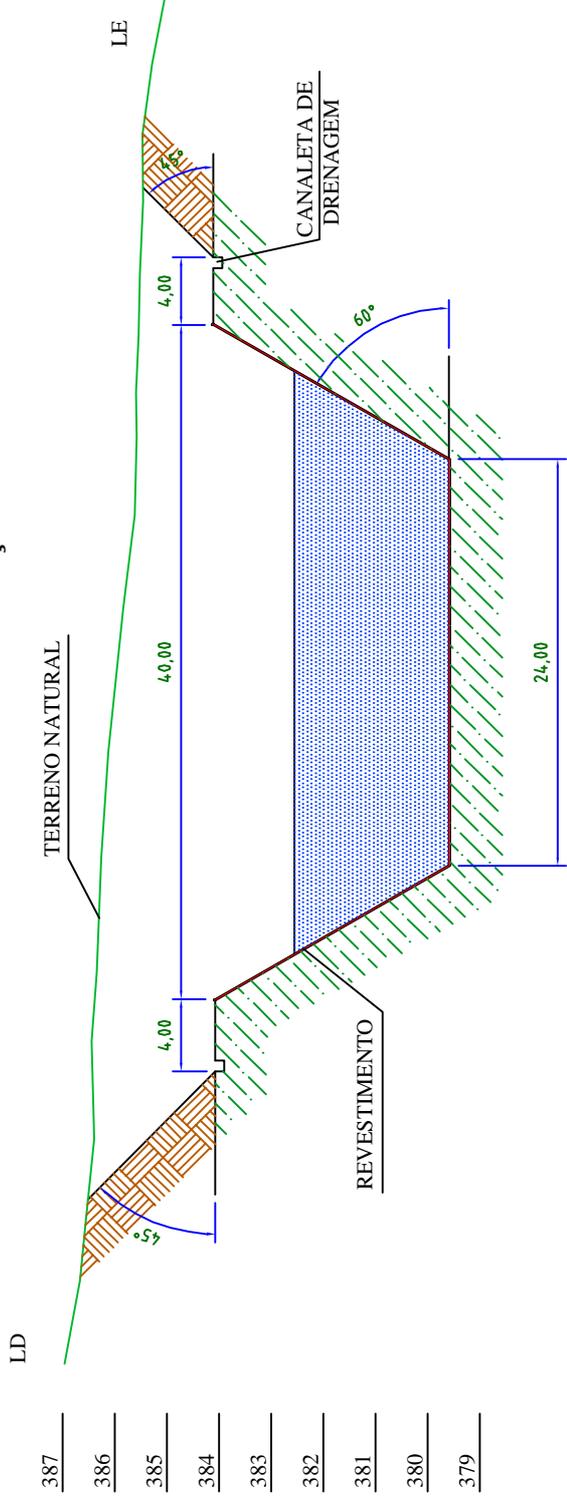


PERFIL
CAIXA DE CARGA
CONDUTO FORÇADO
CASA DE MÁQUINAS

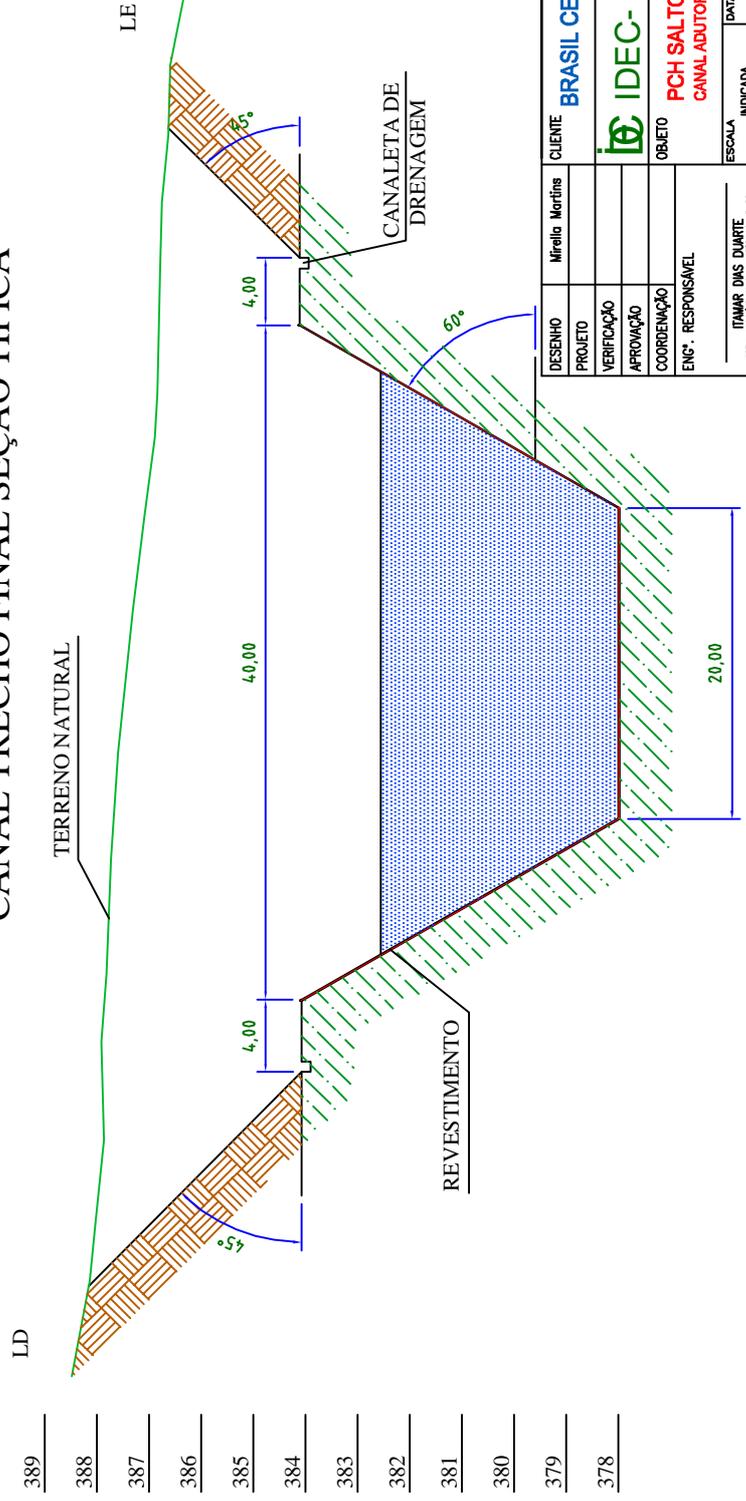
DESENHO	Antonio Martins	CLIENTE	BRASIL CENTRAL ENGENHARIA
PROJETO	Miguel Martins	VERIFICAÇÃO	IDECA - EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS LTDA.
APROVAÇÃO		COORDENAÇÃO	PCH SALTO BELO (SCR2)
OBJETO		ENF. RESPONSÁVEL	CAIXA DE CARGA, CONDUTO FORÇADO, CASA DE MÁQUINAS
FECHA	12/11/2001	INDICAÇÃO	
Nº DESENHO	5252-05	FORNHEIRO	
REV.			

ANEXO E – PCH Sacre 2: canal adutor – seção típica (sem escala)

CANAL I KECHU INICIAL SEÇÃO TÍPICA



CANAL TRECHO FINAL SEÇÃO TÍPICA



DESENHO	Mirella Martins	CLIENTE	BRASIL CENTRAL ENGENHARIA
PROJETO			
VERIFICAÇÃO			
APROVAÇÃO			
COORDENAÇÃO		OBJETO	IDEIC - EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS LTDA.
ENC. RESPONSÁVEL			PCH SALTO BELO (SCR2) CANAL ADUTOR - SEÇÃO TÍPICA
ITAMAR DAS CLAYTE CREA: 51047 D E P - RSD/14 - R-301		ESCALA	INDICADA
		DATA	20/12/2001
		CONTRATO	Nº DESENHO SCR2-08
		REV.	

