

Tese apresentada à Divisão de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA no Curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, na Área de Infra-Estrutura de Transportes.

NEIDJA CRISTINE SILVESTRE LEITÃO

**AVALIAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E AMBIENTAL DO
COMPLEXO HIDRELÉTRICO DE BELO MONTE**

Tese aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:



Prof. Dr. WILSON CABRAL DE SOUSA JUNIOR

Orientador

Prof. Dr. HOMERO SANTIAGO MACIEL

Chefe da Divisão de Pós-Graduação

Campo Montenegro
São José dos Campos, SP – Brasil
2005

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Leitão, Neidja Cristine Silvestre

Avaliação Sócio-Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte / Neidja Cristine Silvestre Leitão.

São José dos Campos, 2005.

108f.

Tese de mestrado – Curso de Pós Graduação em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica - Área de Infra-Estrutura de Transportes – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2005. Orientador: Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Junior.

1. Energia. 2. Valoração. 3. CHE de Belo Monte. I. Centro Técnico Aeroespacial.

Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Infra-Estrutura de Transportes. II.Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LEITÃO, Neidja Cristine Silvestre. **Avaliação Sócio-Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte**. 2005. 108f. Tese de mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR : Neidja Cristine Silvestre Leitão

TÍTULO DO TRABALHO: Avaliação Sócio-Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte

TIPO DO TRABALHO/ANO : Tese / 2005

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta tese e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Neidja Cristine Silvestre Leitão

Rua Ruivo, 33 Ed. Santorini – Jardim Aquarius – São José dos Campos/SP

CEP 122461 - 30

AVALIAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E AMBIENTAL DO COMPLEXO HIDRELÉTRICO DE BELO MONTE

NEIDJA CRISTINE SILVESTRE LEITÃO

Composição da Banca Examinadora:

Prof ^a Maryangela Geimba de Lima, DC	Presidente - ITA
Prof Wilson Cabral de Sousa Junior, DC	Orientador - ITA
Prof. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira, DC	ITA
Prof ^a Lígia Maria Soto Urbina, DC	ITA
Prof. Marcelo Augusto Cicogna, DC	– UNICAMP

ITA

Dedicatória

“Dedico este trabalho ao meu marido Emílio S. Matos.”

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, professor Wilson Cabral pelo apoio e estímulo nos momentos de desânimo.

Desejo também agradecer a algumas pessoas que leram partes ou o todo do trabalho e o enriqueceram com sugestões e comentários: Drs. Osman Fernandes da Silva, Marcelo Augusto Cicogna e Emílio S. Matos.

Todo apoio e infra-estrutura fornecidos pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica foram essenciais e indispensáveis para a realização deste trabalho.

Por último, um agradecimento especial aos amigos (impossível citar todos) e ao meu marido por tudo que representam para mim.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo tratar da construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, trazendo informações sobre aspectos econômicos, de produção e consumo energético. Ele procura também, identificar os benefícios e em contrapartida os custos sócio-ambientais, procurando tratá-los qualitativa e quantitativamente.

Apesar das características geográficas e hidrológicas brasileiras favorecerem o emprego da energia hidroelétrica, existem fatores que tornam o empreendimento alvo de discussão. O diagnóstico sobre os impactos físicos e sócio-ambientais apresentados no Estudo de Impacto Ambiental do empreendedor não é claro. Além disso, alguns custos relatados no projeto, como os custos das linhas de transmissão não são considerados no projeto básico.

A Eletronorte afirma que o empreendimento terá capacidade de geração de 11.181,3 MW e área de abrangência de 440 km². Embora a energia firme divulgada seja da ordem de 4.700 MW, há estudos que apontam um valor de cerca de 1.172 MW.

Para elaboração da avaliação sócio-econômica-ambiental de construção do Complexo utilizou-se como expediente a Análise Custo Benefício. Os resultados mostraram que o Complexo de Belo Monte pode ser viável caso confirmada a potência fornecida estimada pelo projeto. Outro cenário, com cerca de 1.172 MW avaliados de energia, mostrou mais custos que benefícios, resultando em um valor negativo de US\$ 3,39 bilhões. O relacionamento entre saída de valores e entrada de parâmetros, especialmente da energia estimada, foi estabelecida pela sensibilidade da análise.

Os resultados deixam claro a necessidade de investimentos em estudos mais abrangentes, os quais poderiam conter melhor a complexidade ambiental do projeto. Além disso, é importante estender a análise para se obter uma maneira melhor de equilíbrio entre custos e benefícios e trazer a informação como ferramenta essencial para o desenvolvimento sustentável.

Abstract

The objective of the present study was to deal with the construction of the Belo Monte Hydroelectric Complex, bringing information on economic aspects, production and energy consumption. It also looks for the identification of the benefits and the social and environmental costs, given them a qualitative and quantitative approach.

Despite the Brazilian hydrology and geographic characteristics, which have directed the investment in hydroelectric sources, there are factors that make the Belo Monte Complex a target of several questions. The diagnosis of the environmental impacts presented by the entrepreneur is not clear. Furthermore, some investments related to the project, as transmission lines, are not considered on the basic analysis.

The Eletronorte reports that the Complex will generate 11.181,3 MW, making a reservoir with 440 km². Therefore, in spite of the 4.700 MW estimated energy, there are studies that present values around 1.172 MW.

The analytic tool used on this study was the Cost-Benefit Analysis with the incorporation of some externalities. The results showed that the Belo Monte Complex could be viable if it confirms the power supply estimated by the project. Another scenario, with about 1.172 MW estimated energy, showed more costs than benefits, resulting in a negative value of US\$ 3,39 billion. The relationship between output values and input parameters, specially the estimated energy, was established by the sensibility analysis.

The results make clear the requirements to investment in comprehensive studies that could better incorporate the environmental complexity of the project. Furthermore, it is important to extend the analysis in order to get a better balance between costs and benefits and to bring information as an essential tool to sustainable development.

Índice

1	<i>Introdução</i>	13
1.1	Objetivo	13
1.2	Motivação	13
2	<i>Revisão Bibliográfica</i>	17
2.1	Evolução do Setor Elétrico Brasileiro	17
2.2	Potencial Energético Brasileiro	18
2.2.1	Energia Hidrelétrica.....	18
2.2.2	Combustíveis Fósseis	20
2.2.3	Outras Fontes Energéticas	21
2.3	Oferta de Energia	24
2.4	Consumo Final de Energia	27
2.5	Energia e Sócio-Economia	30
3	<i>Foco na Amazônia</i>	32
3.1	Hidrelétricas na Amazônia	34
3.1.1	Hidrelétrica de Tucuruí I	35
3.1.2	Hidrelétrica de Balbina.....	37
3.1.3	Hidrelétrica de Samuel	40
3.2	Hidrelétricas no Rio Xingu	41
4	<i>Caso do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte</i>	46
4.1	Generalidades	46
4.1.1	Justificativas para Implantação do Projeto	46
4.1.2	Localização	46
4.1.3	Caracterização da Bacia.....	48
4.1.3.1	Características Gerais	48
4.1.3.2	Climatologia	48
4.1.3.3	Geologia e Geomorfologia	49
4.1.3.4	Vegetação	50
4.1.3.5	Hidrografia	51

4.1.3.6	Regime Pluviométrico e Fluviométrico.....	51
4.1.4	Aspectos Técnicos do Empreendimento	54
4.1.5	Custos do Empreendimento.....	59
4.2	Projeto	61
4.2.1	Regiões de Influência	61
4.2.2	Evolução da Região de Influência.....	62
4.2.3	Plano de Inserção Regional	64
4.2.4	Grupos Sociais Afetados pelo Empreendimento	65
4.2.4.1	Comunidades Indígenas.....	65
4.2.4.2	População Urbana a Ser Remanejada.....	66
4.2.4.3	Madeireiros.....	67
4.2.4.4	Comerciantes	67
4.2.5	Empreendimentos Associados à UHE de Belo Monte	67
4.3	Metodologia.....	69
4.3.1	Fundamentação Teórica da Análise Custo-Benefício (ACB).....	69
4.3.2	Valoração.....	70
4.3.2.1	Custos	71
4.3.2.2	Benefícios	76
5	<i>Análises e Resultados</i>	78
6	<i>Considerações Finais</i>	92
	<i>Glossário</i>	95
	<i>Referências Bibliográficas</i>	101

Relação de Tabelas

Tabela 2.1: Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica (MW).....	19
Tabela 2.2: Recursos e reservas brasileiras em 2002.....	20
Tabela 2.3: Situação das fontes alternativas – 2003.....	23
Tabela 2.4: Oferta interna de energia -2003.....	26
Tabela 2.5: Consumo setorial de energia – 2002.....	27
Tabela 2.6: Área inundada x potência instalada.....	34
Tabela 2.7: Características do aproveitamento inventariado do Xingu em 1980.....	41
Tabela 2.8: Características principais da série de vazões médias mensais (1931 – 2000).....	52
Tabela 2.9: Avaliação econômica do CHE Belo Monte – geração e transmissão.....	60
Tabela 2.10: Região de inserção CHE Belo Monte, municípios integrantes – 2000.....	63
Tabela 2.11: Região de inserção CHE Belo Monte, povos indígenas – 1999.....	66
Tabela 2.12: Empreendimentos associados a CHE de Belo Monte.....	68
Tabela 2.13: Resumo Cenário 1.....	80
Tabela 2.14: Atividade turística na região afetada.....	82
Tabela 2.15: Perdas Hídricas por Evaporação.....	83
Tabela 2.16: Perdas hídricas por consumo na bacia.....	83
Tabela 2.17: Emissão de gases de efeito estufa.....	83
Tabela 2.18: Dados da atividade pesqueira.....	84
Tabela 2.19: Tratamento de resíduos e efluentes sanitários.....	85
Tabela 2.20: Resumo Cenário 2.....	86
Tabela 2.21: Resumo Cenário 3.....	88
Tabela 2.22: Resumo Cenário 4.....	90
Tabela 2.23: Cenários.....	91

Relação de Figuras

Figura 2.1: Oferta interna de energia no mundo – 2000.....	24
Figura 2.2: Energia primária- produção e consumo- 2003.....	28
Figura 2.3: Dependência externa de energia (mil tep)- 2003.....	29
Figura 2.4: Oferta interna de energia/produto interno bruto- 1993-2002.....	31
Figura 2.5: Configuração antiga /nova do CHE Belo Monte.....	42
Figura 2.6 Configuração atual do Complexo Hidrelétrico Belo Monte.....	47
Figura 2.7: Hidrograma de vazões de anos hidrológicos característicos.....	53
Figura 2.8: Simulação da energia firme do sistema Xingu.....	58
Figura 2.9: Regiões de influência da CHE Belo Monte.....	62
Figura 2.10: Valor Presente Líquido x Tempo – Cenário 1.....	81
Figura 2.11: Valor Presente Líquido x Tempo – Cenário 2.....	87
Figura 2.12: Valor Presente Líquido x Tempo – Cenário 3.....	89
Figura 2.13: Valor Presente Líquido x Tempo – Cenário 4.....	90
Figura 2.14: Evolução dos Cenários.....	91

Relação de Siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANA	Agência Nacional das Águas
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ACB	Análise Custo Benefício
BEN	Balanco Energético Nacional
CHE	Complexo Hidrelétrico
CEEE	Comissão Estadual de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CEMIG	Centrais Elétricas de Minas Gerais
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
COPPE	Instituto Alberto Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia
CFURH	Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
GEE	Gases de Efeito Estufa
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MME	Ministério das Minas e Energia
MSUI	Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas
OIE	Oferta Interna de Energia
PIR	Plano de Inserção Regional
PCI	Poderes Caloríficos Inferiores
PIB	Produto Interno Bruto
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
STP	Sistema de Transposição de Peixes
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
UHE	Usina Hidrelétrica
VPL	Valor Presente Líquido

1 Introdução

1.1 Objetivo

Os objetivos principais deste trabalho são: (i) tratar a construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, projetada para ser construída no Rio Xingu (estado do Pará), levantando aspectos econômicos, de produção e consumo energético, identificando os benefícios e custos relacionados a implantação do empreendimento. (ii) Além disso, este trabalho também tem como propósito expor uma metodologia de valoração dos aspectos sócio-ambientais envolvidos.

1.2 Motivação

Por muitos anos, de forma a apoiar o processo desenvolvimentista de meados do século passado, o Brasil explorou seu potencial hidrelétrico como fonte prioritária de geração de energia elétrica. O modelo adotado foi estabelecido a partir de projetos de grandes barramentos e construção de extensas linhas de transmissão, vindo a se consolidar no final dos anos 80. No entanto, à luz dos novos tempos que norteiam os investimentos em geração de energia, necessita-se hoje evidenciar não só uma fonte de energia “limpa, renovável e barata”, mas também deixar explícita a formulação de uma estratégia energética sustentável.

A lição tirada da recente crise energética, com o racionamento imposto à população brasileira e os apagões, ao mesmo tempo em que despertou o país para a possibilidade de economia, redução de impactos através de medidas de eficiência energética e para o potencial do Brasil em termos de fontes renováveis como alternativas de energia, fez também com que a sociedade se questionasse sobre a necessidade de construções de novas mega-barragens (Vainer; Bermann, 2001).

Neste cenário de dúvidas e questionamentos, o governo federal procura viabilizar o projeto do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no Rio Xingu (PA). O empreendimento recebe o nome de Complexo, segundo a Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte -, por ser constituído de duas casas de força, uma principal, com 11.000 MW, e outra complementar, com 181,3 MW.

O empreendimento, que vem sendo estudado há vários anos pela Eletronorte, passou por várias atualizações. Alteração na dimensão do espelho d'água, que inicialmente tinha 1.225 km² e foi reduzido para cerca de 400 km² (Eletronorte, 2002), complementação dos estudos ambientais, hidrológicos, revisão dos orçamentos da obra, cronogramas e viabilização sócio-política fazem parte dessas atualizações.

Sabe-se que as características geográficas e hidrológicas do Brasil favorecem o emprego da energia hidroelétrica tornando-a além de eficiente, a principal fonte de produção de energia no país. Entretanto, existem fatores que tornam o empreendimento de Belo Monte alvo de discussão. Observa-se que o Estudo de Impacto Ambiental elaborado pela Eletronorte não fornece um diagnóstico claro e preciso sobre os impactos físicos e sócio-ambientais que serão sentidos pela região. Além disso, os custos de sua construção, linhas de transmissão e dos programas de mitigação apresentados no Relatório de Viabilidade do Complexo são controversos. Todos esses fatos fazem com que seja necessário o enriquecimento dos estudos existentes e busca por concordâncias com relação a comprovação da sustentabilidade da construção, dada sua grandeza.

Nestas situações, segundo Bermann, é preciso um julgamento oportuno para que se tenha concordância de opiniões.

“A busca pelo consenso significa a necessidade de um tempo maior para a decisão, o que torna este procedimento de difícil aceitação quando as situações (e os interesses) impõem a necessidade de decisões rápidas” (Bermann, 2002: p.91).

Nessa perspectiva, a questão é: a recente crise energética não estaria nos levando a uma visão imediatista e restrita quanto a construção de novos empreendimentos hidroelétricos?

Ressalta-se neste trabalho a importância de se estabelecer um consenso quanto a construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, pois a criação de modelos sustentáveis de vida humana, mais imparciais, não poderão ser alcançados com uma sociedade pensando em separado.

Conforme a Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992:

“As questões ambientais são tratadas de forma mais adequada quando envolvem a participação de todos os cidadãos interessados no nível adequado. No âmbito nacional, cada habitante deve ter acesso às informações que digam respeito ao meio ambiente e exigir que sejam de conhecimento das autoridades públicas, inclusive as que digam respeito a material tóxico e perigoso e atividades relacionadas a serem realizadas em suas comunidades; e à oportunidade de participar nos processos decisórios. Os Estados devem promover e encorajar o interesse e a participação da população através da mais ampla divulgação de informação.”

(Dias, 2003: p.375)

E mais, a Constituição Brasileira de 1988 considera a temática ambiental em diversos pontos, sendo expressivo o Cap. VI do Meio Ambiente. 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.” (Constituição

Brasileira, 1988: Cap. VI do Meio Ambiente Art. 225)

Os textos acima abrem um campo para o debate político já que processos decisórios devem ser participativos levando à construção de consensos. Dentro deste contexto, pode-se perguntar: estamos participando dos processos decisórios e sendo devidamente informados quanto seus aspectos? O uso dos recursos ambientais de que dispomos esta sendo planejado

de forma sustentada? Quais lições pode-se tirar de nossa crise energética? Será que a construção de Belo Monte é realmente necessária?

Seguindo essa linha, esse trabalho procura tratar da construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, na Bacia do Rio Xingu, trazendo informações sobre aspectos econômicos, de produção e consumo energético, sem obscurecer as questões sociais e ambientais. Procura-se também identificar os benefícios reais que a construção do Complexo poderá trazer e em contrapartida os problemas, procurando tratá-los qualitativa e quantitativamente.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Evolução do Setor Elétrico Brasileiro

A trajetória brasileira no setor de energia elétrica decorre de iniciativas ocorridas no final do século XIX, quando o carvão mineral importado era fonte básica de energia para transportes, algumas indústrias e iluminação. Em 1879, o imperador D. Pedro II fez uma concessão de privilégio a Thomas A. Edison para exploração da iluminação pública no Brasil.

Usinas de pequeno porte foram instaladas entre 1879 e 1910, como as de Ribeirão do Inferno (1883) e Marmelos (1889), ambas em Minas Gerais. Essas pequenas unidades visavam, basicamente, atender à demanda da iluminação pública, mineração e atividades como beneficiamento de produtos agrícolas, indústria têxtil e serrarias.

Após a Segunda Guerra Mundial, a demanda começou a ultrapassar a oferta de energia elétrica, em decorrência do crescimento da população urbana e do avanço da indústria, do comércio e dos serviços. A alternativa para esta crise foram os racionamentos, nas principais capitais brasileiras.

Essa fase foi marcada pela aliança entre os governos estaduais e o governo federal para a reorganização do sistema elétrico em bases estatais. Foram criadas várias comissões com o objetivo de desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, como a Comissão Estadual de Energia Elétrica - CEEE, no Rio Grande do Sul, em 1943, CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco - em Pernambuco, 1946 e a CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais - em Minas Gerais, 1952 (Camara de Gestão da Crise de Energia, 2001).

Pouco depois, em 1961, foi constituída a Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S/A, para coordenar técnica, financeira e administrativamente o setor de energia elétrica do Brasil, integralmente estatal a partir de 1979, havendo apenas alguns autoprodutores independentes.

Essa estrutura vigorou até meados da década de 90, quando se deu início à reestruturação do setor, com a venda de empresas elétricas de abrangência estadual.

2.2 Potencial Energético Brasileiro

Os recursos e reservas energéticas de um país devem ser analisados de forma minuciosa, para que se possa realizar um planejamento com base no desenvolvimento sustentável. As chamadas fontes energéticas apresentam-se em diferentes formas na natureza e podem ser classificadas como renováveis e não-renováveis. As primeiras são consideradas recursos que se recuperam natural e ciclicamente (hidreletricidade, biomassa, vento e radiação solar). Já as fontes não-renováveis, as mais utilizadas no mundo, esgotam-se à medida que são empregadas (combustíveis fósseis) (Braga et al, 2002).

No Brasil, embora as fontes renováveis sejam suficientemente abundantes para garantir a auto-suficiência energética, apenas duas fontes têm sido amplamente exploradas: hidrelétrica e petrolífera.

Na seção a seguir são analisados, de forma concisa, os principais recursos energéticos explorados no Brasil, e seus respectivos potenciais.

2.2.1 Energia Hidrelétrica

A energia elétrica pode ser produzida com o aproveitamento do potencial hidráulico de um rio, utilizando seus desníveis naturais, como quedas d'água, ou artificiais, produzidos pelo desvio do curso original do rio. Para que o potencial hidrelétrico de um rio seja bem aproveitado, na maioria das vezes, seu curso normal é interrompido por uma barragem, provocando a formação de um lago artificial conhecido como reservatório.

Segundo a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2002a), a energia hidráulica é utilizada em mais de 30 países e é fonte de cerca de 20% de toda a eletricidade gerada no mundo.

Conforme a Tabela 2.1, observa-se que o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em aproximadamente 260 GW, sendo cerca de 41% na Bacia do Rio Amazonas. Cabe destacar o valor elevado do potencial estimado para a região Norte, indicando a demanda de novos estudos para essa região.

Tabela 2.1: Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica – (MW)

Bacia Hidrográfica	Reman.+ Individ.	Invent.	Viabilidade	Proj. Básico	Const. + Operação	Total Geral
Rio Amazonas	71.360	12.334	18.906	1.193	788	104.581
Rio Tocantins	2.033	8.368	4.675	653	11.034	26.763
Atlântico N/NO	1.071	1.793	6	28	300	3.198
Rio S. Francisco	2.134	7.395	6.250	60	10.395	26.234
Atlântico Leste	1.781	5.524	1.428	1.993	3.242	13.968
Rio Paraná	7.382	6.101	3.603	2.602	41.565	61.253
Rio Uruguai	1.372	3.685	2.381	2.381	2.992	12.811
Atlântico SE	2.215	1.762	2.398	565	2.608	9.548
Brasil	89.348	46.962	39.647	9.475	72.924	258.356

Fonte: ANEEL - Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2002.

O potencial hidrelétrico brasileiro representa o somatório das potências de todos os aproveitamentos estudados. A análise desse potencial considera as etapas de estudo e implantação dos aproveitamentos conforme as definições dadas a seguir:

- (a) Remanescente: resultado de estimativa realizada em escritório, a partir de dados existentes, sem levantamentos complementares.
- (b) Individualizado: resultado de estimativa realizada em escritório para um determinado local, sem detalhamento.
- (c) Inventário: resultado do estudo de uma bacia, realizado para a determinação de seu potencial hidrelétrico através da escolha da melhor alternativa, isto é, a divisão de queda d'água disponível da bacia, que propicie o maior aproveitamento hidrelétrico, a um custo competitivo e dentro de um quadro de efeitos socioambientais.

- (d) Viabilidade: resultado de uma concepção global do aproveitamento, considerando sua otimização técnico-econômica e compreendendo o dimensionamento das estruturas principais e das obras de infra-estrutura local, definição da área de influência, usos múltiplos da água e os efeitos da obra sobre o meio.
- (e) Projeto Básico: detalhamento da proposta para permitir a contratação das obras e aquisição dos equipamentos.

Cabe salientar que o Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, foco de nosso trabalho, encontra-se na fase de estudos de viabilidade. Além disso, a energia elétrica de origem hidráulica vem mantendo constantes seus valores inventariados desde 2002, dada a ausência de licitações hidrelétricas a partir daquele ano, fato atribuído ao aumento do rigor nos requerimentos de licenciamento ambiental e da competitividade de outras fontes, em especial o uso do gás natural no setor industrial.

2.2.2 Combustíveis Fósseis

São originados da decomposição de matéria orgânica, que ocorre ao longo de milhões de anos. Dessa decomposição tem-se o petróleo, o gás natural e o carvão.

Segundo a ANP - Agência Nacional de Petróleo (2003), as maiores reservas de petróleo e gás natural localizam-se no mar.

Na Tabela 2.2 abaixo, indica-se os dados dos recursos e reservas brasileiras de petróleo e gás natural.

