

UNIVERSIDADE PAULISTA

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO
DE IMPACTOS AMBIENTAIS
CAUSADOS PELA GERAÇÃO DE
HIDROELETRICIDADE NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Paulista –
UNIP para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção.

DOUGLAS WITTMANN

SÃO PAULO

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO
DE IMPACTOS AMBIENTAIS
CAUSADOS PELA GERAÇÃO DE
HIDROELETRICIDADE NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

DOUGLAS WITTMANN

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Helena Bonilla

Área de Concentração: Gestão de Sistemas de Operação

Linha de Pesquisa: Produção mais Limpa e Ecologia Industrial

SÃO PAULO

2010

Wittmann, Douglas

Contribuição para avaliação de impactos ambientais causados pela geração de hidroeletricidade na Amazônia. / Douglas Wittmann. - São Paulo, 2010. 115 p.

Dissertação (mestrado) – Apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, São Paulo, 2010.

Área de Concentração: Gestão de Sistemas de Operação, Linha de Pesquisa Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial.

Orientação: Profa. Dra. Sílvia Helena Bonilla

1. Produção de energia hidroelétrica. 2. Sustentabilidade ambiental. 3. Amazônia. 4. Usinas Hidroelétricas Balbina e Tucuruí. 5. Emergia. I. Título. II. Autor.

*Às gerações futuras, pela mínima contribuição que daqui possa,
porventura, ser extraída em prol da sustentabilidade
ambiental do nosso planeta Terra.*

AGRADECIMENTOS

Aos mais de 80 autores, pesquisadores e órgãos aqui reunidos por meio de suas ideias, dados e colocações, sem o que este trabalho não teria se contextualizado.

À Valéria, minha esposa, pela valorização, incentivo, companheirismo, apoio, e compreensão pelo tempo aqui dedicado.

À Profa. Dra. Silvia Helena Bonilla, que em seu papel de orientadora, não poupou dedicação, tempo, críticas e direcionamentos, a fim de que o estudo se desenvolvesse.

À Comissão de Bolsas da UNIP e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo (Portaria 129/2006) cujo apoio financeiro foi determinante para o desenvolvimento do que aqui se apresenta.

Eventuais erros e omissões remanescentes são, entretanto, de exclusiva responsabilidade do autor.

“O caminho para a discussão da questão energética deve englobar sua conexão com o meio ambiente e com o que se entende por desenvolvimento, com atenção às desuniformidades de cada país, suas regiões e grupos sociais”

JOSÉ GOLDEMBERG

(Físico. Ganhador do Prêmio Planeta Azul 2008)

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xv
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. INTRODUÇÃO	
1.1. Apresentação do Tema.....	1
1.2. Caracterização do Problema.....	3
1.3. Objetivos do Trabalho.....	4
1.3.1. Objetivo Geral.....	5
1.3.2. Metas.....	5
1.4. Metodologia Utilizada.....	6
1.4.1. Aspectos Operacionais.....	6
1.4.2. Estrutura de Organização e Delimitação do Estudo.....	7
1.5. Justificativa da Pesquisa.....	8
2. REVISÃO DA LITERATURA	
2.1. A Hidroeletricidade.....	11
2.1.1. Perfil Institucional no País.....	14
2.1.2. Relações com o Meio Ambiente.....	15
2.1.3. Emissão de Gases de Efeito Estufa.....	21
2.2. A Amazônia.....	25
2.2.1 Aspectos Geográficos.....	25
2.2.2. Recursos Naturais.....	28
2.2.3. Ocupação Humana.....	32
2.3. A Avaliação Ambiental de Hidroelétricas.....	34
2.3.1. Limitação dos Métodos Tradicionais de Avaliação.....	34
2.3.2. Contabilidade em Energia.....	35
3. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS EM ESTUDO	
3.1. A UHE Balbina.....	39

3.1.1. Localização.....	39
3.1.2. Principais Características da Bacia do Rio Uatumã.....	43
3.1.3. Construção e Operação.....	45
3.1.4. Principais Relações Físicas e Antropológicas Associadas.....	47
3.2. A UHE Tucuruí.....	50
3.2.1. Localização.....	50
3.2.2. Principais Características da Bacia dos Rios Araguaia e Tocantins.....	52
3.2.3. Construção e Operação.....	53
3.2.4. Principais Relações Físicas e Antropológicas Associadas.....	55
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	
4.1. Breve Histórico sobre o Surgimento do Conceito de Energia.....	58
4.2. Conceituação da Contabilidade em Energia.....	59
4.3. Procedimentos de Execução da Contabilidade em Energia.....	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1. Contabilização dos Dados.....	66
5.2. Obtenção de Indicadores.....	71
5.2.1. Primeiro Grupo de Avaliação.....	72
5.2.2. Segundo Grupo de Avaliação.....	76
6. CONCLUSÕES	84
6.1. Aproveitamento dos Recursos.....	84
6.2. Custos e Benefícios.....	85
6.3. Considerações Finais.....	86
REFERÊNCIAS CITADAS	88
APÊNDICES	96
APÊNDICE A - Inventário dos dados dos sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí...	96
Inventário A.1. Dados do sistema da UHE Balbina.....	96
Inventário A.2. Dados do sistema da UHE Tucuruí.....	98
APÊNDICE B – Memoriais do cálculo de energia da Tabela 5.1.....	100
Memorial B.1. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Balbina.....	100
Memorial B.2. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Tucuruí.....	103
APÊNDICE C – Lista da origem e unidade dos Fatores de Transformidade....	106
APÊNDICE D – Métrica utilizada para valoração do fluxo de energia	

químico-potencial da chuva (# 9 da Tabela 5.1)..... 107

ANEXOS

ANEXO A – Recomendações selecionadas pela WCD (2000) para as principais partes envolvidas no debate sobre barragens..... 110

ANEXO B – Sumário das etapas de Planejamento e Licenciamento Ambiental de usinas hidroelétricas..... 112

ANEXO C – Argumentos favoráveis e opostos a UHEs..... 113

ANEXO D – Impactos do efeito estufa sobre os ecossistemas..... 115

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura		p.
1.1	Gráfico da Oferta de energia firme em GW médios x Demanda projetada para os anos 2007 a 2011.....	1
1.2	Distribuição do potencial hidroelétrico brasileiro.....	2
1.3	Evolução do consumo de energia per capita, por estágio de evolução da humanidade.....	4
1.4	Caracterização esquemática da metodologia empregada.....	7
2.1	Consumo de energia em diversos setores.....	11
2.2	Relação, no Brasil, entre acesso à eletricidade e IDH.....	12
2.3	Evolução da média de consumo residencial, por domicílio brasileiro, de 1985 a 2007.....	12
2.4	Distribuição mundial do potencial tecnicamente aproveitável para geração de hidroeletricidade.....	13
2.5	Diagrama Institucional da atual gestão do setor elétrico brasileiro.....	14
2.6.	Distribuição das fontes de energia no Brasil e no mundo.....	16
2.7	Diagrama institucional da gestão da Política Nacional do Meio Ambiente.....	19
2.8	Mecanismo de causas e efeitos do Efeito Estufa.....	22
2.9	Curvas indicativas do comportamento das emissões, em função do tempo, de CO ₂ e CH ₄ , principais componentes dos GEEs produzidos por alagamentos hidroelétricos.....	23
2.10	Foto, via satélite, da Amazônia, demarcada pela fronteira do território brasileiro.....	26
2.11	A bacia Amazônica.....	27
3.1	Localização da UHE Balbina.....	39
3.2	Variações climáticas na Amazônia e no Brasil.....	42
3.3	Gráficos das normais climatológicas da base metereológica Manaus.....	42
3.4	Bacia do rio Uatumã.....	43
3.5	Balanço hídrico dos rios da bacia amazônica.....	45

3.6	Vista aérea da barragem de Balbina.....	46
3.7	Aldeamentos nativos na região de entorno da barragem de Balbina.....	48
3.8	Localização da UHE Tucuruí.....	50
3.9	Gráficos das normais climatológicas da base meteorológica Belém.....	51
3.10	Rio Tocantins.....	52
3.11	Núcleos populacionais no entorno do lago de Tucuruí.....	56
4.1	Diagrama sumário representativo dos fluxos de um sistema típico. Obs.: a unidade de energia normalmente utilizada é o joule (J).....	60
5.1	Diagrama dos fluxos de energia que atravessam os sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí.....	66
5.2	Representação simplificada dos fluxos de energia de R2.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro		p.
2.1	Impactos Ambientais.....	17
4.1	Principais símbolos normalizados como linguagem de sistemas de energia (ODUM, 1996).....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela	p.
1.1 Maiores Recursos hídricos globais x Capacidade instalada de UHEs.....	8
2.1. Projeções da demanda de energia elétrica para o Brasil, no horizonte de 2007 a 2017.....	15
2.2 Relação de potência elétrica produzida em função de área inundada.....	18
2.3 Principais GEEs, respectivas fontes antropogênicas e contribuição relativa para o aquecimento global.....	22
2.4 Relações entre o potencial disponível e o em operação, da bacia hidrográfica amazônica, frente às demais do país.....	29
3.1 Extrapolação de dados para cálculo de avaliação das emissões de GEEs da UHE Balbina.....	47
3.2 Estimativa da biomassa exposta a eutrofização na UHE Tucuruí	55
3.3 Estimativa de emissões de GEEs da UHE Tucuruí.....	56
5.1 Fluxos anuais de energia anual dos sistemas das UHEs Balbina e Tucuruí.....	69
5.2 Valores de transformidade obtidos dos sistemas das UHEs Balbina e Tucuruí.....	70
5.3 Valores e relações entre as fontes de recursos dos sistemas Balbina e Tucuruí.....	72
5.4 Indicadores energéticos do primeiro grupo de avaliação dos sistemas das UHEs Balbina e Tucuruí.....	73
5.5 Comparativo de valores das UHEs Balbina e Tucuruí, com outros sistemas de produção de eletricidade.....	75
5.6 Transformidade do pescado em diferentes sistemas.....	77
5.7 <i>Transformidade de diferentes sistemas de produção de eletricidade.....</i>	78
5.8 Relações entre custos e benefícios verificados nas UHE's Balbina e Tucuruí.....	80
5.9 Relações entre custos e benefícios verificados nas UHE's Balbina e Tucuruí.....	81

5.10	Comparativo da emissão de dióxido de carbono das UHE's Balbina e Tucuruí, com dados da ENEL referentes a geração hidráulica, eólica e térmica na Itália.....	82
------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

a.C.	Antes de Cristo
AM	Estado do Amazonas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Art.	Artigo da Lei
CNI	Confederação Nacional da Indústria
Ed.	Editora
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIR	Investimento em Energia (<i>Emergy Investment Ratio</i>)
ELR	Índice de Carga Ambiental (<i>Enviromental Loading Ratio</i>)
ENEL	<i>Ente Nazionale Energia Elettrica</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Eq.	Equação
<i>et al.</i>	E outros (<i>et alii</i>)
EUA	Estados Unidos da América
EYR	Rendimento em Energia (<i>Emergy Yield Ratio</i>)
F	Recurso proveniente da economia (<i>Feedback</i>)
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GEE	Gás causador do efeito estufa
<i>GPP</i>	Produção primária bruta (<i>Gross Primary Production</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEA	Agência Internacional de Energia (<i>International Energy Agency</i>)
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
IEA-USP	Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo
ISA	Instituto Socioambiental
LI	Licença de Instalação
LP	Licença Prévia
LO	Licença de Operação
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MMA	Ministério de Minas e Energia
MME	Ministério do Meio Ambiente
MT	Ministério dos Transportes

MT	Estado do Mato Grosso
N	Recurso Não Renovável
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
nº.	Número
Obs.	Observação
p.	Página
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAG	Potencial de Aquecimento Global. Índice em relação ao CO ₂
PCH	Pequena Central Hidroelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
ppm	Parte por milhão
R	Recurso Renovável
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIN	Sistema Interligado Nacional
Sej	Unidade de energia solar em energia (<i>Solar emergy joules</i>)
Ti	Terra indígena
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNIP	Universidade Paulista
USP	Universidade de São Paulo
UHE	Usina Hidroelétrica
UTE	Usina Termoelétrica
WCD	Comissão Mundial de Barragens (<i>World Commission on Dams</i>)
Y	Energia total (saída do sistema)

LISTA DE SÍMBOLOS GRÁFICOS, NUMÉRICOS, QUÍMICOS E DE UNIDADES

Ca	Cálcio
cal	Caloria
Ce	Carbono equivalente
CFC	Clorofluorcarbono
cm ²	Centímetro quadrado
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
∅	Diâmetro
GW	Gigawatt = 10 E9 watt
x ^o	Valor de um ângulo indicado em graus
°C	Unidade de Grau Celsius
ha	Hectare = 1 E4 m ²
H ₂ O	Água
HFC	Hidrofluorcarboneto
J	Joule
kcal	Quilocaloria = 10 E3 cal
kg	Quilograma = 10 E3 g
kWh	Quilowatt-hora = 10 E3 Wh
l	Litro
M	Mega; fator de multiplicação da unidade = 10 E6
m	Metro
m ²	Metro quadrado
µg	Micrograma = 10 E-6 g
mg	Miligrama = 10 E-3 g
mm	Milímetro = 10 E-3 m
MW	Megawatt = 10 E6 W
N ₂ O	Óxido nitroso
O ₃	Ozônio
PFC	Composto perfluorado (Per Flúor Carbono)
pH	Potencial Hidrogeniônico
%R	Percentual de recursos renováveis

SF ₆	Exafluoreto de enxofre
Σ	Somatória
TWh	Terawatt-hora = 10 E12 Watt / hora
US\$	Dólar americano (unidade monetária dos Estados Unidos)

Observação:

Os símbolos utilizados neste estudo como linguagem específica em diagramas de energia estão agrupados no Quadro 4.1; Tópico 4.1.

RESUMO

Ao mesmo tempo em que o Brasil explora menos de 30% de seu potencial hidrológico para geração de eletricidade, o sistema de geração hidroelétrica opera próximo ao limite da capacidade. Em paralelo, tem-se que a região amazônica é a mais relevante em disponibilidade e que mais de uma dezena de projetos, somando 2.530 MW (megawatts), encontram-se entravados, alguns há cerca de 20 anos, sem gerar eletricidade, devido a questões ambientais. Existe incerteza em termos de novos investimentos, e polêmica quanto a perdas e benefícios ambientais: este é o ponto central. O presente trabalho se ocupa em contribuir para a avaliação, empregando a metodologia de contabilidade em emergia (ODUM, 1996), a qual, com base na ecologia, na termodinâmica e na análise de sistemas, é capaz de reunir numa unidade comum (joule de energia solar), valores tanto físicos, como sociais e econômicos. Para tanto, são estudadas as UHEs (usinas hidroelétricas) Balbina e Tucuruí, na Amazônia, selecionadas; primeiro por serem consideradas exemplos opostos em termos de resultados ambientais e segundo porque a região amazônica é a que mais revela potencial a ser explorado. Os aspectos mais relevantes da implantação e operação de cada usina são avaliados por meio dos recursos diretos e indiretos aplicados, e dos principais impactos e benefícios causados. Dois grupos de análise são utilizados. O primeiro com ênfase ao aproveitamento dos recursos. O segundo estabelecendo as relações entre os custos e benefícios. Os resultados apresentam que os maiores danos estão relacionados com perda de floresta e solo fértil e que a maior causa de diferença entre os resultados das usinas é função da diferença entre os volumes de energia obtidos por cada uma. Apresenta-se que a pré-avaliação dos danos advindos frente ao benefício da eletricidade a ser produzida se mostra como o fator preponderante de decisão no planejamento de futuros empreendimentos.

Palavras-chave: Produção de energia hidroelétrica; Sustentabilidade ambiental; Amazônia; Usinas Hidroelétricas Balbina e Tucuruí; Emergia.

ABSTRACT

While Brazil exploits less than 30% of its hydrological potential to generate electricity, the hydroelectric generation system operates near to the limit of its capacity. In parallel, more than 10 projects, totaling 2,530 MW (megawatts), are hampered, some of them for about 20 years, without generating electricity, due to environmental issues. There are some uncertainties in terms of new investments and some controversy about the losses and environmental benefits, this the central point. This current study engages in contributing for the valuation, using the methodology of accounting in emergy (Odum, 1996), which, based on the ecology, on the thermodynamics and on the systems analysis, is able to join in a common unit (joules of solar energy), values both physical and social and economic. For both, are studied the hydro powers Balbina and Tucuruí, in the Amazon, selected, first by being considered opposite examples in terms of environmental performance, secondly because Amazon is the region of Brazil that most shows potential to be exploited. The most important aspects of the deployment and operation of each plant are estimated by means of direct and indirect resources used, and the main impacts and benefits caused. Two sets of analysis are used. The first emphasizing the use of resources. The second getting the relationship between costs and benefits. The results show that the greatest damage is related to loss of forest and fertile soil and that the major cause of difference between the results of the plants is the difference between the volumes of energy derived from each one. It presents the relationship between the damage and the benefit arising from electricity to be produced is shown as the main factor in the decision in planning future projects.

Keywords: Production of hydroelectric power; Environmental sustainability; Amazon; Balbina and Tucuruí hydro powers; Emergy.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo inicial abre-se o trabalho, apresentando o tema por meio do cenário de fundo no qual foi encontrada a motivação que conduziu à realização da pesquisa. Localiza-se o leitor na caracterização do problema; são fornecidos o objetivo do estudo, a metodologia de pesquisa utilizada, a estrutura de organização do estudo e, por fim, sua justificativa.

1.1. Apresentação do Tema

Para o Brasil, a importância da hidroeletricidade se evidencia por sua matriz energética, que, de acordo com o MME – Ministério de Minas e Energia-, tem na hidroeletricidade a fonte predominante de geração elétrica, com cerca de 80% da capacidade instalada de geração (hidro, termo e nuclear), proveniente de hidroenergia (MME/EPE, 2007).

A CNI – Confederação Nacional da Indústria projetou em 2007, que o saldo positivo entre oferta e demanda de eletricidade poderia vir a cruzar o ponto de equilíbrio a partir de 2011, a um crescimento do PIB – Produto Interno Bruto-, de 4,0% ao ano (Figura 1.1) (CNI, 2007).

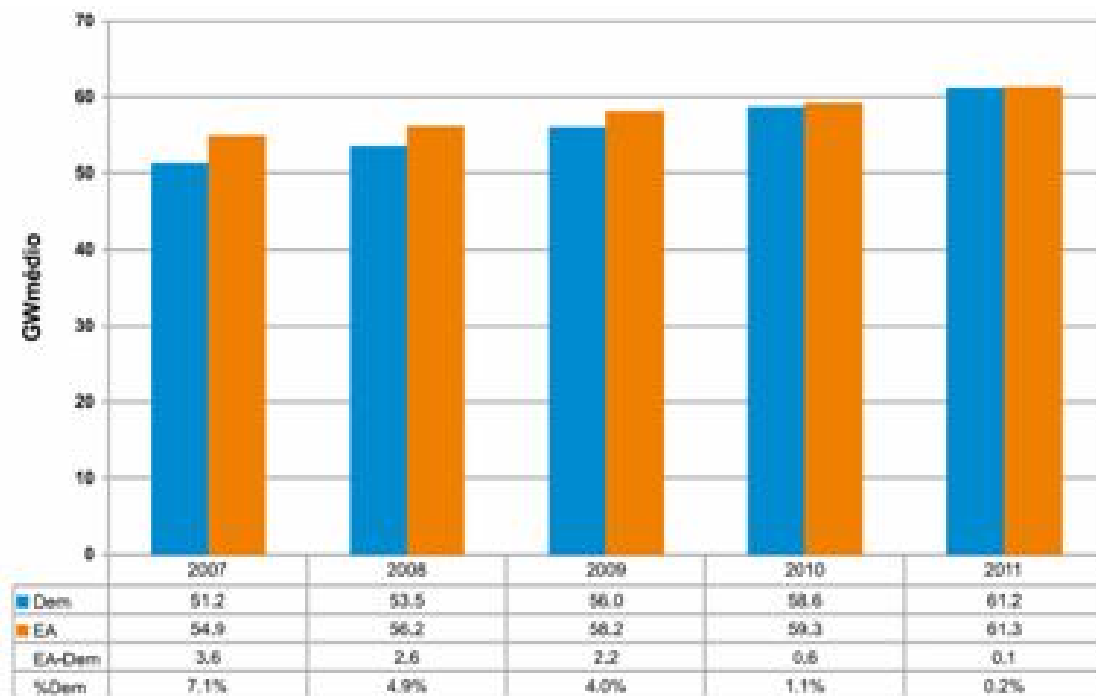


Figura 1.1. Gráfico da Oferta de energia firme em GW médios x Demanda projetada para os anos 2007 a 2011. Fonte: CNI (2007).

Na projeção foi incluído o incremento termoelétrico. Foi também citada a possibilidade de restrição da taxa de crescimento da economia, de desequilíbrio da estrutura de transmissão de eletricidade e até de risco de "apagão", caso houvesse queda anormal do índice pluviométrico, anomalia no suprimento de gás natural, ou transiente não a contento contornado.

No final de 2009, o país veio assistir a um "apagão" de causas ainda não bem elucidadas.

Em contrapartida, segundo o MME (2007), há existência de um potencial disponível para expansão de 183 GW, equivalentes a cerca de 230% do potencial em operação (Figura 1.2).

Ainda de acordo com o MME (2007), a maior parte do citado potencial disponível para expansão hidroelétrica, cerca de 70%, equivalendo a cerca de 128 GW, se encontra na região dos rios da bacia amazônica.