ANEXO F – PCH Sacre 2: OPE

IDEC		ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS RIO SACRE				Data: 17 / 12 / 2001	
		Bacia : Amazônica - Sub-Bacia 17 Região: Campo Novo dos Parecis / MT				Cálculo: Verificação:	
Alternativa: I Aproveitamento : PCH Sacre 2 ou SALTO BELO - 29 MW						Preços de US\$ = R\$ 2,30	
CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	CUSTO US\$ 10 ³	
10.	TERRENOS,RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS					1.991	
10.10.11.	PROPRIEDADES RURAIS						
10.10.11.10.	Reservatório	ha					
10.10.11.11.	Canteiro,Acampamento,Jazidas e Áreas Afins	ha	228	500,00	114		
10.10.12.	DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO	%	15		23		
10.10.1.	OUTROS CUSTOS	gl			10		
10.15.	OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS						
10.15.44.	COMUNICAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL	gl			100		
10.15.45.	MEIO FÍSICO-BIÓTICO	gl			300		
10.15.45.18.	Limpeza do Reservatório	ha	72	300,00	22		
10.15.45.40.	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente	ha	400	300,00	120		
10.15.45.45.	Conservação da Flora	gl			80		
10.15.45.46.	Conservação da Fauna	gl			80		
10.15.45.47.	Qualidade da Água	gl			50		
10.15.45.48.	Recuperação de Áreas Degradadas	gl			100		
10.15.45.17.	Outros Custos	gl			100		
10.15.46.	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL						
10.15.46.42.	Comunidades Indígenas e outros grupos étnicos	gl			400		
10.15.46.49.	Saúde e Saneamento Básico	gl			100		
10.15.46.50.	Estrutura Habitacional e Educacional	gl			100		
10.15.46.51.	Salvamento do Patrimônio Cultural	gl			80		
10.15.46.52.	Apoio aos Municípios	gl			300		
10.15.47.	LICENCIAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL						
10.15.47.53.	Licenciamento	gl			20		
10.15.47.55.	Gestão Institucional	gl			20		
	Subtotal da conta.10					1.810	
10.27.	EVENTUAIS DA CONTA .10	%	10		181		
11.	ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS					4.087	
11.13.00.1.	Escavação						
11.13.00.12.10	Comum	m ³	80.000	4,00	320		
11.13.00.12.11.	Em rocha a céu aberto	m ³	15.000	15,00	225		
11.13.00.13.	Limpeza e tratamento de fundação	gl			20		
11.13.00.14.	Concreto	m ³					

IDEC	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS RIO SACRE		Data: 17 / 12 / 2001
	Bacia : Amazônica - Sub-Bacia 17 Região: Campo Novo dos Parecis / MT		Cálculo: Verificação:
Alternativa: I Aproveitamento : PCH Sacre 2 ou SALTO BELO - 29 MW			Preços de US\$ = R\$ 2,30