Tabela 2.2: Recursos e reservas brasileiras em 2002

Especificação	Un.	Medido/ Indicado/ Inventariado	Inferido/ Estimado	Total	Equivalência Energética mil tep (1)
Petróleo	Mil m ³	1.560,16	519,98	2.080,14	1.388,12
Gás natural	Milhões m ³	236,60	95,35	331,95	234,84

(1) Calculado sobre as reservas medidas/ indicadas/ inventariadas (1 tep = tonelada equivalente de petróleo = 10.000 kcal).

Fonte: ANP – Anuário Estatístico, 2003.

Com base nos dados da Tabela 2.2, verifica-se que o petróleo, que passou a ser utilizado em larga escala como fonte energética e matéria-prima em meados do século XIX, deve permanecer ainda um bom tempo como principal fonte fóssil, apesar de uma expansão gradativa da produção e utilização do gás natural.

No que se refere ao gás natural, as reservas provadas alcançaram 236,6 bilhões de m³ em 2002, dos quais 48.5% estão concentrados no Estado do Rio de Janeiro (ANP, 2003). Apesar de gerar menos poluentes atmosféricos quando comparado com outros combustíveis fósseis, a participação do gás natural na matriz energética do país ainda é pouco expressiva.

A propósito, a grande mazela da era do petróleo é a deterioração ambiental provocada pelo uso intenso de seus derivados, principalmente pelos países desenvolvidos, nos seus parques industriais e em suas redes de transportes. A queima de combustíveis fósseis é responsável pela emissão de poluentes na atmosfera, principalmente dos gases de efeito estufa (GEE), destacando-se o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

2.2.3 Outras Fontes Energéticas

À medida que as fontes de energia tradicionais passam a sofrer algum tipo de restrição, seja por fatores ambientais ou por limitações nas reservas, novas estratégias energéticas vêm sendo traçadas. Técnicas para exploração de novas fontes, tidas como fontes alternativas, estão em desenvolvimento e, em comparação com as fontes tradicionais, ainda são pouco utilizadas. Espera-se que a utilização destas fontes alternativas contribua para reduzir as agressões ao meio ambiente.

A maioria das fontes alternativas tem a característica de ser renovável e deve contribuir de maneira crescente para diversificar as fontes de energia convencionalmente utilizadas para combustíveis e produção de eletricidade. As fontes alternativas mais estudadas e divulgadas são: energia solar, biomassa e energia eólica.

Apesar da energia solar, no Brasil, ainda não alcançar um nível de produção de eletricidade em grande escala, grandes esforços têm sido direcionados ao seu aproveitamento como fonte complementar em residências e áreas rurais distantes da rede elétrica central, através de sistemas fotovoltaicos (ANEEL, 2002a). Os raios solares que chegam até nosso planeta representam uma quantidade fantástica de energia, além de ser uma fonte energética não poluente e renovável.

A biomassa agrupa várias opções de produção de energia, como a queima de madeira, carvão vegetal, processamento industrial de celulose e bagaço da cana de açúcar. Um estudo realizado pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2002a), mostra que o uso de biomassa, embora ainda restrito, tem sido objeto de várias aplicações, mostrando-se técnica e economicamente competitivo.

Segundo o BEN – Balanço Energético Nacional – de 2003, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, álcool e açúcar. Tendo produzido cerca de 315 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra de 2002/2003, o Brasil mostra enormes condições para o investimento em programas de cogeração de eletricidade a partir da queima do bagaço.

A fonte de energia eólica é a alternativa com maior taxa de crescimento. Seu potencial é estimado em cerca de 143.000 MW (Tabela 2.3). Em 2002, a ANEEL tinha registro de 38 projetos eólicos autorizados, que iriam integrar o sistema elétrico nacional, o que significaria 3.338 MW de acréscimo energético (ANEEL, 2002a). Apesar do crescimento registrado, a grande desvantagem desse tipo de empreendimento está na necessidade de sistemas alternativos para períodos de calmaria.

Outro processo para obtenção de energia é combinação entre o oxigênio e hidrogênio, na qual ocorre uma reação do tipo oxidante, com produção de calor e energia. Esta liberação de energia pode ser, então, aproveitada.

A obtenção de hidrogênio para exploração energética em nosso país realmente já é possível. Alguns métodos para a obtenção do hidrogênio vem sendo estudados, como: a eletrólise da água, decomposição da amônia, reação de hidretos metálicos, ligas de ferro-titânio e níquel-magnésio. Como toda nova forma de energia as células de combustível que utilizam o hidrogênio ainda são caras, mas desenvolvimento de seu potencial depende em grande parte da compreensão da humanidade de que deve-se proteger ao máximo o ambiente de cargas poluentes altamente agressivas (Neto, 2004).

É importante lembrar que o Brasil, em abril de 2002, instituiu o PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, visando principalmente à diversificação da matriz energética brasileira. Esse Programa representa um passo importante na construção de soluções inovadoras e consensos, mostrando uma nova postura das instituições com relação à necessidade de um contexto mais interativo.

Na Tabela 2.3, são mostrados os dados referentes à situação mais recente dessas fontes, no Brasil.

Tabela 2.3: Situação das fontes alternativas – 2003

Eólica	Potencial Estimado	143.000 MW
	Autorizado	6.400 MW
Solar	Potencial Estimado	100 MWp
Biomassa	Potencial Técnico (estimado):	
	Setor Sucoalcooleiro	4.000 MW
	Setores de Arroz, Papel e Celulose	1.300 MW
	Autorizado	300 MW
	Construção	54 MW

Fonte: MME-Políticas Públicas para o Desenvolvimento Energético no Brasil, nov/ 2003.

2.3 Oferta de Energia

Antes de ser iniciada a análise sobre o quadro de oferta de energia no Brasil, é necessário esclarecer que a equivalência entre as diferentes formas de energia se dá através da utilização de fatores de conversão. Nos deteremos aos dados do BEN-Balanco Energético Nacional (2003), que considera: (i) $1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$; (ii) os poderes caloríficos inferiores das fontes de energia –PCI; e (iii) um petróleo de referência com PCI de 10000 kcal/kg . O fator de conversão apresentado pelo BEN (2003) é de $0,086 \text{ tep/MWh}$ ($860/10000$).

Conforme observa-se na Figura 2.1, a participação de fontes alternativas no mundo corresponde apenas à cerca de 14%, o que é preocupante principalmente no que diz respeito à alta emissão de poluentes e em especial ao dióxido de carbono resultante da utilização de fontes de energia tradicionais por esses países.

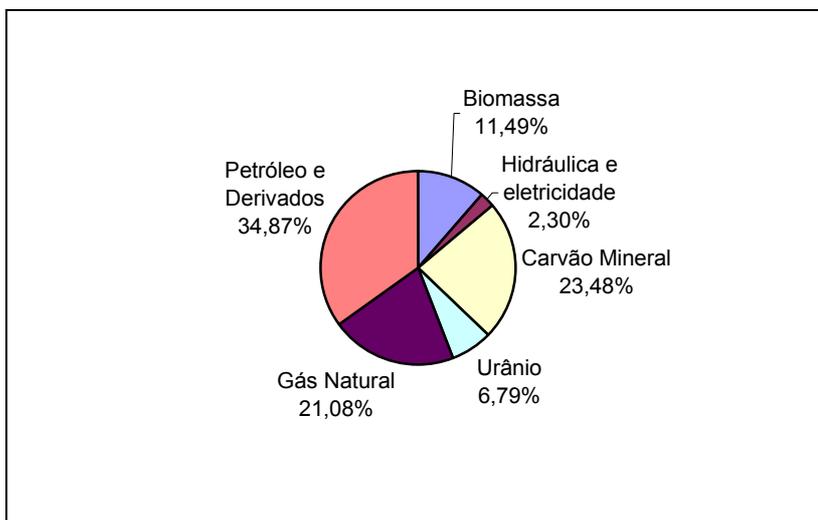


Figura 2.1: Oferta interna de energia no mundo - 2000

Fonte: MME- Balanço Energético Nacional, 2003.

No Brasil cerca de 41% da matriz energética deve-se a participação das fontes renováveis e embora esse valor seja confortável quando comparado ao uso dessas fontes no mundo (Figura 2.1), os dados de oferta energética elaborados pela Petrobrás indicam um cenário tendencial preocupante. O consumo de petróleo no Brasil, segundo este estudo,

apresenta uma taxa de crescimento anual de cerca de 5,5% para o período de 2000-2010 e para o gás natural essa taxa atinge 6,5% (Bermann, 2002).

A principal consequência desta evolução é a poluição ambiental em todos os níveis, pois subentende-se que a política energética brasileira está focada principalmente nos combustíveis fósseis, resultando em emissões cada vez maiores de gases de efeito estufa na atmosfera.

Nos Estados Unidos, segundo Garman (2004), as pesquisas sobre energia avançaram muito durante as três últimas décadas, tanto para aumentar a eficiência da utilização dos combustíveis tradicionais, quanto para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias de última geração que podem vir a transformar o setor energético. A Política Nacional de Energia dos Estados Unidos [National Energy Policy – NEP, 2001] enfoca o grave desequilíbrio entre a oferta e a demanda interna de energia, mostrando a forte dependência de energia importada nos Estados Unidos, em função de um consumo muito maior do que a produção (Garman, 2004).

No que se refere ao desenvolvimento, Goldenberg (1998) afirma que o perfil energético da economia de um país pode ser avaliado pelo consumo de energia comercial (tep/habitante). Dessa forma, associa-se o nível de desenvolvimento, apontado pelas taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade, com o consumo de energia comercial. A partir desta relação, o autor sugere que países com baixo desenvolvimento teriam índices menores que 1,0 tep / habitante, países com perfil médio teriam uma relação entre 1 e 2 tep/habitante e países economicamente desenvolvidos, com condições sociais melhores, apresentariam valores acima de 2,0 tep / habitante (Goldenberg, 1998).

Considerando os dados da Tabela 2.4 a seguir, verifica-se que o Brasil apresenta uma Oferta Interna de Energia de 1,13 tep/habitante, estando bem abaixo da média mundial de 1,65 tep/habitante. Nos Estados Unidos, esta relação atinge o valor de 8,11 tep / habitante.

Entretanto é importante ressaltar que, devido à grande desigualdade de renda observada no Brasil, alguns cuidados devem ser tomados ao se utilizar indicadores per capita (Berman, 2002). Outra consideração é que tais dados são baseados em consumo tradicional de energia, cujos padrões foram estabelecidos na década de 80. O aumento de eficiência energética de equipamentos e utilidades deve ser considerado para uma retro-análise destes valores.

Tabela 2.4: Oferta interna de energia no Brasil -2003

Especificação	Un.	2001	2002	%02/01
População	Milhões	172,4	174,6	1,30
Produto Interno Bruto – PIB	bilhões US\$/2002	444,1	450,9	1,52
Oferta Int. Energia – OIE - (a)	milhões tep	253,2	260,4	2,8
Oferta Int. Energia – OIE - (b)	milhões tep	193,9	197,9	2,1
Estrutura % da OIE - (b)	%	100,0	100,0	-
Fontes não renováveis				
Petróleo e Derivados	%	45,4	43,1	-5,0
Gás Natural	%	6,5	7,5	15,8
Carvão Mineral	%	6,9	6,6	-4,6
Urânio	%	2,0	1,9	-4,2
Fontes renováveis				
Hidráulica e Eletricidade	%	13,6	13,6	0,0
Lenha e Carvão Vegetal	%	11,6	11,9	2,8
Produtos da Cana	%	11,8	12,8	8,6
Outras Fontes Primárias	%	2,4	2,5	4,8
Dependência Externa Energia	%S/OIE	21,1	14,4	-31,8

(a) 1 kWh=3132 kcal (equivalente térmico adotado no Balanço Energético Nacional até 2001).

(b) 1 kWh=860 kcal, Petróleo da referência= 10000 kcal/kg e utilização de Poderes Caloríficos Inferiores- PCI.

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 2003.

Conforme se pode verificar também, cerca de 41% da matriz energética deve-se a participação das fontes renováveis, sendo 14% correspondentes a geração hidráulica e 27% a biomassa. Os dados da Tabela 2.4 mostram ainda que o gás natural aumentou sua participação na matriz energética, passando de 6,5% em 2001 para 7,5% em 2002.

2.4 Consumo Final de Energia

A importância da eletricidade na sociedade, insumo básico nos processos de produção e condição essencial para manter e elevar a qualidade de vida da população, mostra o quanto é necessário identificar as fontes utilizadas e os setores responsáveis pelo consumo, permitindo assim estabelecer bases para estudos das condições de desenvolvimento sustentável no Brasil.

Como se observa na Tabela 2.5 a seguir, para o ano de 2002, o consumo final de energia se concentra nos setores de transporte (ciclo Otto) e industrial. Entretanto, o consumo residencial e comercial representa parcelas importantes quando se trata de energia de origem hidrelétrica, uma vez que se apropriam quase que exclusivamente deste modal.

Tabela 2.5: Consumo setorial de energia - 2002

Especificação	tep x 10⁶
Serviços (Comercial+Público+Transporte)	56,6
Transporte Ciclo Otto	131,0
Residencial	20,7
Agropecuário	8,0
Setor Energético	13,6
Industrial Total	65,1
- Cimento	3,2
- Ferro Gusa e Aço	15,8
- Ferroligas	1,1
- Não Ferrosos	4,3
- Química	6,4
- Alimentos e Bebidas	15,8
- Papel e Celulose	6,6
- Indústrias Não Especificadas	11,9
Consumo Final Total	360,10

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 2003.

Na estrutura de consumo final de energia do Brasil, o setor de transporte é o mais representativo, seguido do setor industrial.

Os dados da Tabela 2.5 são de grande importância para se avaliar os principais consumidores, permitindo assim a reorientação dos padrões de consumo e possíveis alternativas energéticas.

No que se refere a consumo por fonte, o Ministério de Minas e Energia (2003) ressalta que o Brasil consome atualmente 100% da energia hidráulica que produz e que o nosso consumo de petróleo é maior que nossa produção, como mostra a Figura 2.2 a seguir:

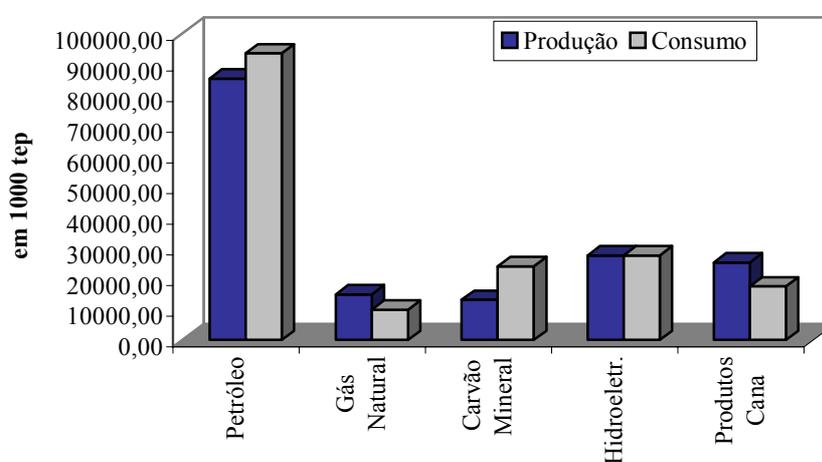


Figura 2.2: Energia primária- produção e consumo- 2003

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 2003.

Entretanto, alguns pesquisadores afirmam que o consumo de energia hidráulica não é igual ao seu consumo. Ocorre sim um grande desperdício de água, e conseqüentemente de energia, devido ao vertimento de água das comportas. Evitar que a água transborde das comportas, sendo desviada pelo vertedouro representa um modo de reservar a energia potencial contida na água. Impulsioná-la para as turbinas no momento mais adequado, aumenta o poder gerador de energia. Assim, é fundamental o controle da vazão dos reservatórios para evitar desperdício e obter o máximo de energia contida. (Universidade Estadual de Campinas, 2002).

Além disso, deve-se considerar a dependência externa de energia, como mostra a Figura 2.3:

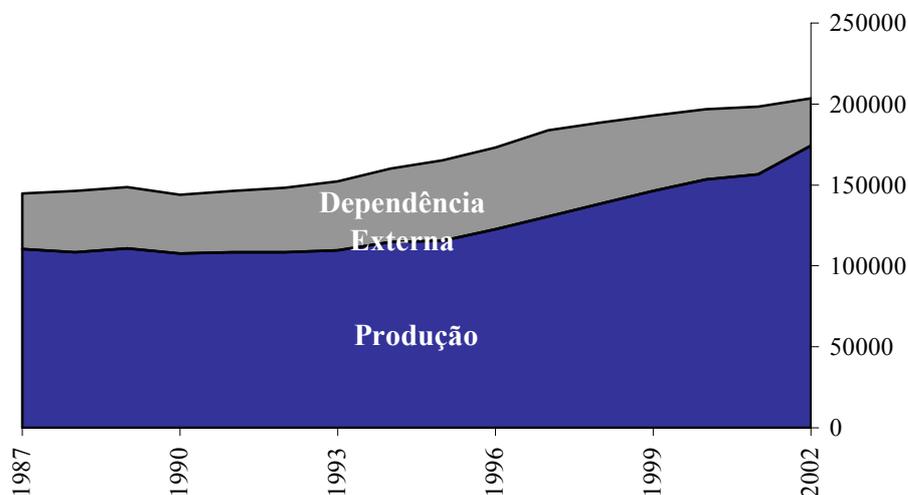


Figura 2.3: Dependência externa de energia (mil tep)- 2003

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 2003.

O carro chefe de nosso consumo interno é o petróleo (MME, 2003), o que se deve principalmente ao setor de transportes. Esse comportamento reflete a concentração da matriz logística de transportes no setor rodoviário.

Conforme já levantado anteriormente a história aponta que, no auge da industrialização mundial (século XX), houve um aumento da produção/demanda de energia elétrica com base na fonte de combustíveis fósseis, de tal forma que o petróleo passou a ser o cerne do movimento energético mundial atual. Entretanto, novas estratégias devem ser desenvolvidas, com bases sustentáveis, uma vez que os prognósticos sobre o cenário energético mundial, para essa fonte, não vislumbram um futuro muito longo.

2.5 Energia e Sócio-Economia

São bastante complexos os efeitos do sistema energético de um país sobre sua economia. Há mais de trinta anos atrás, quando ocorreu a nossa primeira crise energética, por exemplo, a economia nacional operava com uma estrutura produtiva totalmente diferente da atual.

Em geral, a redução da disponibilidade de um insumo estratégico na sociedade, como a energia elétrica, provoca uma retração da atividade econômica. Essa retração ocasiona impactos que são diferenciados setorialmente e variam de acordo com o nível de dependência da energia elétrica. A redução da produção deve acarretar impactos sobre a renda e o emprego. Um retrocesso tecnológico pode ser ocasionado pela redução de energia, com a substituição de processos automatizados ou mecanizados por processos mais intensivos em trabalho humano (Rippel et al, 1998).

Tendo em vista a relação existente entre atividade econômica e uso de energia, muitos modelos para aferir o desenvolvimento de um país são estruturados com base na correlação energia / produto. O conceito mais conhecido e utilizado relaciona o uso de energia total e produto econômico, geralmente o Produto Interno Bruto (PIB). No entanto, a relação energia-desenvolvimento merece ser analisada de forma criteriosa, pois a utilização do PIB como indicador de qualidade de vida da sociedade esconde uma série de problemas tais como distribuição de renda, diferenças econômicas e sociais regionais, acesso a bens de consumo, etc.

A Figura 2.4 a seguir mostra a evolução da razão entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a Oferta Interna de Energia (OIE), no Brasil:

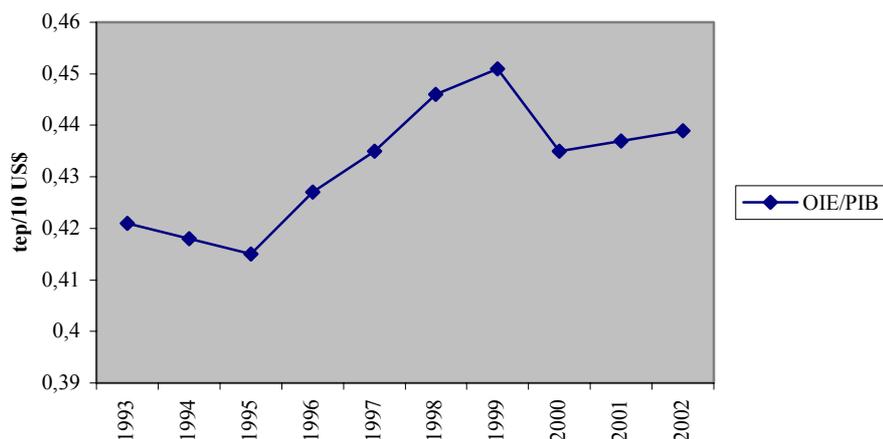


Figura 2.4: Oferta interna de energia/produção interno bruto- 1993-2002

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 2003.

Todas essas características são de suma importância na elaboração do planejamento energético de um país ou região, pois atuam como condicionantes em determinadas situações. Com os dados vistos anteriormente (Tabela 2.4), tem-se que a relação OIE / PIB foi de 0,43 tep/10³ US\$ em 2001, taxa que praticamente se manteve no ano de 2002. O racionamento (2001), além da variação do câmbio e outras situações externas, propiciaram tal situação (MME, 2003). Contudo, essa relação indica que os investimentos em geração de energia feitos pelo Brasil são consideravelmente altos quando comparados aos investimentos realizados no Japão (0,15), por exemplo.

Essa diferença, entretanto, pode ser fruto de condições econômicas adversas existentes em nosso país. Ressalta-se, por exemplo, o fato de que a economia do Japão é a segunda maior do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Em 2001, esse país registrou Produto Interno Bruto (PIB) de cerca de US\$ 4,2 trilhões, ou seja, cerca de nove vezes maior que o PIB brasileiro no mesmo período.

A relação entre o consumo de energia de um país e o seu PIB vem sofrendo uma profunda transformação e tornando-se muito mais complexa. Embora nos países desenvolvidos essa relação continue mantendo o mesmo perfil, eles vêm lutando para reduzir

o seu consumo interno de energia, sem que isso signifique queda da sua riqueza interna ou regressão do nível de industrialização. Trata-se de um efeito direto dos problemas dos combustíveis fósseis, que se evidenciam cada vez mais.

No caso dos países em desenvolvimento, a continuidade de seu processo de crescimento requer ampliações constantes da estrutura e uso crescente de energia.

Com relação a Oferta Interna de Energia/habitante, o Brasil apresenta um índice de 1,13 tep/per capita em 2002, situando-se muito abaixo dos EUA, com 8,11 tep/per capita (MME, 2003). Esse parâmetro revela, segundo Goldemberg (1998), a fragilidade das nossas condições sociais (analfabetismo, mortalidade infantil, fertilidade, etc.), resultando em baixa expectativa de vida.

Percebe-se, então, que a magnitude do estudo da energia pode ser encarado de diversas formas pela humanidade, dependendo do nível de decisão, influência e necessidades dos diferentes grupos sociais envolvidos na questão.