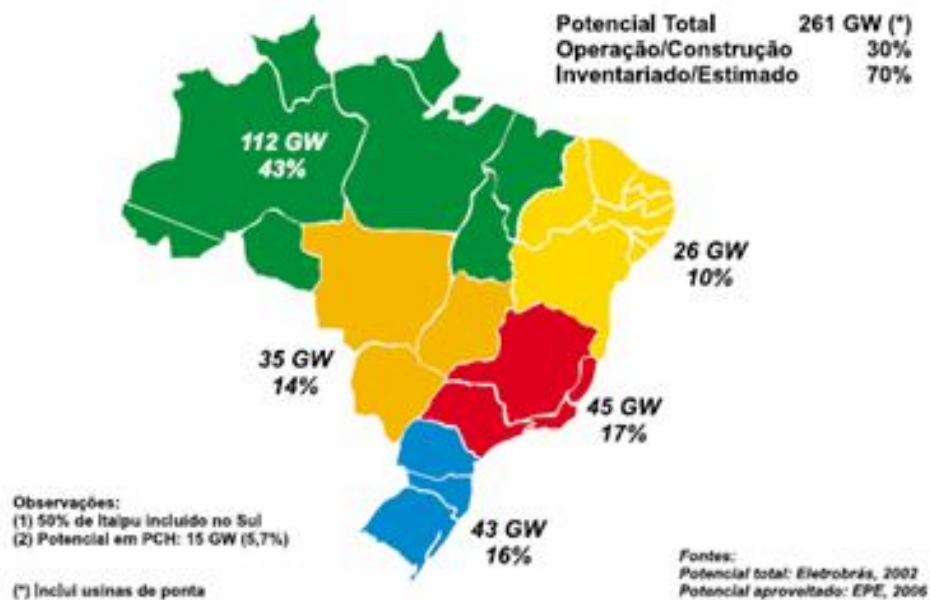


Figura 1.2. Distribuição do potencial hidroelétrico brasileiro. Fonte: MME (2007).

Em paralelo a esse cenário de necessidade e de disponibilidade de expansão, mais de uma dezena de hidroelétricas de médio e de grande porte encontram-se paralisadas, no território brasileiro, algumas há até 20 anos, sem nunca ter produzido, devido a indefinições dos órgãos ambientais e a decisões judiciais. Conforme dados da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica-, em junho de 2008 esses projetos somavam cerca de 2.500 MW de potência instalada (OESP,

2008).

A situação apontada, ligada à dificuldade de avaliação ambiental, acarreta, evidentemente, riscos e incertezas de caráter sistêmico, difíceis de prever, e fora do controle para os investidores, riscos e incertezas estas capazes tanto de prejudicar a destinação de recursos financeiros à expansão do setor de energia hidroelétrica, como também de onerar a precificação de novos projetos, isto em função do *hedge* (valor adicional contra riscos e incertezas), que é sempre adicionado em gestão de riscos. A CNI (2007) não só compartilha deste raciocínio, como o complementa, citando a existência de forte oposição mesmo em nível internacional contra empreendimentos hidroelétricos, ao ponto de dificuldade na liberação de recursos por parte do Banco Mundial na última década. Para a CNI (2007), trata-se de questão prejudicial ao país, devendo ser tema para reflexão por parte da sociedade.

É de se admitir que tais riscos e incertezas prejudiquem também a eficácia no uso dos demais recursos energéticos, pela não melhoria da capacidade reguladora hidroelétrica (capacidade de armazenamento), em somatória à necessária sinergia com as usinas termoelétricas, com as usinas de produção sazonal (biomassa de cana-de-açúcar) e com as usinas de produção intermitente (eólica e solar).

Como síntese das citadas incertezas quanto à favorabilidade da geração hidroelétrica, resulta a motivação deste trabalho. Embora o estudo esteja delimitado ao caráter ambiental de essencialmente onde e como local favoravelmente uma usina hidroelétrica e, particularmente ainda consideradas as condições geográficas da Amazônia, região de maior potencial disponível, os resultados poderão contribuir com dados para outras pesquisas ligadas à eficácia, tanto em relação à transformação dos biocombustíveis, como à transformação dos combustíveis fósseis, e também no desenvolvimento de unidades eólicas e solares, para produção de eletricidade, posta a sinergia existente, ressaltada no texto.

1.2. Caracterização do Problema

Existe uma conexão entre energia, meio ambiente e desenvolvimento (Figura 1.3), que tem sido estudada, conforme explica GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003), em alguns casos com obtenção de uma relação de causa e efeito, porém sem que se entenda de forma adequada os impactos e benefícios socioambientais e quem são os responsáveis por eles.

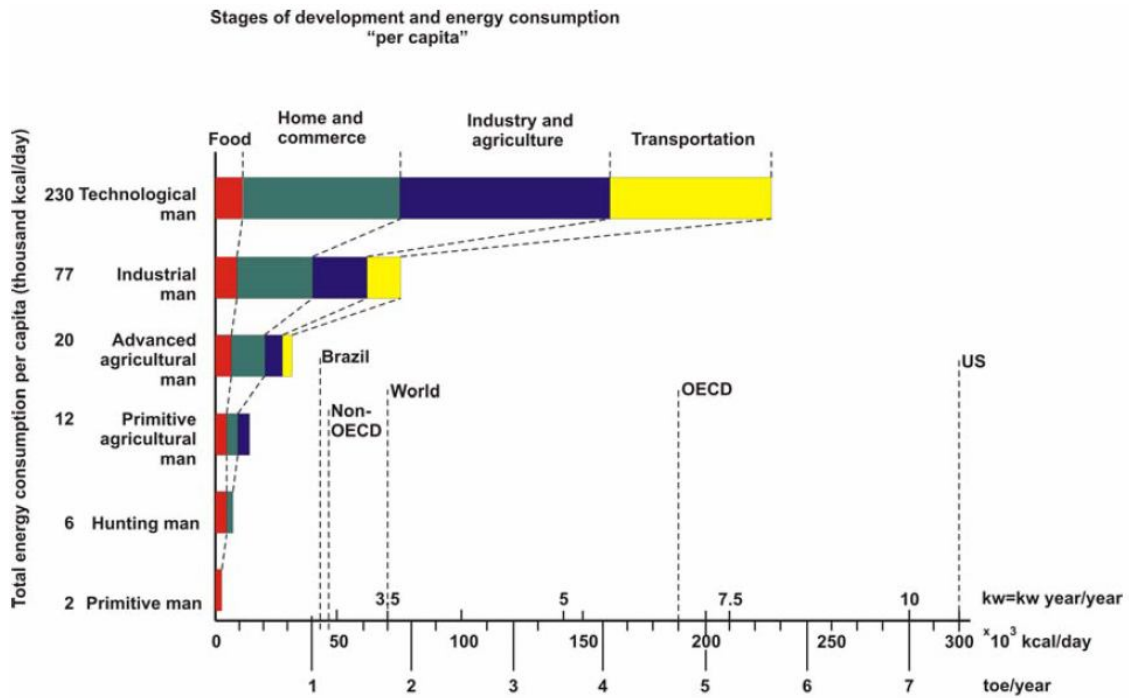


Figura 1.3. Evolução do consumo de energia per capita, por estágio de evolução da humanidade. Fonte: GOLDEMBERG & LUCON (2009).

No caso da hidroeletricidade, há complexidade, polêmica e carência de definição, de forma genérica com diferentes grupos aplicando diferentes óticas (empresários: resultados econômicos; governantes: soluções políticas; entidades sociais: benefícios próprios - e assim por diante).

É de se analisar que esta insuficiência de definição seja o principal problema alimentador da polêmica ambiental atualmente existente em relação ao sistema elétrico, onde, como exposto na apresentação, os embates entre os ambientalistas, o governo e a classe empresarial, têm colaborado para manter “freado” o desenvolvimento do setor.

1.3. Objetivo do Trabalho

Propõe-se neste trabalho, visando contribuir para a diminuição do citado problema de dificuldade de avaliação ambiental em produção de hidroeletricidade, buscar uma análise sistêmica, ou seja, estudar a produção de hidroeletricidade por meio de sua conexão com o sistema no qual está inserida.

Contudo, hidroelétricas possuem características particulares e disformes, de modo que os resultados de uma não podem simplesmente ser extrapolados para outra.

Por outro lado, estudar todas tornaria o trabalho hercúleo. Desta forma, opta-se por estudar duas UHEs - usinas hidroelétricas, tidas como polos opostos em termos de resultados (exemplificativas de erro e de sucesso):

1) A UHE Balbina, apontada por ambientalistas e pela classe científica como possivelmente o pior exemplo, no Brasil, em termos de resultados ambientais (LOURENÇO, 2007); a pior usina brasileira, na avaliação de Luiz Pinguelli Rosa, professor da Coppe/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (*id.*, 2007).

2) A UHE Tucuruí, na atualidade a maior UHE 100% brasileira e a quarta maior do mundo, citada pela ELETRONORTE (2008) como exemplo de empreendimento hidroelétrico bem sucedido.

Ambas foram também selecionadas por se situarem na região norte do Brasil, dentro da Amazônia Legal, que é, como já citado, a que mais possui potencial a ser explorado, e com complexas condições ambientais.

Ocupa-se em determinar, em cada uma, fatores relevantes quanto à localização, instalação e operação.

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral é o de contabilizar os aspectos mais relevantes da localização, implantação e operação de cada um dos dois sistemas, apontando, qualificando, quantificando, e comparando em cada um, pontos relevantes, referentes a perdas e ganhos socioambientais que possam ser utilizados por pesquisadores, ambientalistas e tomadores de decisão do setor energético, em suas avaliações e decisões. Sinteticamente, trata-se de obter dados que auxiliem no processo de onde e como instalar uma hidroelétrica. Em caráter implícito, crescimento intelectual.

1.3.2. Metas

As metas, a atingir, compreendem:

- levantar os recursos diretos e indiretos envolvidos na implantação e na operação das usinas hidroelétricas selecionadas, os principais impactos ambientais verificados, e os principais benefícios;
- por meio de contabilidade em energia, avaliar e comparar os sistemas com a utilização de dois grupos de análise.

(1) Indicadores com ênfase associada às relações entre o aproveitamento dos recursos (ODUM, 1996):

- Rendimento em Energia (EYR);
- Razão do Investimento de Energia (EIR);
- Carga Ambiental (ELR);
- Percentual de energia renovável (%R);
- Índice de Sustentabilidade (SI).

(2) Indicadores com ênfase associada às relações entre os custos e os benefícios (BROWN, 1986; BROWN & McCLANAHAN 1996):

- Transformidade obtida (Tr);
- Recursos renováveis usados na diluição de poluentes (R_2);
- Razões entre a energia obtida e o uso de recursos (%).

1.4. Metodologia Utilizada

Para levantamento dos dados:

- metodologia clássica de pesquisa, análise e síntese (metodologia da pesquisa científica), por meio de pesquisa com base bibliográfica, documental e de campo: busca, coleta, análise e seleção de dados; discussão, levantamento das provas e argumentos e elaboração de síntese.

Para construção do estudo em si:

- uso dos conceitos de Produção Mais Limpa, Ecologia Industrial e Análise do Ciclo de Vida, em apoio à ferramenta principal, a Contabilidade em Energia de ODUM (1996).

1.4.1. Aspectos Operacionais

Como trabalho de campo, com o intuito de possibilitar uma perspectiva de visão mais concreta sobre o assunto em estudo, foram realizadas visitas técnicas às seguintes UHEs:

- UHE Itaipu - rio Paraná, Foz do Iguaçu, estado do Paraná
- UHE Paraibuna - rio Paraibuna, Paraibuna, estado de São Paulo
- UHE Henry Borden - rio Grande, Cubatão, estado de São Paulo

As escolhas ocorreram por razões de oportunidade. Nos três casos houve monitoramento por parte da área de relações públicas de cada entidade.

A seguir listam-se as etapas componentes do plano de desenvolvimento do trabalho:

- 1) revisão da literatura;
- 2) estabelecimento das fronteiras dos sistemas em estudo (Balbina e Tucuruí);
- 3) estabelecimento dos benefícios, custos e recursos envolvidos;
- 4) estabelecimento dos fluxos e quantificação dos valores em unidades de energia;
- 5) transformação dos valores de energia para unidades de energia (sej);
- 6) cálculo de índices e indicadores;
- 7) discussão dos resultados;
- 8) obtenção das conclusões.

O fluxograma a seguir apresenta as etapas empregadas (Figura 1.4).

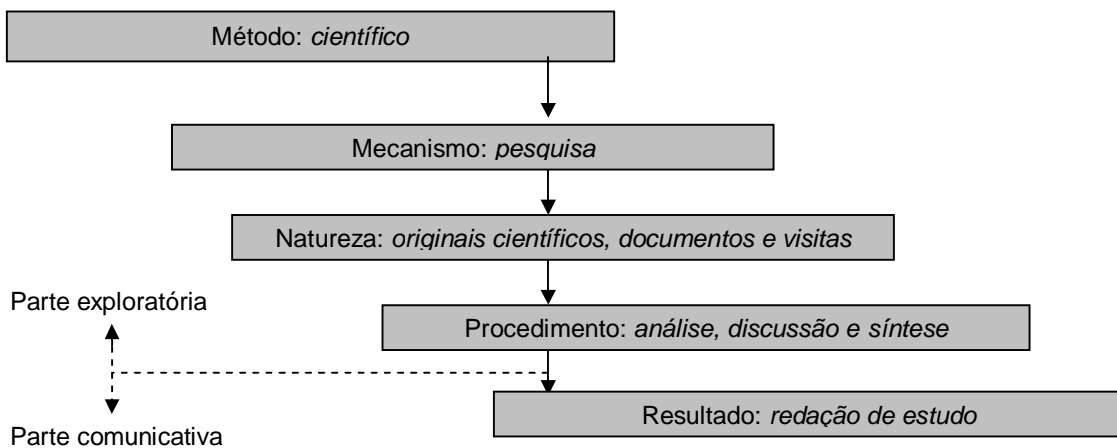


Figura 1.4. Caracterização esquemática das etapas da metodologia empregada.

1.4.2. Estrutura de Organização e Delimitação do Estudo

Para alcance dos objetivos propostos, a dissertação está dividida em seis capítulos:

- 1) Este primeiro capítulo abre o trabalho apresentando o tema por meio do cenário de fundo no qual foi encontrada a motivação que conduziu à realização da pesquisa. Localiza o leitor na caracterização do problema; fornece o objetivo do estudo; a metodologia de pesquisa utilizada; a estrutura de organização e delimitação do estudo e, por fim, sua justificativa.
- 2) O capítulo 2 é representado por revisão da literatura, onde o “estado da arte”, relativa ao tema é topicamente descrito.

3) O capítulo 3 descreve os materiais em estudo, no caso, os sistemas representados pelas UHEs Balbina e Tucuruí.

4) O capítulo 4 apresenta a fundamentação teórica da principal ferramenta empregada para tratamento e análise dos dados levantados, a contabilidade em energia, expondo seus principais conceitos.

5) O Capítulo 5 é representado pela discussão dos dados apurados e seus resultados.

6) O Capítulo 6 apresenta as conclusões decorrentes do estudo.

1.5. Justificativa

Conforme apontado na Apresentação do Tema, o Brasil demonstra reunir disponibilidade e necessidade de expansão da produção de hidroeletricidade e, no entanto, em paralelo aos aspectos técnico-econômicos referentes aos benefícios da expansão, outros aspectos, estes relativos tanto a prejuízos como a ganhos, de natureza ambiental, necessitam ser melhor considerados e têm contribuído para manter polêmica e “freio” sobre o setor.

Rosa (2007) considera o Brasil em um cenário de desigualdade global, ao estimar a população da América Latina em 7% da mundial, enquanto o seu consumo de energia primária é de 4,7% do consumo mundial, dentro de um quadro em que o Brasil é o primeiro país do mundo em recursos hídricos, mas, na utilização, é o quarto (Tabela 1.1), deixando de utilizar os recursos hidroelétricos na proporção de países industrializados, a exemplo dos EUA - Estados Unidos (Brasil 25%; EUA 80%).

Tabela 1.1. Maiores Recursos hídricos globais x Capacidade instalada de UHEs.

Recursos hídricos (em 2003)		Capacidade instalada de hidroelétricas (em 2004)	
Países	Km ³ / ano	Países	GW
Brasil	8,2	EUA	79,5
Rússia	4,5	Canadá	66,9
Canadá	4,2	China	65,0
Indonésia	2,8	Brasil	57,5
China	2,8	Rússia	44,0
EUA	2,0	Noruega	27,5
Peru	1,9	Japão	27,2

Obs.: elaboração com dados extraídos de ROSA (2007).

De acordo com GIANETTI, BONILLA E ALMEIDA (2008), o crescimento do sistema hidroelétrico provoca uma maior pressão ambiental a ecossistemas naturais. O aumento da infraestrutura tem como consequência uma maior carga ambiental, não somente observada diretamente (relacionada a impactos como alagamento de áreas e emissão de gases de efeito estufa), mas também decorrente da extração de recursos naturais na implantação e operação da hidroelétrica. Um aspecto importante a ser considerado é o da Sustentabilidade Ambiental no sentido de avaliar a disponibilidade e o uso eficiente de recursos, tanto renováveis como não renováveis, assim como estudar os fluxos de energia entre as regiões.

Fica claro, por todo argumentado, que o estudo de “onde e como” instalar uma UHE, objetivo genérico deste trabalho (Tópico 1.3.1.), pode vir a contribuir com resultados que ampliem a discussão acerca das opções de produção de eletricidade e sua aplicação nas decisões no setor elétrico do país.

A decisão de desenvolver o trabalho estudando Balbina e Tucuruí, duas UHEs localizadas dentro da Amazônia Legal, se justifica no maior potencial disponível ofertado pela região amazônica frente às demais regiões do país, suas delicadas condições de manejo das características geoclimáticas, em conjunto com o exemplificativo de erro e de sucesso que as usinas representam, a partir de características tanto comuns como opostas, onde a pesquisa realizada permitiu a síntese que segue.

1) Ambas apresentam como principais características comuns:

- estão localizadas na Amazônia em zonas de semelhantes florestas tropicais;
- foram implantadas em áreas de baixa altitude, baixa altura manométrica e alta planicidade;
- constituíram objeto de polêmica em suas implantações;
- foram as primeiras barragens introduzidas nos canais principais de seus rios;
- produziram criticados volumes de emanações de Gases Causadores do Efeito Estufa;
- implicaram em alterações e deslocamentos compulsórios de populações locais;

- causaram alterações e danos à biodiversidade local (abertura de infra-estrutura, desmatamento, assentamentos, perdas endêmicas de ictiofauna, flora e fauna, e invasão de espécies exóticas);
- atraíram contingentes populacionais externos;
- isolaram fluvialmente populações a montante e a jusante;
- interferem diretamente com terras e comunidades indígenas;
- beneficiam regiões distantes da qual foram implantadas;
- inundam grandes extensões de floresta tropical;
- alteraram os ciclos hidrológicos de seus respectivos rios.

2) Ambas apresentam como principais características opostas:

- discrepante relação entre capacidade nominal de geração de eletricidade, que é favorável para Tucuruí, na ordem de 3.150%;
- discrepante relação entre a área necessária ao alagamento frente à potência da geração de eletricidade obtida, que é favorável para Tucuruí, na ordem de 1.000%;
- diferente conceituação junto às classes, ambientalista e científica, que não divergem em considerar Balbina como o pior exemplo de implantação de empreendimento hidroelétrico no Brasil.

O detalhamento, desta síntese de características, está apresentado e referenciado na Descrição dos Sistemas em Estudo (Tópico 3).

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo é representado pelo levantamento do “estado da arte”, em que a base de conhecimento existente, referente ao tema, é apresentada topicamente.

O “estado da arte”, em relação ao tema é a seguir apresentado de forma tópica e analítica, tendo em vista a interdisciplinaridade existente no estudo, somada à exigência representada pela característica de sua base, analítico-exploratória e não experimental. Desta forma considera-se esta etapa como fundamental à obtenção dos dados, seu entendimento, manipulação e consequente possível adição ao pensamento científico.

2.1. A Hidroeletricidade

SANTOS (2009) explicou que energia não é algo que se possa escolher tal qual uma variedade de fruta em uma feira. Seu consumo apresenta restrição de escolha, basicamente ligada à relação entre o binômio: economia *versus* tecnologia existente (esta representada por obtenção, manuseio e aplicação). Exemplo: não se trata o cabelo com secador a carvão, nem se cozinha com reator nuclear. Por essa razão, diferentes fontes têm diferentes importâncias para diferentes setores (Figura 2.1).

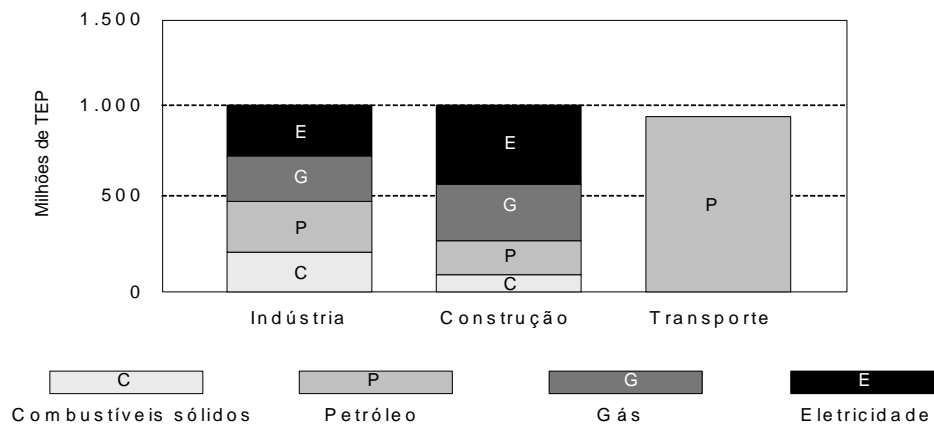


Figura 2.1. Consumo de energia em diversos setores. Obs.: dados referentes ao bloco europeu; elaborado a partir de GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003).

GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003) apresentaram que a eletricidade respondia em 2003 pelo consumo de cerca de um terço da energia primária mundial, com tendência de aumento; mundialmente 2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso a ela, e a modernidade vem intensificando de forma massiva as comodidades eletroeletrônicas

O acesso à energia elétrica apresenta ligação direta com o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano-, sendo que, no Brasil, a região norte, onde se situa a Amazônia, é a mais carente (Figura 2.2).