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	CUSTO US\$ 10 ³
11.13.00.14.13.	Cimento	t	1.425	280,00	399	
11.13.00.14.14.	Concreto sem	m ³	4.700	240,00	1.128	
11.13.00.14.15.	Armadura	t	330	3.000,00	1.023	
11.13.00.15.	Instalações e acabamentos	gl			300	
11.14.	VILA DOS OPERADORES				300	
	Subtotal da conta .11				3.716	
11.27.	EVENTUAIS DA CONTA.11	%	10		371	
12.	BARRAGENS E ADUTORAS					17.054
12.1.	DESVIO DO RIO	gl				
12.16.22	ENSECADEIRAS	gl				
12.16.22.19.	Ensecadeira de rocha e terra	m ³	30.000	6,00	180	
12.16.22.21.	Remoção de ensecadeiras	gl			60	
12.16.22.22.	Esgotamento e outros custos	gl			30	
12.19.30.	TOMADA D'ÁGUA + TOMADA AUXILIAR	gl				
12.19.30.12.	Escavação	m ³				
12.19.30.12.10.	Comum	m ³	6.000	4,00	24	
12.19.30.12.11.	Em rocha a céu aberto	m ³	6.000	15,00	90	
12.19.30.13.	Limpeza e tratamento de fundação	gl			9	
12.19.30.14.	Concreto	m ³				
12.19.30.14.13.	Cimento	t	875	280,00	245	
12.19.30.14.14.	Concreto sem cimento	m ³	3.000	240,00	720	
12.19.30.14.15.	Armadura	t	220	3.000,00	660	
12.19.30.23.	Equipamento de Fechamento	gl				
12.19.30.23.16.	Comportas e guinchos L = m; Hs = m; h = m	gl			800	
12.19.30.23.17.	Stoplogs t = ; Hs = m; h = m	gl			200	
12.19.30.23.21.	Grades e Limpa-grades	gl			250	
12.19.31.	CANAL DE ADUÇÃO	gl				
12.19.31.12.	Escavação	m ³				
12.19.31.12.10.	Comum	m ³	185.000	3,00	555	
12.19.31.12.11.	Em rocha a céu aberto	m ³	122.000	15,00	1.830	
12.19.31.13.	Limpeza e tratamento de fundação	gl			46	
12.19.31.14.	Concreto	m ³				
12.19.31.14.13.	Cimento	t	2.750	280,00	770	
12.19.31.14.14.	Concreto sem cimento	m ³	11.000	240,00	2.640	

IDEC	ORÇAMENTO PADRÃO ELETRÓBRÁS RIO SACRE		Data: 17 / 12 / 2001
	Bacia : Amazônica - Sub-Bacia 17 Região: Campo Novo dos Parecis / MT		Cálculo: Verificação:
Alternativa: I Aproveitamento : PCH Sacre 2 ou SALTO BELO - 29 MW			Preços de US\$ = R\$ 2,30

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	CUSTO US\$ 10 ³
12.19.31.14.15.	Armadura	t	770	3.000,00	2.310	
12.19.31.17.	Outros custos	gl			100	
12.19.34.	CONDUTO FORÇADO	gl				
12.19.34.12.	Escavação	m ³				
12.19.34.12.10.	Comum	m ³	80.000	3,00	210	
12.19.34.12.11.	Em rocha a céu aberto	m ³	3.000	15,00	45	
12.19.34.13.	Limpeza e tratamento de fundação	gl			5	
12.19.34.14	Concreto	m ³				
12.19.34.14.13.	Cimento	m ³	1.250	280,00	350	
12.19.34.14.14.	Concreto sem cimento	m ³	5.000	240,00	1.200	
12.19.34.14.15.	Armadura	t	50	3.000,00	150	
12.19.34.17,	TUBULAÇÃO METÁLICA	t	362	4.500,00	1.629	
12.19.35.	CANAL DE FUGA	gl				
12.19.35.12.	Escavação	m ³				
12.19.35.12.10.	Comum	m ³	60.000	3,00	180	
12.19.35.12.11.	Em rocha a céu aberto	m ³	2.000	15,00	30	
12.19.35.13.	Limpeza e tratamento de fundação	gl			2	
12.19.35.14.	Concreto	m ³				
12.19.35.14.13.	Cimento	t	75	280,00	21	
12.19.35.14.14.	Concreto sem cimento	m ³	325	240,00	78	
12.19.35.14.15.	Armadura	t	25	3.000,00	75	
12.19.35.17.	Outros custos	gl			10	
	Subtotal obras civis				14.254	
	Subtotal equipamentos				1.250	
12.27.98.	EVENTUAIS DA CONTA. 12 obras civis	%	10		1.425	
12.27.99.	EVENTUAIS DA CONTA. 12 equipamentos	%	10		125	
13.	TURBINAS E GERADORES				23.540	
13.13.00.23.28.	Turbinas; MW; rpm; h = m 2 x 15 MW	gl			10.000	
13.13.00.23.17.	Stoplogs t = ; L = m; Hs = m; h = m	gl			200	
13.13.00.23.20.	Guindaste C = t; L = m	gl			200	
13.13.00.23.29.	Geradores; MVA; rpm; FP = 2 x 15 MW	gl			11.000	
	Subtotal da conta. 13				21.400	
13.27.	EVENTUAIS DA CONTA .13	%	10		2.140	