3 Foco na Amazônia

Em julho de 1934, foi decretado o Código das Águas (Decreto Federal nº 24.643), com objetivo essencial de controlar, facilitar e garantir o uso eficiente das águas no Brasil, constituindo assim uma das primeiras demonstrações de preocupação do governo com a preservação do meio. Entretanto, a regulamentação do Código das Águas foi postergada por várias décadas, durante as quais a gestão dos recursos hídricos no Brasil foi marcada pela predominância do setor elétrico no processo de tomada de decisões. Tal fato favoreceu a estruturação do setor a partir da construção de grandes barragens, primeiro na região Sudeste e, posteriormente, na Região Amazônica. As preocupações sócio-ambientais naquela época eram tratadas de maneira extremamente reducionista.

Transcorridas algumas décadas, a abertura das instituições para debates de cunho ambiental difundiu-se sobremaneira nos anos 80, quando a pressão internacional sobre a política ambiental brasileira tornou-se intensa e fatos sobre chuvas ácidas, queimadas e degradação da camada de ozônio foram divulgados. A opinião pública ganhou força e, integrada a organizações não-governamentais (ONGs) e a partidos políticos ambientalistas, mostrou a necessidade de mudança de nosso modelo de desenvolvimento (Müller, 1996).

As obras até então iniciadas sem estudos detalhados das questões ambientais, passaram a receber imposições quanto a análise de questões ambientais por parte dos bancos financiadores multi-laterais (Banco Mundial ou Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento e o Banco Interamericano de Desenvolvimento). Obras de grande porte, em especial as hidrelétricas, tornaram-se alvos desses financiadores que exigiam não só avaliação ambiental prévia desses projetos, mas previsão de despesas com remanejamento e reassentamento da população afetada (Sevá, 2004).

Nesse período, empreendimentos hidrelétricos como Tucuruí (operação comercial em 1984), Balbina (operação comercial em 1989) e Samuel (operação comercial em 1989) enfrentaram grandes problemas de formação de consensos junto à sociedade.

Cabe ressaltar que mesmo à luz de novas orientações e exigências, casos de construções com Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) duvidosos são verificados. Este é o caso da UHE de Barra Grande na divisa entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O pedido de emissão da Licença de Operação trouxe à tona um fato relevante: a existência de 2.000 ha de florestas virgens e 4.000 ha de floresta em avançado estado de regeneração (Jornal do Meio Ambiente, 2004).

Fatos apontam que a Licença Prévia da UHE de Barra Grande foi obtida com um Estudo de Impacto Ambiental, no mínimo, equívocado. Neste documento, a área a ser alagada

seria composta por campos com arvoredos esparsos, capoeiras ciliares baixas, pequenas culturas e capoeirões com níveis intermediários de regeneração.

Descaso, falta de rigor dos órgãos fiscalizadores ou pressão política de grandes grupos econômicos. Qualquer que seja a justificativa observa-se que não basta a criação de leis, exigências ou mesmo extensos relatórios de estudos ambientais. A prática da consciência de preservação, manutenção e sustentabilidade deve ser o cerne de todo planejamento.

3.1 Hidrelétricas na Amazônia

No que diz respeito a construção de hidrelétricas na Região Amazônica, os registros de empreendimentos nessa região mostram obras de grande porte com impactos negativos muito intensos. Para fins ilustrativos, destacou-se aqui as Usinas Hidrelétricas de Tucuruí (PA), Balbina (AM) e ainda a de Samuel (RO).

A literatura nos fornece uma extensa relação de impactos negativos causados por essas construções. Pode-se destacar, a princípio, um impacto de difícil quantificação: a desestruturação sociocultural de povos ribeirinhos e indígenas.

Müller (1996) aponta em seu trabalho que a grandeza dos impactos causados por hidrelétricas ao meio podem ser aferidos através da relação entre área inundada e a potência instalada.

Na Tabela 2.6 estão relacionadas as hidrelétricas de Tucuruí I, Balbina e Samuel, com as respectivas relações de área alagada e potência instalada. Verifica-se que, de acordo com essa relação, Balbina (AM), representa o pior caso brasileiro com relação aos impactos.

Tabela 2.6: Área inundada x potência instalada

Usina Hidrelétrica (Região Amazônica)	Área Alagada (km ²)	Potência Instalada (MW)	km ² /MW
Tucuruí I (PA)	2.430	4.240	0,57
Balbina (AM)	2.360	250	9,44
Samuel (RO)	560	217	2,58

Fonte: Müller, A. C. Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1995.

Por outro lado, a minimização dos problemas decorrentes da construção e operação desse tipo de empreendimento também é possível. Quando construídas no rigor ambiental necessário, as hidrelétricas podem apresentar uma razão entre a área alagada e a potência instalada expressivamente menor que as da Tabela 2.6 (Dias, 2003). Esse é o caso da Usina Hidrelétrica do Xingó (BA), que apresenta um índice de $0,017 \text{ km}^2/\text{MW}$ ($85 \text{ km}^2/5000 \text{ MW}$).

É importante lembrar que o uso destes índices é feito tradicionalmente pela engenharia hidrelétrica, sem ter necessariamente conotações sócio-ambientais.

3.1.1 Hidrelétrica de Tucuruí I

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí (operação em 1984), localizada na Amazônia Oriental, é a quarta maior do mundo em potência instalada. Capaz de produzir 4.240 MW de energia, apresenta uma área inundada de 2.430 km^2 , com volume de $45.500 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Müller, 1996). Tucuruí atende municípios do Pará e Maranhão, além de fornecer parte da energia para outros estados do Norte e Nordeste.

Na época da construção, a legislação brasileira não exigia o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), cuja obrigatoriedade das análises veio com a Constituição Federal (1981), Lei 6.938, Art. 225, inciso IV. Segundo a própria Eletronorte, foi emitido apenas um relatório de viabilidade sobre a usina de Tucuruí, relatando os aspectos socioambientais do projeto e informando as possibilidades de usos na alternativa estudada.

O projeto do empreendimento foi modificado durante sua construção, implicando em um aumento da área alagada para atingir a potência inicialmente definida. O jornalista Lúcio Flávio Pinto apontou, à época, estas alterações:

“Até recentemente, todos os documentos oficiais diziam que a represa de Tucuruí criaria um reservatório com área de 2.430 km^2 (segundo maior lago artificial do Brasil, superado apenas por Sobradinho), acumulando 45,8 trilhões de litros de água) ou 45,8 bilhões de metros cúbicos), compreendendo um perímetro de 5.400 quilômetros. Esses números mudaram significativamente: área é de 2.875 km^2 (acréscimo de 445 km^2 , ou 18%),

o volume de água alcança 50,3 trilhões de litros de água e o perímetro pulou mais de 40%, nada menos que 7.700 km (três vezes e meia o percurso de Belém a Brasília).”

Com a construção da barragem e conseqüente formação do reservatório, profundas alterações do meio foram observadas. Estima-se que 13,4 milhões de m³ de madeira de valor comercial e várias espécies de animais e vegetais foram perdidas com o alagamento. A construção do reservatório e a operação da barragem provocaram alteração no regime do rio, encobriram sítios arqueológicos, provocaram a emissão de gases, afetaram a qualidade da água, ocasionaram uma superpopulação de insetos, obrigaram o deslocamento de populações estabelecidas nas terras inundadas que passaram a viver em torno da represa, exercendo pressão sobre os recursos naturais e modificando o uso das terras marginais, entre outras alterações (Estudos Paraenses, 1991).

Com relação à emissão de gases, um estudo publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL - em 2002, afirma que, de modo geral, a participação da hidreletricidade e de biomassa renovável na matriz energética brasileira explica, em grande parte, os valores relativamente baixos das emissões de CO₂ devido ao uso de energia. Contudo, ainda não se estabeleceu com clareza e precisão qual a contribuição dos reservatórios de hidrelétricas para tal fenômeno. Para os casos analisados no referido trabalho, concluiu-se que os reservatórios absorviam muito mais gases que suas jusantes emitiam.

De acordo com Fearnside (1995), há uma enorme divergência com relação aos dados de emissões de gases na Amazônia, sendo a maior discrepância observada nos reservatórios de hidrelétricas. Valores como as emissões provocadas pelo transcurso d'água pelas turbinas e pelo vertedouro não estariam sendo consideradas nos cálculos, bem como emissões de biomassa de vegetação. Entretanto, com relação a Tucuruí, ele afirma que a barragem é melhor do que as usinas termelétricas que usam combustíveis fósseis (Fearnside, 1995).

Por outro lado, no artigo de Costa (2000) são abordados, de forma sintetizada, alguns dos temores de pesquisadores que, segundo ela, após anos de construção de Tucuruí, não se concretizaram. Com relação à madeira submersa, ela ressalta que a criatividade da população local está permitindo o aproveitamento de madeiras nobres (ipês, mognos, maçarandubas, etc.) através do corte submerso. Algumas empresas estariam trabalhando no local, aprimorando essa técnica e estimando um período de extração de aproximadamente 12 anos; embora seja reforçado no artigo que o apodrecimento de algumas espécies trouxe alterações na qualidade química e biológica da água, que, por esse motivo, não é indicada para consumo humano.

A autora aborda ainda a existência de um banco de germoplasma para a coleta e preservação da espécie da flora na região, mantido pela Eletronorte, e expõe o avanço das comunidades indígenas, em especial da comunidade de Parakanã, que tem apresentando um crescimento populacional de 6% ao ano, independência no cultivo de alimentos, além do crescimento da alfabetização na língua materna e o português (Costa, 2000).

A literatura é vasta acerca das discussões dos impactos ocasionados pela construção e operação da Usina de Tucuruí sobre o meio.

Independente de surgirem melhores condições econômicas após a construção de uma barragem, ela sempre estará aliada a níveis de desestruturação social, cultural e produtiva. Estes serão reestruturados naturalmente com o tempo, e refletirão os verdadeiros impactos - positivos ou negativos - ocasionados.

3.1.2 Hidrelétrica de Balbina

Localizada no município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas, a Usina Hidrelétrica de Balbina (1989), tem capacidade de produção de 250 MW de energia. A área alagada (Rio Uatumã) é de 2.360 km² com volume de 17.500 x 10⁶ m³ (Müller,1996). A construção da

Hidrelétrica de Balbina teve como objetivo resolver os problemas energéticos de Manaus e adjacências.

Fruto de um processo centralizado de decisão, a UHE Balbina, juntamente com a UHE Samuel, se tornou um marco na história recente dos empreendimentos hidrelétricos na Região Amazônica. Há um quase consenso, que abrange tanto o meio empreendedor quanto o meio científico, de que estes empreendimentos foram oriundos de erros sistemáticos de projeto e tomada de decisão.

Vários são os aspectos discutidos com relação a construção da UHE Balbina. Abaixo são descritas algumas questões abordadas por estudiosos no assunto.

Fearnside (1990) ressalta que a construção da UHE de Balbina foi marcada por erros grosseiros em todos os aspectos: técnico, financeiro, social e ecológico. No que diz respeito às características técnicas, comenta que foram previstas cinco turbinas de 50 MW, com um consumo de água de 267 m³/s (plena carga) cada uma, quando o Rio Uatumã tem uma vazão média anual de cerca de 660 m³/s e, portanto, comportaria apenas duas.

A potência firme, que é a capacidade de produção constante de energia, seria de apenas 64 MW, um valor bem inferior quando comparado à produção nominal da usina de 250 MW, já que a vazão do Rio Uatumã apresenta limitações quanto a sua vazão ao longo do ano (Fearnside, 1990).

Fearnside (1990) aponta ainda outros aspectos de alterações ambientais produzidos pela implantação de Balbina, como: emissão de gases estufa (CO₂ e CH₄) provocada pela decomposição da vegetação e a produção de águas anóxicas ocasionando mortes dos cardumes.

Um artigo escrito por Noda e Noda (1990), traz informações sobre as mudanças ocorridas na vida dos produtores rurais situados no entorno do Rio Uatumã com o represamento. Hoje, devido às péssimas condições da qualidade da água, seu consumo

doméstico não é mais indicado, ocasionando mudanças que afetam não só as características econômicas de auto-sustento dessa população mas também hábitos rotineiros.

Com relação a população indígena, Baines (1994) afirma que, embora haja controvérsias quanto aos números referentes à posterior recuperação populacional dos indígenas Waimiri-Atroari, o deslocamento imposto a esse grupo para a implantação da usina provocou, a princípio, uma redução significativa da população. Os indígenas Waimiri-Atroari, cuja reserva encontrava-se nessas terras, não teriam sido consultados com relação à construção da UHE Balbina, sendo então obrigados a aceitar as medidas paliativas impostas pela Eletronorte (Baines, 1994) (Santos; Andrade, 1990).

É importante ressaltar que a Constituição brasileira, promulgada em outubro de 1988, assegura ao indígena brasileiro que quaisquer empreendimentos em suas terras só serão implantados após sua participação no processo decisório (Müller, 1996).

Medidas mitigadoras com relação aos impactos negativos ocasionados pela implantação da UHE de Balbina estão sendo seguidas à risca de acordo com a Manaus Energia S.A., em atendimento à Resolução CONAMA nº 02 de 18 de abril de 1996, como por exemplo: análises limnológicas da água, pesquisas na área de piscicultura, criação da Reserva Biológica do Uatumã e controle de doenças endêmicas no entorno da usina.

Naturalmente, todas as formas de geração de energia produzirão impactos ambientais, em maior ou menor grau. Entretanto, situações como a de Balbina nos conduzem a uma certeza inquestionável: a desconsideração das peculiaridades envolvidas em empreendimentos desse porte certamente conduzem o projeto ao insucesso, com consequências desastrosas ao meio. Isso deixa claro que o processo decisório para construção desse tipo de empreendimento deve ser produto de um planejamento rigoroso pautado nas diversas esferas envolvidas.

3.1.3 Hidrelétrica de Samuel

A Usina Hidrelétrica de Samuel está localizada no estado de Rondônia, no Rio Jamari. A capacidade de geração é de 217 MW, apresentando uma área alagada de 560 km², com volume de 3.250 x 10⁶ m³ (Müller, 1996). Destina-se a atender o mercado de energia elétrica do Sistema Acre-Rondônia.

Esse empreendimento foi marcado pelo desenvolvimento dos primeiros estudos ambientais, envolvendo geologia, geomorfologia, climatologia, hidrologia e sócio-economia, conforme diretrizes da Eletrobrás. Os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) foram elaborados por uma empresa tercerizada.

Segundo informações da Eletronorte foram resgatadas 16 mil espécimes (78 de aves, 2.099 de anfíbios, 3.504 de répteis, 3.729 de mamíferos e 6.590 de artrópodos) em um resgate seletivo da fauna (Operação Jamari - 1988/1989) visando a preservação de espécies raras e ameaçadas de extinção. Cerca de 70% deste total foram enviados à instituições e os outros 30% liberados na Estação Ecológica de Samuel.

Além disso, estudos limnológicos e da qualidade da água teriam sido realizados pelo INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e pelo Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Universidade de São Paulo (CRHEA/USP). O início do alagamento do reservatório caracterizou-se, principalmente, pela intensa decomposição do material vegetal submerso. No final do período de enchimento ocorreu um incremento de matéria orgânica ao sistema aquático, decorrente da decomposição da biomassa vegetal, observando-se anoxia no fundo do reservatório.

Berman (2002) afirma que o mesmo erro foi cometido em Tucuruí e Balbina devido ao não desmatamento prévio da área inundada ocorreu com a UHE de Samuel, ocasionando sérios danos à natureza.

3.2 Hidrelétricas no Rio Xingu

Cerca de 40% do potencial hidrelétrico brasileiro situam-se na Bacia Hidrográfica do Amazonas. Dentre os principais afluentes da margem direita do Rio Amazonas está a sub-bacia do Rio Xingu, abrangendo uma área de 509.000 km². Estima-se que cerca de 14% do potencial inventariado do país encontrem-se nesta sub-bacia (ANEEL, 2002).

Próximo a Altamira, o Rio Xingu sofre uma acentuada sinuosidade, formando a chamada Volta Grande. A Volta Grande do Xingu faz parte da *fall line zone* (zona de linha de queda) sul amazônica, onde se situam alguns pontos favoráveis à implantação de hidrelétricas devido à existência de quedas naturais (Ab’Sáber, 1996). Em um desses pontos da sinuosa curva do Xingu, a Eletronorte planeja a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

A crença de que este empreendimento será apenas o primeiro passo na exploração continuada do Xingu e por consequência da Amazônia (Berman, 2002) (Santos; Andrade, 1990), gera vários questionamentos por parte de pesquisadores com relação a sua sustentabilidade.

Desde 1980 a então conhecida Usina Hidrelétrica de Belo Monte gera polêmica. Seu histórico tem início com os estudos de inventário do Rio Xingu, elaborados pela Eletronorte. Essas análises resultaram em um relatório denominado simplesmente de “Estudos Xingu” (Eletronorte, 2002). O relatório apresentava o conjunto de aproveitamentos para o Xingu, conforme nos mostra a Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Características do aproveitamento inventariado do Xingu em 1980

Rio	Aproveitamento	NA (m)	Área (km ²)	Pot. Inst. (MW)
Xingu	Jarina	281	1.900	558,72
	Kokraimoro	257	1.770	1.940
	Ipixuna	208	3.270	2.312,48
	Babaquara	165	6.140	6.273,96
	Kararaô	95	1.160	8.380,80

Fonte: Eletronorte, CHE Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental, 2002.

A partir desses dados, a Eletronorte iniciou, em meados de 1980, os Estudos de Viabilidade do Complexo Hidrelétrico de Altamira, constituído pelos aproveitamentos de Altamira (ex-Babaquara) e Belo Monte (ex-Kararaô). Transcorrido alguns anos, o avanço dos estudos revelaram que, para o Sistema Brasileiro Interligado, a melhor opção seria a construção do CHE Belo Monte (ex-Kararaô) (Eletronorte, 2002).

Em 2002, a Eletronorte emitiu então a mais nova versão do relatório de viabilidade do Complexo, considerando um aproveitamento ótimo de 11.181,3 MW aliado a uma redução significativa da área do reservatório de 1.225 km² para 440 km². A Figura 2.5 a seguir ilustra a mais nova configuração do empreendimento.

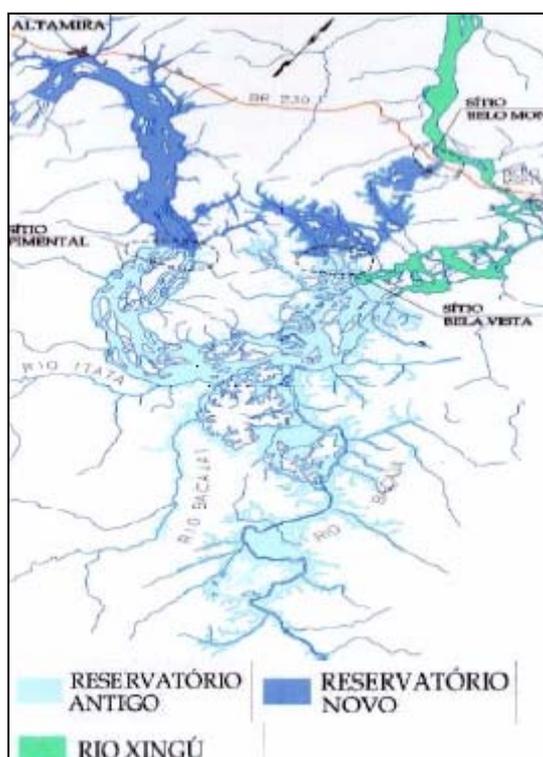


Figura 2.5: Configuração antiga / nova do CHE Belo Monte

Fonte: Eletronorte, s.d.

Embora a construção das demais usinas não seja abordada nos estudos e relatórios emitidos pela Eletronorte, o EIA - Estudo de Impacto Ambiental (2002) informa que nos meses de cheia a geração se situará em torno de 11.000 MW médios. Entretanto não será

possível dispor deste montante durante todo o ano, devido a limitações hidrológicas. Belo Monte será capaz de gerar nos primeiros seis meses do ano grandes blocos de energia, permitindo que usinas do Nordeste e Sudeste armazenem água em seus reservatórios (Eletronorte, 2002).

Com relação ao sistema elétrico de transmissão, a Eletronorte (2002) afirma que o ponto de conexão com a usina principal do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte está projetado para ser feito na região da atual subestação de Colinas, no estado de Tocantins (800 km do Complexo), com uma subestação intermediária na região de Marabá. A tensão nominal de transmissão dessa conexão será de 750 kV.

Além disso, ainda segundo o empreendedor, a premissa básica adotada para escolha do ponto de conexão foi de que seriam necessárias as capacidades de 11.000 MW para a transmissão entre o CHE Belo Monte e Colinas, de até 3.000 MW entre Colinas e a região Nordeste e de até 10.000 MW entre Colinas e a região Sudeste.

Berman (2002) afirma em seu artigo “O Brasil não Precisa de Belo Monte” que a potência informada só será atingida durante três meses do ano devido à variação do regime hidrológico, gerando uma energia firme de 4.670 MW. A construção das quatro outras usinas citadas anteriormente seria então indispensável para a regularização da vazão do Rio Xingu.

Mas as polêmicas não param por aí. Além da potência firme gerada, a emissão de gases estufa por empreendimentos hidrelétricos é outra questão de divergência. Conforme já citado anteriormente, o estudo publicado pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2002b) concluiu, para os casos analisados no trabalho, que os reservatórios absorvem muito mais gases que suas jusantes emitem.

Evidências observacionais mostram que a floresta Amazônica funciona como sorvedouro para o excesso de gases da atmosfera, contribuindo assim para minimização do efeito estufa. (Capozzoli, 2002) (Nobre, 2002).

Questionam-se também as alterações adversas que poderão ser ocasionadas com a biomassa florestal submersa. O não desmatamento além de dificultar o aproveitamento do reservatório para outros fins, altera a qualidade da água e favorece a proliferação de insetos a ponto de provocar a migração da população ribeirinha.

O histórico de implantação de hidrelétricas no Brasil não registra muitos casos de desmatamento prévio, exemplo disto são os casos levantados anteriormente neste trabalho.

A Eletronorte (2002) aborda em seu Estudo de Viabilidade programas que visam a potencialização dos impactos positivos do empreendimento, como por exemplo a utilização do reservatório da barragem como centro de piscicultura, promovendo assim a proteção, a ampliação racional da produção do pescado e possivelmente a pesca esportiva. Esses objetivos seriam conseguidos com a capacitação de pescadores para utilização de novas técnicas, financiamento de cooperativas de pesca, estudo de mercado e elaboração de um Plano de Piscicultura e Aqüicultura (Eletronorte, 2002).

Com relação aos custos de implantação do CHE de Belo Monte, a Eletronorte (2002) afirma que o empreendimento caracteriza-se por ter o menor custo de geração por MW instalado de hidreletricidade (12,4 US\$/MWh), tendo em vista o seu porte. É importante ressaltar que embora represente um dos menores custos em geração, ele não inclui o sistema de transmissão associado, o que elevaria expressivamente este valor.

No que se refere aos aspectos sociais envolvidos, a configuração inicial do empreendimento (Kokraimoro, Jarina, Kararaô, Babaquara e Ipixuna) afetaria a população ribeirinha e impactaria diretamente algumas reservas indígenas, com a formação do reservatório. O novo desenho do empreendimento garante que com o represamento não haverá reservas indígenas atingidas e conseqüentemente não haverá necessidade de deslocamento desses índios de suas aldeias. (Pinto, 2002)

Entretanto, segundo Sevá (2002):

“... os chefes da ditadura elétrica continuam planejando a central, rebatizada de Belo Monte. Foi até redesenhada para alagar menos terras e poupar a foz do Bacajá e a área indígena que seria a mais atingida; gastam uma dinheirama na computação gráfica, animações tridimensionais e folders luxuosos para convencer os índios e banqueiros de sua idéia original”.(Sevá, 2002: p.25)

Para finalizar, Lúcio Flávio Pinto (2002) afirma que se a empresa fornecer informações claras e precisas sobre a construção da hidrelétrica, a repulsa quanto a sua construção não seria justificada, a não ser por falta de informação ou intenção duvidosa (Pinto, 2002).