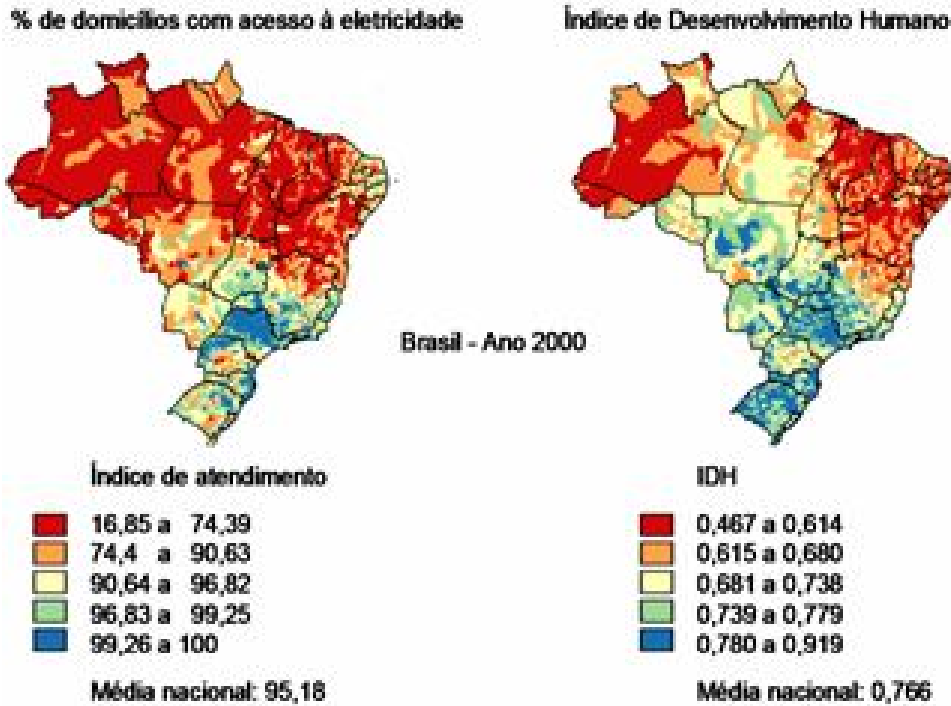


Figura 2.2. Relação, no Brasil, entre acesso à eletricidade e IDH. Obs.: montado a partir e com dados de PNUD (2000).

A curva de consumo, por sua vez, demonstra relação frente aos movimentos da economia, o que vem significar alterações do comportamento social (Figura 2.3).

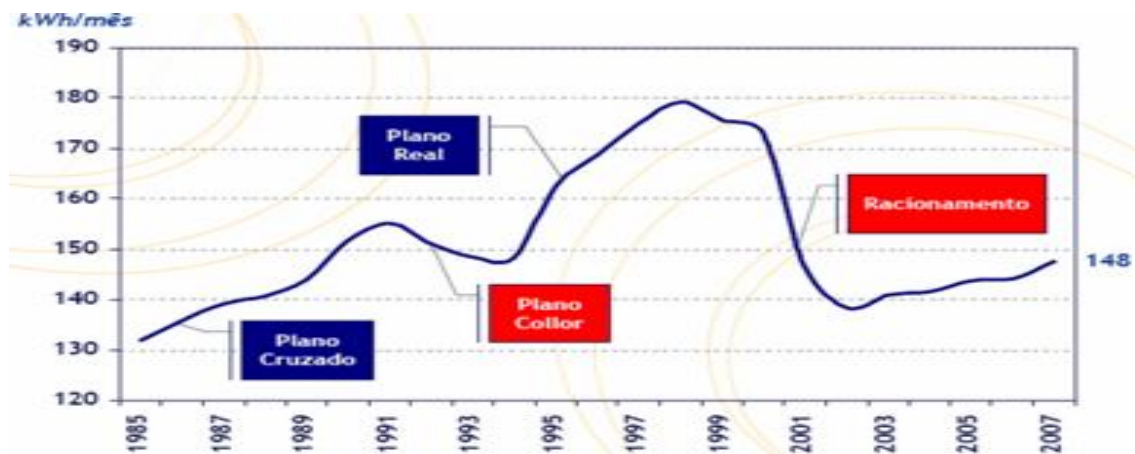


Figura 2.3. Evolução da média de consumo residencial, por domicílio brasileiro, de 1985 a 2007 (FIGUEIREDO, 2009).

Mundialmente, a obtenção da eletricidade está fortemente vinculada à transformação de fontes primárias, a partir de combustíveis fósseis: carvão, óleo combustível e gás natural, via queima em usinas geradoras termoeletricas. Outras formas são as usinas hidroelétricas, as nucleares (térmicas a urânio), as geotérmicas (térmicas naturais), as solares, as eólicas e as oceânicas.

A geração hidráulica, foco deste estudo, é originada da irradiação solar e da energia potencial gravitacional, que provocam um contínuo ciclo hidrológico de evaporação, condensação e precipitação da água sobre a superfície terrestre. Desta forma, a produção hidroelétrica é dependente da gratuidade, por parte da natureza, de fluxos e desníveis hídricos que permitam a obtenção de tal transformação; onde o Brasil se destaca entre os maiores detentores e produtores mundiais (Figura 2.4).



Figura 2.4. Distribuição mundial do potencial tecnicamente aproveitável para geração de hidroeletricidade. Obs.: Os maiores potenciais estão situados na América do Norte, antiga União Soviética, China, Índia e Brasil. O menor potencial se situa no continente africano. (ANEEL, 2009).

A produção a partir de fonte geradora hidroelétrica não representa consumo de outra fonte de energia, posto ser obtida pela transformação do estado da energia, no caso, a energia potencial representada pela água represada na barragem, transformada em energia cinética representada pela movimentação quando da queda pela altura manométrica e subsequente passagem pelas turbinas dos geradores.

O MME (2007) evidenciou a importância da hidroeletricidade para o Brasil por meio de sua matriz energética, que tem na hidroeletricidade a fonte predominante de

geração, com cerca de 80% de capacidade instalada no país. Desse potencial ainda disponível, cerca de 70% se encontra nos rios da bacia Amazônica.

2.1.1. Perfil Institucional no País

No Brasil a Constituição Federal designou os recursos hídricos como bens da União, tendo entre outros pontos, fundamentado (LEI 9.433 / 1997):

- a água é um bem de domínio público (Art. 1º - Inciso I);
- os direitos dos usos de aproveitamento dos potenciais hidroelétricos estão sujeitos a outorga pelo Poder Público (Art. 12º - Inciso IV).

A seguir é apresentado o diagrama representativo da gestão do setor elétrico (Figura 2.5)

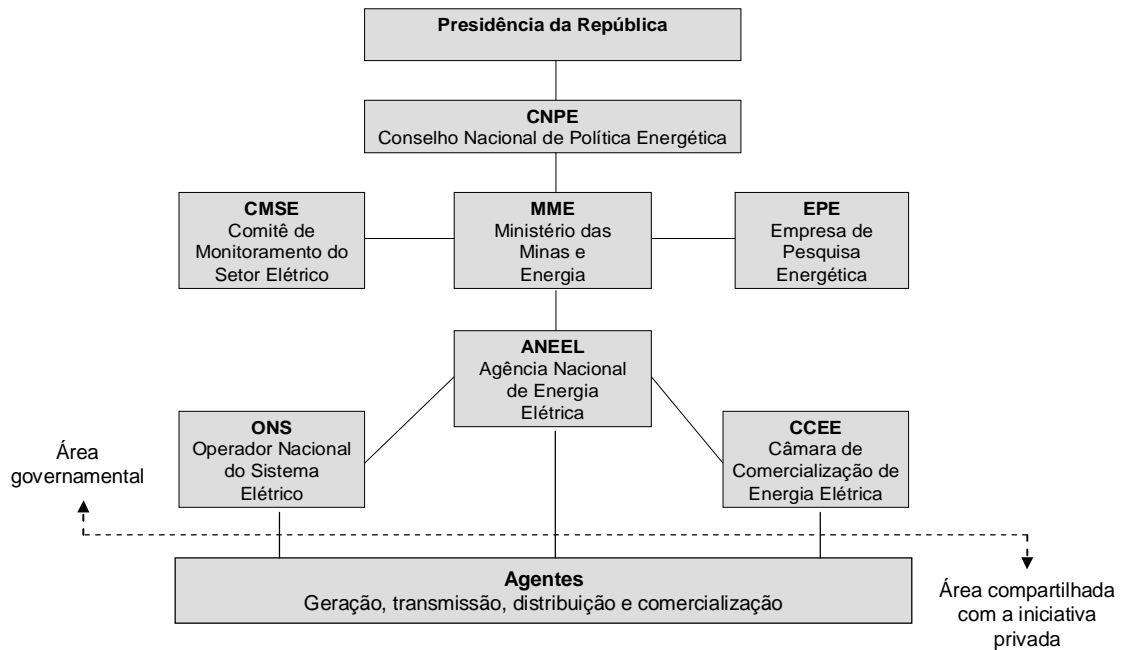


Figura 2.5. Diagrama institucional da atual gestão do setor elétrico brasileiro. Obs.: em paralelo há a gestão da Política Nacional do Meio Ambiente (Tópico 2.1.2. Figura 2.8), a qual regulamenta socioambientalmente o setor elétrico, e está centralizada no MMA – Ministério do Meio Ambiente; elaborado a partir de ANEEL (2009)

Em termos gerais, o MME opera com projeções para até o ano de 2030. A EPE criou, em 2008, o sumário executivo “Projeções da Demanda de Energia Elétrica”, para um plano decenal de atuação na expansão de energia, no horizonte de 2008 a 2017 (Tabela 2.1).

A projeção considerou um crescimento médio do PIB de 5% ao ano e um crescimento no consumo de eletricidade de 5,5% ao ano, atingindo 706,4 TWh em 2017, dos quais 604,2 TWh (85,5%) significando demanda à rede, e a diferença sendo atendida por autoprodução (EPE, 2008). Em 2007 essa proporção projetada em 85,5%, era de 91,4%.

Tabela 2.1. Projeções da demanda de energia elétrica para o Brasil, no horizonte de 2007 a 2017.

	2007	2008	2012	2017	$\Delta\%$ ao ano 2007-2017
Sistemas isolados	7,8	8,5	0,5	1,6	- 14,9 (1)
Sistema interligado	369,4	387,9	479,9	602,6	5,0 (1)
Consumo na rede	377,2	396,5	480,4	604,2	4,8
Autoprodução	35,4	38,6	63,8	102,3	11,2
CONSUMO TOTAL	412,6	435,1	544,2	706,4	5,5
% autoprodução	8,6%	8,9%	11,7%	14,5%	

(1) *desconsiderando as interligações previstas (Rondônia-Rio Branco, ao final de 2008 e Manaus-Amapá, em 2012), o consumo nos sistemas isolados cresce à taxa média de 8,4% ao ano e o sistema interligado a 4,7% ao ano.*

Obs.: valores em TWh; extraído de EPE (2008)

A EPE (2008) disponibilizou que as projeções de consumo, na rede do SIN – Sistema Interligado Nacional, compõem o que o órgão chama de requisitos do sistema; os quais compreendem, além do consumo na rede, as perdas totais (perdas técnicas e comerciais, posto que a base da projeção do consumo é o faturamento das concessionárias). Os requisitos do sistema definem a necessidade de geração e, portanto, a necessidade de expansão da capacidade instalada.

Atente-se à constatação: segue com projeção crescente a dependência por autoprodução (de 8,6% em 2007, para 14,5% em 2017), enquanto permanece balizada no SIN, para a área governamental, a expansão da capacidade instalada. O fato consigna o alerta da CNI exposto na Apresentação do Tema (Tópico 1.1).

2.1.2. Relações com o Meio Ambiente

O Brasil é, via natureza, um país privilegiado em termos de recursos renováveis, comparado ao planeta como um todo. De um lado as condições geoclimáticas favorecem alta produtividade ao cultivo de espécies representativas de geração via

biomassa (biodiesel, etanol e queima direta), e de outro lado, há abundância de recursos hidrológicos para geração direta de eletricidade (Figura 2.6).

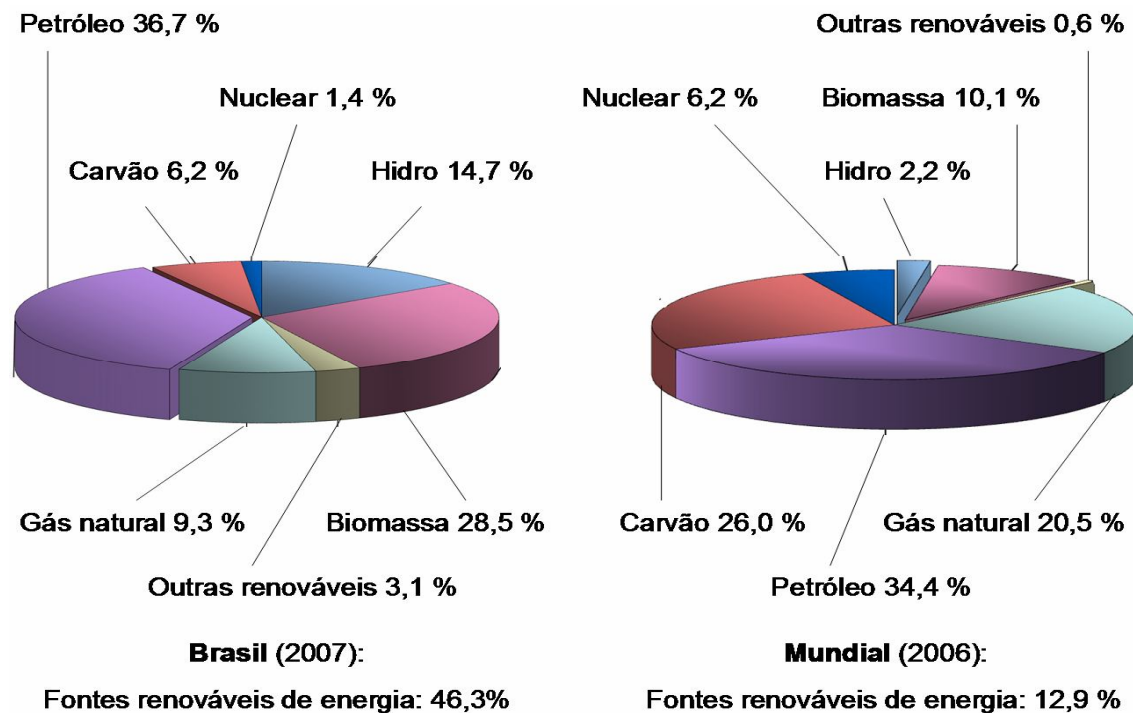


Figura 2.6. Distribuição das fontes de energia no Brasil e no mundo. Obs.: dados de, Brasil: MME/EPE (2007), mundo: IEA – International Energy Agency (2008).

Enquanto externamente a eletricidade é genericamente caracterizada como energia secundária, posta a necessidade de transformação de uma fonte primária (térmicas a: gás, óleo, biomassa ou carvão; e nuclear), para sua obtenção; internamente, cerca de 80% da energia elétrica provém de geração direta, via usinas hidráulicas. Isso não significa, contudo, que a geração de hidroeletricidade deva ser vista somente como uma fonte renovável e limpa para geração de energia elétrica.

GIANETTI, BONILLA E ALMEIDA (2008) explicaram que não existe energia 100% limpa. Todas as formas de energia, de uma ou outra forma, contêm em maior ou menor percentual, componentes não renováveis e apresentam na avaliação de seus ciclos de vida, da obtenção à utilização, alguma forma de prejuízo ambiental.

GHILARDI JR. (2003) expôs que no caso da hidroeletricidade, os problemas ambientais, sociais, econômicos e políticos decorrentes da implantação e construção de hidroelétricas representam contraponto frente aos benefícios advindos ao desenvolvimento socioeconômico. Ainda assim, a hidroeletricidade pode ser

considerada como uma alternativa menos poluente, que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e, conseqüentemente para a sustentabilidade ambiental do planeta. O potencial hidroelétrico da Amazônia, sua importância estratégica nacional e seus impactos sociais, ambientais e econômicos têm sido objetos de intensos debates desde a década de 1980, quando foram construídas as maiores usinas hidroelétricas existentes na região: Tucuruí, Balbina e Samuel.

FEARNSIDE (1990) descreveu que a região Amazônica apresenta características geográficas e climáticas próprias, que podem ser consideradas delicadas para a implantação de hidroelétricas, tendo em vista a planicidade da região com conseqüente grande extensão de reservatórios, e a variação do nível da água, ocasionando processos de eutrofização, em decorrência, elevada emissão de GEEs – Gases Causadores do Efeito Estufa.

Nesse sentido, GOLDEMBERG & LUCON (2009); MATAI (2009); e SANTOS (2009) expuseram que dentre os impactos ambientais que estão sendo verificados no planeta Terra (Quadro 2.1), o principal deles, associado às UHEs, vem a ser a emissão de GEEs; apontada com consenso pela classe científica, como relevante impacto ambiental ocasionado por UHEs.

Quadro 2.1. Impactos ambientais.

	Problemas	Causas principais
Local	Poluição urbana do ar Poluição do ar em locais fechados	Uso dos combustíveis fósseis para transporte Uso de combustíveis fósseis (biomassa e carvão) para aquecimento e cocção
Regional	Chuva ácida	Emissões de enxofre e nitrogênio, matéria particulada, e ozônio na queima de combustíveis fósseis, principalmente no transporte
Global	Efeito estufa Desmatamento Degradação costeira e marinha	Emissões de CO ₂ na queima de combustíveis fósseis; Alterações no uso da terra., Produção de lenha e carvão vegetal e expansão da fronteira agrícola Transporte de combustíveis fósseis

Obs.: adaptado de GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003).

GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003) expuseram que apesar de não produzirem poluentes associados a combustíveis fósseis, exceto CH₄ e CO₂, ligados à emissão de GEEs, as hidroelétricas interferem no meio ambiente pela construção de grandes represas e alterações sobre os fluxos dos rios, causando em muitos casos problemas sociais de grandes proporções gerados pela realocação e readaptação das populações locais. Nesse sentido, e também em relação aos GEEs, um dos indicadores usualmente utilizados para estimar os impactos ambientais vem a ser a relação entre a potência produzida e a área do reservatório.

A Tabela 2.2, a seguir, exemplifica a relação comparativa entre potência gerada por área inundada de algumas hidroelétricas, no Brasil, onde pode ser verificado o elevado grau de variabilidade entre diferentes empreendimentos.

Tabela 2.2. Relação de potência elétrica produzida em função de área inundada.

Usina hidroelétrica	Potência gerada (MW)	Relação (MW / km ²)
Xingó	5.000	58,82
Segredo	1.260	15,27
Ita	1.620	11,67
Itaipu	12.600	9,36
Belo Monte	11.000	8,98
Machadinho	1.200	4,58
Garabi	1.800	2,25
Itaparica	1.500	1,80
Tucuruí	8.125	2,92
Três Irmãos	640	0,90
Porto Primavera	1.800	0,84
Serra da Mesa	1.200	0,67
Camargos	45	0,61
Manso	210	0,54
Samuel	217	0,33
Sobradinho	1050	0,25
Balbina	250	0,11
Valor médio (geral)	-	2,17

Obs.: adaptado a partir de GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003).

Em 1998 houve a criação da CMB - Comissão Mundial de Grandes Barragens (*WCD – World Commission on Dams*), reunindo representantes de 68 instituições de 36 países. Os trabalhos da CMB compreenderam 10 estudos de caso, dentre eles a barragem de Tucuruí, resultando no relatório “Barragens e Desenvolvimento: uma nova estrutura para a tomada de decisão” (WCD, 2000). No relatório a CMB apresentou um resumo de recomendações com o fim de melhor definir as etapas de avaliação, planejamento, construção e operação de grandes barragens.

- O resumo de recomendações da CMB está apresentado neste trabalho sob a forma de Anexo (ANEXO A - Recomendações selecionadas pela WCD (2000) para as principais partes envolvidas no debate sobre barragens).

A partir da década de 1990, um novo fator veio inferir no debate sobre hidroelétricas; a Política Nacional do Meio Ambiente, inserida em 1991 no MMA – Ministério do Meio Ambiente, como seu órgão central de atuação (Figura 2.7).

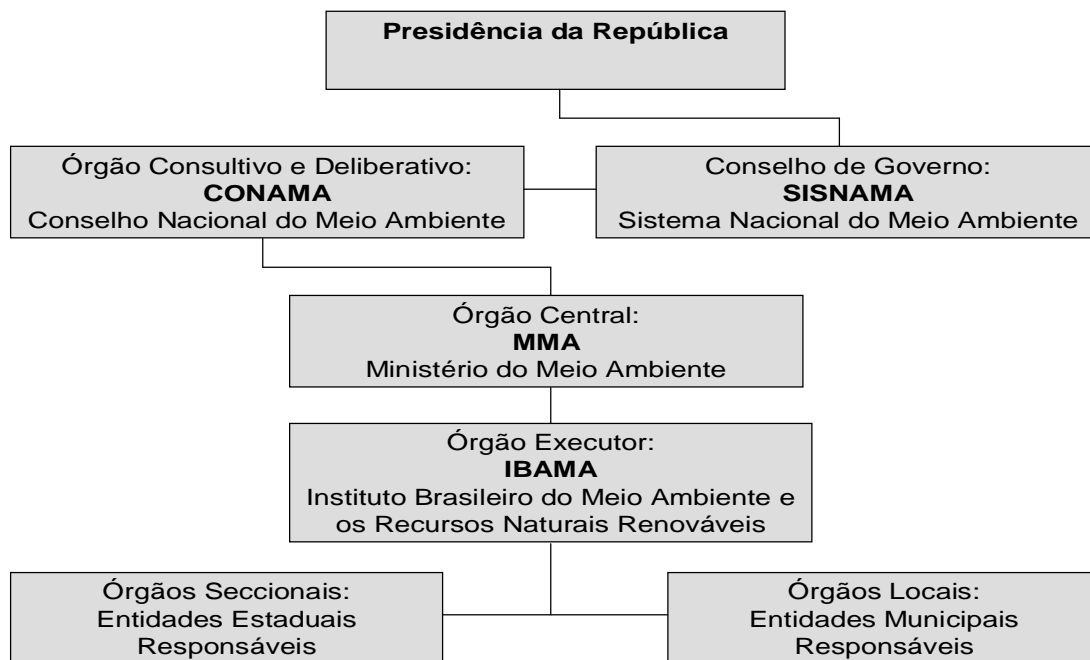


Figura 2.7. Diagrama institucional da gestão da Política Nacional do Meio Ambiente.
Obs.: elaboração com base em MMA (2009).