IDEC		ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS RIO SACRE				Data: 17 / 12 / 2001	
		Bacia : Amazônica - Sub-Bacia 17 Região: Campo Novo dos Parecis / MT				Cálculo: Verificação:	
Alternativa: I Aproveitamento : PCH Sacre 2 ou SALTO BELO - 29 MW					Preços de US\$ = R\$ 2,30		
CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	CUSTO US\$ 10 ³	
14.	EQUIPAMENTO ELÉTRICO					4.950	
14.00.00.23.30.	Equipamento Elétrico Acessório (paineis, cablagem, SE. Elevadora)	gl			1.500		
14.00.00.23.31	Equipamento SE				3.000		
	Subtotal da conta. 14						
14.27.	EVENTUAIS DA CONTA. 14	%	10		450		
15.	DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA					880	
15.00.00.23.20.	Ponte rolante C = t; L = m	gl			400		
15.00.00.23.31.	Equipamentos diversos	gl			400		
	Subtotal da conta.15				800		
15.27.	EVENTUAIS DA CONTA.15	%	10		80		
16.	ESTRADAS DE RODAGEM, DE FERRO E PONTES					360	
16.00.14.	ESTRADAS DE RODAGEM (Recuperar)	km	10	30.000,00	300		
	Subtotal da conta . 16				300		
.16.27	EVENTUAIS DA CONTA .16	%	20		60		
CUSTO DIRETO TOTAL							
Custo direto total equivalente v						49.183	
17.	CUSTOS INDIRETOS					6.270	
17.2.	CANTEIRO E ACAMPAMENTO						
17.21.3.	CONSTRUÇÕES DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO	gl			1.200		
17.21.3.	MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO CANTEIRO E ACAMPAMENTO	gl			1.200		
17.22.	ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO						
17.22.40.	ENGENHARIA	gl					
17.22.40.36.	Engenharia Executiva	gl			1.000		
17.22.40.37.	Serviços Especiais de Engenharia	gl			200		
17.22.40.54.	Estudos e Projetos (iniciais)	gl			900		
17.22.4.	ADMINISTRAÇÃO DO PROPRIETÁRIO	gl			1.200		
	Subtotal da conta. 17				5.700		
17.2.	EVENTUAIS DA CONTA. 17	%	10		570		
CUSTO DIRETO E INDIRETO						55.453	

IDEC	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS RIO SACRE		Data: 17 / 12 / 2001
	Bacia : Amazônica - Sub-Bacia 17 Região: Campo Novo dos Parecis / MT		Cálculo: Verificação:
Alternativa: I Aproveitamento : PCH Sacre 2 ou SALTO BELO - 29 MW			Preços de US\$ = R\$ 2,30

CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10 ³	CUSTO US\$ 10 ³
18.	JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO	%	12		6.654	
	TOTAL				62.107	
	Potência instalada	KW	29.000			
	Custo total (x 1000)	MUS\$	27.003,04			
	Custo em US\$ / KW		23,13			
	Custo em R\$ / MW		53,20			