Dessa forma, com o objetivo de evitar equívocos, conceitos pré-maturos ou puramente uma posição ambientalista radical, negando assim a energia como necessidade fundamental da sociedade moderna (causa e efeito do progresso), será explorado no próximo capítulo as peculiaridades aqui levantadas além de outras referentes à Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

4 Caso do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte

Será utilizada, entre outras fontes de informação, dados oficiais disponíveis nos documentos emitidos pela Eletronorte. Esses documentos são constituídos pelos: Estudo de Viabilidade – Relatório Final e Estudo de Impacto Ambiental, ambos emitidos em 2002 pela Eletronorte.

4.1 Generalidades

4.1.1 Justificativas para Implantação do Projeto

Com o crescimento econômico observado no Brasil há a necessidade de aumento da disponibilidade de energia elétrica uma vez que a capacidade instalada passa a ser insuficiente para suprir de forma eficiente a demanda crescente.

Visando atender a demanda das regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste mediante conexão com o Sistema Interligado Nacional, a energia a ser gerada pelo Complexo Hidrelétrico de Belo Monte mostra-se uma alternativa eficiente para complementar o sistema energético de regiões cujo potencial elétrico encontra-se praticamente esgotado.

Outro aspecto bastante evidenciado para a implantação do empreendimento diz respeito à baixa densidade demográfica nas áreas a serem inundadas, proporcionando redução considerável nos impactos.

Os aspectos citados aliados a um custo de geração de 12,4 US\$/MWh (sem considerar as linhas de transmissão) tornariam o empreendimento bastante competitivo.

4.1.2 Localização

O Complexo Hidrelétrico de Belo Monte se localiza na Volta Grande do Rio Xingu, região Norte do Brasil, no Estado do Pará. O empreendimento é constituído pelo conjunto barragem, reservatório, tomada d'água e casa de força, ocupando terras dos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Brasil Novo.

As obras do complexo abrangem diretamente três sítios: Sítio Belo Monte, que se situa na interseção do Rio Xingu e a rodovia Transamazônica, Sítio Pimental que ocupa áreas em Vitória do Xingu e Altamira e Sítio Bela Vista, na região intermediária entre Belo Monte e Pimental.

De acordo com o projeto, a tomada de água, casa de força principal e barragens de fechamento (diques) de vales locais serão localizadas no Sítio Belo Monte. O barramento principal do rio, o vertedouro principal e a tomada d'água /casa de força complementar no Sítio Pimental e no Sítio Bela Vista está prevista a implantação de um extravasor complementar ao vertedouro principal. A Figura 2.6 mostra a configuração mais atual do Complexo Hidrelétrico Belo Monte.

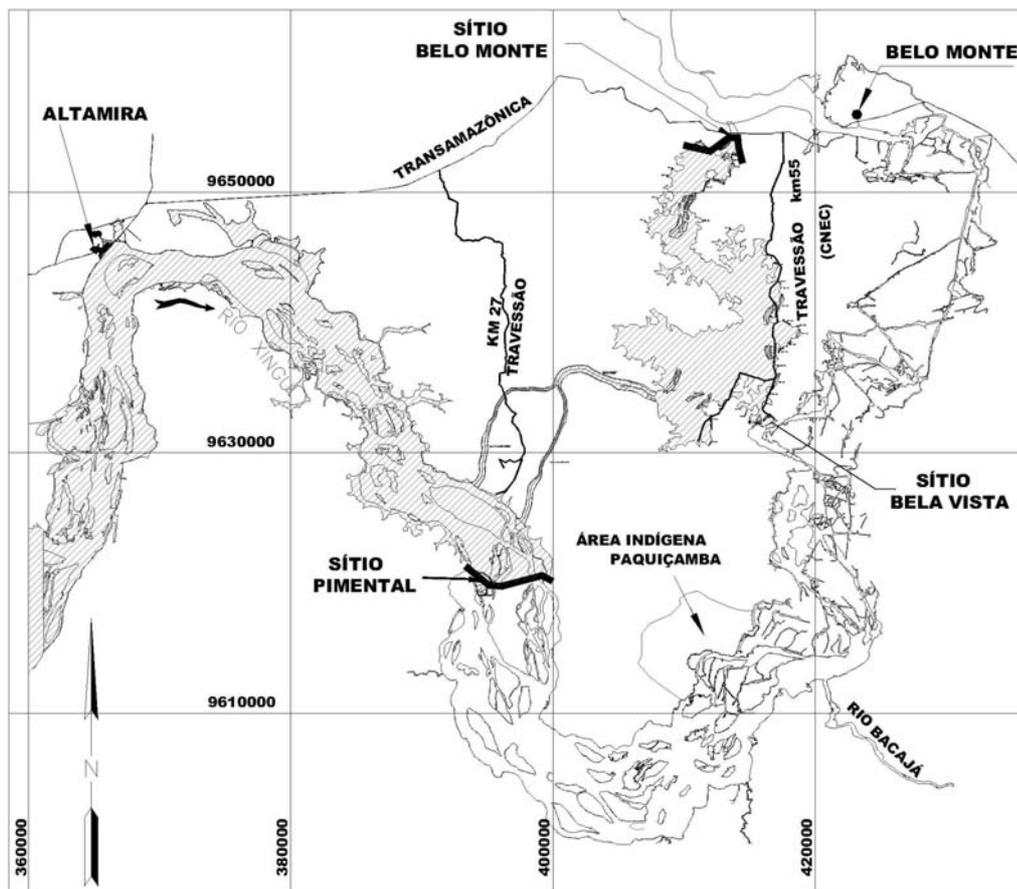


Figura 2.6: Configuração atual do Complexo Hidrelétrico Belo Monte

Fonte: Eletronorte, Estudos de Viabilidade – Relatório Final, 2002.

4.1.3 Caracterização da Bacia

4.1.3.1 Características Gerais

Com uma área total de 509.000 km² a bacia do Rio Xingu apresenta grande parte de suas terras inexploradas, além de áreas não desmatadas.

No que diz respeito à cobertura vegetal, pode-se descrever o arranjo florestal como sendo bem homogêneo. No baixo curso predominam árvores de grande porte, constituindo a floresta densa. A principal característica da região com floresta aberta é a vegetação espaçada.

A área em estudos apresenta duas grandes unidades morfo-estruturais distintas: a bacia Sedimentar Amazônica e a Plataforma Sul Amazônica. A região de Altamira e o local para construção da Casa de Força Principal localizam-se na Bacia Sedimentar Amazônica tendo por característica principal as baixas altitudes. A Plataforma Sul Amazônica apresenta dois níveis altimétricos distintos, que constituem a Depressão Periférica Amazônica e os Planaltos Residuais do Sul do Amazonas, ambos com estrutura cristalina.

4.1.3.2 Climatologia

A região da bacia do rio Xingu é enquadrada no clima zonal controlado pelos sistemas equatoriais e tropicais (úmido e seco) e possui os seguintes fatores climáticos relevantes:

- Temperatura

Por sua situação geográfica próxima ao Equador e suas altitudes suaves, a bacia caracteriza-se por um clima quente. As temperaturas máximas diárias não são elevadas, devido a forte umidade relativa e a nebulosidade.

Os meses de setembro a dezembro caracterizam-se por clima quente, com forte umidade. Nos meses de junho a agosto a temperatura se mantém em torno dos 22° C, com excepcionais casos de invasão do ar polar continental ocasionando mínimas absolutas de 8° C.

Na região de Altamira, observa-se uma temperatura anual média entre 25° C e 27° C, com médias das máximas absolutas entre 33° C e 36° C, ocorrendo os maiores valores no período de agosto a março.

- Umidade Relativa

Em Altamira em certos períodos do ano correspondendo de outubro até março, a umidade relativa média mensal apresenta elevação, oscilando de 78% a 88%.

- Vento

A bacia do Xingu apresenta ausência de ventos fortes e persistentes. No caso de Altamira, não há registros de velocidades acima de 30 km/h para durações superiores a 60 minutos, independente da direção.

- Precipitações

Na região em estudo prevalece o regime de chuvas tropicais, caracterizando-se por um período chuvoso de janeiro a maio. Já o período de estiagem estende-se de junho a novembro.

O período mais chuvoso na região do alto e do médio Xingu vai de janeiro a março.

- Evaporação

Os dados evaporimétricos da região de Altamira revelam uma situação inversa à da precipitação, com os maiores valores mensais ocorrendo nos meses mais secos, acarretando nesse período deficiência hídrica, e os menores, no trimestre mais chuvoso.

Na região de Altamira, a evapotranspiração apresenta uma variação entre 100 mm e 150 mm mensais ao longo do ano, sendo a amplitude anual em torno de 50 mm entre os meses de máxima e mínima.

4.1.3.3 Geologia e Geomorfologia

A bacia do Xingu situa-se no Cráton do Guaporé caracterizado por uma série de eventos geológicos tectônicos e atectônicos. Na região de implantação do reservatório do Complexo Hidrelétrico Belo Monte há à predominância de rochas cristalinas do Complexo Xingu, rochas

da Bacia Sedimentar do Amazonas e sedimentos Cenozóicos semiconsolidados. Com relação à estrutura geomorfológica esta região abrange duas unidades, a Plataforma Sul-Amazônica e a Bacia Sedimentar Amazônica. A principal característica da Plataforma Sul-Amazônica é a presença de áreas rebaixadas com formas. O oposto prevalece na região da Bacia Sedimentar Amazônica, ou seja, a diversidade de formas convexas.

No Sítio Pimental onde estará localizado o barramento principal do rio, o vertedouro principal e a tomada d'água /casa de força complementar ocorre predominância de embasamento cristalino.

Na região da implantação do extravasor complementar (Sítio Bela Vista) há ocorrência de rochas do embasamento cristalino com ocorrência de poucos afloramentos de rocha *in situ*.

A tomada de água, casa de força principal e barragens de fechamento de vales locais que serão implantadas, no Sítio Belo Monte irão ocupar a faixa de contato entre as rochas cristalinas arqueanas do Complexo Xingu e as sedimentares e ígneas Fanerozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas.

A Volta Grande do Xingu nas imediações da cidade de Altamira é caracterizada por apresentar uma acentuada deflexão, com um desnível de 85 m em 160 km.

4.1.3.4 Vegetação

As matas da planície de inundação (floresta densa) e as matas de terra firme (floresta aberta) compõem a cobertura vegetal da Amazônia. Campos naturais, cerrados e manguesais também fazem parte dessa composição embora em menores extensões.

Neste cenário, a bacia do rio Xingu apresenta uma distribuição florestal bem definida com árvores de grande porte, compondo a floresta densa e árvores espaçadas no baixo curso.

Embora escassas na região, o mogno, o ipê, angelim pedra, o cedro, a itauba, e a tatajuba são algumas das madeiras de lei, com valor comercial significativo que fazem parte da diversidade florística das espécies amazônicas.

A região oferece grande potencial para extrativismo florestal não madeireiro, como: a castanha do Pará, o babaçu, os frutos de palmeiras como açaí e bacaba.

4.1.3.5 Hidrografia

O Rio Culuene é o principal formador do Rio Xingu, nascendo no estado do Mato Grosso a cerca de 800 m de altitude. Já como Rio Xingu adquire uma extensão total de 1.815 km.

A vazão característica de grande parte da bacia varia entre 14 e 26 $\ell/s/km^2$. Os Rios Iriri e Curuá revelam os valores mais altos de vazão, e os menores são verificados no Rio Culuene. No Rio Xingu a hidrografia revela consideráveis variações volumétricas entre épocas de cheia e de estiagem.

A setorização do Rio Xingu permite distinguir o baixo curso, o médio curso a jusante de Belo Monte e o alto curso do Xingu. O médio curso é subdividido em médio curso inferior – que inclui o trecho de quedas da Volta Grande e se estende até São Félix do Xingu - e médio curso superior, situado entre São Félix do Xingu e a cachoeira de Von Martius. Já o alto curso do Xingu está situado a montante da cachoeira de Von Martius.

A navegação no Rio Xingu seja para transporte de passageiros ou mesmo para escoamento da produção extrativista é hoje, essencial para a população. Embora a Eletronorte (2002) afirme que o transporte fluvial de Altamira para as comunidades ribeirinhas a jusante será interrompido, ela não aponta estudos e planejamentos para contornar a situação.

4.1.3.6 Regime Pluviométrico e Fluviométrico

No Rio Xingu distinguem-se períodos bem definidos de chuva e estiagem. O período chuvoso vai de dezembro a março das cabeceiras do Rio Xingu até a parte média alta da bacia. Para a faixa média da bacia até o baixo curso esse período vai de fevereiro a maio. O atraso observado nesses trechos, em torno dois meses, facilita a ocorrência de grandes deflúvios nos trechos do médio e baixo curso.

As variações sazonais e inter-anuais determinam números significativos de vazão, sendo a vazão média anual de 7.851 m³/s, a vazão mínima, registrada em 1969, de 444 m³/s, e a vazão máxima, registrada em 1980, de 30.129 m³/s.

As características do regime fluvial do Rio Xingu no local do barramento principal estão sintetizadas na Tabela 2.8. Cabe salientar que, período crítico é considerado o período em que os reservatórios do sistema partindo cheios e sem enchimentos intermediários sejam depleciados ao máximo possível (Eletrobrás, 1994).

Tabela 2.8: Características principais da série de vazões médias mensais (1931 – 2000).

VAZÕES CARACTERÍSTICAS (m ³ /s)													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	7.790	12.876	18.123	19.942	15.959	7.216	2.903	1.559	1.068	1.121	1.891	3.766	7.851
Mínima	2.516	5.653	9.561	9.817	6.587	2.872	1.417	908	477	444	605	1.167	444
Ano	1971	1998	1971	1998	1998	1998	1998	1998	1969	1969	1969	1969	1969
Máxima	17.902	24.831	30.129	29.258	27.370	13.396	4.710	2.353	1.557	2.140	4.036	9.752	30.129
Ano	1990	1943	1980	1964	1967	1974	1995	1978	1946	1986	1986	1989	1980
Média do período crítico:									7.505 m ³ /s				
Ano hidrológico seco mais recente:									1998-1999				
Ano hidrológico com umidade média mais recente:									1996-1997				
Ano hidrológico úmido mais recente:									1977-1978				

Fonte: Eletronorte - Estudos de Impacto Ambiental, 2002.

No hidrograma da Figura 2.7 a seguir, verifica-se a distribuição temporal de vazões na região e a capacidade volumétrica da bacia. Verifica-se também que o período de cheias se estende de janeiro a junho.

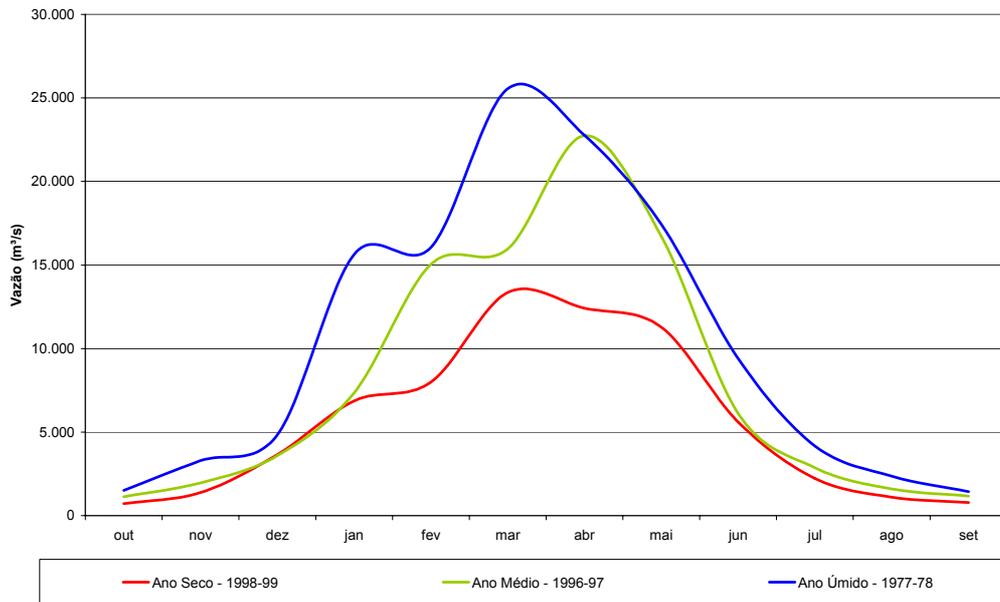


Figura 2.7: Hidrograma de vazões de anos hidrológicos característicos

Fonte: Eletronorte – Estudos de Impacto Ambiental, 2002.

Para finalizar as características da bacia, é importante ressaltar que com relação aos aspectos hidrogeológicos, a formação de um reservatório resulta na elevação do nível das águas, promovendo uma pressão hidrostática enorme sobre as nascentes artesianas situadas nas margens e no fundo dos rios represados. Tal situação induz alterações no processo natural de alimentação e descarga de aquíferos.

A ocorrência de alterações nos aquíferos ocasiona reflexos ecológicos e econômicos, uma vez que provocam modificações na ocupação do solo.

Embora a Eletronorte (2002) aborde superficialmente que a situação é mais crítica em Ambé, Panela, áreas próximas à cidade de Altamira, nas planícies dos igarapés Altamira e também na ilha Arapujá e até considere a limitação dos dados hidrogeológicos, deve-se considerar que a implantação do reservatório de Belo Monte poderá promover esse processo, ocasionando alterações água/solo além de aumento da zona saturada. A elevação do nível freático poderá promover novas nascentes e aumentar antigos lagos próximos ao reservatório.

A situação de inundação permanente dos igarapés de Altamira e Ambé, implicará na remoção de famílias locais que utilizam jazidas de argila ali existentes para a fabricação de elementos cerâmicos, as quais fazem parte de seu sustento.

Essa situação foi constatada em algumas hidrelétricas como Itaipu e Samuel, obrigando os empreendedores a indenizar terras não previstas para desapropriação. Em Samuel a ocorrência da elevação do lençol freático resultou também na hidromorfização de uma área de cerca de 8.000 ha (Muller, 1996).

Por outro lado, a Eletronorte (2002) afirma que haverá redução de água na Volta Grande do Xingu (jusante do barramento). Essa redução de água provavelmente provocará mudanças nos hábitos da população local, em especial aos produtores e criadores.

A preocupação atual e futura com os recursos hídricos deve ser o objetivo constante para a gerência ambiental dos empreendimentos hidrelétricos. A partir do conhecimento prévio das várias condicionantes ambientais que compõe esse projeto pode-se evitar, por exemplo, situações de elevações críticas do lençol freático que ocasionam problemas de saturação, hidromorfização, contaminação de aquíferos e até novos reassentamentos. A obtenção dessas informações pode ser dar através de estudos geofísicos detalhados.

4.1.4 Aspectos Técnicos do Empreendimento

A potência instalada na casa de força principal, a ser construída no Sítio Belo Monte será de 11.000 MW, conseguidos por intermédio de vinte unidades geradoras tipo Francis de potência unitária de 550 MW. Já a usina complementar (Sítio Pimental) que irá aproveitar a vazão residual, terá uma potência instalada de 181,3 MW e contará com 7 turbinas tipo bulbo, com potência unitária de 25,9 MW.

A barragem formará um reservatório com área total do espelho d'água de 440 km², sendo o nível máximo normal de operação na cota 97 m. Este reservatório será composto por duas partes distintas: a calha do Xingu, que compreende a área da calha de inundação do Rio

Xingu na cota 97 m, e o reservatório dos canais. Este reservatório consiste na área que será inundada pelas vazões desviadas do Rio Xingu através dos canais de derivação. Esta região será munida de um vertedor complementar.

A concepção desse empreendimento tem como base operacional uma geração a fio d'água, ou seja, a quantidade de turbinas em funcionamento dependerá basicamente das vazões naturais afluentes à casa de força, uma vez que o reservatório tem capacidade limitada de acumulação.

Segundo a Eletronorte (2002) a energia firme (capacidade de produção constante de energia) gerada pela usina principal será de 4.637 MW médios e na usina complementar esse valor será de 77 MW médios.

No setor elétrico brasileiro, os cálculos de energia firme são feitos utilizando-se o modelo MSUI (Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas).

Para maior entendimento sobre os modelos de simulação, será considerada as seguintes definições:

- Regra de Operação: conjunto de regras capaz de prover decisões para a operação de um sistema hidrelétrico. Regra em que um dado montante de geração de energia é repartido entre as usinas do sistema gerador.
- Regra do Reservatório: forma pela qual a regra operativa distribui a geração de energia.
- Política Operacional: processo de tomada de decisões em relação ao comportamento das usinas, ou seja, a cada intervalo deve-se repetir a rotina de previsão de vazões / otimização sobre as vazões previstas.
- Sistema: sistema ao qual pertence a usina. Os sistemas possíveis são: Sul, Sudeste, Norte e Nordeste.

- Planejamento de Operação: visa estabelecer o comportamento do sistema para um horizonte de operação de alguns anos à frente. Um fator que dificulta o planejamento da operação é o acoplamento operativo entre as usinas pertencentes a uma mesma bacia hidrográfica.

O modelo MSUI (Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas) é a ferramenta oficial do setor elétrico brasileiro, que agrega o parque elétrico em um único reservatório que recebe, armazena e descarrega energia. (Cicogna, 2003). Assim, requer a adoção de regras de operação e regras de reservatórios para unir o sistema hidrelétrico em um único reservatório.

O problema de desagregação de geração do sistema, utilizado por esse sistema equivalente, é uma regra simples de enchimento e depleciamento dos reservatórios. Por esta regra, todos os reservatórios devem estar com porcentagens iguais de volumes úteis - todos os reservatórios enchem ou depleciam simultaneamente. Devido a esse sincronismo essa regra é denominada regra pararela (Cicogna, 2003).

As regras de operação e de reservatório são dependentes uma da outra no caso do MSUI, ou seja, não podem ser isoladas, tornando o simulador dependente de seus módulos tomadores de decisão.

Entretanto, um novo modelo foi desenvolvido por um grupo de pesquisa da Unicamp¹. Cicogna (2003) afirma que esta nova metodologia proposta baseia-se em três princípios: a operação isolada das usinas, representação detalhada das suas características operacionais e estocasticidade das vazões.

¹. Uma equipe formada por professores de universidades públicas paulistas e alunos de pós-graduação, liderada pelo professor Secundino Soares Filho da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP, estudou e avaliou o sistema energético brasileiro nos últimos 20 anos. O resultado do trabalho foi um modelo matemático de operação reunido no sistema operacional batizado de Hydrolab, que gerencia outros softwares com funções específicas (HydroData, HydroPrev, HydroMax, HydroDesp e HydroSim).

Este novo simulador, chamado de HydroSim LP, tem como concepção inicial a política operacional baseada na previsão e otimização sucessiva do problema, embora permita testar e criar outras políticas operacionais. Com esse modelo pode-se calcular a energia firme de um sistema de usinas hidrelétricas. Os resultados devem ser, em princípio, próximos daqueles obtidos utilizando-se o MSUI, mas com certeza não serão idênticos, pois além da diferença entre as regras de operação, não se pode assegurar que os dados cadastrais e o histórico das vazões considerados nesses modelos sejam exatamente os mesmos.