Um dos instrumentos advindos foi o licenciamento ambiental. Desta forma, atividades de construção de barragens hidroelétricas que, no Brasil, até a década de 1980, podiam ser construídas sem qualquer avaliação ambiental de seus impactos,

passaram a ter de se submeter, para aprovação, a procedimentos de análise de seus efeitos socioambientais.

O licenciamento ambiental de hidroelétricas representa uma exigência prévia para aprovação dos empreendimentos, desde a fase de seus estudos iniciais. Um instrumento de regulamentação, técnico-administrativo, pelo qual são deferidas licenças ambientais progressivas, na medida do atendimento das determinações do órgão licenciado (REZENDE, 2003).

Para uma PCH – Pequena Central Hidroelétrica (definida como uma usina de pequeno porte, como com capacidade instalada limitada a 30 MW e área do reservatório inferior a 3 km²), os passos para o licenciamento, genericamente, são os mesmos, porem com tratamento simplificado (ANEEL, 2009).

Rezende (2003) analisou que a literatura sobre o licenciamento ambiental não discute efetivamente os problemas e falhas da própria estrutura instituída. Apesar dos avanços, têm-se gerado oportunidades diversas e desiguais entre empreendedores e populações interessadas e atingidas.

FIGUEIREDO & LIXA (2009) analisaram que a estrutura do licenciamento ambiental brasileiro, em específico o EIA – Estudo de Impacto Ambiental, e o RIMA – Relatório de Impacto Ambiental, pode resolver grande parte dos conflitos de interesses, mas as críticas atuais, tanto da sociedade, como do Poder Público, e do setor econômico, são de que esta solução é momentânea, ainda imprópria ao setor energético, se considerado ao longo prazo.

- Resumo, condensado a partir de ANEEL (2009); MMA (2009), apresentando as etapas do licenciamento ambiental de hidroelétricas, está apresentado neste trabalho sob a forma de Anexo (ANEXO B - Sumário das etapas de Planejamento e Licenciamento Ambiental de usinas hidroelétricas).

A revisão da literatura apontou que diferentes grupos, tanto favoráveis como opositores de hidroelétricas, têm assumido posturas radicais, criando uma segmentada gama de argumentações acerca da sustentabilidade de hidroelétricas, com visões muitas vezes parciais e em defesa de seus interesses próprios. Contrapontos, sintetizados por GOODLAND (1997), foram concordados por GHILARDI JR (2003). Ponto relevante é o de que os divergentes argumentos são

representados por diferentes óticas sobre mesmos pontos, o que indica falta de afinação quanto ao estágio evolutivo de avaliação.

- A síntese de contrapontos em favor e em oposição às UHEs, levantada por GOODLAND (1997), é apresentada neste trabalho sob a forma de anexo (ANEXO C – Argumentos favoráveis e opositores a UHEs).

2.1.3. Emissão de Gases de Efeito Estufa

"O mínimo que é cientificamente necessário para combater o aquecimento global excede de muito o máximo que é politicamente viável"

"Al" GORE

(Ativista ecológico, Prêmio Nobel da Paz em 2007)

Levantada na revisão da literatura como relevante impacto ambiental de UHE's, a emissão de GEEs é aqui tratada em tópico próprio.

A preocupação com o efeito estufa está ligada aos possíveis impactos ambientais decorrentes do aumento da temperatura na superfície do planeta, em razão do aumento do teor de GEEs, devido à intensidade dos lançamentos provocados pelas atividades antropogênicas, notadamente a partir do desenvolvimento do processo de industrialização global.

GOLDEMBERG & LUCCON (2009) trataram a questão dos GEEs como polêmica. Apresentaram que a temática é cercada de ameaças e incertezas, tendo por isso se transformado em alvo de sensacionalismo, desprovido de embasamento científico, por parte da mídia. Para esses professores, os efeitos futuros não deverão vir a ser devastadores na forma como vêm sendo propalados perante a sociedade.

Conforme explicou MATAI (2009), a radiação infravermelha incidente a partir do Sol sobre a superfície da Terra é radiação de pequena longitude de onda; por outro lado, a radiação reenviada para o espaço, tem grande longitude de onda. O fato provoca retenção de cerca de 70% da radiação, representando um efeito estufa natural do planeta, o qual é responsável pela manutenção da temperatura média da superfície do planeta em cerca de 15° C. Os GEEs provocam na atmosfera o aumento gradativo da temperatura por capturarem parte da radiação infravermelha que é reemitida de volta para o espaço, causando a elevação da temperatura na superfície (Figura 2.8).

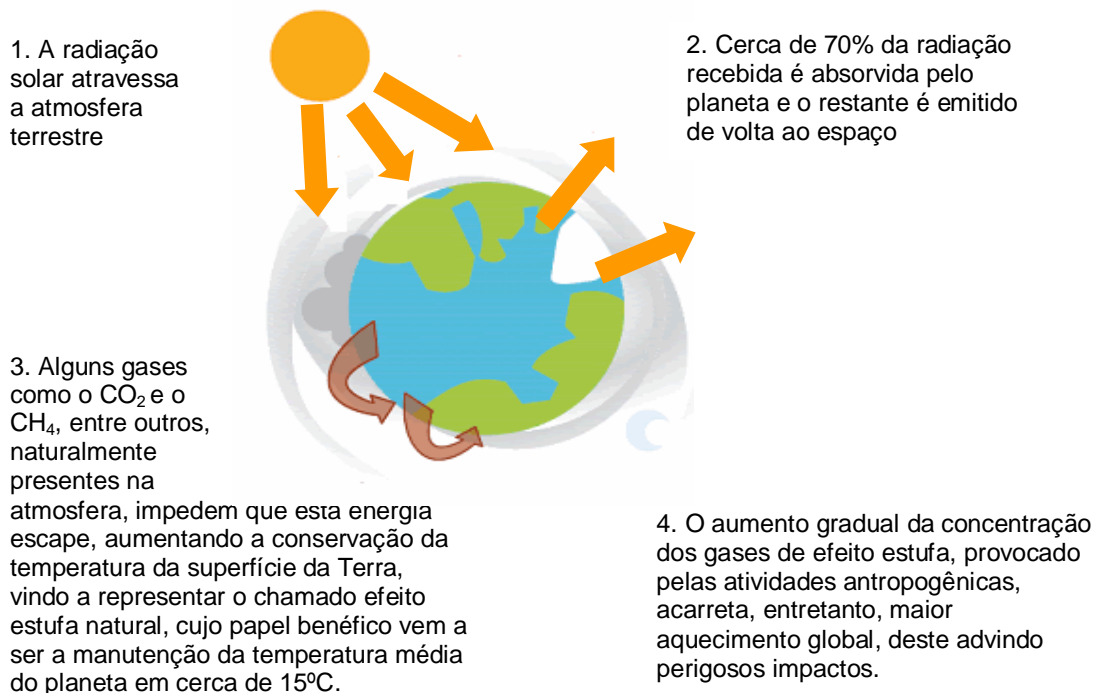


Figura 2.8. Mecanismo de causas e efeitos do Efeito Estufa. Obs.: elaboração a partir de dados de MATAI, 2009.

A seguir são apresentados os principais GEEs, suas respectivas fontes antropogênicas e contribuição relativa para o aquecimento global (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Principais GEEs, respectivas fontes antropogênicas e contribuição relativa para o aquecimento global.

GEE	Fontes antropogênicas	Contribuição presumida para o aquecimento global
CO ₂	Combustão de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso da terra.	70%
CH ₄	Cultivo de arroz, pecuária (ruminantes), combustão de combustíveis fósseis, vazamentos de gás natural, alagamento de vegetações.	27%
N ₂ O	Fertilizantes, queima de biomassa, combustão de combustíveis fósseis, conversão da terra para agricultura	3%
CFC	Fluidos refrigerantes, aerossóis, propelentes, processamento de espuma plástica para embalagens.	----

Obs.: elaboração a partir de dados de GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003).

MATAI (2009) expôs que os GEEs têm diferentes intensidades no aquecimento causado, sendo esse potencial expresso pelo PAG - Potencial de Aquecimento

Global, cujo referencial é o CO_2 , com PAG = 1 (também representado por Ce – Carbono equivalente). Um kg do gás metano provoca um efeito estufa 23 vezes maior do que um kg de CO_2 enquanto que um kg de óxido nitroso (N_2O) exerce efeito 310 vezes mais danoso do que um kg de CO_2 . A queima dos combustíveis fósseis é a maior responsável pela emissão de CO_2 para a atmosfera.

Dentre as proposições acerca dos impactos do efeito estufa, houve estudo de SALATI, SANTOS e KLABIN (2006) que, em referência à Amazônia, citou indícios de que os impactos do efeito estufa podem modificar o balanço hídrico em algumas regiões do país, em particular na Amazônia, onde já haveria ocorrido, durante o século XX, um aumento na temperatura média, de $0,56^\circ\text{C}$.

- Síntese, dos impactos ambientais apresentados no citado estudo, está apresentada neste trabalho em forma de anexo (ANEXO D – Impactos do efeito estufa sobre os ecossistemas).

Explicitamente em relação às UHEs, a revisão da literatura apontou que a relação com o efeito estufa está ligada às emissões, essencialmente, de CO_2 e de CH_4 , provocadas em razão de alagamentos de áreas para a construção das barragens (atente-se para “mudanças no uso da terra”, na Tabela 2.3. apresentada).

Faz-se importante colocar que o volume das emissões, como segue demonstrado à frente e diferentemente do que é comumente propalado; primeiro, não é de forma direta, conseqüentes do alagamento, mas sim da forma como este é feito; e segundo, não é linear, em verdade apresentando valores que variam de forma decrescente ao longo do tempo (Figura 2.9).

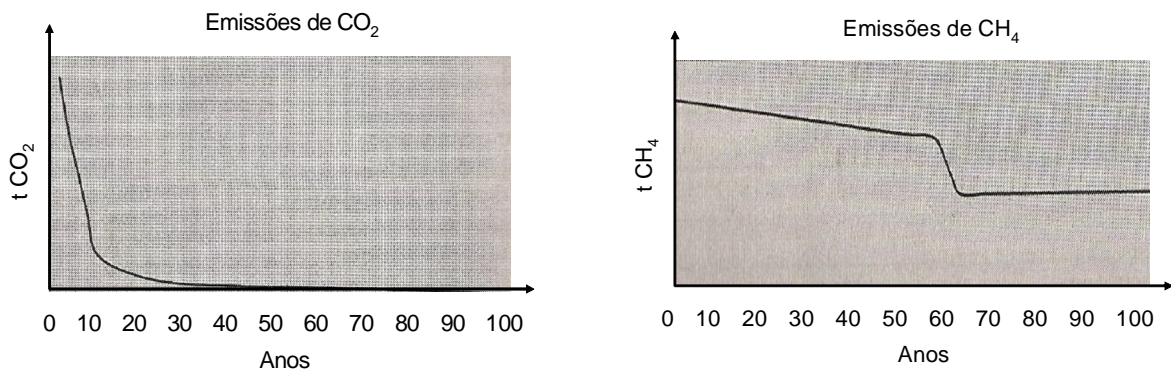


Figura 2.9. Curvas indicativas do comportamento das emissões, em função do tempo, de CO_2 e CH_4 , principais componentes dos GEE's produzidos por alagamentos hidroelétricos (BERMAN, 2003).

Como citado por FEARNSIDE (1990), a região amazônica apresenta características geográficas e climáticas particulares, que podem ser consideradas delicadas para a implantação de hidroelétricas, em razão da planicidade da região com consequente grande extensão de área de reservatórios, conjugada à variação do nível da água, ocasionando processos de eutrofização e decorrente emissão de GEEs.

No caso, são dois os principais fatores causadores da eutrofização:

- Alagamento- corresponde à submersão da mata nativa, quando não previamente retirada. O maior volume de emissão causada é inicial, vindo a apresentar redução de valor ao longo do tempo (1);
- deplecionamento- corresponde à variação da cota de nível do alagamento, em função da variação meteorológica do fluxo do manancial em relação ao fator de carga de operação da usina. A emissão causada é permanente, vindo a apresentar média constante ao longo do tempo (2).

(1) FEARNSIDE (2001) explicou que, quando da não prévia retirada da mata nativa, por ocasião do alagamento, há ocorrência de decomposição da matéria vegetal orgânica submersa, ocasionando gases, essencialmente CO₂ e CH₄. O clima quente da região amazônica gera diferentes camadas de temperatura na água, favorecendo a permanência dos gases nas camadas mais profundas, e ocorrendo a liberação, à atmosfera, quando da passagem da água pelas turbinas da barragem, devido à queda de pressão inerente a esse ponto do processo.

Esse tipo de liberação (por alagamento) deve ser entendido como não-linear em função do tempo, sendo representado por curva com acentuada redução ao longo dos dez anos iniciais. Seu controle depende, como já citado, da prévia retirada da vegetação a ser alagada.

(2) Em complemento, em FEITOSA, GRAÇA, e FEARNSIDE (2007) foi encontrada a explicação de que a flutuação sazonal da cota de nível da área alagada, provocada pelas diferentes pluviometrias das estações do ano, faz com que, quando da estação seca, as águas baixem promovendo um rápido e acentuado crescimento de vegetação herbácea, crescimento este favorecido pela alta carga de nutrientes do lamaçal exposto nessa zona das margens, que é chamada de zona de deplecionamento, ou de *drawdown*. Meses depois, na estação chuvosa, quando o

nível de água volta a subir, as vegetações desenvolvidas ficam submersas e se colapsam tal qual apresentado em (1).

Diferentemente do primeiro, este segundo tipo de liberação (por deplecionamento) deve ser entendido como permanente em função do tempo. Seu controle depende da regulação entre a carga de operação da usina e o fluxo meteorológico do manancial.

Fato não encontrado como elucidado, quanto às emissões, é que considerando que elas decorrem de processos de eutrofização, seria admissível a existência de um terceiro fator de emissão (além de alagamento e deplecionamento), este possível outro, representado pelo tempo médio de residência da água no alagamento.

Estudo comparativo com esse objetivo, desenvolvido *in-loco* pela equipe do professor Luiz Pinghelli Rosa (ELETROBRAS, 2000), em seis UHEs diferenciadas no aspecto de tempo de residência da água no reservatório (Tucuruí, Tres Marias, Segredo, Xingó, Itaipú e Samuel), não constatou consistência nas relações de resultados entre o tempo de residência da água e a emissão de GEEs.

2.2. A Amazônia

“Realmente, a Amazônia é a última página, ainda a escrever-se, do Gênese”

EUCLIDES DA CUNHA

(Escritor, historiador, sociólogo, jornalista, e engenheiro, em “O Inferno verde”, do livro “Um Paraíso Perdido. Ensaios Amazônicos”)

SOUZA (1994) apresentou a Amazônia como uma mescla de superlativos: maior floresta tropical úmida do mundo, com o bioma possivelmente mais rico, e espalhada em torno da mais extensa rede fluvial do planeta, que por sua vez movimentava o maior volume de água doce disponível na Terra, desembocando no Atlântico um caudal médio, da ordem de 109.000 m³/s.

2.2.1. Aspectos Geográficos

Conforme descreveu *id.* (1994), a região está situada no norte da América do Sul, estendendo-se desde o maciço das Guianas até o Planalto Brasileiro, e desde o Atlântico até os Andes, compreendendo a bacia do rio Amazonas e seus mais de 1.000 afluentes, sendo coberta na maior parte por mata fechada tropical úmida, com predominância de clima equatorial, quente e úmido, com baixa variação de

temperatura durante o ano, em torno de 26°C, e altas precipitações pluviométricas que chegam a atingir 2.500 mm ao ano.

De acordo com o autor, sua complexão física é advinda de origem sedimentar, alimentada pela erosão dos últimos contrafortes andinos e dos dois antigos escudos pré-cambrianos (maciço das Guianas e Planalto Central do Brasil) que a definem, ao norte e ao sul; resultando em uma ampla depressão com pequeno caimento para leste, o que explica as numerosas curvas dos rios amazônicos e o caráter inundável da maior parte do território.

Os dados do autor expuseram que a extensão da Amazônia, que ultrapassa 7 milhões de km², se espalha por nove territórios: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. Cerca de 70% de sua cobertura se situa em território brasileiro (Figura 2.10).



Figura 2.10. Foto via satélite, da Amazônia, demarcada pela fronteira do território brasileiro. Obs.: ao norte, pontos de pouca fertilidade com vegetação de transição (Roraima, Colômbia e Venezuela); ao sul, transição para cerrados e pantanais, com desmatamentos causados pela interferência humana. Fonte: NASA (2009).

No Brasil a partir de 1966, Amazônia passou a ser definida por uma área chamada Amazônia Legal. De acordo com SOUZA (1994), a demarcação não ocorreu por aspectos geográficos e sim por conceitos governamentais, com a finalidade de que os estados do Maranhão, Mato Grosso e Tocantins, também passassem a se beneficiar das mesmas políticas públicas desenvolvidas para os estados realmente amazônicos. Com tal concepção, ocupa 5.217.423 km², cerca de 61% da área do país; abrangendo nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão; com uma população estimada em cerca de 12,3% do total de habitantes do país.

Segundo GERAQUE (2009) a bacia hidrográfica teria se originado há cerca de 11 milhões de anos devido à elevação dos Andes, acomodação da planície setentrional da América do Sul e queda do nível do mar. O rio Amazonas nasce na cordilheira dos Andes (lago *Lauri*, no Peru). Ao longo do percurso de 6.868 km (3.165 km em território brasileiro), recebe um total de mais de mil afluentes e torna-se o rio mais caudaloso do mundo, atingindo em seu ponto mais largo, na época seca 11 km de largura, os quais se transformam em 45 km na estação das chuvas. Por fim, lança junto à ilha do Marajó, no oceano Atlântico, volumes que chegam a atingir cerca de 6,3 trilhões de m³/ ano de água (cerca de 16% de toda descarga mundial de água doce no mar), contendo 1,2 bilhão de t / ano de sedimentos. (Figura 2.11).



Figura 2.11. A bacia Amazônica. Obs.: assinaladas as posições, da linha do Equador, e das UHEs Balbina e Tucuruí; adaptado de MT (2009).

SOUZA (1994) apontou que a afluência de água da bacia amazônica advém tanto do hemisfério norte, como do hemisfério sul, ocasionando duas estações de chuva distintas; a área submersa dos cursos varia muito ao longo das estações, em média, de 110.000 km² a até 350.000 km²; mais que triplicando; com a vazão média de 109.000 m³/s, atingindo o ápice de 190.000 m³/s.

A variação dos números apontados explica o vulto da questão da emissão de GEE's, por deplecionamento em UHE's, levantada no Tópico 2.1.3, especialmente para a região amazônica.

Faz-se importante observar, para efeito deste estudo que, enquanto ao norte da bacia amazônica os afluentes correspondem à mesma região natural da bacia ao centro do rio Amazonas, a parte mais ao sul da Amazônia Legal compreendeu a inclusão de uma outra extensa região natural, de características distintas, a dos cerrados do centro do Brasil. Assim, atente-se conforme pode ser observado na Figura 2.11 apresentada, que embora ambas UHEs (Balbina e Tucuruí) estejam inseridas na Amazônia Legal, Balbina provém do rio Uatumã (alimentado pela região ao norte da Amazônia), desaguando no rio Amazonas, próximo a Manaus. Já Tucuruí, provém de outra bacia, a do rio Tocantins (bacia Araguaia-Tocantins, alimentada pela região ao sul da Amazônia, os cerrados do centro do Brasil), com nascente no planalto central (próximo a Brasília) e desaguando direto na desembocadura do rio Amazonas, próximo a Belém e junto à ilha de Marajó. Daí advém que, embora Balbina e Tucuruí pertençam genericamente à mesma região, as bacias hidrográficas que as alimentam possuem características distintas, implicando em que recebam atenção individualizada.

2.2.2. Recursos Naturais

“A preservação da biodiversidade na atualidade pode ser vista como uma batalha, entre a natureza e a humanidade”

JEAN MICHAEL COUSTEAU

(Pesquisador ambientalista)

Aliadas ao imenso potencial disponível para produção de energia elétrica (Tabela 2.4), representado por sua hidrografia, a Amazônia apresenta rica biodiversidade (flora, fauna e ictiofauna), e diversidade de substrato geológico (minerais) e de solo.

Tabela 2.4. Relações entre o potencial disponível e o em operação, da bacia hidrográfica amazônica, frente às demais do país.

Bacia hidrográfica	Operação (MW)	Potência (MW)	O/P (%)
Amazonas	699	104.061	0,7
Tocantins	8.494	27.540	30,8
Atlântico Leste	301	2.992	10,1
São Francisco	10.395	26.641	39,0
Atlântico Sudeste	2.959	14.705	20,1
Paraná	39.467	61.624	64,0
Uruguai	2.981	13.818	21,6
Atlântico Sul	2.604	9.656	27,0
Total	67.901	260.092	26,0

Obs.: valores referentes a 2005 extraídos de ANEEL (2005).

Atente-se por meio da Tabela 2.4; que na relação entre potencial disponível e potência aproveitada, a bacia do rio Amazonas é a primeira maior do país em potencial de exploração, apresentando potência instalada reduzida em relação ao potencial (0,7%), enquanto a bacia do rio Paraná, a segunda maior em potencial, já está sendo explorada em 64% de sua capacidade. As possíveis principais razões têm características associadas a caráter tanto social, como econômico e ambiental, e podem ser representadas pelas extensas distâncias em relação aos grandes centros consumidores, as delicadas condições geoclimáticas da exploração, os debates político-sociais sobre o futuro da região e o atual estágio de ocupação.

A região amazônica é vista como uma das últimas extensões contínuas de florestas tropicais úmidas do planeta. Apesar de ser um dos biomas brasileiros mais estudados nas últimas décadas em termos de seu funcionamento ecológico, os diferentes níveis de sua biodiversidade ainda são pouco conhecidos. SOUZA (1994) estimou que coexistam na Amazônia o maior número de espécies de animais e plantas, tanto em termos de espécies habitando a região como um todo, como habitando um único ponto (endêmicas), do que em qualquer outro bioma do mundo. SOUZA (1994), SANTOS & JEGÚ (1996), MCT, (2001), SALATI, SANTOS e KLABIN, (2006), apresentaram com consenso, que na atualidade, a biodiversidade amazônica enfrenta uma série de impactos destrutivos adversos, que embora de conhecimento público, não têm como ou não conseguem ser controlados a contento

pelos órgãos governamentais responsáveis, podendo ser resumidos os principais em:

- perda e fragmentação de habitats (principalmente por desmatamentos e queimadas associadas);
- introdução de espécies e doenças exóticas (invasoras);
- exploração excessiva de espécies animais e vegetais (comércio predatório e biopirataria);
- ampliação das monoculturas na agroindústria, silvicultura e piscicultura;
- mudanças climáticas globais.