O sincronismo dos reservatórios (enchimento ou depleção) é a principal limitação da regra paralela utilizada pelo MSUI, uma vez que impõe o deplecionamento simultâneo de todas as usinas do sistema elétrico. Este fato torna os resultados do MSUI contraditórios com os fornecidos por outros modelos de otimização, como os obtidos pelo HydroSim LP, que indicam uma ordem de deplecionamento de montante para jusante, e de armazenamento de jusante para montante. Ressalta-se que o MSUI não permite outro tipo de regra de enchimento / deplecionamento, ao contrário do HydroSim LP. (Cicogna, 2003).

Utilizando então a regra de paralelo puro (enchimento e deplecionamento sincronizados), foi realizado uma simulação com o conjunto de usinas projetadas para serem construídas no Rio Xingu (meta de cerca de 11.000 MW médios). Cabe lembrar que vários estudos foram realizados para o aproveitamento energético do Rio Xingu, até que o avanço dos estudos revelou, segundo Eletronorte (2002), que para o Sistema Brasileiro Interligado a melhor opção seria a construção do CHE Belo Monte (ex-Kararaô).

Segundo Cicogna (2003), a simulação apontou que a meta de cerca de 11.000 MW médios seria atendida para esta configuração. A Figura 2.8 a seguir, ilustra a simulação do sistema de usinas projetadas no Rio Xingu feita pelo HydroSim LP, na qual foi utilizada a regra paralelo puro (enchimento / deplecionamento sincronizados).

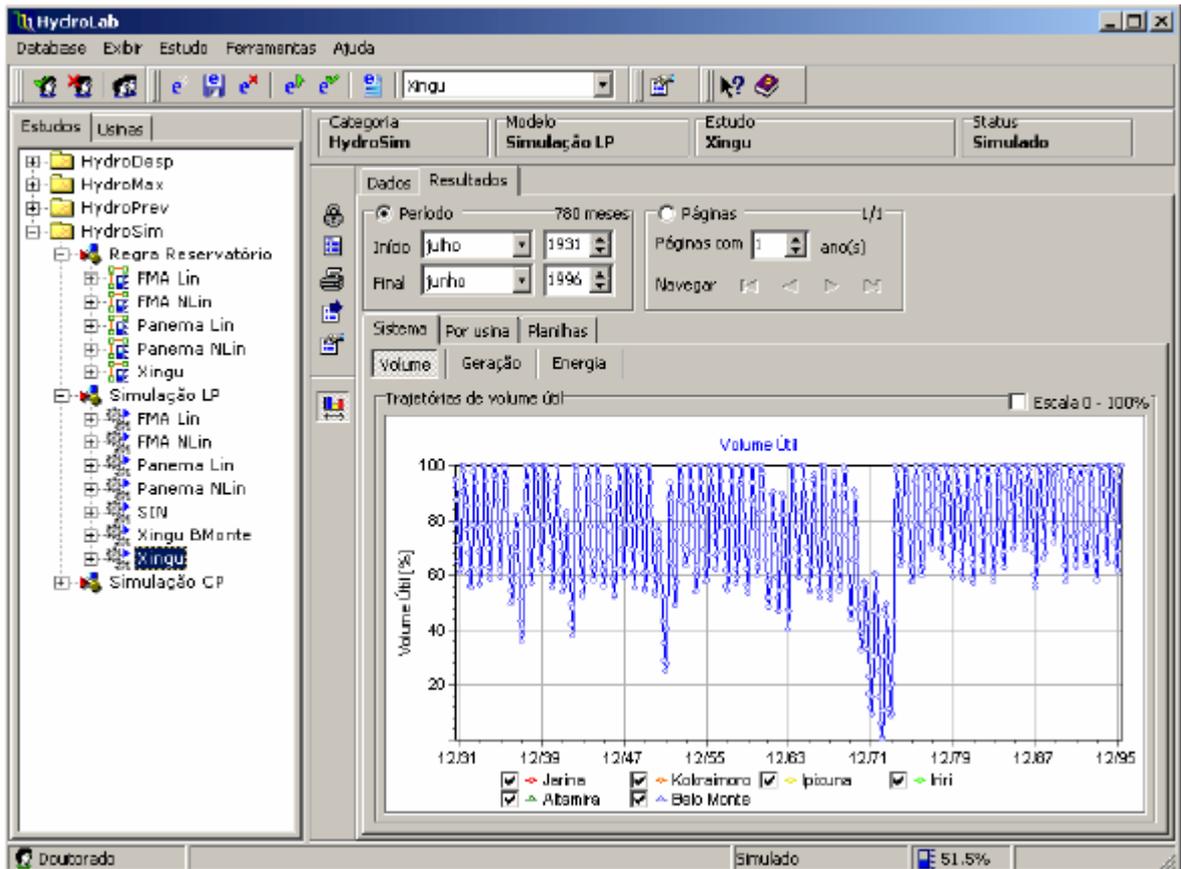


Figura 2.8: Simulação da energia firme do sistema Xingu

Fonte: Cicogna, M. A. Sistema de Suporte a Decisão para o Planejamento e a Programação da Operação de Sistemas de Energia Elétrica, SP: UNICAMP, 2003.

Entretanto, em sua tese de doutorado, Cicogna (2003) apresenta também outra simulação intitulada *Xingu BMonte*. Neste novo estudo, apenas a construção de Belo Monte foi considerada, ou seja, sem que os demais empreendimentos se concretizassem.

Para esta nova regra de operação (usina de Belo Monte isolada) Cicogna (2003) afirma, com a simulação no HydroSim LP, que o valor da energia firme do CHE Belo Monte é de apenas 1.172 MW médios. A grande variabilidade das vazões naturais aliada à limitação pela falta de regularização promovida pelos grandes reservatórios a montante seriam os principais causadores desse baixo valor.

Assim, a geração de energia firme superior a 1.172 MW pelo CHE Belo Monte, está diretamente subordinada a implantação de novos empreendimentos nessa região, uma vez que estes reservatórios proporcionariam a regularização do sistema.

Concluí-se que, para a obtenção de energia firme de cerca de 4.700 MW médios, a Eletronorte utilizou em sua simulação (MSUI) a operação coordenada do conjunto de usinas do Rio Xingu. Caso contrário, não seria possível explicar a considerável diferença entre os valores de energia firme resultantes (1.172 MW e 4.714 MW) dos dois simuladores.

É fundamental reconhecer a importância da existência de um único norte nesta questão, pois em uma análise custo-benefício essa divergência de valores é altamente relevante.

Além disso, o relatório da Eletronorte (2002) prevê a construção de alguns empreendimentos decorrentes da implantação do CHE Belo Monte: Linha de Transmissão da Usina Principal, que proporcionará a interligação da usina principal ao Sistema Interligado Nacional; Linha de Transmissão da Usina Complementar, que irá direcionar a energia gerada na usina complementar ao tramo oeste; Porto Fluvial de Apoio às Obras, visando atender ao abastecimento da obra, uma Eclusa permitindo assim a navegabilidade ao longo do rio; Vila Residencial de Santo Antônio de Belo Monte e Vila Residencial de Altamira com finalidade de abrigar a mão de obra envolvida no empreendimento, além de estradas e uma ponte sobre o canal de fuga.

4.1.5 Custos do Empreendimento

O orçamento para implantação do complexo tem como base os dados emitidos pela Eletronorte em 2002. O valor global de cerca de R\$ 7,5 bilhões de implantação, o equivalente a US\$ 3,15 bilhões (US\$ 1=2,38 - junho/2001) corresponde ao custo do empreendimento (geração) sem considerar juros no decorrer da construção.

Com o acréscimo de juros ao longo da construção de 12% a.a (Eletronorte, 2002), o valor global sobe para R\$ 9,6 bilhões correspondente a cerca de US\$ 4,0 bilhões (US\$ referência junho/2001).

Cabe ressaltar que o custo considerado competitivo pela Eletronorte (12,4 US\$ / MWh) não contempla o sistema de transmissão. É importante também considerar, que esses valores apresentados não foram os valores iniciais emitidos pela Eletronorte. Em 2001 o projeto era estimado em US\$ 6,5 bilhões, sendo US\$ 3,7 bilhões da construção da usina e US\$ 2,8 bilhões do sistema associado de transmissão. Um ano depois, a Eletronorte anunciava um orçamento reduzido para US\$ 5,7 bilhões incluindo as linhas de transmissão (Pinto, 2002).

A Tabela 2.9 a seguir sintetiza as informações relevantes quanto aos custos oficiais levantados pela Eletronorte.

Tabela 2.9: Avaliação econômica do CHE Belo Monte – geração e transmissão

Avaliação Econômica do CHE Belo Monte	Valor	Un
Custos de Investimento (1)	4.037,90	Milhões de dólares
Custos de O & M	291,2	Milhões de dólares
Custo Total	4.329,10	Milhões de dólares
Custos de Geração	12,40	US\$ / MWh
Custo Dólar (Junho/2001)	2,38	R\$
Avaliação Econômica do Sistema de Transmissão	Valor	Un
Custos de Investimento	1.767,10	Milhões de dólares
Custo de O & M	158,42	Milhões de dólares
Perdas	55,27	Milhões de dólares
Custo Total (2)	2.192,84	Milhões de dólares
Custo de Transmissão	8,14	US\$ / MWh

(1) (2) Considerados juros durante a construção de 12% a.a.

Fonte: Eletronorte – Estudo de Viabilidade, Relatório Final, 2002.

Por fim, também observou-se que os custos diretos de inserção regional não estão incluídos no orçamento padrão da Eletrobrás (OPE) (Eletronorte, 2002).

O Plano de Inserção Regional (PIR) tem como objetivo principal criar condições de redinamização da economia local, possibilitando a retomada do desenvolvimento em bases sustentáveis. De acordo com o Relatório de Viabilidade emitido pela Eletronorte (2002) o PIR está estruturado em alguns pilares, orientando programas de acordo com sua natureza (qualificação, capacitação de recursos humanos, fomento à produção, melhoria da infraestrutura social e urbana, fortalecimento das instituições públicas locais, etc.). Entretanto, os custos de implantação desses programas não fazem parte do orçamento padrão.

4.2 Projeto

A partir da configuração física exposta, foram levantadas e analisadas as características relacionadas às questões sócio-ambientais, econômicas e financeiras, buscando a viabilização do projeto do CHE Belo Monte.

4.2.1 Regiões de Influência

A implantação do CHE de Belo Monte influenciará diretamente nove municípios: Porto de Moz, Pacajá, Anapu, Senador José Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira, Brasil Novo, Uruará e Medicilândia.

A densidade populacional desta região é de 0.9 habitantes por km² dado que a população total (em 2000) é de 248.317 habitantes e a extensão territorial é de 280.678 km².

Observa-se na Figura 2.9, os nove municípios diretamente afetados, além da existência de mais dois: Placas e Gurupá. Embora não indique os motivos, a Eletronorte (2002) informa que a inclusão destes municípios, na região, está sendo avaliada.

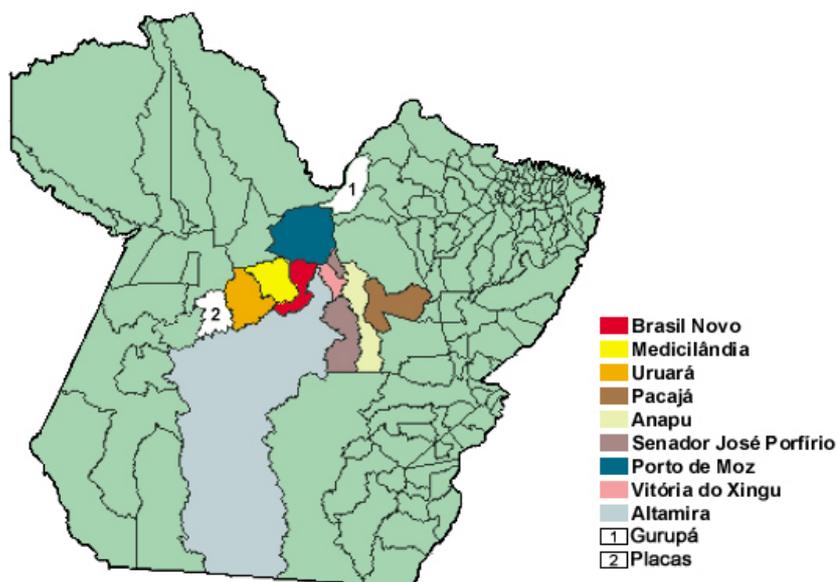


Figura 2.9: Regiões de influência do CHE Belo Monte

Fonte: Eletronorte – Estudo de Viabilidade, Relatório Final, 2002.

Com a implantação da hidrelétrica impactos diretos e indiretos são originados. Como impactos diretos pode-se ressaltar a inundação permanente dos igarapés Altamira e Ambé que atualmente é sazonal; a inundação de área rural em Vitória do Xingu, a modificação da vazão na Volta Grande do Xingu (jusante do barramento) e suspensão do transporte fluvial de Altamira até o Rio Bacajá.

O conjunto formado por Altamira, Vitória do Xingu e o distrito de Belo Monte, sofrerá impactos diretos com a formação do reservatório. Para os municípios de Anapu, Brasil Novo, Medicilândia e Senador José Porfírio, os impactos diretos são diminuídos e sobressaem os impactos indiretos. Finalmente, o terceiro grupo constituído pelas sedes dos municípios de Pacajá, Uruará e Porto de Moz, recebe energia elétrica graças ao Tramo-Oeste.

4.2.2 Evolução da Região de Influência

O histórico (1970 - 2000) da região em estudo revela processos de crescimento, estabilidade, e retração econômica, social e política. A configuração atual da região foi constituída ao longo de três décadas. Altamira, Senador José Porfírio e Porto de Moz surgiram na década de

70. Dez anos depois mais três cidades foram acrescentadas a essa região - Pacajá, Uruará e Medicilândia - e por fim nos anos 90 surgiram: Brasil Novo, Vitória do Xingu e Anapu.

O processo de ocupação dessa região sofreu enorme influência do fluxo migratório, resultando numa elevação populacional que saiu de 25.751 habitantes em 1970 para 248.317 em 2000.

Com a implantação da usina aproximadamente duas mil famílias deverão ser remanejadas em Altamira (área urbana), 813 na área rural de Vitória do Xingu e 400 famílias ribeirinhas.

A Tabela 2.10 a seguir fornece dados sobre a população rural e urbana dos municípios pertencentes à região do empreendimento.

Tabela 2.10: Região de inserção CHE Belo Monte, municípios integrantes – 2000.

Município	Área (km²)	População Urbana (habitantes)	População Rural (habitantes)	População Total (habitantes)
Altamira	181.446	62.265	15.090	77.355
Anapu	11.889	3.111	6.154	9.265
Brasil Novo	6.303	4.367	12.710	17.077
Medicilândia	12.363	6.744	14.679	21.423
Pacajá	2.139	7.615	21.145	28.761
Porto de Moz	17.432	9.079	13.381	22.460
Sen. José Porfírio	33.689	5.330	10.390	15.720
Uruará	10.666	13.131	31.967	45.098
Vitória do Xingu	4.751	3.929	7.229	11.158
Total	280.678	115.571	132.746	248.317

Fonte: IBGE - Estudos Preliminares do Censo, 2000.

O crescimento econômico, demográfico e social foram as marcas da década de 70. Os anos 80 enveredaram por um processo de estabilidade desse crescimento, culminando em crise nos anos 90, que atingiu em especial a lavoura permanente. É importante ressaltar que embora a qualidade do solo e o clima sejam bons, o uso de técnicas rudimentares torna a atividade agrícola ainda pouco desenvolvida na região.

Apesar da crise de 90 ter ocasionado uma queda nas taxas demográficas, houve um forte crescimento da área urbana nesse período. Altamira tornou-se o município mais urbanizado, pólo concentrador de atividades industriais e por consequência o mais desenvolvido economicamente. Os demais municípios concentravam suas atividades em madeireiras e empresas de beneficiamento agrícola de pequeno porte.

Com relação aos índices de escolaridade, em meados dos anos 90 os dados apontavam valores muito baixos. Cerca de um terço da população não tinha qualquer instrução formal, o que pode ser explicado pelo baixo investimento em educação.

Quanto a meios de comunicação e transporte o cenário é de atraso, provocando isolamento, mesmo que temporário, de parte da região no período das chuvas. A Rodovia Transamazônica e o Rio Xingu exercem papel de destaque no transporte, atuando como integradores dessa região.

Finalmente, o turismo de aventura, ecoturismo, turismo rural e pesca esportiva apresentam grande potencial de desenvolvimento na região.

4.2.3 Plano de Inserção Regional

Empreendimentos, como o CHE de Belo Monte, disseminam benefícios em escala nacional, entretanto os problemas sócio-ambientais derivados de sua implantação e funcionamento produzem conflitos regionais consideráveis. Com isso, a conciliação de objetivos torna-se necessária entre o país e a região.

O Plano de Inserção Regional (PIR) norteia-se pelo reconhecimento de que o empreendimento hidrelétrico não está alienado da região que o comporta. O PIR caracteriza-se por ações de planejamento, estratégias e estruturação social, territorial e econômica da região afetada, tendo como enfoque principal a internalização e potencialização dos impactos positivos do empreendimento. Este plano é fundamentado na participação ativa do governo Federal, Estadual e Municipal com a sociedade.

4.2.4 Grupos Sociais Afetados pelo Empreendimento

A implantação e funcionamento do CHE Belo Monte irão gerar conflitos entre diversos segmentos sociais: proprietários rurais (pecuaristas), trabalhadores rurais, comerciantes, população urbana e rural a serem remanejadas, madeireiros, movimentos religiosos, comunidades indígenas, movimento pelo desenvolvimento da Transamazônica e do Xingu e organizações não governamentais.

Uma breve caracterização dos principais segmentos, diretamente ou indiretamente afetados, é feita a seguir.

4.2.4.1 Comunidades Indígenas

Atualmente, em torno de 15 mil índios de diferentes grupos étnicos vivem no Estado do Pará, distribuídos em cerca de 14.900 ha (Silva; Grupioni, 2004). Para proteger seu território e enfrentar as conseqüências da convivência entre as aldeias e o mundo externo, as lideranças indígenas do Xingu fundaram em 1994 a Associação Terra Indígena do Xingu - ATIX.

Cerca de 5.353.788 hectares de terra, com dez grupos indígenas encontra-se na região de implantação do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, correspondendo a uma população de 1.397 pessoas.

Segundo a Eletronorte (2002), apenas uma dessas dez terras indígenas – a terra indígena Xipaia – ainda não foi delimitada, entretanto, estudos estariam sendo realizados visando à sua identificação.

A Tabela 2.11 a seguir relaciona os dez grupos indígenas na região de implantação da usina.

Tabela 2.11: Região de inserção CHE Belo Monte, povos indígenas – 1999.

Terra Indígena	Município	Superfície (ha)	População (habit.)
Paquiçamba	Vitória do Xingu	4.348	35
Trincheira/Bacajá	Senador José Porfírio, Pacajá e São Félix do Xingu	1.650.939	382
Koatinemo	Altamira	387.304	91
Kararaô	Altamira	330.837	28
Araweté/Igarapé Ipixuna	Altamira, Senador José Porfírio e São Félix do Xingu	946.900	255
Apyterewa	Altamira e São Félix do Xingu	980.000	248
Arara	Altamira, Medicilândia e Uruará	274.010	143
Cachoeira Seca do Iri	Altamira, Uruará e Ruropóliis	760.000	57
Xipaia	Altamira	Em estudos	67
Curuá	Altamira	19.450	91

Fonte: Eletronorte - Estudos de Viabilidade, 2002.

Na configuração inicial do empreendimento boa parcela da Área Indígena de Paquiçamba e Terra Indígena Trincheira/ Bacajá seriam inundadas. Com o novo arranjo houve redução da área do reservatório, eliminando a inundação das terras indígenas.

Koifman (2001) afirma que as principais interferências diretas e indiretas originadas da expansão do setor elétrico nas áreas indígenas são: remanejamento das comunidades (afetando o estilo de vida), inundação de áreas (incluindo áreas sagradas), diminuição da caça, redução de áreas cultiváveis e aumento de doenças infecciosas.

4.2.4.2 População Urbana a Ser Remanejada

A população urbana a ser remanejada está localizada na cidade de Altamira, Ambé, na região dos igarapés Altamira e Pannels. Estas localidades são conhecidas por inundações frequentes.

Na área urbana de Altamira a implantação da usina acarretará no remanejamento de cerca de duas mil famílias.

Verifica-se que, se por um lado tem-se os benefícios trazidos pela ampliação da matriz energética, a industrialização da região, o crescimento de oferta de emprego e benefícios

sociais por outro lado, experiências como as já abordadas anteriormente neste trabalho, revelam ameaças sobre as condições de vida, saúde, cultura e sobrevivência das populações diretamente afetadas, incluindo as indígenas.

4.2.4.3 Madeireiros

A exploração de madeiras nobres (mogno, itauba, louro, cedro, ipê, cumaru, angelim-pedra e tatajuba) na região Amazônica tem alcançado níveis internacionais. Na região de implantação da UHE Belo Monte, o grande pólo de extrativismo de madeira situa-se em Altamira, embora destaque-se também a cidade de Senador José Porfírio.

Essa atividade extrativista gera um contínuo processo de desmatamento, caracterizada pela ação predatória. Entretanto a importância econômica dessa atividade na região não deve ser menosprezada.

4.2.4.4 Comerciantes

Esse grupo perceberá o maior impacto indireto, notadamente quando a população rural e urbana por ele atendida for relocada. A variação na demanda, pela supressão de sua clientela determinará alterações da estrutura socioeconômica e produtiva tanto direta como indiretamente.

Altamira destaca-se dos outros municípios da região de estudo, pela concentração de atividades comerciais. Nos demais municípios da região o comércio é frágil. Deve-se considerar, entretanto, que esse grupo vislumbra um aumento considerável de negociações com a implantação do empreendimento.

4.2.5 Empreendimentos Associados à UHE de Belo Monte

No Estudo de Impacto Ambiental elaborado pela Eletronorte (2002) consta que com a implantação do Complexo haverá a necessidade de construção de alguns empreendimentos. Embora a maioria destes empreendimentos (exceto linhas de transmissão) esteja considerada

no orçamento base no que se refere à construção propriamente dita, o mesmo não ocorre com os custos de impactos ambientais, desapropriações e indenizações relacionados a essas construções.

O estudo deixa clara a não inclusão no orçamento base das linhas de transmissão tanto da usina principal como da usina secundária. Salienta ainda que a trajetória da linha de transmissão da usina principal ainda não foi definida, o que é de suma importância para a caracterização mais ampla dos impactos do projeto.

Estudos prévios dos impactos gerados devem ser realizados para a construção das linhas de transmissão (principal e secundária) uma vez que situações de desmatamento ao longo do eixo possivelmente ocorrerão.

A Tabela 2.12 a seguir relaciona essas edificações e suas respectivas finalidades.