FREITAS (2001) apresentou que a pesca amazônica atrai interessados de diversas partes do mundo, e infelizmente, ainda não existe controle efetivo para avaliar a intensidade e seu impacto sobre os estoques naturais. O autor estimou a média de produção anual de pescado na Amazônia em cerca de 270.000 t, daí teorizando que a pesca movimenta mais de US\$ 200 milhões por ano, afora ainda cerca de US\$ 1,2 milhão por ano, provenientes da comercialização de peixes ornamentais.

MCT (2001) caracterizou a bacia amazônica como a maior reserva natural mundial de floresta, com 280 milhões de ha de floresta tropical úmida (ombrófila densa, classificação representada por mata perene (sempre verde), com árvores de dossel (copa) atingindo 50 m, e altura de 40 m), e um volume estimado em 60 bilhões de m³ em termos de madeira; representando cerca de 30% do estoque mundial de madeira tropical. A heterogeneidade da floresta foi representada por cerca de 200 a 250 espécies florestais / ha.

De acordo com o MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia, a associação dessa alta variedade ao pequeno número de espécies de aproveitamento comercial, faz com que o rendimento seja baixo, sendo observado que 80% da produção são alimentados por menos de 50 espécies. Do total de cerca de 230 a 280 m³/ ha da biomassa florestal da região Amazônica, somente 10% chegam às serrarias, 49% são usados como lenha, e o restante descartado como resíduo florestal.

Cabe assinalar que GOLDEMBERG & VILLANUEVA (2003) apontaram que no Brasil em 2003 cerca de 22% da energia primária dependia de biomassa. Segundo o MME/EPE (2007), em 2007 esse número atingiu 28,5 %. Assim, pode-se entender que na Amazônia, os resíduos madeireiros representam grande potencial de uso

local, não só pela facilidade para geração de energia, mas também pela grande sobra consequente das técnicas ineficientes do desdobro.

SANTOS (2002) descreveu que a Amazônia representa hoje uma das maiores regiões do planeta, com potencialidade ainda em parte desconhecida, para jazidas minerais economicamente exploráveis; e os estudos geológicos já realizados revelaram uma considerável variedade de ambientes geológicos potenciais para depósitos, desde os minerais utilizados industrialmente, aos com aplicações energéticas e aos mais raros e valiosos; muitos já mapeados e em exploração, podendo ser elencados:

- alumínio; calcário; caulim; cobre; cromo; diamante; estanho; ferro; fosfato; gás natural; gemas preciosas e semipreciosas; gesso; linhita; manganês; nióbio; níquel; ouro; paládio; petróleo; platina; prata; rochas decorativas e para revestimento; ródio; sal; silício; tântalo; terras-raras; titânio; tungstênio; urânio; zinco e zircônio.

De acordo com SANTOS (2002) extensos depósitos de bauxita foram descobertos em três áreas distintas: Trombetas, Almeirim e Paragominas-Tiracambú. Eles representam o terceiro maior potencial para obtenção de alumínio no mundo. Duas grandes instalações de beneficiamento foram implantadas, a Alunorte, próximo a Belém, e a Albrás, próximo a São Luis. Cabe ressaltar, para efeito deste estudo, que estes empreendimentos industriais conduzem a maior parte de suas produções ao mercado internacional, na forma de semi-transformados (alumina); e motivaram, para sua energização, a construção da UHE Tucuruí, objeto deste estudo.

A região de Carajás é considerada por SANTOS (2002) uma das mais importantes anomalias metalogenéticas da crosta terrestre, detentora de ricas e variadas jazidas minerais, e representativa de substancial importância socioeconômica (US\$ 1 bilhão / ano). O autor apresentou ainda que estudos realizados pela Petrobrás, nas últimas duas décadas, conduziram à localização de depósitos petrolíferos. As descobertas mais significativas ocorreram na região dos rios Juruá (gás) e Urucu (gás e óleo), na bacia do Amazonas. É citado que especialistas em prospecção acreditam que as possibilidades, principalmente para gás, são bem maiores que as já detectadas baseados nas características geológicas acumulativas de toda bacia amazônica, altamente favoráveis à contenção desses depósitos.

2.2.3. Ocupação Humana

“Não herdamos a terra (referindo-se à Amazônia) de nossos pais; ela vem de muitas gerações, não nos pertence, assim, devemos permitir sua passagem em direção às gerações futuras”

MARINA SILVA

(Ex-ministra do Meio Ambiente)

SHAAN (2009) postulou que os habitantes humanos mais primitivos da Amazônia, seriam oriundos da Ásia, e teriam migrado, como caçadores nômades, via as Américas do Norte, Central, e do Sul, chegando à Amazônia brasileira por volta de 6.500 a.C.

ISA (2007) estimou que, dessa origem, exista atualmente (em 2007) um total de cerca de 300.000 índios nativos, representando cerca de 1,5 % da população da Amazônia Legal. Ainda segundo ISA (2007), esses nativos estão distribuídos em cerca de 170 povos indígenas, os quais vivem em 387 TIs – Terras Indígenas (identificadas pela FUNAI – Fundação Nacional do Índio, até o ano de 2007), ocupando uma área total de 1.077.210 km², equivalentes a cerca de 21% da Amazônia Legal. A densidade nativa resultante é de 0,0575 índio /km² amazônico (em 2007), embora a esse dado necessitem ser computados outros 46 grupos já identificados, até 2007, pela FUNAI, porém ainda sem contato oficial com a sociedade.

A revisão da literatura apontou que os povos indígenas amazonenses, em sua maioria, vivem em harmonia com o ecossistema amazônico, deste também dependendo e alcançando a sobrevivência.

Coelho (2009) apresentou que, desde o final do século XIX, passaram a ocorrer seguidas levadas de migração humana oriunda de diferentes regiões do país, notadamente do nordeste, que atraídos por obtenção de riquezas e posse de terra, ocasionaram a partir das últimas três décadas, um explosivo crescimento populacional, o que levou a ocupação do território a impactar exasperadamente sobre os aspectos socioambientais. Expôs o autor que, na atualidade, uma característica marcante, que pode ser apontada nos processos de ocupação da Amazônia, é o fato de serem orientados de fora para dentro, com objetivo de resolução de problemas que não são os da realidade da região, mormente o abastecimento de mercados externos à área, e a absorção de migrantes atraídos

por consequência de distorções socioeconômicas de suas regiões de origem, tanto no Brasil, como nos países vizinhos que partilham a Amazônia.

Como resultante, tem-se atualmente uma literal batalha entre as atividades da natureza e as antropológicas, sendo que, nas últimas três décadas, segundo SANTOS (2002), a população cresceu cerca de cinco vezes, sem que houvesse aplicação de um projeto alinhando aptidões e limitações convenientemente direcionadas ao desenvolvimento sustentado, seja por parte do Brasil, ou também dos demais países que compõem a Amazônia como um todo.

No Brasil, as ações dos órgãos governamentais responsáveis pela Amazônia Legal foram insuficientes frente às alarmantes proporções de problemas socioambientais que estão sendo acumuladas, de acordo com SANTOS (2002), alicerçado com dados de PEIXOTO (2009).

Em 2009, o Programa Terra Legal, instituído pela MP – Medida Provisória - 458, concedeu legalização à posse irregular de 67.000 km² (67,4 milhões de ha) de terras públicas da união, irregularmente ocupadas por cerca de 1,2 milhões de pessoas (estimativa do governo federal), assentadas em 95,5 % de unidades com até 400 ha.

Acerca do futuro da região, SANTOS (2002) efetuou posicionamento que vai de encontro a tudo que se pesquisou sobre a Amazônia. Segundo ele cabe entender que ela necessita ser mais bem conhecida em toda sua complexidade, posto ser composta por um gigantesco sistema único, incapaz de sobreviver sem equilíbrio de interação de cada uma das suas partes; esforços e investimentos terão ainda que ser feitos para o afinamento de uma competência científico-tecnológica voltada a atingir a realidade de seus recursos, o aproveitamento de suas riquezas com responsabilidade e, sobretudo, a valorização da qualidade de vida, com consenso sobre as limitações da participação humana na região.

COELHO (2009) complementa que é preciso cuidar para que o desmatamento e a degradação sejam contidos, por ação conjunta que envolva governo e sociedade; pensando nas populações que habitam a Amazônia, via empregos “verdes”, com atividades de manejo que possam ganhar escala econômica ao mesmo tempo em que contenham a destruição.

2.3. A Avaliação Ambiental de Hidroelétricas

Em ELETROBRAS. DEA (2000) foi apresentado que o Setor Elétrico Brasileiro tem desenvolvido esforços para incorporar os aspectos ambientais como variável de decisão, considerando desde as etapas iniciais do processo de planejamento de seus empreendimentos. Essa busca é reconhecida pelo órgão como característica de deficiência, e tem representado o objetivo de diversos estudos, tanto por parte deste como de outros órgãos, e principalmente por parte do meio científico.

A questão central parece estar ligada ao fato de que a exploração de alternativas para novos projetos hidroelétricos, ou para modificar os existentes, exige elevado investimento de capital e possivelmente por este principal motivo, a tomada de decisão tem prosseguido calcada em análises de viabilidade econômico-financeira, apoiadas em tripé baseado em escopo, recursos e tempo, sendo as externalidades ambientais, provocadas pela geração hidroelétrica, avaliadas restritivamente de forma qualitativa, conforme foi apresentado no Tópico 2.1.2, quanto ao licenciamento ambiental. É cabível concluir como causa, o desconhecimento de métodos para inserir nos projetos, a valoração econômica dos impactos ambientais provocados.

Exemplificação incontestável é a constatação de que o *PMBOK Guide - Project Management Body of Knowledge* (PMI, 2009), obra intitulada pelo *PMI - Project Management Institute*, como guia reunindo o conjunto de conhecimentos necessários ao gerenciamento de projetos (norma americana ANSI / PMI 99-01-2004), padrão de maior referência na atualidade, na área de gerenciamento de projetos, tanto no Brasil como ao nível global, aborda, mesmo em sua última edição (2009), a gestão de nove diferentes áreas de conhecimento desdobradas em 44 processos sem, contudo, ater-se de forma particular ao aspecto socioambiental.

2.3.1. Limitação dos Métodos Tradicionais de Avaliação

BARRELLA *et. al* (2005) apresentaram que a análise econômico-financeira tradicional, para a adoção de estratégias no desenvolvimento de produtos e processos, vem sendo utilizada na área ambiental, com a sustentação de ser necessário identificar os custos e benefícios provenientes dos investimentos voltados à redução dos impactos causados. Contudo, consideram os autores o uso da análise econômico-financeira tradicional como critério para tomadas de decisão

de caráter ambiental, apesar de geralmente aceito, não é capaz de quantificar benefícios e perdas intangíveis.

Em MOTA & BURSZTYN (2007), foi encontrada a explicação de que a contribuição da teoria econômico-financeira tradicional é limitada, por considerar a biodiversidade apenas como supridora de matéria-prima para as atividades econômicas e antrópicas. Para os autores, a avaliação montada por esse prisma, aplica uma ótica monodisciplinar, uma vez que considera a satisfação humana como função dos insumos da natureza e das demandas dos consumidores. Os autores complementam que outros princípios têm sido utilizados, tais como o Biocentrismo, o qual atribui importância a todos os seres vivos, no Enfoque Sistêmico, o qual permite o entendimento de como as espécies se interagem com os seres humanos e na Contribuição Seminal, na qual a medida de valor é mais bem entendida se avaliada pela ótica da utilidade marginal e do excedente do consumidor. Por estas óticas monodisciplinares, a avaliação é útil como subsídio à estimação das externalidades, mas mesmo assim, segundo os autores, com estes métodos persistem limitações da contribuição quanto à valoração ambiental.

MARTINS, BELLO e OLIVEIRA (2005) descreveram que, no sentido de se dispor a colaborar para a preservação do meio ambiente, a contabilidade tem se relacionado com a economia ambiental e atuado no âmbito socioambiental procurando demonstrar a relação entre o crescimento da economia e a exploração dos recursos naturais, por meio de mensurar a situação econômico-financeira de um sistema, com relação aos impactos e benefícios socioambientais causados. Em SANTOS *et. al* (2001), foi exposto que a Contabilidade Ambiental representa uma ferramenta para apuração e diagnóstico; contudo, ponto comum em conclusões de diferentes trabalhos, diz respeito às limitações enfrentadas pela contabilidade ambiental, onde BERGAMINI JR. (1999), citado por série de autores, apontou que a contabilidade ambiental apresenta restrições e é pouco utilizada devido principalmente à dificuldade da implementação por questões de ordem metodológica e à obscuridade das informações geradas.

2.3.2. Contabilidade em Emergia

Em AMAZONAS (2001), e em SINISGALLI (2005), foi exposto que valorar socioambientalmente vem a ser a conectar a economia com a ecologia, definindo os

parâmetros necessários, ou os indicadores mais adequados para o desenvolvimento sustentável, principalmente no tocante ao conceito de capital natural.

Há de se ater ao fato de que o resultado econômico mede o trabalho humano e os insumos agregados, sem considerar a contribuição da natureza em sua formação, nem as externalidades negativas no sistema, nem as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e arcadas pela sociedade.

Nesse sentido, a metodologia de ODUM (1996), contabilidade em emergia, se propõe a medir todas as variáveis (moeda, matéria, energia, informação), reunindo-as em termos equivalentes (mesma base de unidade), sob a forma de *embody energy* (energia acumulada = emergia). A contabilidade em emergia pode auxiliar na gestão do meio ambiente, por reunir a tradução dos resultados referentes aos aspectos, tanto sociais, como ambientais, e também econômicos, tripé no qual se fundamenta o conceito da sustentabilidade.

ODUM (1996) apresentou que a avaliação ambiental com base na análise em emergia leva em conta a taxa de exploração de reservas naturais, o uso eficiente dessas reservas e a capacidade de suporte do meio ambiente.

Considerando a emergia como sendo a memória da energia ou a energia total incorporada em um produto ou serviço da análise em emergia resultam indicadores que refletem tanto a contribuição do sistema econômico como a do meio ambiente (BROWN & ULGIATI, 2002).

Utilizam-se estes indicadores para avaliar as relações entre componentes do sistema produtivo e reservas utilizadas para obtenção de produtos ou serviços; em função da fração de insumos renováveis e não renováveis, e considerando tanto insumos disponíveis localmente, como outros importados de fora do sistema. Dessa forma obtêm-se ainda informações sobre a capacidade de carga do sistema, sua eficiência termodinâmica, fluxos de entrada e saída, e interação entre o sistema e o meio em que está inserido (BARRELLA, ALMEIDA & GIANETTI, 2005).

A revisão da literatura levantou uma série de estudos desenvolvidos sobre UHEs, por meio da contabilidade em emergia. Eles são sumarizados a seguir.

BROWN (1986) realizou estudo baseado em emergia, na Amazônia, acerca da construção e operação da UHE Tucuruí, visando melhor entender as contribuições e características de barragens hidroelétricas em áreas tropicais de baixo relevo. O

estudo emprestou concepções negativas acerca do impacto ambiental em áreas geograficamente pouco exploradas, concluindo por altos custos ambientais associados à geração hidroelétrica em casos assim, sugerindo que a inundação de extensas áreas de floresta poderia não representar o seu melhor uso, não ser competitiva ao longo do tempo, e haver possibilidade de rendimento negativo. Os resultados foram relevantes, mas estão desatualizados posto que a usina passou por ampliação que praticamente dobrou sua capacidade produtiva, o que veio a alterar as relações de análise entre os custos ocorridos e os ganhos obtidos.

BROWN & McCLANAHAN (1996) explanaram o método da contabilidade em energia por meio do estudo da relação entre a economia da Tailândia e de duas barragens hidroelétricas propostas para esse país. Na avaliação do esforço da natureza para mitigação da emissão de poluentes, os autores apresentaram método medindo a energia cinética contida na ação do vento, utilizada para diluição. O trabalho permitiu a obtenção de resultados que demonstraram favorável relação de rendimento energético obtido das usinas, frente à obtenção via opção por queima de combustíveis fósseis, concluindo por contribuição positiva, da proposta, para a economia do país.

BROWN & ULGIATI (2002) avaliaram seis sistemas de produção de eletricidade na Itália (usinas, hidroelétrica, geotérmica, e eólica; e térmicas a gás natural, óleo combustível, e carvão). O estudo valorou e comparou o rendimento de cada sistema, concluindo que as maiores cargas ambientais estavam associadas às usinas térmicas (combustíveis fósseis) e que os melhores índices de sustentabilidade por energia estavam originados das usinas com fontes energéticas renováveis (eólica, geotérmica e hidroelétrica).

KANG & PARK (2002) utilizaram o conceito de energia para avaliar a relação entre a economia da Coreia e as contribuições de uma proposta represa multiuso, visando tanto à geração de eletricidade como regulação do ciclo hidrológico. Os resultados demonstraram que a associação dos benefícios da regularidade no abastecimento de água, a redução de enchentes, e a geração de energia elétrica seriam significativas contribuições para a economia do país.

ULGIATI & BROWN (2002) avaliaram o esforço do meio ambiente necessário à diluição e mitigação de emissões ambientais térmicas e químicas oriundas de seis processos de produção de eletricidade (usinas geotérmicas; térmicas a óleo

combustível, carvão e biogás; hidroelétricas; e eólicas). Foram sugeridas três estratégias para lidar com os indesejados efeitos das emissões (escala de espaço-tempo, necessária à diluição; investimento de recursos para diminuição dos efeitos, ou aceleração da reciclagem do descarte; área necessária para absorção, diluição e processamento do descarte). Como consequência da inclusão dos esforços ambientais na avaliação dos processos, foi constatada redução da sustentabilidade em energia nos processos investigados.

SINISGALLI (2005) estudou a determinação de valores para os danos ambientais de hidroelétricas sob dois pontos de vista, a economia ambiental e a contabilidade em energia. Os resultados mostraram a importância da valoração dos danos ambientais decorrentes da implantação e operação de UHEs. De forma geral foi possível concluir que os maiores danos ambientais estão associados a regiões com floresta natural ainda preservada, com destaque para a floresta amazônica. Outro ponto importante obtido foi a inexistência, necessariamente, de relação direta entre o vulto dos danos ambientais induzidos e o porte de uma usina, seja ela uma PCH ou uma grande UHE.

TILLEY & COMAR (2006) realizaram estudo sobre a capacidade de geração elétrica do Brasil, utilizando software (*Brazelectrix*) por eles desenvolvido com utilização da conceituação de energia. Os resultados dos modelos de simulação inseridos apresentaram que o Brasil poderia, favorecido pela hidroeletricidade, obter sustentabilidade energética de longo prazo, elevar o seu padrão de vida e atingir níveis de utilização *per capita* similares aos dos EUA.

WITTMANN & BONILLA (2008) estudaram, via contabilidade em energia, os impactos ambientais mais relevantes causados pela UHE Balbina na Amazônia. Houve sinais aparentes, mas sobraram dúvidas, quanto ao benéfico papel socioeconômico. O mais representativo dano ambiental apresentado, sem estender-se ao esforço da natureza na mitigação, foi o representado pela emissão de GEEs.

WITTMANN *et. al* (2008) realizaram uma releitura do trabalho de BROWN (1986), sobre a UHE Tucuruí na Amazônia, inserindo uma série de novos dados relativos à segunda fase da construção da usina, a qual praticamente duplicou sua capacidade e que ocorreu após o estudo original. O estudo concluiu pela importância da geração hidroelétrica para o país, validando a hidroelétrica Tucuruí e atentando ao fator mais importante a considerar: a forma como esta e outras UHEs são implantadas.

3. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS EM ESTUDO

Este capítulo descreve os materiais em estudo, no caso, os sistemas representados pelas UHEs Balbina e Tucuruí. Aqui, informações levantadas na Revisão da Literatura (Tópico 2), são complementadas e detalhadas, analítica e quantitativamente, de forma a poderem vir compor os Resultados e Discussão (Tópico 5).

3.1. A UHE Balbina

É apontada por ambientalistas e pela classe científica, como possivelmente o pior exemplo, no Brasil, em termos de resultados ambientais. A pior usina brasileira, na avaliação de Luiz Pinguelli Rosa, professor da Coppe/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LOURENÇO, 2007).

3.1.1. Localização

A UHE Balbina está localizada no rio Uatumã, distrito de Balbina, município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas, região norte do Brasil (coordenadas: latitude 02° 02' 04" sul; longitude 60° 01' 30" oeste), dentro da Amazônia Legal. Está distanciada cerca de 155 km ao norte da capital do estado do Amazonas, Manaus, em zona de mata tropical. (FEARNSIDE, 1990) (Figura 3.1).



Figura 3.1. Localização da UHE Balbina. Obs.: extraído de: à esquerda: FEITOSA, GRAÇA E FEARNSIDE (2007); à direita: Google imagens livres.

O Uatumã foi escolhido para sediar a barragem de Balbina, hidroelétrica que iria garantir energia elétrica para a cidade de Manaus, em virtude desta se encontrar em dependência de geração térmica e estar situada no centro de uma planície sem muitas opções com boas condições de se construir barragens. O rio Uatumã foi eleito, muito mais por ficar perto da cidade de Manaus, do que por suas condições morfológicas garantidoras de uma boa represa (FEARNSIDE, 1990). Os resultados finais da escolha não foram satisfatórios. Em somatória à variação da capacidade geradora, dada a sazonalidade de vazão de água nos períodos de chuva / estiagem, inerentes à bacia hidrográfica (médias de 30 a 1.730 m³, segundo SANTOS & JEGU (1996), houve também um crescimento, acima do projetado, da cidade de Manaus. Na atualidade a usina garante menos de 50% do consumo de energia elétrica da cidade (FEARNSIDE, 1990).

O município de Presidente Figueiredo está situado a 107 km de Manaus. A esta é ligado por rodovia, que a liga também com Boa Vista, capital de Roraima, e de lá com a Venezuela.

Presidente Figueiredo apresentou melhoria no IDH - Índice de Desenvolvimento Humano, do início da década de 1990 (0,692 em 1991), época do início de atividade da usina (1989), até o ano 2000 (0,741), em percentual acima da média do país no mesmo período (0,696 para 0,699). A população saltou de cerca de 7.000 pessoas em 1991, para 17.394 no ano 2000, sendo estimada em cerca de 25.000 habitantes na atualidade. (IBGE, 2009).

A região vem se despontando para o turismo ecológico em razão da exuberância de seus recursos naturais, como selva bem preservada, águas abundantes, cavernas, cachoeiras (mais de cem) e corredeiras, havendo razoável estrutura turística em desenvolvimento (FEARNSIDE, 1990).

Não é conclusivo afirmar se a melhoria no IDH é consequência direta da usina, ou do próprio desenvolvimento regional. Mais admissível é avaliar que esteja associada a ambas, tendo dependido da infraestrutura propiciada pelo acesso à eletrificação.

O local onde está inserido o lago de Balbina é formado por mata tropical. A classificação apresentada pelo MMA (2009) é de floresta ombrófila densa (já definida no Tópico 2.2.3 (Recursos Naturais)), típica da região amazônica. Para o MCT (2001), a biomassa florestal da Amazônia é representada por cerca de 230 a

280 m³ / ha, número coerente com o de BROWN (1986) em seu estudo sobre Tucuruí. (261,5 m³ / ha). Dados utilizados por FEARNSIDE (2001) e por BERMAN (2003), citando estudo do INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, estimam em 51.700 t / km². Considera-se coerente utilizar este valor de 51.700 t / km² para ambas as usinas, posto que os locais de ambos os lagos pertencem à mesma região genérica e recebem idêntica classificação florestal.

Em relação às condições climáticas da localização de Balbina, o valor médio de incidência de radiação solar é da ordem de 425 cal / cm² ao dia; das quais 50 % de calor latente referente ao processo de produção de vapor de água, através da evapotranspiração das florestas e da evaporação das superfícies abertas de água e 50 % de calor sensível referente ao aquecimento do ar, sendo que com a continuidade do desmatamento deverá ser maior a quantidade de energia utilizada para o aquecimento do ar (SALATI, SANTOS e KLABIN, 2006)

As queimadas associadas ao desmatamento podem provocar impactos hidrocilmáticos. Por um lado pela alteração do balanço hídrico, através dos NCN's - núcleos de condensação de nuvens. Por outro lado, pelas fortes alterações na estrutura das nuvens, representados pela acumulação de partículas de fuligem, as quais absorvem radiação, efeito chamado *black carbon*, mais verificado durante a estação seca. O *black carbon*, dentro da gota líquida, altera a interação da gota com a radiação solar, aquecendo-a fortemente, favorecendo sua evaporação antes de precipitarem, e com isso intensificando a supressão da precipitação. Esse fenômeno é particularmente incidente na Amazônia, com seu clima tropical úmido, verificando-se altas concentrações, da ordem de 5 a 40 µg m³, durante a estação seca (SALATI, SANTOS e KLABIN, 2006).

Preocupados com as interações climáticas da região frente aos desmatamentos e as alterações no uso da terra, experimentos tendenciam para as próximas décadas (*id.* 2006):

- redução de 6 a 20 % na precipitação regional, com aumento da ordem de 10 a 15% no outono e diminuição no verão;
- aumento de 2,4° C na temperatura das áreas desmatadas;
- maior probabilidade da ocorrência de incêndios florestais;
- incerteza com respeito aos efeitos das MCGs – Mudanças Climáticas Globais;
- aumento da temperatura em outras regiões (centro-oeste e sudeste).

3.1.2. Principais Características da Bacia do Rio Uatumã

O rio Uatumã é afluente da margem setentrional do rio Amazonas, localizando-se entre os paralelos 1º e 3º Sul e os meridianos 58º e 61º oeste, entre os estados do Amazonas e Roraima, desaguando no rio Amazonas, entre a foz do rio Negro e a do rio Trombetas, nas proximidades de Manaus (FEARNSIDE, 1990) (Figura 3.4).



Figura 3.4. Bacia do rio Uatumã. Obs.: à esquerda detalhe da localização, onde podem ser vistas as posições da UHE Balbina e da cidade de Manaus; extraído de CEPA-IFUSP (2009); à direita paisagem de trecho da margem esquerda do rio; extraído de Google Imagens Livres.

A bacia do rio Uatumã tem origem em nascentes na divisa entre os estados do Amazonas e de Roraima, nas encostas do maciço das Guianas, sendo os rios Jatapú e Pitinga seus principais afluentes. O curso percorre uma região dominada por floresta tropical densa e formada por numerosos igarapés. Acompanha a direção geral norte-sul que caracteriza a drenagem dos afluentes da margem norte do Amazonas, estando inserido em duas unidades morfoestruturais distintas: o Escudo das Guianas, onde se situam o alto e o médio cursos, e a Planície Amazônica, nos cursos inferiores. Drena uma área de 70.600 km² (SANTOS & JEGU, 1996)

O perfil geográfico é de baixa declividade na maior parte da extensão, exceto nas zonas de corredeiras, havendo existência, na região do município Presidente Figueiredo, de mais de uma centena delas. São as mais importantes, Morena e Balbina, tendo sido nesta última, instalada a usina, com reservatório que alagou a enorme área de 2.360 km² (FEITOSA, GRAÇA E FEARNSIDE, 2007).

Acima da represa, as áreas inundadas pelas enchentes são estreitas, sendo fortemente influenciadas pelas chuvas locais. A jusante da barragem, o rio é largo, com margens baixas e bastante influenciadas pelo regime do rio Amazonas, que o represa na época da cheia, formando vários lagos marginais e extensas áreas de igapós.

O regime hidrológico natural do Uatumã segue o mesmo padrão dos demais rios da Amazônia central, com um período de águas mais altas entre maio e junho e outro de águas mais baixas, de outubro a novembro. A vazão apresenta médias mensais de 30 a 1.730 m³/s. (SANTOS & JEGU, 1996).

Com relação ao ciclo hidrológico, segundo estudo de SALATI, SANTOS e KLABIN (2006), os vapores primários de água provêm do Oceano Atlântico, penetrando na região amazônica via ventos alísios (vindos do quadrante leste, decorrentes do deslocamento na zona de convergência intertropical); com cerca de 60 % das chuvas provenientes da condensação desse vapor voltando à atmosfera por evapotranspiração dos sistemas florestais, e parte escoando pela calha da bacia hidrográfica. O estudo aponta uma forte recirculação do vapor de água decorrente da cobertura vegetal e da geomorfologia, sendo a água da precipitação uma mistura do vapor primário proveniente do oceano com o vapor secundário produzido pela evapotranspiração dos sistemas florestais e também pela evaporação direta das superfícies abertas de água. Cerca de 50% da precipitação da região seria decorrente desta recirculação do vapor de água; com parte do vapor total se deslocando para a região centro-sul do continente. Os autores alertam que em decorrência da forte interação entre a atmosfera e os sistemas florestais amazônicos, a interferência humana via desmatamento poderá acabar por alterar os componentes do balanço hídrico, diminuindo a produção do vapor de água por evapotranspiração e aumentando em uma primeira fase a vazão dos rios, pelo aumento do escoamento superficial nas áreas desmatadas; o que implica, ao longo do tempo, em uma diminuição dos recursos hídricos disponibilizados na região, bem como diminuição da oferta de vapor atmosférico de água para outras regiões, variações essas, que segundo os autores, comparando dados da década de 1950 a 60, com dados da década de 1980 a 90, já estariam ocorrendo (Figura 3.5).

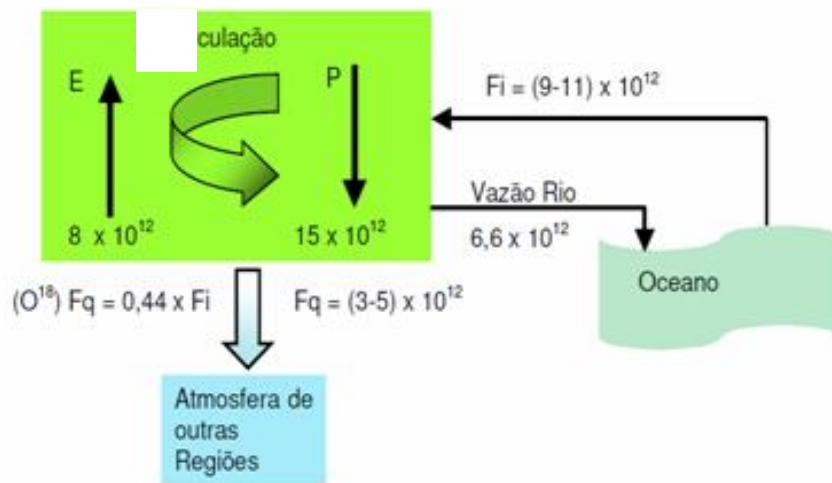


Figura 3.5. Balanço hídrico dos rios da bacia amazônica. Obs.: dados em m^3 / ano; extraído de SALATI, SANTOS e KLABIN (2006).

Segundo o Ministério dos Transportes (MT, 2009), o trecho entre o Amazonas e a UHE é navegável, em 295km, com boas profundidades, superiores a 2,10m, no período de águas médias e altas (fevereiro a agosto).

O rio Uatumã é considerado como de águas escuras. De acordo com SANTOS & JEGU (1996), as águas são típicas dos rios amazônicos de terra firme, com temperaturas da ordem de 23 a 30° C, pH 3,5 a 6, condutividade 10 a 50 $\mu\text{Ohm} / \text{cm}$, O_2 dissolvido 1,5 a 7 mg / l, transparência 0,4 a 1,5 m, material particulado em suspensão 0,002 a 15 mg / l, e cálcio (Ca) em quantidades de até 0,7 mg / l.

3.1.3. Construção e Operação

A UHE Balbina teve início de construção em 1986 e término em 1989. É importante ressaltar que esse período é anterior à inserção no país, da Política Nacional do Meio Ambiente (em 1991), e das conseqüentes exigências advindas quanto ao licenciamento ambiental, a partir do decorrer da década de 1990. (conforme levantado na revisão da literatura no Tópico 2.1.2 (Relações com o meio ambiente)).

O início da formação do lago se deu a partir de 1987, vindo a formar cerca de 3.300 ilhas, principalmente devido ao relevo altamente plano e com entalhamentos pouco pronunciados. Resultou em margens dendríticas, em função do relevo, e em grande quantidade de “paliteiros” (árvores afogadas), em função de somente cerca de 8 a

10% da mata nativa ter sido previamente retirada. Sua cota nominal de altura se estabilizou no nível de 122 m, com área alagada de 2.360 km² (FEARNSIDE, 1990).

Com relação aos materiais utilizados na construção da barragem, por insuficiência de dados disponíveis, dados originalmente apresentados por WCD (2000), foram complementados via relações percentuais a partir da barragem da UHE Tucuruí, por WITTMANN & BONILLA (2008), vindo a indicar o consumo de 45,9 mil t de aço estrutural, 416 mil m³ de concreto, 26,7 milhões de l de combustível, e a movimentação de 9,94 milhões de m³ de solo.

Especificamente no vertedouro da usina, a vazão média observada é de 480 m³ / s, com queda vertical de 23,85 m (CBDB, 2008). (Figura 3.6)



Figura 3.6. Vista aérea da barragem de Balbina. Obs.: extraído de MT (2009).

A usina foi inaugurada em 1989, com custo estimado em US\$ 1,0 Bilhão. Possui 250 MW de capacidade geradora de eletricidade. É criticada por seu baixo rendimento, alto custo, e ter causado grande prejuízo ambiental (FEARNSIDE, 1990).

A UHE Balbina é citada como um erro histórico pela classe científica, devido à baixa geração em relação à área alagada (0,1 MW/km²), e pelas consequências disso. É apontada como problemática também no que diz respeito à emissão de GEEs (3,0 t CO₂ equivalente/ MWh), considerados causadores do aquecimento global. As liberações de CO₂ e CH₄ são estimadas como superiores à de uma usina térmica de mesmo potencial energético (LOURENÇO, 2008). Nas críticas, há insuficiência e divergência de dados e critérios quanto às emissões, assim, essa questão é tratada a seguir.

3.1.4. Principais Relações Físicas e Antropológicas Associadas

As emissões de GEEs de uma UHE não são lineares ao longo do tempo, não podendo ser representadas pelo valor originado de uma única medição instantânea, seja ela oriunda de quando do alagamento ou de data posterior, tendo em vista originarem-se as emissões, de duas causas distintas, alagamento e deplecionamento, estes calcados por três motivos principais, a grandeza da área do reservatório, o não-desmatamento da área antes do alagamento, e a característica hidroclimática da região, que no caso da amazônica, tanto apresenta elevada variação de vazão, com conseqüente variação de nível, como cria extratos de diferentes temperaturas na água, com diferentes concentrações de gases na coluna de água. (Conforme levantado na revisão da literatura, no Tópico 2.1.3 (Emissão de Gases Causadores do Efeito Estufa)).

Assim, entende-se que levantamentos iniciais existentes apontando Balbina como um desastre ecológico, não podem ser considerados como valores característicos definitivos. Desta forma, por falta de dados ideais levantados, uma avaliação desenvolvida por BERMAN (2003), para o caso da UHE Tucuruí considerando média para 100 anos, é aqui extrapolada para a UHE Balbina.

A extrapolação de cálculo é apresentada na Tabela 3.1; tendo conduzido a resultado estimando em 2,83 E6 t/ano, a emissões médias de GEEs do lago da UHE Balbina.

Tabela 3.1. Extrapolação de dados para cálculo de avaliação das emissões de GEE's da UHE Balbina.

Item	UHE Balbina	UHE Tucuruí	Unidade
Área alagada	2.360	2.785	km ²
Biomassa por km ²	51.700	51.700	t / km ²
Biomassa total resultante	122.012.000	143.984.500	t
Parcela da mata previamente retirada	10	8	%
Biomassa resultante alagada	112.251.040	129.586.050	t
Relação verificada entre as biomassas	0,866228	1	-
Emissão conhecida	-	3.270.000	t / ano
Emissão resultante da relação	2.832.565	-	t / ano

Obs.: elaboração a partir de dados de BERMAN, 2003; FEARNSSIDE, 2001; FEITOSA, GRAÇA e FEARNSSIDE, 2007.

Com respeito à população local, afóra os núcleos populacionais das comunidades de Balbina, Presidente Figueiredo, São Sebastião do Uatumã e Urucarã, a região do entorno do sistema hidrográfico é constituída pela existência de uma série de aldeamentos de origem indígena nativa. Estes aldeamentos nativos são representados por (valores oficiais do MME; ISA, 2007):

- A montante da barragem:
 - Terra Indígena Waimiri Altoari (2.585.910 ha; 1.015 habitantes em 2005)
 - Terra Indígena Trombetas / Mapuera (3.970.420 ha; 500 habitantes em 2006)
- Na região da barragem:
 - Reserva Biológica do Uatumã (sem dados disponíveis)
 - Terra Indígena Nhamumbá – Mapuera (1.049.520 ha; 2.218 habitantes em 2002)
 - Área de Proteção Ambiental Caverna do Moroaga (sem dados disponíveis)
- A jusante da barragem
 - Floresta Estadual do Rio Urubu (27.354 ha; 374 habitantes em 1998)
 - Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (sem dados disponíveis)

A Figura 3.7 apresenta os aldeamentos nativos mencionados.

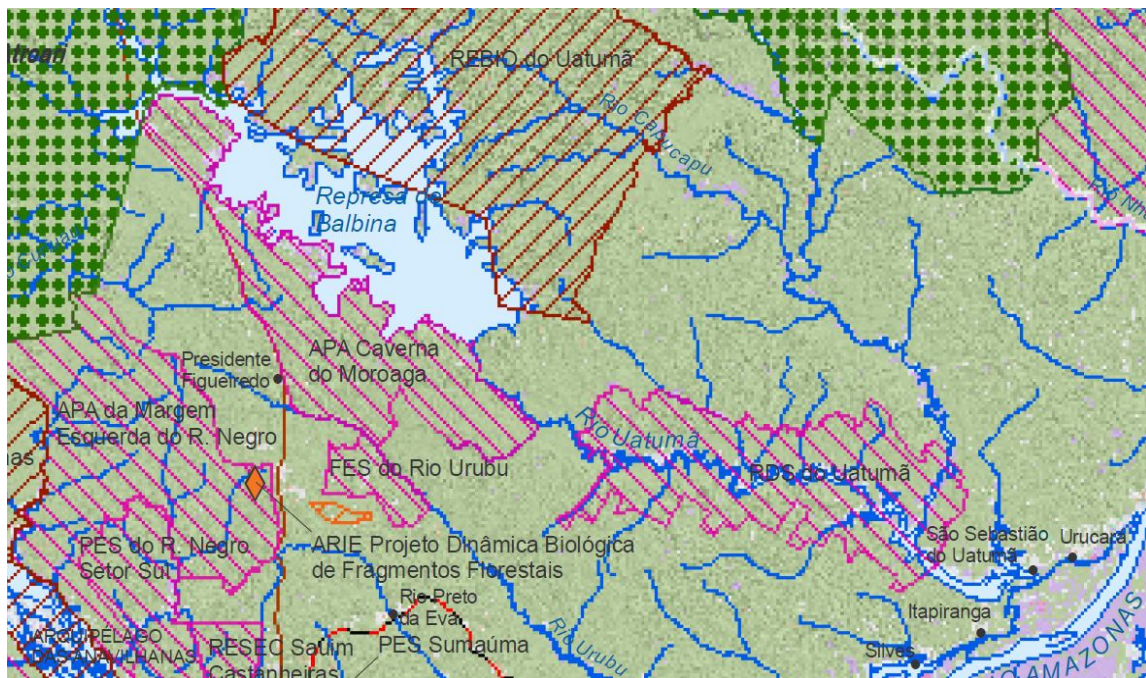


Figura 3.7. Aldeamentos nativos na região de entorno da barragem de Balbina. Obs.: extraído de ISA (2007).

Em princípio, os dados acima indicam por estimativa matemática a possibilidade de que um número, da ordem de 127 nativos, poderia ser considerado como deslocado de seu habitat original, por consequência do alagamento da usina. É de se avaliar, entretanto, que esse valor deva representar um dado muito abaixo do real:

1) primeiro porque é conhecido que os índios Waimiri Altroari, habitantes originais do local do lago, sofreram despovoação por mortandade por contato físico com a civilização, em proporções não suficientemente conhecidas;

2) segundo porque os deslocamentos são acrescidos por somatória de outros fatores, como por exemplo, a interferência na caça e na pesca de subsistência;

3) terceiro porque oficialmente a Eletronorte pagou indenizações a famílias proprietárias de terras, devendo estes indivíduos ser somados aos índios.

Ao encontro a esse raciocínio existem números apresentados por FEARNSIDE (1990), que apontam o deslocamento de:

- 107 índios Waimiri Altroari, diretamente deslocados, pertencentes a duas aldeias alagadas (Taquari, 72 e Tapupunú, 35);
- número não apurado de índios, indiretamente deslocados, em consequência da alteração antrópica do ecossistema;
- 250 pessoas, diretamente deslocadas, componentes de 65 propriedades e posses reconhecidas pela ELETROBRÁS, em 1986, na região passível de alagamento;
- total de cerca de 1.000 pessoas, como ordem de grandeza do número de indivíduos afetados.

Assim sendo, com base no exposto, considera-se, para efeito deste estudo, a estimativa de 1.000 pessoas, de *id.* (1990), como número de indivíduos, por forma direta mais indireta, afetados pela implantação da UHE Balbina.

Com relação à atividade pesqueira advinda da implantação do lago de Balbina, estima-se o número de famílias vivendo a partir da atividade profissional da pesca, em cerca de 100 a 160, mais algumas dezenas não profissionalizadas (SANTOS & JEGU, 1996). Daí é de se acreditar que esse número possa ser avaliado em cerca de 200 famílias, para os dias atuais, diretamente dependentes da atividade da pesca. O obstáculo intransponível representado pela barragem, ao processo de desova, e migração ascendente dos peixes (22 diferentes espécies inventariadas),

tanto é comprometedor às populações humanas, a montante, restritas a um pequeno segmento do rio, como também, pelo fato das sub-bacias amazônicas possuírem uma ictiofauna própria (endemismo), é causador de extinção local de espécies (SANTOS & JEGU, 1996).

Estima-se a produtividade, via piscicultura, do lago formado pela UHE Balbina, em valor médio da ordem de 500 t por ano, com predominância da espécie tucunaré (*cichla spp*) (SANTOS & OLIVEIRA Jr., 1999). Por meio da utilização da relação calórica de 1,04 kcal por kg, correspondente à espécie predominante (CENTE-UFV, 2009), obtém-se a quantidade de 520 mil kcal por ano, como estimativa energética da produção pesqueira obtida do alagamento originado pela UHE Balbina.

3.2. A UHE Tucuruí

A UHE Tucuruí é citada pela ELETRONORTE (2008) como exemplo de orgulho em matéria de empreendimento hidroelétrico bem sucedido.

3.2.1. Localização

A usina está implantada no rio Tocantins, município de Tucuruí, no estado do Pará, região norte do Brasil, dentro da Amazônia Legal. (coordenadas; latitude 03° 45' 58" sul; longitude 49° 40' 21" oeste). Está distante 400 km da cidade de Belém, capital do estado do Pará, em zona de mata tropical. (Figura 3.8).