Tabela 2.12: Empreendimentos associados ao CHE de Belo Monte

Empreendimento	Finalidade
Linha de transmissão da usina principal.	Interligação ao sistema elétrico nacional.
Linha de transmissão da usina complementar.	Direcionar energia Sítio Pimental até Altamira.
Porto fluvial de apoio às obras	Exclusivo para o abastecimento geral da obra.
Eclusa	Estabelecer ligação por via fluvial, permitindo a navegação ao longo do reservatório.
Vila residencial de Santo Antônio de Belo Monte e vila residencial de Altamira	Abrigar a mão-de-obra envolvida na construção.
Novas estradas e ponte sobre o canal de fuga da usina na BR-230.	Atender às necessidades do empreendimento.

Fonte: Eletronorte - Estudos de Impacto Ambiental, 2002

A faixa de passagem de ocupação de uma linha de transmissão em 500 kV pode estar em torno de 65m de largura por 400 km de extensão. Essas dimensões muitas vezes comprometem sítios arqueológicos, aldeias indígenas, parques florestais ou reservas ecológicas (Borenstein; Camargo, 1997).

No que diz respeito aos novos sistemas viários que visam atender às necessidades da obra, um planejamento detalhado também é recomendado, abrangendo toda a região atingida pelo reservatório e não só de forma individualizada ou local. A abertura de novos traçados implica não só em custos meramente construtivos, mas de desapropriação, de indenizações e impactos ambientais.

Na verdade, a edificação destes empreendimentos requer um estudo mais criterioso visando obter um planejamento com redução máxima dos impactos negativos. Identificação dos impactos socioeconômicos e ambientais, opções de atenuação e acomodação social, consultas públicas e alternativas de melhorias ambientais são alguns dos itens vinculados a esse planejamento.

4.3 Metodologia

A partir da identificação dos dados e informações sócio-econômicas e ambientais existentes, inclusive as levantadas nos estudos de viabilidade da Eletronorte, foi elaborada uma avaliação sócio-econômica-ambiental do projeto de construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no Rio Xingu. A Análise Custo Benefício descrita por Motta (1998) foi o expediente adotado para tal análise.

4.3.1 Fundamentação Teórica da Análise Custo-Benefício (ACB)

A dependência crítica da economia moderna em relação à energia salienta a necessidade de um uso mais racional e efetivo, por toda sociedade, dos recursos energéticos.

Os grandes empreendimentos do setor energético esbarram em restrições financeiras, ambientais e sociais. Com relação às hidrelétricas, essas questões são mais críticas. Pode-se citar, por exemplo, a necessidade de deslocamento de populações para formação do reservatório da usina, trazendo várias nuances culturais e sociais, o que torna a tarefa das mais complexas.

Neste cenário, a análise do sistema energético brasileiro é feita com o auxílio de modelos que estão associados direta ou indiretamente com o processo de tomada de decisão. Para o empreendimento em estudo neste trabalho, utilizou-se a Análise Custo Benefício.

O principal objetivo da Análise de Custo-Benefício (ACB) é a avaliação dos custos e benefícios dos impactos ocasionados pelo empreendimento em bases monetárias (Motta, 1998).

Os benefícios e custos do projeto dependem do ponto de vista pelo qual os mesmos são avaliados. Para projetos privados, o enfoque é o lucro do empresário, confrontando os investimentos necessários à obtenção destes lucros; no entanto, para projetos do setor público esse enfoque muda e, é necessário observar também se o projeto gera outros benefícios, tais como ocupação e emprego de recursos nacionais.

Conforme Motta (1998), a Análise Custo-Benefício (ACB) pode assumir algumas graduações de acordo com suas perspectivas: Análise Privada (perspectiva do usuário), Análise Fiscal (tesouro), Análise Econômica (perspectiva da eficiência), Análise Social (perspectiva distributiva), Análise de Sustentabilidade (perspectiva ecológica).

No caso da perspectiva ecológica tem-se a maximização do bem estar total, minimizando os custos de oportunidade e distributivos - ACB utilizando preços de mercado sem subsídios e outras distorções de mercado, ajustando estes com pesos distributivos para incorporar questões de equidade e incluindo a valoração monetária de externalidades ambientais.

4.3.2 Valoração

Na Análise Custo Benefício vários aspectos devem ser considerados, como é o caso dos custos ambientais provenientes da implantação e operação do empreendimento.

Pode-se distinguir quatro grupos que irão compor a análise custo benefício do empreendimento em questão. O custo total associado ao empreendimento, conforme

elaborado pela Eletronorte compõe o primeiro grupo. O segundo é constituído pelos custos sócio-econômicos (turismo, atividade pesqueira, etc.) referentes ao empreendimento, analisados como custo oportunidade. O terceiro grupo, é representado pela associação de custos dos impactos ambientais (biodiversidade, ictiofauna, inundações de florestas, etc.) e por fim, o quarto grupo que aponta os benefícios previstos com a construção do complexo (energia, transporte, retorno financeiro, etc).

4.3.2.1 Custos

Como já visto anteriormente, o custo global estimado pela Eletronorte (2002) é de R\$ 7.514,9 bilhões, o equivalente a US\$ 3.157,5 bilhões (US\$ 1=2,38 - junho/2001). Este valor acrescido dos juros ao longo do período de construção, de 12% a.a (Eletronorte, 2002), sobe para R\$ 9.610,2 bilhões correspondente a cerca de US\$ 4.037,8 bilhões.

Os componentes a seguir relacionados correspondem a custos que não constam do orçamento padrão da Eletronorte, mas que são importantes na caracterização global do empreendimento e devem ser considerados na análise de viabilidade econômica. Trata-se das externalidades do empreendimento. Como exemplo dessas externalidades destacam-se:

(a) Custos de perdas na atividade pesqueira

A pesca caracteriza-se por ser uma atividade de importância social, ecológica e econômica para a região.

Com a construção e operação da usina, tanto a pesca esportiva como a artesanal e a pesca profissional são sensivelmente afetadas. A formação do reservatório com as canalizações construídas e retificações no curso do rio, implicam numa diminuição da velocidade das águas, fazendo com que o rio assuma novas características como, por exemplo, variação térmica e alterações nas características químicas da água. Essa nova situação provoca alterações nas atividades de pesca (esportiva, artesanal e profissional).

(b) Custos de perdas na qualidade da água

Esse item relaciona os aspectos do potencial de eutrofização no caso de formação de lagos em alguns locais. Além de aspectos relacionados ao índice de qualidade da água em diferentes trechos do rio.

Considera-se como premissa que a boa qualidade da água é a grande responsável pelo equilíbrio biótico do local, além de subsidiar outros usos. Essa perda na qualidade da água será sentida sobremaneira na cidade de Altamira, em virtude da maior concentração populacional e foco de atividades econômicas.

Na região em estudo, quatro fatores são mencionados como causas principais da má qualidade e escassez da água: garimpo, mineração, colonização e desmatamento. No período de seca, problemas com escassez de água são verificados na reserva dos índios Araweté do Igarapé Ipixuna, para os Juruna da aldeia Pakiçamba, para os Kaiapó da aldeia Kararaô, entre outros. Tal situação de seca obriga a população a buscar água diretamente no rio, o que estaria promovendo problemas de saúde. Projetos de recuperação ambiental, perfuração de poços artesianos, produção sem agrotóxicos são algumas das reivindicações da população local (Verdum, 2004).

O custo observado está relacionado ao aumento do custo de tratamento da água para fins de potabilidade ou o custo de restauração da qualidade aos níveis anteriores ao do eventual represamento.

(c) Custos por inundação de remanescentes da floresta e de propriedades rurais desenvolvidas

A inundação da vegetação remanescente da floresta pode provocar alterações da qualidade da água (redução do O₂ dissolvido e aumento do odor), além de dificultar o aproveitamento do lago para outras atividades e provocar proliferação de insetos. Existe ainda um valor de opção

por conservação da floresta, seja para fins de reserva biotecnológica ou para manutenção de bancos de germoplasma.

Com relação à inundação de áreas rurais desenvolvidas, deve-se considerar também as perdas provenientes de atividades produtivas locais, como a agricultura e a pecuária.

(d) Custos de perda na ictiofauna migratória

Independente da finalidade, a barragem das águas não leva em consideração mecanismos apropriados para trânsito de peixes, levando os migradores à extinção pela ausência de reprodução com todas as conseqüências sobre o ambiente e o homem (Martins, 2000).

As represas constituem-se em obstáculos que diminuem o espaço da migração reprodutiva, promovendo assim considerável redução da ictiofauna. Tal impacto pode ter relevância para comunidades pesqueiras a jusante do empreendimento de Belo Monte, afetando-as economicamente.

É bem verdade que algumas soluções vem ganhando força como medidas de mitigação aos principais impactos que os represamentos ocasionam no meio aquático. Entre essas soluções destaca-se as mais utilizadas: o Sistema de Transposição de Peixes (STP) e as Estações de Hidrobiologia (Martins, 2000).

Pode-se definir o STP – Sistema de Transposição de Peixes, como uma estrutura artificial destinado a atrair e conduzir seguramente a migração de peixes (trófica e reprodutiva) aos seus ambientes. No Brasil existem cerca de 4.200 barramentos, destes apenas sessenta apresentam Sistema de Transposição de Peixes (STP) tipo escada (Goldemberg, 2000). Esse dispositivo é o único tipo de sistema instalado no Brasil, e corresponde a estruturas constituídas por um canal aberto entre o nível das águas a montante e a jusante, onde os tanques sucessivos formam uma escada.

De acordo com Martins (2000), os projetos nacionais de transposição de peixes carecem de planejamento e concepção adequados. Além disso, ressalta que dos poucos dispositivos existentes, alguns apresentam localização imprópria além de serem mal operados.

Na bacia do Rio Paraná onde há uma construção de barragens em série, o sistema de escada de peixe implantado afetou algumas espécies migradoras. Isto porque essas espécies exigem áreas sazonalmente alagadas para reprodução, que hoje são reguladas pelos reservatórios. Agostinho (1997) relata em seu trabalho, que as escadas podem reduzir o número de reprodutores a jusante, além de não promover a reposição dessas espécies e ter benefícios questionáveis com relação aos estoques do trecho a montante.

No caso das estações de hidrobiologia deve-se dispor de dados limnológicos e da biologia pesqueira das águas do rio. Dessa forma, pode-se verificar se a estação atenderá às finalidades de atenuação/correção de impactos negativos. (Godoy, 1979).

Cabe ressaltar que em seu Estudo de Impacto Ambiental, a Eletronorte comenta apenas que há previsão de um local para a construção de uma escada de peixe caso esta seja necessária, entretanto deixa claro que, não há estudos concluídos sobre este aspecto (Eletronorte, 2002). Além disso, não verificou-se em seu orçamento padrão a presença de custos direcionados à qualquer tipo de minimização quanto a perda de ictiofauna.

Os seres aquáticos devem ser previamente analisados para que sejam conhecidas a estrutura das populações, os hábitos alimentares, os processos reprodutivos e migratórios. Dessa forma, poderá ser proposto possibilidades de recuperação e sobrevida das populações do rio afetado.

(e) Custos de emissão de CO₂ e metano (CH₄)

O processo de decomposição biológica da matéria orgânica dos ambientes aquáticos é de grande importância no que diz respeito à qualidade das águas. O principal efeito desse processo é a produção de gás metano.

Além do metano, as emissões de dióxido de carbono decorrentes do desflorestamento causam grande preocupação, dada sua contribuição para o efeito estufa.

(f) Custos de perdas de água por evaporação

Este custo está relacionado às perdas de água no espelho d'água formado pelo reservatório, levando-se em consideração evaporação da lâmina e evapotranspiração da bacia.

Esses dados são relacionados à área do reservatório e ao comportamento climático regional. Segundo estudos da Eletrobrás (1999), na região do CHE Belo Monte, a evaporação líquida anual é de 145 mm. Isso determina uma perda de água por evaporação em lâmina d'água em torno de 63.800.000 m³ por ano, para o reservatório projetado.

(g) Custos de perdas por atividades turísticas

A atividade turística da região gera para a economia: receita, empregos, nível de vida para população local, além de agregar investimentos. Embora essa atividade na região em estudo apresente grande potencial ela ainda é pouco explorada.

A mensuração da atividade turística é bastante complexa, devido à limitação de dados. Atualmente não há uma infra-estrutura totalmente organizada do sistema turístico nesta região, resumindo-se esta a dois hotéis de pesca e um hotel de selva. Trata-se, entretanto, de turismo especializado, de alto valor agregado e foco no mercado externo. O levantamento do potencial imediato agregado representaria o custo de oportunidade do turismo.

(h) Custos de perdas da biodiversidade

Como argumentos para justificar a importância biológica e econômica da biodiversidade pode-se citar: o funcionamento dos ecossistemas, valores científicos, culturais, fonte de alimentos, produtos farmacêuticos e químicos, base para culturas agrícolas, etc.

A determinação de valores da perda da biodiversidade implicaria na necessidade de registrar a ocorrência das variedades de plantas e animais da região, identificando sua

composição e distribuição e estudando a participação de cada uma no ecossistema, estudos estes inexistentes.

Desta forma, pode-se lançar mão de meios indiretos de valoração da perda da biodiversidade, a partir de valores de opção (uso futuro) ou, parcialmente, a partir de estimativas de disposição a pagar, *ex ante* e *ex post*, para a conservação da biodiversidade local. Como exemplo, as estimativas de custo de viagem para os empreendimentos turísticos especializados, pode ser uma boa *proxy* para a definição de valores de perda da biodiversidade, especificamente relacionada a espécies de interesse daquela atividade.

(i) Perdas sociais

Com a implantação do Complexo deve-se considerar o aumento de empregos diretos e indiretos. Entretanto, o aumento populacional ocasionado pelo movimento de grupos operários e mão-de-obra especializada, provoca além de variações de estilos de vida, hábitos, costumes e culturas, o aumento da prostituição e criminalidade.

4.3.2.2 Benefícios

Muitas das alterações causadas por grandes projetos geram também progresso econômico para a região de implantação: novos postos de trabalho, durante e após a fase de construção, planos de educação, saúde, transporte, além da produção de energia a qual complementar a matriz energética de outros centros consumidores.

No que diz respeito à complementação da matriz energética de outras regiões, não pode deixar de ser ressaltada a influência direta da geração de energia na melhoria da qualidade de vida da população, embora o reconhecimento da energia como fator de produção de conforto para a humanidade possa ser visto por vários ângulos, de acordo com a grandeza da decisão a ser tomada.

De acordo com Jucá e Lyra (2004), outro benefício relacionado à construção de uma hidrelétrica é a Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos (CFURH). A

CFURH é um percentual pago pelas empresas de produção de energia hidrelétrica pela utilização dos recursos hídricos. O gerenciamento e distribuição de recursos arrecadados entre os municípios, Estados e União é feito pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Jucá e Lyra (2004) abordam ainda outros benefícios fiscais: Reserva Global de Reversão; Taxa de fiscalização da ANEEL; Contribuição para Desenvolvimento Energético; PIS/PASEP; COFINS e contribuição para o Mercado Atacadista de energia.

Entretanto, esses benefícios gerados também provocam custos em decorrência da relação causa e efeito do uso intensivo de energia. Como exemplo, nas regiões a serem beneficiadas pela expansão da matriz energética será verificado aumento de oferta e consumo de bens e serviços, mormente demandantes de energia. Esse aumento de oferta e demanda além de consumir recursos naturais como matéria prima, ainda poluem o ambiente.

Dessa forma, em nossa análise custo-benefício, os benefícios serão representados somente pela energia firme gerada pelo sistema. Entende-se como energia firme o maior valor de energia produzida continuamente no sistema.

Para o cálculo dos benefícios gerados pela energia firme será utilizado como base, o Valor Normativo. O Valor Normativo é o valor de referência para a comparação de preço de compra de energia e definição de custo a ser repassado às tarifas de fornecimento (ANEEL, 2001c)

Finalizando, a partir desses custos e benefícios, para que seja alcançado um objetivo ótimo de desenvolvimento sustentável se faz necessário a conciliação das perdas e ganhos, com a máxima redução de prejuízos a qualquer esfera envolvida ao sistema.

5 Análises e Resultados

Para a análise dos resultados foram elaborados quatro cenários de valoração. Como premissa destes cenários considerou-se a potência instalada de 11.183 MW e vida útil de 50 anos para o empreendimento e taxa de 12% a.a, de acordo com o relatório da Eletronorte (2002).

Com o objetivo de facilitar o entendimento das análises feitas neste capítulo, será importante lembrar, inicialmente, algumas terminologias que serão bastante utilizadas no decorrer das análises.

- Valor Presente Líquido (VPL): É o montante do futuro descontado (ou atualizado) para o presente. É o valor atual. O VPL, na área de finanças, é usado para analisar investimentos em projetos (May et al, 2003).

O Valor Presente Líquido é indicado pela expressão abaixo:

$$VPL = \sum (B_t - C_t) / (1 + r)^t$$

Onde B_t refere-se aos benefícios gerados ao longo do tempo t , e C_t está relacionado aos custos incorridos a cada momento do tempo t . O termo r refere-se à taxa de desconto.

Pode-se ter as seguintes possibilidades para o Valor Presente Líquido de um projeto de investimento: maior do que zero, igual a zero e menor que zero.

A situação de $VPL > 0$ significa que o investimento é economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa. Para $VPL = 0$, o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas de caixa é igual ao valor presente das saídas de caixa. E finalmente $VPL < 0$, indica que o investimento não é economicamente atrativo porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa.

Entre vários projetos de investimento, o mais atrativo é aquele que tem maior Valor Presente Líquido.

- Valor Normativo: É o valor de referência para a comparação de preço de compra de energia e definição de custo a ser repassado às tarifas de fornecimento (ANEEL, 2001c).

- Externalidades: São agentes econômicos que não constam do orçamento padrão do agente responsável (empreendedor), resultando em situações de perda coletiva (May et al, 2003).

Tais agentes são importantes na caracterização do empreendimento e devem ser considerados na análise de viabilidade econômica.

Como ferramenta de trabalho utilizou-se o Excel, no qual foram elaborados quatro cenários econômicos.

No Cenário 1, não foi considerado custos de externalidades. Além disso, a energia firme utilizada para os cálculos foi de 4.714 MW, conforme divulgado pela Eletronorte em 2002. Calculou-se então, os benefícios gerados pela energia firme, utilizando como base o valor normativo de US\$ 43,40/ MWh médios, em 2004 (Tradener Comercialização de Energia, 2004). O valor dos benefícios resultante foi de US\$ 1.523.252.737,64 anuais.

Os custos considerados neste cenário referem-se à construção do empreendimento, operação e manutenção do mesmo, conforme já mostrado anteriormente na Tabela 2.9. Sendo US\$ 4.037,90 milhões (US\$ junho/2001) correspondentes à construção da usina principal e secundária, e um custo de US\$ 291,20 milhões ao longo da vida útil referentes à operação e manutenção do complexo. Além disso, outros custos considerados foram os de implantação das linhas de transmissão de US\$ 1.767,10 milhões (sem juros) e operação e manutenção das linhas orçado em US\$ 158,42 milhões ao longo da vida útil. Com relação às linhas de transmissão, acrescentou-se ainda o custo relativo às perdas de US\$ 55,27 milhões. Cabe salientar, que todos os custos referentes ao sistema de transmissão e geração foram informados pelo empreendedor, em seu estudo de viabilidade.

A inclusão dos custos das linhas de transmissão (implantação, perdas, operação e manutenção) nos cálculos de valoração é imprescindível uma vez que o funcionamento da usina esta diretamente ligado a sua existência.

Considerando as características relatadas, o Cenário 1 apontou a viabilidade de implantação do empreendimento, com um Valor Presente Líquido positivo de cerca de US\$ 2,92 bilhões.

A Tabela 2.13 a seguir nos mostra um resumo das informações referentes ao Cenário 1, com os custos e o VPL resultante.

Tabela 2.13: Resumo do Cenário 1

Variáveis	Un	Custos
Externalidades	-	Não consideradas
Potência instalada	MW	11.183
Energia firme	MW	4.714
Valor normativo	US\$/MWh	43,40
Construção Complexo	US\$	4.037.900.000,00
Operação e manutenção do Complexo	US\$	291.200.000,00
Implantação linhas de transmissão	US\$	1.979.150.000,00
Operação e manutenção linhas	US\$	158.420.000,00
Perdas nas linhas de transmissão	US\$	55.270.000,00
Valor Presente Líquido (+)	US\$	2.924.574.023,33

O comportamento do VPL acumulado no Cenário 1, considerando um período de 50 anos de vida útil do empreendimento (Eletronorte, 2002), é apresentado na Figura 2.10 a seguir.

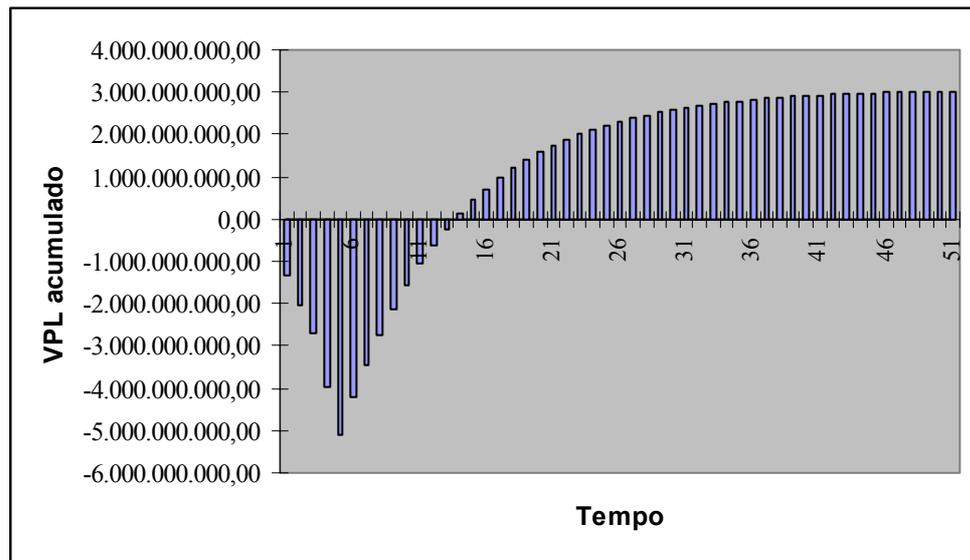


Figura 2.10 : Valor Presente Líquido x tempo – Cenário 1

Utilizando a ferramenta *Atingir Meta* do Excel foi possível verificar, ainda para o Cenário 1, que adicionando-se uma externalidade hipotética no valor de US\$ 555.247.999,35 anual, o Valor Presente Líquido tornaria-se nulo. Com isso, o limiar de inviabilidade do empreendimento seria vislumbrado, ou seja, acima deste valor o projeto não seria mais atrativo.

Outro fator analisado para este cenário foi a possibilidade de variação da taxa utilizada de 12% a.a (Eletronorte, 2002). Verificou-se que mesmo com uma variação da taxa para até 17% a.a, o VPL seria positivo, indicando um empreendimento viável economicamente.

Já no Cenário 2 manteve-se as mesmas características do Cenário 1 com relação aos custos de construção, o diferencial foi a inclusão de algumas externalidades. As externalidades consideradas foram: perdas no turismo, perdas hídricas por evaporação, perdas na atividade pesqueira, emissão de carbono, tratamento de resíduos e saneamento, além de perda de água por consumo na bacia.

Com relação aos benefícios gerados pela energia firme, de 4.714 MW (Eletronorte, 2002), o valor resultante foi de US\$ 1.523.252.737,64 anuais, calculados com base no valor

normativo de US\$ 43,40/ MWh médios, em 2004 (Tradener Comercialização de Energia, 2004).

Na mensuração das perdas da atividade turística, os maiores dificultadores deste levantamento foram: a falta de uma estrutura de serviços e de apoio e a ausência de dados de visitação pelas autoridades locais. Os dados utilizados foram obtidos junto aos proprietários de hotéis e pousadas, localizadas na região de influência da usina.

Conforme informação obtida junto aos proprietários, o período de lotação (tanto dos hotéis como da pousada) compreende aos meses de julho a dezembro. As perdas nesta atividade resultaram em um valor de US\$ 745.563,03 anuais, conforme apresentado na Tabela 2.14 a seguir.

Tabela 2.14: Atividade turística na região afetada

Nome: Beira Rio Lodge		Local: Altamira		
Meses Lotação	N Quartos	Tipo	Valor Diária (R\$)	Valor Total (R\$)
6	4	Duplo	480,00	345.600,00
	4	Triplo	480,00	345.600,00
Total I - (US\$)				290.420,17
Nome: Hotel Taquara		Local: Rio Xingu com Iriri		
Meses Lotação	N Quartos	Tipo	Valor Diária (R\$)	Valor Total (R\$)
6	4	Duplo	342,00	246.240,00
	5	Triplo	370,00	333.000,00
Total II - (US\$)				243.378,15
Nome: Pousada Salva Terra		Local: Altamira		
Meses Lotação	N Quartos	Tipo	Valor Diária (R\$)	Valor Total (R\$)
6	8	Triplo	350,00	504.000,00
Total III - (US\$)				211.764,71
Total Global - (US\$)				745.563,03

Fonte: Pousada Salva Terra, Hotel Taquara e Beira Rio Lodge, 2004.

No caso das perdas de água por evaporação, o custo está relacionado às perdas de água no espelho d'água formado pelo reservatório e foi calculado tendo como base a evaporação

líquida anual de 145 mm (Eletrobrás, 1999). Assim, a perda de água por evaporação em lâmina d'água é de cerca de 63.800.000 m³ por ano (Tabela 2.15).

Tabela 2.15: Perdas hídricas por evaporação

Descrição	Un	Valor
Perda evaporação lâmina	mm/ano	145
Área do reservatório	ha	44.000
Quant.anual lâmina	m ³ /ano	63.800.000
Valor da água	US\$/m ³	0,02
Custo perda evaporação	US\$/ano	1.276.000,00

Já o custo da perda de água estimada por consumo na bacia foi calculado com base no consumo de 4 m³/s, para o Rio Xingu, fornecido pela Agência Nacional das Águas (2003). O custo médio de tratamento da água utilizado foi de US\$ 0,21/m³ médios (Reydon et al, 2004).

As perdas hídricas por consumo na bacia resultaram num custo de cerca de US\$ 26.490.240,00 anuais, conforme apresentado na Tabela 2.16.

Tabela 2.16: Perdas hídricas por consumo na bacia

Descrição	Un	Valor
Consumo na bacia	m ³ /s	4
Área do reservatório	ha	44.000
Valor tratamento da água	US\$/m ³	0,21
Custo perda consumo	US\$/ano	26.490.240,00

No que diz respeito à emissão de gases de efeito estufa foram utilizados como referência os dados de emissão da UHE de Tucuruí (PA). Segundo dados da COPPE (2002) o valor de emissão de CH₄ é de 109,36 kg/km²/dia, e o de CO₂ é 8.475 kg/ km²/dia (Tabela 2.17).

Tabela 2.17: Emissão de gases de efeito estufa

Hidrelétrica	Emissão			
	kg/km ² /dia		t/ano	
	CH ₄	CO ₂	C-CH ₄	C-CO ₂
Tucuruí	109,36	8.475	72.749	2.050.051

Fonte: COPPE –Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE, 2002.

A partir desses dados de emissões anuais e um valor de US\$ 10,00 a tonelada do Carbono (CEBDS, s.d.), obteve-se um custo de cerca de US\$ 21,2 milhões por ano.

Com relação ao custo das perdas da atividade pesqueira na região de implantação do Complexo, foram levantados dados tanto da pesca tradicional como da pesca ornamental. Os dados da pesca profissional e ornamental levantados estão apresentados na Tabela 2.18.

Tabela 2.18 : Dados da atividade pesqueira

Pesca Profissional	Un	Quant.
Volume de pesca	Kg/dia	4000
Valor médio do pescado	R\$/kg	3,5 a 4,5
Preço médio filé Tucunaré	R\$/kg	8,00
Preço médio filé Pescada	R\$/kg	9,00
Total pesca profissional	US\$/ano	1.861.512,61
Pesca Ornamental	Un	Quant.
Espécie mais pescada: Baryancistrus	%	80
Outras espécies	%	19
Hypancistrus Zebra	%	1
Preço unidade - Baryancistrus sp - local	R\$/un	0,80
Preço unidade - Baryancistrus sp - export	US\$/un	1,25
Preço unidade - outras espécies - média	US\$/un	3,00
Preço unidade - Hypancistrus Zebra - local	R\$/un	40,00
Preço unidade - Hypancistrus Zebra - export	US\$/un	40,00
Período entressafra (nov-abr)	meses	6
Quantidade pescada	un/mês	18.000
Total pago a pegadores locais	R\$/ano	153.360,00
Total exportação	US\$/ano	212.760,00
Total I	US\$/ano	212.760,00
Período safra (maio-out)	mês	6
Quantidade pescada	un/mês	36.000
Total exportação	US\$/ano	425.520,00
Total pago a pegadores locais	R\$/ano	306.720,00
Total II	US\$/ano	425.520,00
Total pesca ornamental	US\$/ano	638.280,00
Valor - pesca ornamental – estimado	US\$/ano	3.191.400,00
Total Geral (ornam.+tradicional)	US\$/ano	5.052.912,61

Fonte: Associação dos Criadores e Exportadores de Peixes Ornamentais de Altamira (Pesca Ornamental) e Colônia Z-57 (Pesca Profissional).

No caso da pesca tradicional, as perdas anuais chegam a US\$ 1,86 milhões e para a pesca ornamental essa perda é de cerca de US\$ 3,2 milhões.

Inicialmente a inserção da perda da biodiversidade associada ao empreendimento foi proposta neste trabalho, entretanto, a falta de um inventário conclusivo da biodiversidade local tornou a incorporação desta externalidade inconsistente. Com o objetivo de evitar um caráter subjetivo, omitiu-se a valoração da biodiversidade nestes resultados. Ressalta-se que tal omissão aponta para uma subestimação dos valores finais. O mesmo fato ocorre para perdas na ictiofauna migratória.

Os dados dos custos para o tratamento de resíduos e efluentes sanitários gerados durante a construção é mostrada na Tabela 2.19 a seguir.

Tabela 2.19: Tratamento de resíduos e efluentes sanitários

Descrição	Un	Valor
Geração de resíduos durante a obra	ton/dia	12
Geração de efluentes sanitários	m ³ /dia	1.470
Custo de aterramento de resíduos	US\$/ton	5,40
Custo de tratamento sanitário	US\$/m ³	0,42
Custo total de tratamentos	US\$/ano	249.003,00

A geração de resíduos durante a obra de 12 ton/dia foi obtido com base na taxa de geração de resíduos de construção e demolição de 130 kg/habitante/ano (Jonh; Agopyan, 2000) e uma taxa de geração de resíduos orgânicos de 0,5 kg/habitante/dia (Eletronorte, 2002). O custo de aterramento de resíduos utilizado nos cálculos foi de US\$ 5,40 por tonelada (John; Agopyan, 2000). Além disso, como estimativa de alocação de mão de obra anual média utilizou-se o valor estimado pelo empreendedor de cerca de 14.700 pessoas.

Para a composição do custo total referente ao tratamento de resíduos e efluentes sanitários, utilizou-se uma contribuição *per capita* de efluentes sanitários médio de 100 l/habitante/dia (Borges; Borges, 1992) e um custo de tratamento de US\$ 0,42 m³.

A partir desses valores chegou-se a um valor global de tratamento de cerca de US\$ 249.000,00 anuais. Cabe salientar que esse valor anual foi considerado apenas para os primeiros cinco anos da construção, tendo em vista a queda populacional após a sua entrega.

No Cenário 2 mesmo com a inclusão de algumas externalidades, o resultado final apontou a viabilidade do empreendimento com um Valor Presente Líquido positivo de US\$ 2,63 bilhões.

Na Tabela 2.20 a seguir pode ser verificado os custos envolvidos no Cenário 2, bem como o VPL resultante.

Tabela 2.20: Resumo do Cenário 2

Variáveis	Un	Custos
Externalidades:		
- Perdas por evaporação	US\$/ano	1.276.000,00
- Perdas consumo na bacia	US\$/ano	26.490.240,00
- Perdas atividade pesqueira	US\$/ano	5.052.912,61
- Perdas emissão GEE	US\$/ano	21.228.000,00
- Tratam. resíduos e efluentes sanitários	US\$/ano	249.003,00
- Perdas turísticas	US\$/ano	745.563,03
Potência instalada	MW	11.183
Energia firme	MW	4.714
Valor normativo	US\$/MWh	43,40
Construção Complexo	US\$	4.037.900.000,00
Operação e manutenção do Complexo	US\$	291.200.000,00
Implantação linhas de transmissão	US\$	1.979.150.000,00
Operação e manutenção linhas	US\$	158.420.000,00
Perdas nas linhas de transmissão	US\$	55.270.000,00
Valor Presente Líquido (+)	US\$	2.633.962.810,21

Para este cenário, a inclusão de uma externalidade hipotética de US\$ 500.073.709,58 anuais tornaria o Valor Presente Líquido nulo, apontando o limiar da inviabilidade do

empreendimento. Qualquer desembolso médio anual acima deste valor tornaria o empreendimento pouco atrativo.

Como exemplo de externalidade não mensurada pode-se citar a biodiversidade com propriedades farmacêuticas, a ictiofauna migratória e perdas sociais.

A possibilidade de variação da taxa utilizada (12% a.a) foi outro fator avaliado para este cenário. Verificou-se que mesmo com uma variação da taxa para até 17% a.a o VPL seria positivo, indicando assim um empreendimento viável economicamente.

A Figura 2.11 a seguir nos mostra o comportamento do VPL acumulado, considerando um período de 50 anos de vida útil do empreendimento (Eletronorte, 2002) e os custos apontados na Tabela 2.20.

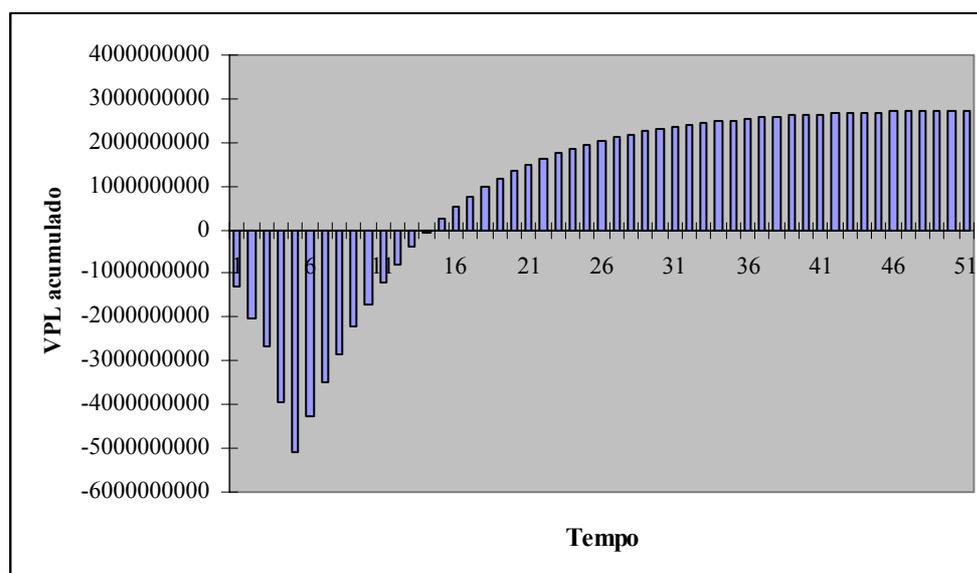


Figura 2.11: Valor Presente Líquido x tempo – Cenário 2

A diferença existente entre o Valor Presente Líquido dos Cenários 1 e 2, é de US\$ 290.611.213,02, e representa o valor das externalidades inseridas.

Outra opção de valoração proposta é o Cenário 3. Nesse cenário a energia firme utilizada para os cálculos foi de 1.172 MW, conforme exposto por Cicogna (2003). Com esse dado calculou-se os benefícios gerados, tendo como base o valor normativo de energia (US\$

43,40 /MWh). O valor anual dos benefícios, resultante desses dados, foi de US\$ 378.712.814,70.

Os custos considerados no Cenário 3 referem-se a construção do empreendimento, operação e manutenção, além dos custos das linhas de transmissão (Tabela 2.9). Do mesmo modo que para os outros cenários a vida útil adotada para o empreendimento foi de 50 anos (Eletronorte, 2002).

Não foi considerado nos cálculos deste cenário, as externalidades. O resultado final deste cenário, nos revelou então a inviabilidade de implantação do complexo com um Valor Presente Líquido negativo de cerca de US\$ 3,10 bilhões (Tabela 2.21).

Tabela 2.21: Resumo do Cenário 3

Variáveis	Un	Custos
Externalidades	-	Não consideradas
Potência instalada	MW	11.183
Energia firme	MW	1.172
Valor normativo	US\$/MWh	43,40
Construção Complexo	US\$	4.037.900.000,00
Operação e manutenção do Complexo	US\$	291.200.000,00
Implantação linhas de transmissão	US\$	1.979.150.000,00
Operação e manutenção linhas	US\$	158.420.000,00
Perdas nas linhas de transmissão	US\$	55.270.000,00
Valor Presente Líquido (-)	US\$	- 3.103.888.449,58

O comportamento do Valor Presente Líquido em função do tempo, para o Cenário 3, é mostrado na Figura 2.12 a seguir:

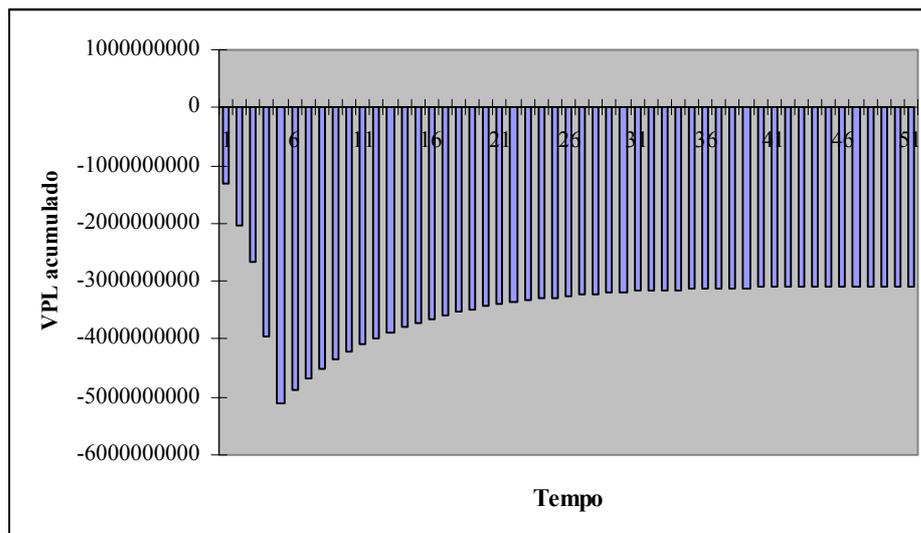


Figura 2.12: Valor Presente Líquido x tempo – Cenário 3.

Finalmente, no Cenário 4 incluiu-se as mesmas externalidades presentes no Cenário 2 com o diferencial da energia firme de 1.172 MW médios (Cicogna, 2003). Os benefícios foram calculados tendo como base o valor normativo de US\$ 43,40/ MWh médios, em 2004 (Tradener Comercialização de Energia, 2004), e o valor de energia firme de 1.172 MW (Cicogna, 2003). O benefício anual resultante foi de US\$ 378.712.814,70.

As externalidades consideradas foram: perdas no turismo, perdas hídricas por evaporação, perdas na atividade pesqueira, emissão de carbono, tratamento de resíduos e saneamento, além de perda de água por consumo na bacia.

Como resultado destes benefícios e custos obteve-se um cenário de inviabilidade da construção do empreendimento, com um Valor Presente Líquido negativo de cerca de US\$ 3,39 bilhões.

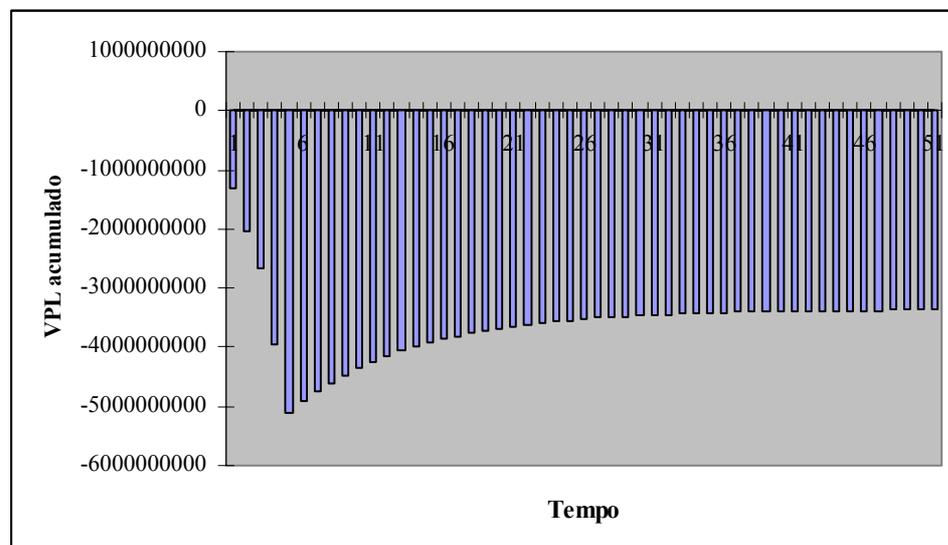
A diferença existente entre o Valor Presente Líquido dos Cenários 3 e 4, é de US\$ 290.611.213,02 e representa o valor das externalidades inseridas.

Os custos das externalidades bem como dos demais custos envolvidos no Cenário 4, são apresentados na Tabela 2.22.

Tabela 2.22: Resumo do Cenário 4

Variáveis	Un	Custos
Externalidades:		
- Perdas por evaporação	US\$/ano	1.276.000,00
- Perdas consumo na bacia	US\$/ano	26.490.240,00
- Perdas atividade pesqueira	US\$/ano	5.052.912,61
- Perdas emissão GEE	US\$/ano	21.228.000,00
- Tratam. resíduos e efluentes sanitários	US\$/ano	249.003,00
- Perdas turísticas	US\$/ano	745.563,03
Potência instalada	MW	11.183
Energia firme	MW	1.172
Valor normativo	US\$/MWh	43,40
Construção Complexo	US\$	4.037.900.000,00
Operação e manutenção do Complexo	US\$	291.200.000,00
Implantação linhas de transmissão	US\$	1.979.150.000,00
Operação e manutenção linhas	US\$	158.420.000,00
Perdas nas linhas de transmissão	US\$	55.270.000,00
Valor Presente Líquido (-)	US\$	-3.394.499.662,60

O comportamento do Valor Presente Líquido em função do período de 50 anos (Eletronorte, 2002) de vida útil da construção é apresentado na Figura 2.13.

**Figura 2.13: Valor Presente Líquido x tempo – Cenário 4**

A montagem de cenários permitiu avaliar o empreendimento sobre diversos ângulos, à medida que foram alterados alguns parâmetros. Nos cenários 1 e 2, expostos na Tabela 2.23 vislumbra-se a viabilidade do projeto o que não ocorreu para os outros dois cenários.

Tabela 2.23: Comparação cenários

Variáveis	Un	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Potênc.instalada	MW	11.183	11.183	11.183	11.183
Energia firme	MW	4.714	4.714	1.172	1.172
Externalidades	-	não	sim	não	Sim
Taxa desconto	%/a.a	12	12	12	12
Valor normativo	US\$/MWh	43,40	43,40	43,40	43,40
VPL	US\$	2.924.574.023,33	2.633.962.810,21	3.103.888.449,58	3.394.499.662,60

Observa-se que o aspecto mais evidente e de caráter decisivo na questão da viabilidade ou inviabilidade do empreendimento é a energia firme do sistema. Muito embora, salienta-se que diversos valores sócio-culturais e ambientais não foram inseridos nesta análise.

O Valor Presente Líquido para cada um dos cenários estimados na Tabela 2.23, podem ser visualizados através da Figura 2.14.

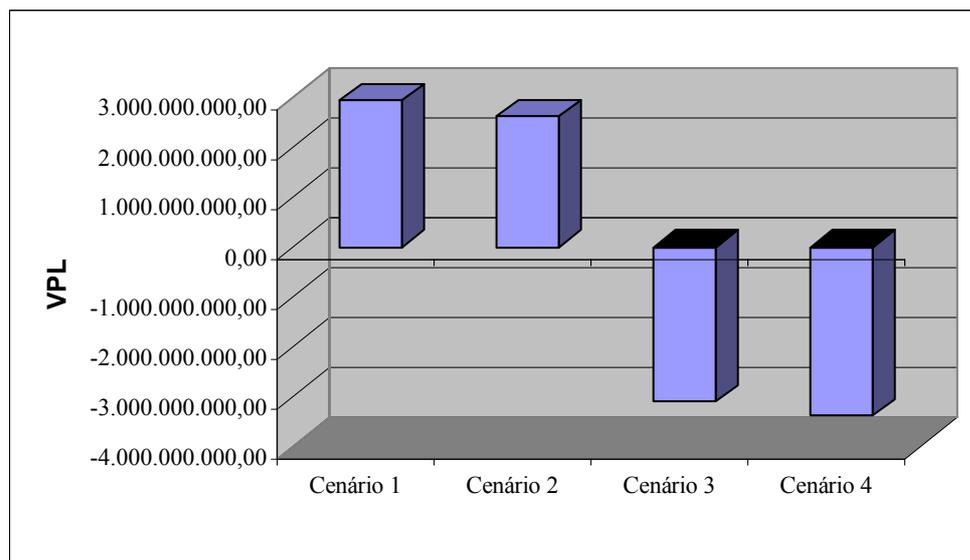


Figura 2.14: Evolução dos cenários

6 Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi tratar da construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, na Bacia do Rio Xingu (PA). Procurou-se trazer informações sobre aspectos econômicos, de produção e consumo energético, além de ressaltar aspectos sociais e ambientais.

Como expediente de valoração sócio-econômica e ambiental da construção do Complexo utilizou-se a Análise Custo-Benefício. Para tal análise elaborou-se quatro cenários econômicos: Cenário 1, considerando a análise exclusivamente com dados do empreendedor; Cenário 2, considerando-se a inserção de algumas variáveis sócio-ambientais; Cenário 3, contemplando a possibilidade de geração firme menor apontada pelo modelo Hydrosim; e Cenário 4, incorporando algumas variáveis sócio-ambientais ao Cenário 3. A montagem dos quatro cenários econômicos permitiu a avaliação do empreendimento sobre diversos ângulos.