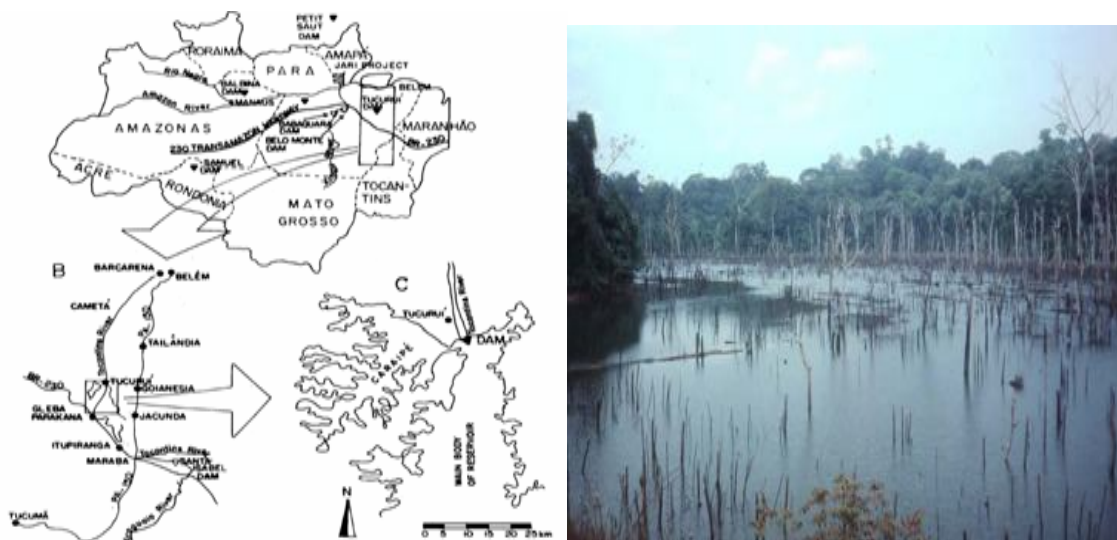


Figura 3.8. Localização da UHE Tucuruí. Obs.: à esquerda, mapeamento; à direita, vista de vegetação em decomposição. Obs.: extraído de: FEARNSTIDE (2001).

O município de Tucuruí apresenta população atual (em 2007) estimada em cerca de 87.600 habitantes (IBGE 2009). Socialmente, a densidade demográfica do município passou de cerca de 29.000 habitantes em 1980 (época anterior à construção da usina), para 81.372 no ano 2000, com IDH evoluindo de 0,677 em 1980 para 0,755 em 2000 (MC, 2008).

Assim como no caso de Balbina, não é concreto concluir que o desenvolvimento tenha sido originado exclusivamente da usina. A região é referência no escoamento hidroviário da produção agropastoril do centro oeste brasileiro em direção ao porto de Belém, de forma que faz mais sentido avaliar que as causas sejam conjuntas, em função do fortalecimento da infraestrutura e consequente acesso à eletrificação propiciado.

A região é formada por mata tropical (ombrófila densa). Para o MCT (2001), a biomassa florestal da região amazônica está na ordem de 230 a 280 m³ / ha, número coerente com o apresentado por BROWN (1986), em estudo sobre Tucuruí (261,5 m³ / ha). FEARNSTIDE (2001) e BERMAN (2003), baseados em estudo do INPA, citam 51.700 t / km², valor que é neste estudo considerado.

O clima da região de Tucuruí é tropical úmido, típico da região amazônica, com temperaturas elevadas (média anual (de 30 anos) de 26° C), e alta pluviosidade (média anual (de 30 anos) de 2.900 mm), com estações, seca (junho a novembro) e chuvosa (dezembro a maio), bem definidas (INMET, 2009) (Figura 3.9).

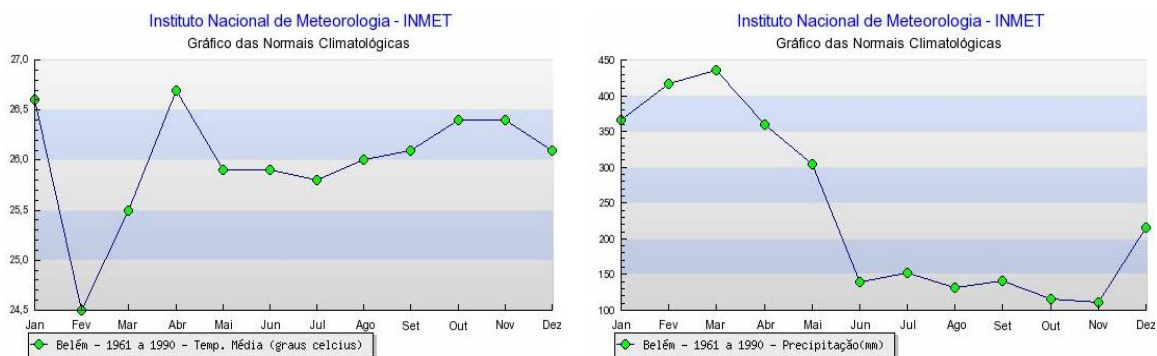


Figura 3.9. Gráficos das normais climatológicas da base meteorológica Belém. Obs.: estação mais próxima da UHE Tucuruí, com histórico de registros monitorados pelo INMET; à esquerda, temperatura média; e à direita, pluviometria; extraído de INMET (2009).

3.2.2. Principais Características da Bacia dos Rios Araguaia e Tocantins

A bacia hidrográfica, formada pelo conjunto dos rios, ocupa uma área de 767.000 km² (MT, 2009), dos quais 343.000 km² correspondem à bacia do rio Tocantins, 382.000 km² ao Araguaia (seu principal afluente) e 42.000km² ao rio Itacaiúnas (o maior contribuinte do curso inferior). A montante da usina, a área drenada é de 758.000 km² (ELETRONORTE, 1989).

Os rios da bacia são classificados como se águas claras. Segundo BROWN (1986), na região onde se situa o lago de Tucuruí, eles apresentam carga de sedimentos na ordem de 30g/ m³. O regime hidrológico da bacia é citado por *id.* (1986), como bastante definido com média de índice pluviométrico de 1.550 mm / ano, e insolação média de 195 kcal/ cm².

O rio Tocantins tem suas cabeceiras no escudo central brasileiro a uma altitude aproximada de 1.100 m, próximo ao DF – Distrito Federal, na serra do Paranã, a cerca de 60 km ao norte da capital do país, Brasília, com o nome de rio Maranhão. Percorre os estados de GO - Goiás, TO - Tocantins e PA – Pará. Após um percurso de cerca de 2.400 km, no qual recebe seu principal signatário, o rio Araguaia, desemboca na baía de Marapatá, estuário do rio Pará, junto à ilha de Marajó, próximo à cidade de Belém (MT, 2009). Nele se situa a UHE Tucuruí (Figura 3.10).

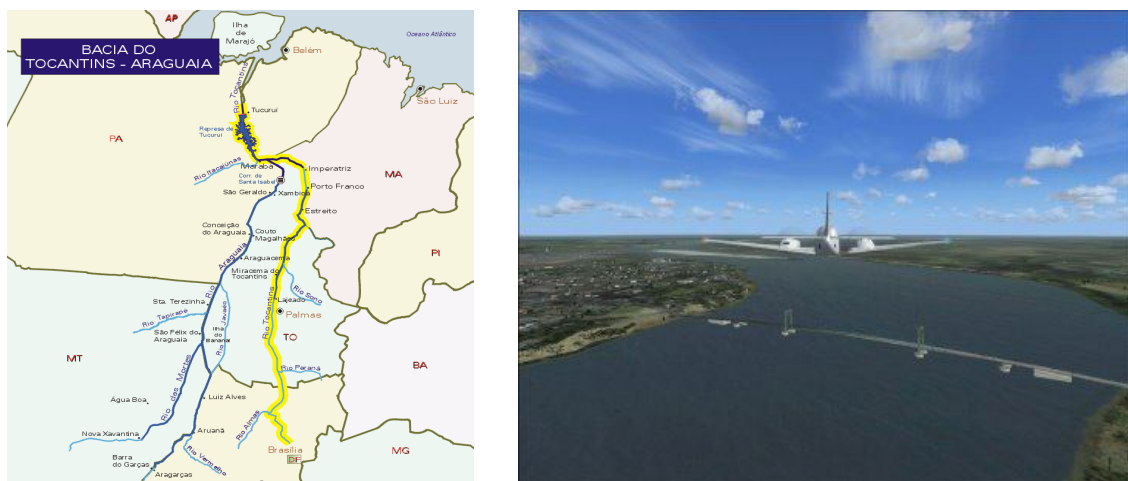


Figura 3.10. Rio Tocantins. Obs.: à esquerda detalhe da localização, onde pode ser vista a posição da UHE Tucuruí, e do principal afluente, o rio Araguaia (MT, 2009); à direita vista aérea do rio (Google imagens livres).

O Tocantins é considerado em três divisões pelo MT (2009), em função das condições de altitude e navegabilidade: Alto, Médio, e Baixo Tocantins.

O alto e o médio Tocantins integram regiões, do Planalto Central, compostas por cerrados, que recobrem cerca 76% da bacia. Já o curso inferior do rio Tocantins e o rio Itacaiúnas são cobertos por floresta amazônica. Entre as duas grandes regiões, a bacia cruza uma zona de transição, com ambientes pré-amazônicos (MT, 2009).

O Baixo Tocantins é formado pelos últimos 360 km da extensão do rio. Nele está implantada a barragem de Tucuruí. O trecho é navegável, com pequena declividade, do lago Tucuruí até a foz, sujeito às influências das marés. O alagamento encobriu antigos desníveis que ali existiam. Para superar o desnível, de cerca de 70 m, causado pela barragem da UHE, e de forma a garantir o papel de coluna vertebral do sistema hidroviário de transporte do centro-oeste brasileiro, obras de construção de eclusas encontram-se em finalização em 2010, via recursos do PAC - Programa de Aceleração do Crescimento (MT, 2009).

O rio Araguaia possui características diferentes do Tocantins. Ele nasce nos contrafortes da Serra dos Caiapós e segue praticamente paralelo ao Tocantins por cerca de 2.115 km. Apesar de ser um rio de planície, apresenta quatro trechos de cachoeiras e corredeiras. Nos trechos de planície, encontram-se a Ilha do Bananal (a maior ilha fluvial do mundo) e inúmeras lagoas marginais (MT, 2009).

No rio Tocantins, a época de cheia se estende de outubro a abril, com pico em fevereiro, no curso superior, e março, nos cursos médio e inferior. No Araguaia, as cheias são maiores e cerca de um mês atrasadas em decorrência da inundação da planície do Bananal; durante a época de cheia, o rio Araguaia e seus principais afluentes, Rio das Mortes e Cristalino, formam uma enorme planície inundada. Em ambos a época de seca vai de maio a setembro (MT, 2009).

3.2.3. Construção e Operação

A UHE Tucuruí teve início de construção em 1976 e término em 1984. Foi depois ampliada entre 1984 e 2007. Tucuruí é na atualidade a maior UHE 100% brasileira e a quarta maior do mundo.

Os estudos para sua construção surgiram em 1957. A obra foi iniciada em 1976, época em que não havia exigência sobre estudo de impacto ambiental, e foi prevista em duas etapas. A primeira etapa foi inaugurada em 1984, com capacidade de

geração de 4.000 MW e área alagada de 2.430 km². A segunda iniciada em 1998 e terminada em 2007 elevou a capacidade final instalada a 8.125 MW, e a área alagada para 2.785 km². ELETRONORTE (1989); *id.*(2008).

Dados da *id.* (1989) estabelecem a área da bacia hidrográfica a montante em 758.000 km², com fluxo médio anual calculado em 11.107 m³/s, e queda vertical de 60,8 m ao nível normal operacional de 72 m acima do nível médio do mar. Especificamente no vertedouro da usina, a vazão média de água é de 11.107 m³ / s, com queda vertical de 60,8 m.

Além do benefício da geração em si, propiciou um forte desenvolvimento da infraestrutura da região e favoreceu a navegação local por submersão de corredeiras na região. Foram construídas estradas vicinais, assentados milhares de pequenos agricultores e construídos dois povoados com infraestrutura urbana. Em contrapartida, interrompeu o curso da hidrovía Araguaia-Tocantins, truncando o escoamento da produção Centro-Oeste ELETRONORTE (1989) (Em 2010, obras de construção de eclusas estão em via de conclusão).

De acordo com WCD (2000), o orçamento inicial, da casa dos dois bilhões de US\$, saltou para 10,5 bilhões de US\$ aplicados. A *id.* (2000) aponta cerca de 1% do valor aplicado como representativo do valor anual relativo à operação mais manutenção, percentual este colocado como média das UHEs brasileiras.

Com relação aos materiais consumidos na construção da barragem, dados originalmente apresentados por LA ROVERE & MENDES (2000), foram compilados por WITTMANN, *et. al* (2008), indicando para o total da obra, o consumo de 334 mil t de aço estrutural, 3, 03 milhões de m³ de concreto, 135 milhões de l de combustível, e a movimentação de 23 milhões de m³ de solo.

Para efeito dos objetos deste estudo (UHEs Balbina e Tucuruí), o melhor valor encontrado referente à energia oriunda de perda de produção mineral (*GPP = Gross primary production*), devida por inundação, foi o apontado por BROWN (1986), fixado em seu estudo para o lago de Tucuruí, em 2 E8 kcal / ha ao ano. Considerada a similaridade geológica das regiões onde se situam os lagos de Balbina e Tucuruí, ambas de mesma bacia sedimentar genérica, e de mesmo subsolo com origem de formação pré-cambriano (GERAQUE, 2009), se evidencia ser permissível considerar o valor estabelecido por Brown, para ambos os alagamentos.

3.2.4. Principais Relações Físicas e Antropológicas Associadas

De acordo com FEARNSIDE (2001), somente 10% da mata alagada foi previamente retirada, houve eutrofização e conseqüente emissão de GEEs. *Id.* (2001) calcula que em 1990 o reservatório liberou 8,5 milhões de t de CO₂, valor maior que o de uma cidade como São Paulo.

Sobre o desmatamento, segundo BERMANN (2003), em 1982 a Eletronorte contratou a retirada de 216 mil ha de floresta nativa, os quais eram previstos ser inundados quando do fechamento das comportas da barragem. Contudo, em 1984 a Eletronorte iniciou o fechamento das comportas deixando sob as águas, conforme estimativas da época, cerca de 65 mil ha de madeiras nobres e 6,5 milhões de t de restos (galhos, folhas, etc.), responsáveis pela emissão de gases decorrentes da eutrofização do material submerso.

Quanto às emissões decorridas, segundo BERMAN (2003), em 1992 o INPA elaborou relatório caracterizando os diferentes tipos de floresta, na Amazônia, bem como as quantidades de biomassa de cada uma, com resultado que apontava uma quantidade média de biomassa de cerca de 517t / ha. A partir desse número, em 1997 Philip M. Fearnside (FEARNSIDE, 2001), elaborou estudo onde dividiu a área alagada em duas regiões horizontais (alagamento permanente e sazonal) e quatro regiões verticais (aérea, água superficial, anóxica, e subsolo. Baseado nas porções de biomassa no extrato vertical, na profundidade da água, nos diferentes níveis de operação e na extensão de área de cada zona, calculou a quantidade de biomassa elegendo estimativas de valores que são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Estimativa da biomassa exposta a eutrofização na UHE Tucuruí.

Biomassa	Quantidades
Madeira acima da superfície	291,4 t / ha
Madeira de água superficial	5,3 t / ha
Madeira de água anóxica	55,5 t / ha
Substrato	122,7 t / ha
Total	474,9 t / ha

Obs.: adaptado de BERMANN, 2003

O resultado obtido das emissões apontou por cálculos efetuados por BERMAN (2003), que no reservatório de Tucuruí ocorreriam emissões em valores que são apresentados na Tabela 3.3, a seguir, na ordem de 3,27 E6 t / ano, como médios para um período de 100 anos.

Tabela 3.3. Estimativa de emissões de GEE's da UHE Tucuruí.

Quantidades em 10 E6 t	Em 10 anos	Em 100 anos
CO ₂	150,0	180,0
CH ₄	1,0	7,0
Total Ce (CO ₂ equivalente)	171,0	327,0

Obs.: extraído de BERMANN (2003).

No tocante ao aspecto social, a região do entorno do lago de Tucuruí é composta tanto por núcleos populacionais oriundos da civilização, como de aldeamentos indígenas de origem nativa (Figura 3.11). Segundo FEARNESIDE (2001), a população humana deslocada pela formação do lago de Tucuruí pode ser considerada como cerca de 15.000 pessoas, de forma direta mais indireta, entre nativos e colonos.



Figura 3.11. Núcleos populacionais no entorno do lago de Tucuruí. Obs.: extraído de ISA (2007).

Com relação à produção pesqueira obtida em função do alagamento, o MMA (2009) apresenta que foram identificadas na bacia Araguaia-Tocantins, cerca de 300 espécies de peixe, muitas endêmicas, com diminuição, de forma genérica, da abundância e da diversidade de peixes, da foz em direção às cabeceiras.

A ELETRONORTE (2008) apresenta que na região de Tucuruí (lago e a jusante) mais de 10 mil pescadores produzem 6.000 t de pescados por ano. Esse valor de exploração é condizente com estudo de PETRERE (1992), no qual é apresentada estimativa de 5.924 t / ano para a região, das quais 4.500 t provenientes de trechos ao longo do rio Tocantins (em 1990), e 1.424 t / ano, especificamente provenientes do lago de Tucuruí. (entre 1987 e 1988, a maior parte, tucunaré (*cichla spp*), 57%).

Por meio da utilização de relação calórica de 1,04 kcal por kg, correspondente à espécie predominante (CENTE-UFV, 2009) frente ao valor apurado de 1.424 t / ano; obtém-se matematicamente neste estudo a quantidade de 1,481 milhão de kcal por ano, como estimativa energética da produção pesqueira obtida do alagamento originado pela UHE Tucuruí.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica da principal ferramenta empregada para tratamento e análise dos dados levantados, a contabilidade em emergia, expondo seus principais conceitos.

Existe uma razão lógica para a adoção da metodologia de contabilidade em emergia neste estudo, posto a avaliação ambiental necessária ser complexa, compreendendo um grande número de fatores, estes representados por aspectos tanto de ganhos como de perdas (por exemplo, o custo para o ambiente absorver poluentes), e relacionados tanto com as fases de implantação como de operação das hidrelétricas. Reduzir todas as variáveis a bases de unidade comum, a fim de possibilitar a contabilização, é tarefa não passível de sucesso por meio de outras metodologias conhecidas.

4.1. Breve Histórico sobre o Surgimento do Conceito de Emergia

Em 1896, Ludwig Boltzman propôs que a luta pela vida se travava no campo da luta pela disponibilidade de energia. Boltzman influenciou Alfred Lotka que por sua vez foi a base teórica da Ecologia de Sistemas, proposta por H. T. Odum. A proposição é conhecida como a primeira que procura relacionar as leis da termodinâmica com a evolução das espécies.

Em 1909, Wilhelm Ostwald postulou que todas as transformações energéticas possíveis estavam associadas à transformação máxima em um dado período de tempo, descrevendo que a história da humanidade estava vinculada ao crescimento da utilização de energia.

Em 1925, Alfred Lotka postulou a existência de relação direta entre as leis da termodinâmica e a evolução das espécies (correlação da energia com a teoria da evolução, esta proposta por C. Darwin, em 1838).

Em 1955, H.T. Odum e R. C. Pinkerton introduziram teoria a qual postulava que a baixa eficiência da natureza em transferir energia vem a ser uma consequência da tendência para a maximização da potência de saída de um sistema, ao invés da eficiência máxima da utilização da energia em si. (princípio que se fundamenta na observação dos sistemas naturais, onde aqueles que persistem são organizados de maneira a garantir o retorno da energia para si, aplicando essa energia na retro alimentação e, conseqüentemente, reforçando o processo).

Em 1968, H. T. Odum e E. P. Odum demonstraram que as regras gerais mais importantes dos ecossistemas poderiam ser deduzidas por meio das medidas do metabolismo de uma comunidade, sem a necessidade de informações detalhadas sobre todos os componentes de sua população. Ocorreu a aliação dos diagramas de fluxos de energia, derivados da física e da engenharia. Os resultados foram publicados na *Environment Power and Society* em 1971 e na *Nature* em 1976, resultando na obra *Systems Ecology*, publicada em 1983.

Com o desenvolvimento da integração da ecologia com a economia, via a ecologia de sistemas, e o desenvolvimento da forma de análise, com possibilidade de mensuração dos fluxos de energia em forma de mesma base de unidade comum, surgiu, em 1996, a metodologia proposta por Howard T. Odum com objetivo de tratar tanto qualitativa como quantitativamente questões energético-ambientais. A abordagem da obra, denominada “Contabilidade em Emergia”, passou a oferecer subsídios inéditos no sentido de uma correta avaliação dos valores atribuídos a processos e recursos naturais, conforme pode ser visto a seguir.

4.2. Conceituação da Contabilidade em Emergia

“The universal idea among common folk was, and still is, that putting more energy into something generates more value. The concept EMERGY is scientifically defined to give a quantitative measure to this ancient concept”

HOWARD THOMAS ODUM (1924 – 2002)

(Zoólogo, Ecologista, Pesquisador e Professor Doutor. Foi Diretor do Centro de Política Ambiental da Universidade da Flórida e mundialmente reconhecido pelo desenvolvimento do conhecimento sobre os sistemas ecológicos)

A descrição completa da contabilidade em emergia pode ser encontrada na obra de Howard T. Odum (ODUM, 1996). Alguns principais conceitos, utilizados neste estudo, são a seguir apresentados.

A contabilidade em Emergia se fundamenta na Termodinâmica, na Teoria de Sistemas e na Ecologia. O ponto central da metodologia consiste em possibilitar o uso de uma única unidade comum, o joule de energia solar (sej), para o qual são convertidos os diversos tipos de fluxos que interagem em um sistema. Dessa forma, todas as parcelas de recursos (provenientes quer da natureza ou da economia), utilizados na obtenção de um determinado produto ou serviço (seja ele natural ou antropogênico), podem ser somadas. Para o entendimento desse mecanismo, é

necessário iniciar por situar seus principais elementos: Sistema (1); Energia (2); Transformidade (3); Fontes e fluxos de recursos (4); e Indicadores (5).

(1) Sistema pode ser definido, para a ecologia, como o conjunto de dois ou mais elementos que interagem cercados por um meio ambiente, com o qual podem ou não interagir, formando um todo organizado. A análise sistêmica da contabilidade em energia considera as interações entre um sistema em estudo, o meio ambiente e a economia, por meio dos dados numéricos dos fluxos de energia, massa, trabalho e dinheiro do sistema, assim como suas relações com outros sistemas ou subsistemas. Para entender, delimitar e avaliar um sistema, a contabilidade em energia determina sua representação por meio de um diagrama, que é composto por símbolos específicos, estes representativos dos recursos, fluxos e interações. A seguir, a Figura 4.1 apresenta um diagrama exemplificando um sistema hipotético. Na sequência, os principais símbolos, normalizados por ODUM (1996) para os diagramas, são apresentados no Quadro 4.1.