Nos cenários em que se utilizou a energia firme divulgada pelo empreendedor, verificou-se a viabilidade econômica do projeto (Cenário 1 e Cenário 2), já nos cenários em que a energia firme utilizada foi obtida pela simulação realizada no Hydrosim LP o resultado foi a inviabilidade (Cenário 3 e Cenário 4). Tal situação, de acordo com os parâmetros considerados, é provocada de forma decisiva pela condição de energia firme utilizada. Ressalta-se que nessa equação econômica não foram consideradas todas as externalidades envolvidas, custos indiretos, além de valores de complexo equacionamento em termos financeiros.

Há que se ressaltar o caráter conservador da presente análise, o que torna seus resultados subestimados, em termos de custos sócio-ambientais. Dentre os parâmetros não considerados pode-se citar as perdas de biodiversidade com propriedades farmacêuticas, perdas sociais e ictiofauna migratória.

Com base nos cenários analisados, verificou-se que diversas são as conclusões a serem apresentadas. Em termos pontuais, as considerações a seguir demonstram as incertezas inerentes ao projeto:

- As variações do regime hidrológico revelam que em apenas alguns meses do ano o valor de 11.183 MW de potência instalada será atingido. Além disso, a energia firme de 4.714 MW prevista pela Eletronorte torna-se questionável em virtude dessas limitações hidrológicas, sendo então indispensável para regularização da vazão do Rio Xingu, e alcance da meta prevista, a construção das quatro outras usinas citadas anteriormente.
- Alguns dos empreendimentos inseridos no orçamento base do CHE Belo Monte (Linha de Transmissão da Usina Principal, Linha de Transmissão da Usina Complementar; Porto Fluvial, uma Eclusa, Vila Residencial de Santo Antônio e Vila Residencial de Altamira, além de estradas e uma ponte), não foram considerados em seus aspectos ambientais (custos de externalidades).
- Falta de estudos e planejamento detalhados dos impactos sócio-ambientais. A possibilidade de alterações nos aquíferos ocasionando reflexos ecológicos e econômicos representa um desses tópicos a serem analisados com mais rigor.

É bem verdade que a carga de informações puramente ambientalistas lançadas a população geram muitas vezes, na opinião pública, um sentimento de oposição às obras de grande porte, colocando-as muitas vezes como vilãs. Entretanto, para o caso específico do setor energético, não se pode negar que a energia é necessidade fundamental da sociedade moderna, por isso há que se levar em conta que todos os empreendimentos deste tipo irão gerar impactos, em maior ou menor grau. Assim, o equacionamento final dessa questão deve levar em conta a associação de propósitos, o que pode ser facilitado quando a identificação, interpretação, avaliação e planejamento das questões são feitas em conjunto com as partes

envolvidas (empreendedores, pesquisadores, administradores locais, organismos ambientalistas, etc).

Ressalta-se ainda que se pode vislumbrar um outro cenário energético alternativo, em que o investimento em fontes renováveis pode contribuir fortemente para o aumento da oferta energética do país.

Além disso, outras análises podem ser feitas objetivando o aumento da oferta de energia como: a redução de perdas no sistema elétrico brasileiro, repotencialização de usinas antigas e geração de energia em sistemas descentralizados através de PCH's – Pequenas Centrais Hidrelétricas.

De acordo com o acima exposto, sugere-se que sejam feitos levantamentos e estudos mais acurados sobre os diversos aspectos apontados neste trabalho da região de implantação, pois um problema ainda maior passa a existir e se agravar quando temos estudos incipientes, restritos ou com informações desencontradas, promovendo desgastes da opinião geral sobre o projeto.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para outros, nesta mesma linha de pesquisa, na busca de uma avaliação mais realista dos impactos ocasionados por empreendimentos deste porte.

Como sugestão é indicado não só a busca de dados mais detalhados, mas também a valoração de um conjunto maior de externalidades envolvidas, promovendo assim o estreitamento do cenário real e o calculado.

Por fim, o diálogo e a reflexão a respeito dos objetivos e conseqüências do processo de escolha em conjunto com a sociedade representaria um novo marco na modificação do processo de geração e transmissão da eletricidade. Com isso estaria-se avançando nos debates a cerca de implantação e limitação de danos provocados por certos empreendimentos.

Glossário

Área inundável. Parte de uma bacia hidrográfica que fica abaixo do nível máximo de um reservatório.

Área do reservatório. Superfície de terreno inundada pelas águas represadas.

Antrópico. Que tem vinculação com o homem, relativo ao ser humano.

Balanco energético. Valor estatístico de um certo sistema, processo, região ou área econômica, em um dado período de tempo, da quantidade de energia ofertada e a energia consumida, incluindo nesta a perda ocorrida na conversão, transformação e transporte, assim como as formas de energia não empregadas nos fins energéticos.

Área de influência. Inclui toda a região afetada pelo empreendimento.

Barragem. Construção destinada a barrar um curso d'água e proporcionar a formação de um reservatório.

Bacia hidrográfica. Parte da superfície terrestre que contribui na alimentação de um curso d'água ou lago.

Biodiversidade. Indica variedade de genótipos, espécies, populações, etc. e seus processos vitais de relações ecológicas existentes nos ecossistemas da região.

Biota. Conjunto de fauna e flora de uma região.

Biomassa. Volume de substâncias orgânicas existentes em um determinado local.

Camadas limnológicas. São as que podem ocorrer em corpos d'água de ambientes lênticos caracterizados por composição química, térmica e biológica típica, regidas pela profundidade e presença de luz.

Canal. Conjunto das dimensões internas do corpo principal da estrutura de condução do fluxo da transposição de peixes.

Comportas. Equipamento mecânico móvel para controlar o fluxo de água e, em consequência, níveis e/ou vazões numa estrutura hidráulica.

Degradação. Deterioração das condições de vida que afetam todos os seres vivos.

Degradação do ambiente. Deterioração provocada pelo homem, das condições de vida que afetam as pessoas, os animais e as plantas. O termo também pode incluir alterações adversas não antrópicas das características do meio ambiente.

Demanda. Média das potências elétricas instantâneas solicitadas pelo mercado consumidor, durante um período de tempo.

Deplecionamento. Abaixamento do nível da água armazenada durante um intervalo de tempo.

Desenvolvimento sustentável. Termo que conceitua o processo de crescimento econômico em que se satisfazem as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

Dique. Mesmo que barragem, barramento com dimensão menor.

Eclusa. Sistema de transposição de embarcações de um nível d'água para outro.

Energia firme. Quantidade de energia elétrica média que a usina é capaz de produzir de forma constante.

Externalidades: São manifestações de custos ineficientes, ou seja, custos que não constam do orçamento padrão do empreendedor, mas que são importantes na caracterização do empreendimento e devem ser considerados na análise de viabilidade econômica.

Eutrofização. Estado das águas quando se acumula quantidade de material nutritivo elevando o número de organismos naquele meio.

Espécie. Denominação de um conjunto de indivíduos que se assemelham em seus caracteres essenciais e podem reproduzir.

Escada de peixes. Denominação brasileira genérica dos sistemas de transposição de peixes compostos por um canal principal, soleiras e fluído escoando segundo gradiente hidráulico.

Fator de capacidade. É a razão entre a demanda média e a capacidade instalada da usina, em um dado período de tempo.

Fator de carga. Razão entre a demanda média e a demanda máxima em um intervalo de tempo especificado.

Fauna. Conjunto de animais que vivem em um determinado local.

Flora. Conjunto de espécies botânicas que ocupam determinada região.

Geradores. Máquinas rotativas que transformam a energia mecânica em energia elétrica.

Hidroelétrica. Barramento com finalidade de geração de energia.

Hidrologia. Parte da geografia física que estuda as águas: volume, correntes, fluxos, etc.

Inventário. Fase anterior ao projeto de viabilidade onde são estudadas alternativas num contexto de macro-soluções.

Jusante. Porção posterior, direção para onde escoam as águas fluviais.

Lêntico. Ambiente aquático onde predominam águas com baixas velocidades, sem fluxo preferencial.

Linha de transmissão. Conjunto de condutores, isolantes e acessórios destinados ao transporte ou distribuição de energia.

Limnologia. Ciência que estuda a correlação e a dependência entre os organismos de todas as águas inferiores, ou continentais ou doces. Abrange fatores que, de um modo ou de outro, exercem influência sobre a qualidade, quantidade, a periodicidade e a sucessão dos organismos do biótopo aquático.

Lótico. Sistemas aquáticos com predomínio de correntes contínuas, com dinâmica e estrutura organizada ao longo do seu perfil. Possui capacidade de arraste.

Manejo. Conjunto de técnicas e mecanismos administrativos destinados ao aproveitamento racional dos recursos naturais de uma área, com vistas aos objetivos de preservação ou conservação da natureza.

Migração. Movimento, temporário ou permanente, de espécies ou comunidades dos peixes para outro local, deslocamento de ida e volta entre pelo menos dois sítios disjuntos: o de alimentação e o de reprodução.

Montante. Porção anterior, direção de onde escoam as águas fluviais.

Natural. Sem intervenção humana, não artificial.

Poluição. Contaminação do meio. Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio que possa constituir dano, direta ou indiretamente, à fauna, à flora, às condições de saúde, bem estar e desenvolvimento das populações humanas.

Potencial energético. Quantidade total de energia presente na natureza, independente de qual seja a fonte energética, possível de ser aproveitada mediante o uso de tecnologia.

Potencial hidrelétrico. Quantidade total de energia elétrica de uma bacia hidrográfica, possível de ser aproveitada mediante uso da tecnologia.

Reservatório. Superfície ocupada por água represada, com estrutura de controle de vazão.

Recurso hídrico. Uma porção d'água é recurso hídrico quando constitui um bem econômico em função de sua utilização e sua disponibilidade.

Represa. Construção feita em uma corrente d'água destinada a retê-la e derivá-la para o seu aproveitamento.

Sedimentação. Deposição de material mineral ou organismo de fundo de corpos d'água. A sedimentação é precedida de erosão e transporte.

Subestação. Instalação elétrica para a conexão e desconexão seletiva de linhas de transmissão. Podem ser subestações de transformação ou de seccionamento.

Transformadores. Equipamento elétrico que, por indução eletromagnética, transforma tensão e correntes alternadas entre dois ou mais enrolamentos, com a mesma frequência e, geralmente, com valores diferentes de tensão e corrente.

Usina hidrelétrica. Instalação onde a energia potencial da gravidade da água é transformada em energia mecânica ou elétrica.

UHE. Usina hidrelétrica, com potência maior que 10MW e altura maior que 10m.

Valor Normativo. É o valor de referência para a comparação de preço de compra de energia e a definição de custo a ser repassado às tarifas de fornecimento. Estes valores permitem estabelecer condições necessárias a distribuidores e geradores para a celebração de contratos de longo prazo.

Vertedouro ou vertedor. Estrutura de uma usina destinada a escoar água, mensurar e controlar volumes d'água em um reservatório. Nos reservatórios, o controle do fluxo e nível d'água é realizado pelas comportas. No Sistemas de Transposição de Peixe são introduzidos para controlar vazões, níveis e permitir a passagem de peixes que nadam superficialmente.

Volume do reservatório. É o volume de água contido na área do reservatório ao nível normal máximo.

Valor Presente Líquido. É o montante do futuro descontado (ou atualizado) para o presente. É o valor atual. O VPL, na área de finanças, é usado para analisar investimentos em projetos.

Valor MAE. O Valor de Mercado Atacadista de Energia Elétrica. É utilizado para comercializar a energia excedente gerada pelo sistema.

Valor Normativo. É o valor de referência para a comparação de preço de compra de energia e definição de custo a ser repassado às tarifas de fornecimento.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, AZIZ NACIB. **A Amazônia** : do discurso à práxis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996, p.47.

AGOSTINHO, A. A; GOMES, C. L. **Reservatório Segredo** : bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 1997, p.334-335.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1º ed.. Brasília: ANEEL, 2002a, p. 199.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Emissões de gases de efeito estufa derivados de reservatórios hidrelétricos**: Projeto BRA/00/029- Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em Relação à Mudança Global do Clima. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002b.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001**. Disponível em <
http://www.aneel.pb.gov.br/pdf/res_505_20011126.pdf#search='defini%C3%A7%C3%A3o%20de%20valor%20normativo%20energia' > Acesso em 02 Novembro de 2003.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo e do gás natural**, Rio de Janeiro: ANP, 2003, cap. 6, p.6.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Plano nacional de recursos hídricos.** Disponível em < http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm > Acesso em 05 de outubro de 2003.

BAINES, G. S. **A usina hidrelétrica de Balbina e o deslocamento compulsório dos Waimiri-Atroari.** Série Antropologia 166. Brasília: Departamento de Antropologia, Universidade de Brasília, 1994, p. 2-4.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê? para quem? crise e alternativas para um país sustentável.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2002, p. 11-91.

BERMANN, C. **O Brasil não precisa de Belo Monte.** Disponível em < http://www.amazonia.org.br/opiniaio/artigo_detail.cfm?id=14806 > Acesso em : 02 de Outubro de 2003.

BORENSTEIN, R. C.; CAMARGO, B. C. C. **O setor elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro.** 1º ed., Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1997, p.36.

BORGES, R. S.; BORGES W. L. **Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás.** 4º ed., São Paulo: Pini, 1992, p. 239-240.

BRAGA, B. ET AL. **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo: Prentice Hall, 2002, p.52.

BRASIL. LEIS e DECRETOS. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Promulgada em 05.de Outubro de 1988. 3º ed. São Paulo: Saraiva, 1989.

_____.Decreto 26.643, 10.jul. 1934. Decreta o Código das Águas.

_____.Lei 6.938, de 31.ago.1981. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – **Agenda 21**. São Paulo: Senado Federal, Brasília, 1997.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mercado de Carbono**. Disponível em < www.cebds.org.br/cebds/pub-docs/pub-mc-carbono.pdf > Acesso em 20 de dezembro 2004.

COSTA, R. V. **Revista Ciência Hoje**. Tucuruí quinze anos depois. vol. 27, n 159. São Paulo: Abril de 2000, p.49-50.

CAPOZZOLI, U. **Scientific American Brasil**. Floresta ameniza o aquecimento da terra. Ano 1, n 6. São Paulo: Novembro de 2002, p.32-35.

CAMARA DE GESTÃO DA CRISE DE ENERGIA. **Energia no Brasil**. Disponível em < http://www.energiabrasil.gov.br/setframe.asp?Mercado=energia&Pagina=energiabrasil_historico01.asp > Acesso em : 07 de Junho 2004.

CICOGNA, A. M. **Tese de Doutorado**. Sistema de Suporte a Decisão para o Planejamento e a Programação da Operação de Sistemas de Energia Elétrica. Campinas, SP: UNICAMP, 2003, p. 93-184.

COPPE - INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ENGENHARIA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros**. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.

DIAS, F. G. **Educação ambiental: princípios e práticas**, 8. ed., São Paulo: Editora Gaia, 2003, p.375.

ELETRONORTE. **Usina hidrelétrica de Samuel**. Disponível em < <http://www.eln.gov.br/meiosamu.htm> > Acesso em : 12 de Agosto 2004.

ELETRONORTE. **Complexo hidrelétrico de Belo Monte - Estudos de Viabilidade – Relatório Final**, 2002, Tomos I e II.

ELETRONORTE. **Complexo hidrelétrico de Belo Monte - Estudo de Impacto Ambiental**, 2002.

ELETRONORTE. **Complexo hidrelétrico de Belo Monte e sua inserção regional**. Disponível em < <http://www.amazonia.org.br/arquivos/26382.doc> > Acesso em : 05 de Agosto 2004.

ELETROBRÁS. **Modelo de simulação a usinas individualizadas – versão PCH**, 1994.

ESTUDOS PARAENSES. **Zoneamento ecológico-econômico do estado do Pará**. vol. I, nº 58, Belém: IDESP, 1991, p.79.

FEARNSIDE, M. P. **As emissões de gases por mudanças de uso da terra na Amazônia e os benefícios potenciais do desmatamento evitado**. Disponível em < http://200.189.244.60/programa_sbpc56ra/sbpccontrole/textos/PhilipFearnside.htm > Acesso em: 03 Junho de 2004.

FEARNSIDE, M. P. **Environmental Conservation 22**. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of greenhouse gases. n 22. São Paulo: 1995, p.7-19.

FEARNSIDE, M. P. **Revista Ciência Hoje**. Balbina: lições trágicas na Amazônia. vol. 11, n. 64. São Paulo:, Junho/Julho de 1990, p. 36-40.

GARMAN, K. D. **Energia renovável e novas tecnologias, desafios à segurança energética - revista eletrônica do departamento de estado dos EUA**. vol. 9, nº 2, Maio de 2004.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. Revista de estudos avançados do Instituto Estadual de Estudos Avançados e Universidade de São Paulo, v. 12, nº 33. São Paulo, Maio/Agosto de 1998, p. 7-15.

GOLDEMBERG, J. **A comissão internacional de barragens**, Jornal O Estado de São Paulo. nº 38.899. São Paulo: Brasil, 18 de Abril de 2000.

GODOY, M. P. **Piscicultura e sua arte**. Estação de piscicultura. Generalidades e funcionamento. 1º Reimp. São Paulo: Eletrosul, 1979, p.46-47.

JUCÁ, R.; LYRA, F. **Benefícios fiscais e ambientais transferidos à região a partir da construção de uma usina hidrelétrica**: um estudo de caso do aproveitamento hidrelétrico AHE de Riacho Seco. IV Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Pernambuco, Setembro de 2004.

JOHN, V. M.; AGOPYAN V. **Reciclagem de resíduos de construção**. Disponível em < <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf> > Acesso em 02 Fevereiro de 2004.

JORNAL DO MEIO AMBIENTE. **Fraude no estudo de impacto ambiental garantiu licença para a construção de hidrelétrica.** Disponível em < http://www.cimm.com.br/construtordepaginas/htm/3_23_4204.htm > Acesso em: 14 Outubro de 2004.

KOIFMAN, S. **Geração e transmissão de energia elétrica: impacto nos povos indígenas do Brasil.** Rio de Janeiro: Cad, Saúde Publica, mar-abril 2001. Memo.

MANAUS ENERGIA S.A. **Manaus energia e meio ambiente.** Disponível em < <http://www.manausenergia.com.br/arquivos/Manaus%20Energia%20&%20Meio%20Ambiente.PDF> > Acesso em: 15 Abril de 2004.

MARTINS, L. S. **Sistema para transposição de peixes.** São Paulo: EPUSP, 2000.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço energético nacional.** Brasília: MME, 2003.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Políticas públicas para o desenvolvimento energético no Brasil,** Brasília: MME, Novembro/2003.

MOTTA, S. R. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998, p.18.

MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento.** São Paulo: Makron Books, 1996, p. 45-53.

MAY, H. P.; LUSTOSA, C. M; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003, p.38-297.

NETO, G. H. E. **Principais combustíveis.** Disponível em <
<http://www.celulaacombustivel.com.br/ohidrogenio/fonteh2.htm> > Acesso em
Dezembro/2004.

NODA, N. S.; NODA H. **A Água envenenada.** vol. 11, nº 64. São Paulo: Revista Ciência Hoje, Junho/Julho de 1990, p. 40-42.

NOBRE, A. C. **Amazônia e o carbono atmosférico.** Ano 1, nº 6. São Paulo: Scientific American Brasil, Novembro de 2002, p.36-39.

PINTO, F. L. **Jornal Pessoal.** Ano XI. nº 187, 2º quinzena de Maio. Belém: 1998.

PINTO, F. L. **Hidrelétricas na Amazônia:** predestinação, fatalidade ou engodo? .Belém: Edição Jornal Pessoal, 2002, p.41.

REYDON, B.P. et al. **Tratamento de esgoto e seu efeito no custo agregado do tratamento de água:** uma abordagem quantitativa. Disponível em <
<http://www.eco.unicamp.br/nea/agua/artigos.html> > Acesso em 23 outubro de 2004.

RIPPEL, R. et al. **As Inter-relações da energia, com os padrões de consumo e de sustentabilidade dos recursos ambientais.** Parána: 1998, p.1-16.

SANTOS, O. A. L.; ANDRADE, M. M. L. **Hydroelectric dams on Brazil's Xingu River and indigenous peoples.** Cambridge: Cultural Survival, 1990, p. 2-12.

SEVÁ, O. A. **Mega-projeto hidrelétrico no Rio Xingu:** sobrevive a insanidade electrocrática que pariu Itaipu e Tucuruí?. Campinas: 2002.

SEVÁ, O. A. **Desfiguração do licenciamento ambiental de grandes investimentos.**

Campinas: 2004.

SILVA, L. A.; GRUPIONI, B. D. L. **A temática indígena na escola: novos subsídios para professores de 1º e 2º Graus.** 4º Ed. São Paulo: Global; Brasília: MEC, MARI, UNESCO 2004, p.277.

TRADENER COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA. Disponível em <
http://www.tradener.com.br/vn_ie.php > Acesso em 12 Julho de 2004.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Programa reduz perdas no sistema hidrelétrico.** Disponível em <
http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/201pag09.pdf > Acesso em: 21 Abril de 2005.

VAINER, B. C.; BERMANN, C. **Lições da crise energética.** Disponível em <
http://alainet.org/active/show_text.php3?key=1516 > Acesso em: 25 Março 2004.

VERDUM, R. **Água: um direito humano.** Orçamento e política sócio-ambiental, Ano III, nº 9., INESC:, Junho de 2004, p.6.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TM	2. DATA 13 de maio de 2005	3. DOCUMENTO Nº CTA/ITA-IEI/TM-003/2005	4. Nº DE PÁGINAS 108
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Avaliação Sócio-Econômica e Ambiental do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte			
6. AUTOR(ES): Neidja Cristine Silvestre Leitão			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica – ITA/IEF			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Energia, Valoração, Hidrelétricas, CHE Belo Monte, Análise Custo Benefício, Economia.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Análise econômica; Instalação; Geração de energia hidrelétrica; Efeitos ambientais; Fatores sociais; Economia			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos, 2005, 108 páginas.			
11. RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo tratar da construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, trazendo informações sobre aspectos econômicos, de produção e consumo energético. Ele procura também, identificar os benefícios e em contrapartida os custos sócio-ambientais, procurando tratá-los qualitativa e quantitativamente. Apesar das características geográficas e hidrológicas brasileiras favorecerem o emprego da energia hidroelétrica, existem fatores que tornam o empreendimento alvo de discussão. O diagnóstico sobre os impactos físicos e sócio-ambientais apresentados no Estudo de Impacto Ambiental do empreendedor não é claro. Além disso, os custos de construção, linhas de transmissão e dos programas de mitigação do Relatório de Viabilidade são controversos. A Eletronorte afirma que o empreendimento terá capacidade de geração de 11.181,3 MW e área de abrangência de 440 km². Embora a energia firme divulgada seja da ordem de 4.700 MW, há estudos que apontam um valor de cerca de 1.172 MW. Para elaboração de uma avaliação sócio-econômica-ambiental de construção do Complexo utilizou-se como expediente a Análise Custo Benefício. Como resultado verificou-se que a viabilidade de implantação do empreendimento esta diretamente ligada a condição da energia firme a ser gerada. Tal situação deixa claro que são necessários levantamentos e estudos mais acurados sobre os diversos aspectos apontados no trabalho com relação a região de implantação, pois um problema ainda maior passa a existir e se agravar quando temos estudos incipientes, restritos ou com informações desencontradas, promovendo desgastes da opinião geral sobre o projeto.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			