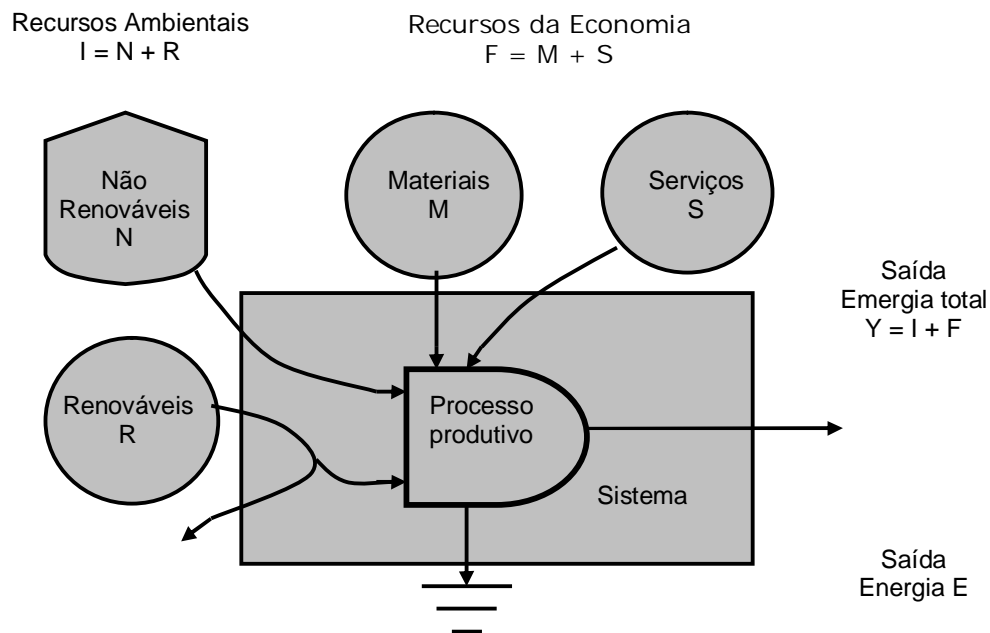
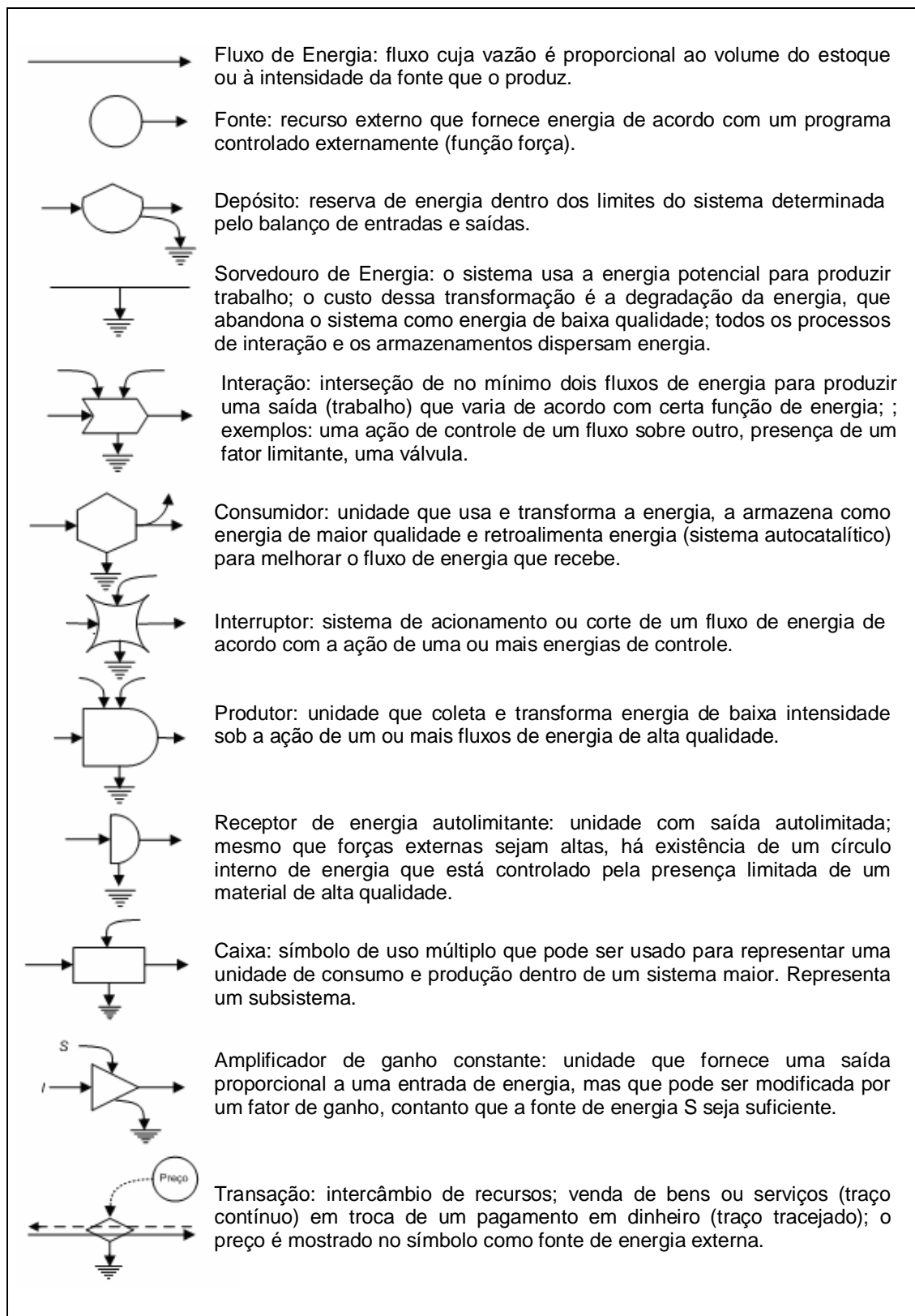


Figura 4.1. Diagrama sumário representativo dos fluxos de um sistema típico. Obs.: a unidade de energia normalmente utilizada é o joule (J).

Quadro 4.1. Principais símbolos normalizados como linguagem de sistemas de energia (ODUM, 1996).



(2) Emergia (Y) é toda a quantidade de energia (matéria, energia, serviço da natureza ou humano), usada (de forma direta e indireta) no trabalho de obtenção de um produto ou serviço (físico ou antropogênico), dentro de um determinado sistema, ou processo. Ao analisar-se um sistema produtivo, deve-se vinculá-lo a outros sistemas, dos quais provenham os seus insumos, os quais podem estar em outras regiões e, até, em outros tempos (geológicos ou históricos). Por essa razão, a emergia pode ser definida como a soma das energias acumuladas e é sinônimo de energia incorporada (*embody energy = emergy*) e de memória energética. Sua unidade é o joule de energia solar (*sej*). A emergia (Y) é representada como produto da transformidade (Tr) com a energia (E) (Equação 4.1).

- $Y \text{ (emergia em sej)} = Tr \text{ (transformidade em sej/J)} \times E \text{ (energia em J)} \quad (\text{Eq. 4.1})$

(3) Transformidade (Tr) é definida como a quantidade de emergia empregada, direta e indiretamente, na obtenção de 1 J de energia de um determinado produto, serviço, ou energia de outra forma. Representa o vínculo entre um sistema produtivo em análise, e outro de onde provenham seus insumos. Sua unidade é expressa em *sej/J* (J de energia solar por J de energia de outro tipo). A Tr representa a razão entre a emergia sobre a energia (Equação 4.2).

- $Tr \text{ (em sej/J)} = \frac{Y}{E} = \frac{I+F}{E} = \frac{R+N+F}{E} = \frac{R+N+M+S}{E} \quad (\text{Eq. 4.2})$
(em emergia, sej) / (em energia, J)

(4) Fontes e seus fluxos de recursos representam as relações de dependência entre um sistema e o meio ambiente, tanto físico como antropológico, sendo compostos de forma básica por três classes: renováveis (R), não renováveis (N), e provenientes da economia (F). Neste trabalho está considerada uma quarta classe: renováveis para diluição de poluentes (R₂). Esta divisão é fundamental, conforme apontado em SILVA (2006), para a avaliação da inter-relação do processo com o meio ambiente.

(R) Recursos renováveis são os retirados do ambiente, e que têm a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo. Exemplos, a energia solar, geotérmica, dos ventos, da chuva, dos rios, etc.

(N) Recursos não renováveis são os armazenados existentes na natureza, porém com consumo mais rápido que a sua capacidade de renovação. Exemplos, os combustíveis fósseis, florestas, água potável, jazidas minerais, etc.

(F) Recursos pagos são os vindos da economia, associados a bens e serviços ou a recursos provenientes de outras regiões fora dos limites do sistema estudado. Exemplos, materiais e componentes processados, mão-de-obra, bens, etc.

(R2) Recursos renováveis para diluição de poluentes representam, como apontado em SILVA (2006), o trabalho da natureza na mitigação. Dessa forma são considerados um custo ambiental em forma de *feedback* que extrapola os limites do sistema; por essa razão, após valorados, são somados ao fluxo F.

(5) Indicadores definem as razões de relação entre qualidades (tipos) e quantidades, de entradas (custos) e saídas (benefícios). A avaliação de um sistema resulta da discussão dos resultados do cálculo de diferentes indicadores, selecionados em função dos quesitos que se objetiva avaliar. Para este estudo foram selecionados, em função dos objetivos buscados (Tópico 1.3), os seguintes indicadores: EYR - Rendimento em Energia (1); EIR - Razão do Investimento de Energia (2); ELR - Carga Ambiental (3); %R - Percentual de energia renovável (4); SI - Índice de Sustentabilidade (5); Tr - Transformidade obtida.

(1) EYR - Indicador de Rendimento em Energia (*Emergy Yield Ratio*), representa a razão, entre a emergia total, sobre a emergia da economia e a retroalimentada. (Equação 4.3):

$$\bullet \quad EYR = R + R2 + N + F / (F + R2) \quad (Eq. 4.3)$$

(2) EIR - Indicador de Investimento em Energia (*Emergy Investment Ratio*), representa a razão entre, a emergia da economia e a e a retro alimentada, sobre a emergia da natureza (Equação 4.4):

$$\bullet \quad EIR = F + R2 / (N + R) \quad (Eq. 4.4)$$

(3) ELR - Indicador de Carga Ambiental (*Environmental Load Ratio*), representa a razão, entre a emergia dos recursos não renováveis (N), dos recursos da economia e dos retro alimentados, sobre a emergia dos recursos renováveis. (Equação 4.5):

$$\bullet \quad ELR = (N + F + R2) / R \quad (Eq. 4.5)$$

(4) %R - Percentual de Energia Renovável, representa a parcela da energia total processada de um sistema, que provém da energia dos recursos renováveis (Equação 4.6):

- $\%R = R \times 100 / (R + N + F + R2)$ (Eq. 4.6)

(5) índice de Sustentabilidade em Emergia (*Emergy Sustainability Index*), representa a razão entre o Indicador de Rendimento em Emergia (EYR), sobre o Indicador de Carga Ambiental (ELR) (Equação 4.7):

- $ESI = EYR / ELR = R + R2 + N + F / (F + R2) / [(N + F + R2) / R]$ (Eq. 4.7)

(6) Transformidade obtida, representa a razão entre a energia necessária à obtenção do produto (no caso, eletricidade), e a energia que o produto contém (Equação 4.8):

- $R + R2 + N + F / E$ (Eq. 4.8)

Há de se observar, como pode ser constatado algebricamente, que todos os seis indicadores apresentados consideram, neste estudo, o trabalho da natureza na mitigação de poluentes que tenham sido valorados no sistema.

4.3. Procedimentos de Execução da Contabilidade em Emergia

A execução da avaliação ocorre estruturada em quatro etapas principais (GIANNETTI et al., 2007):

(1) descrição e investigação do sistema. Compreende delimitar o sistema, conhecer as interfaces com os ambientes físico, social e econômico, identificar área, características da região, fontes de recursos materiais, de energia, de serviços e financeiros, geração de produtos e serviços, e principais impactos. Os fluxos de entradas e saídas são quantificados (balanço de massa e energia com normalização de dados);

(2) construção do diagrama de fontes e fluxos de energia. Nele símbolos específicos correspondendo a cada elemento e interação, possibilitam o entendimento do mecanismo do sistema e a visualização das inter-relações entre as partes que o compõem;

(3) execução da Tabela. A construção de tabela permite a organização dos dados (obtidos por mensuração, cálculo ou literatura) que resultam no inventário da

energia. Cada fluxo do sistema compõe uma linha da tabela, em que a unidade original é convertida em unidade de sej por multiplicação pelo fator adequado (transformidade (sej/J) ou energia/unidade).

A tabela é organizada por meio de colunas (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7, (quantidade usualmente variável), conforme a seguir exposto:

Coluna 1: Número de referência da linha, permitindo identificação junto ao diagrama, notas, comentários e memorial de cálculo (nº).

Coluna 2: Item de energia formador do fluxo em cálculo (nome).

Coluna 3: Tipo de fluxo: renovável, não renovável, originado da economia, ou de retroalimentação (R, N, F e R2).

Coluna 4: Quantidade de energia do fluxo, apurada a partir do balanço de massa (J).

Coluna 5: Valor da transformidade (energia por unidade de energia do fluxo), normalmente originada de estudos anteriores (sej/J).

Coluna 6: Referência sobre a obtenção da transformidade utilizada. (a)

Coluna 7: Energia obtida, produto da coluna 4 com a coluna 5 (sej).

A base de tempo fixada usualmente é anual. Quantidade e conteúdo de colunas podem variar em função do enfoque da análise. As linhas podem ser ordenadas em função de R, N, F, e R2; e das fases de implantação e operação.

(4) Cálculo e análise (interpretação) dos indicadores em energia, obtidos. Representa a etapa final da contabilidade em energia, conduzindo à discussão e aos resultados, dos quais é extraída a conclusão do trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é representado pela discussão dos dados apurados e seus resultados. Representa o “coração” do trabalho, nele as informações, nas demais partes, levantadas, são tratadas de forma a ensaiar agregação ao conhecimento científico.

5.1. Contabilização dos Dados

Conforme descrito na Fundamentação Teórica (Tópico 4), inicia-se por estabelecer os limites dos sistemas em estudo, suas interfaces com os ambientes físico, social e econômico, características das regiões, fontes de recursos materiais, de energia, de serviços e financeiros, geração de produtos, e principais impactos.

Esse entendimento é resultante de todo estudo desenvolvido no trabalho e está representado a seguir pela elaboração do diagrama dos fluxos de energia dos sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí (Figura 5.1).

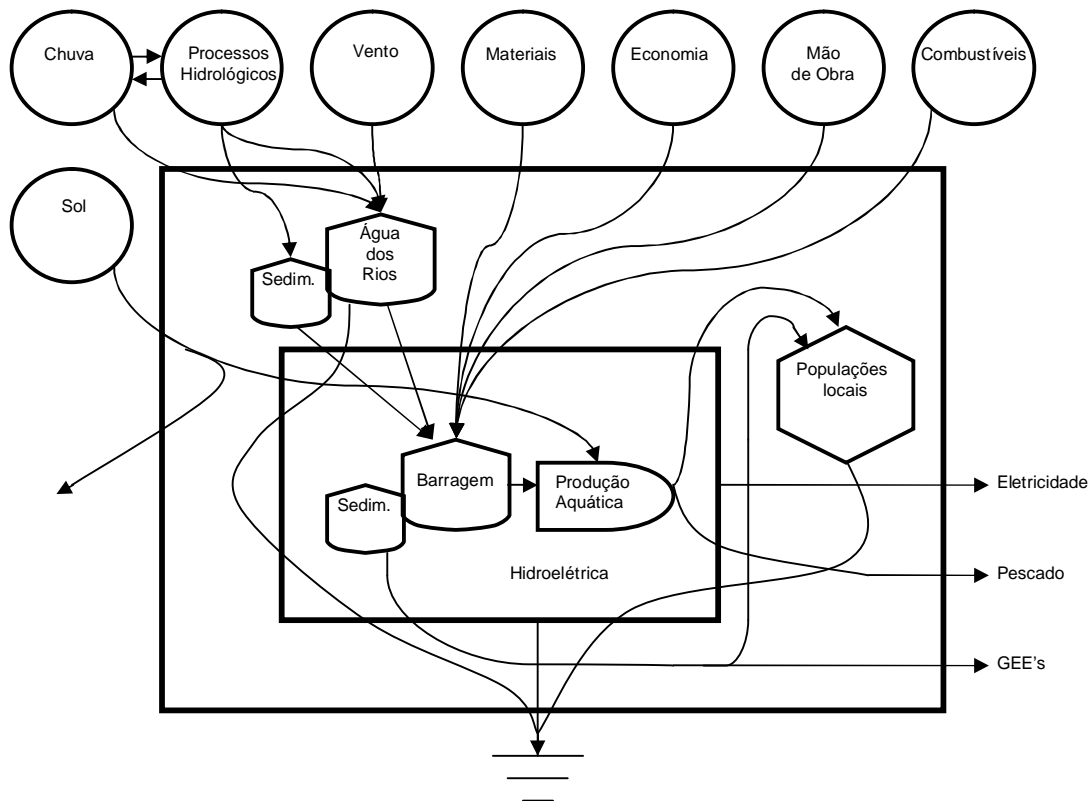


Figura 5.1. Diagrama dos fluxos de energia que atravessam os sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí.

A partir da visualização dos fluxos de energia que atravessam os sistemas representados no diagrama da Figura 5.1, e com base nas informações pesquisadas durante desenvolvimento do estudo, os valores dos fluxos de energia são quantificados de forma a virem compor tabela (à frente designada Tabela 5.1) na qual são relacionados os valores da energia (em J, US\$, nº. de pessoas), o fator de transformidade utilizado (Tr) e o valor da energia (em sej) verificada em cada um dos fluxos dos sistemas.

A execução da tabela implica, neste trabalho, em quatro preparativos:

(1) Levantamento dos dados referentes aos fluxos a serem contabilizados. Esse levantamento está representado pelos Inventários A.1 e A.2, respectivamente correspondentes aos dados de Balbina e Tucuruí, neles constando as diversas bases de medida encontradas na literatura.

- Os inventários dos dados estão apresentados na forma de apêndices (APÊNDICE A – Inventário dos dados das UHE's Balbina e Tucuruí: Inventário A.1. Dados do sistema da UHE Balbina; e Inventário A.2. Dados do sistema da UHE Tucuruí).

(2) Por meio dos dados levantados (em grandezas diversas) nos inventários A.1 e A.2 são calculados os valores anuais (em J, US\$, nº. de pessoas), correspondentes a cada fluxo. Esses cálculos estão representados pelos Memoriais B1 e B2, respectivamente correspondentes aos sistemas de Balbina e Tucuruí.

- Os memoriais de cálculo estão apresentados na forma de apêndices (Apêndice B – Memoriais de cálculo de energia da Tabela 5.1: Memorial B.1. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Balbina; e Memorial B.2. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Tucuruí).

(3) Seleção dos fatores de transformidade (Tr) utilizados no presente estudo, seleção esta obtida da literatura, a partir de outros estudos publicados.

- Lista contendo a origem e a unidade dos fatores de transformidade utilizados, está apresentada na forma de apêndice (APÊNDICE C - Lista da origem e unidade dos fatores de transformidade (Tr) utilizados).

(4) Definição das células componentes da tabela. Visando facilitar visualização comparativa, opta-se por reunir em mesma tabela, os resultados referentes a ambos os sistemas em estudo; e enumerar os seus fluxos, em função das fases de implantação e de operação das usinas. A composição resultante é a seguir descrita:

- As colunas apresentam:
 - 1ª. Coluna, a referência numérica (#) ao item (fluxo) em análise;
 - 2ª. Coluna, a sua discriminação;
 - 3ª. Coluna, a sua classificação (R; R₂; N; F; ou Y);
 - 4ª. Coluna, o valor da transformidade (Tr) aplicada;
 - 5ª. Coluna, a energia (J, ou indicado) referente ao sistema Balbina;
 - 6ª. Coluna, a energia obtida (sej) referente ao sistema Balbina;
 - 7ª. Coluna, a energia (J, ou indicado) referente ao sistema Tucuruí;
 - 8ª. Coluna, a energia obtida (sej) referente ao sistema Tucuruí.
- As linhas apresentam:
 - Os itens 1 a 8 representando o uso de recursos referentes à fase de implantação das usinas.
 - Os itens 9 a 14 representando o uso de recursos referentes à fase de operação das usinas.
 - Os itens 15 e 16 representando os produtos obtidos das usinas.

Com os resultados obtidos do preparativo enumerado em (1; 2; 3; e 4), a tabela é montada. Nela, os valores da energia correspondente a cada fluxo, estão transformados em energia por meio da sua multiplicação pelo valor da transformidade correspondente (Equação 5.1).

$$\bullet \quad Em_f = E_f \times tr_f \quad (Eq. 5.1)$$

Onde Em_f é a energia do fluxo (em sej); E_f é a energia do fluxo (em J); e tr_f é o fator de transformidade do fluxo (em sej/J).

A seguir é apresentada a Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Fluxos anuais de energia e de emergência dos sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí.

#	Fluxo	R N F	Tr Sej/J	UHE Balbina (valores anuais)		UHE Tucuruí (valores anuais)	
				Energia (J)	Emergência (sej)	Energia (J)	Emergência (sej)
Fase de implantação (uso de recursos)							
1	Perda por danos sociais	N	4,98 E12**	600 hab.	2,99 E15	9.000 hab	4,48 E16
2	Recursos da economia	F	3,00 E12*	\$ 2,00 E7	6,00 E19	\$ 2,10 E8	6,30 E20
3	Aço estrutural consumido	F	3,31 E7	8,46 E10	2,80 E18	6,16 E11	2,04 E19
4	Concreto consumido	F	1,68 E7	3,83 E10	6,43 E17	2,80 E11	4,70 E18
5	Perda de solo fértil	N	1,04 E5	1,42 E16	1,48 E21	1,68 E16	1,75 E21
6	Combustíveis consumidos	F	8,90 E4	2,04 E13	1,82 E18	1,03 E14	9,17 E18
7	Perda de floresta	N	5,38 E4	3,27 E16	1,76 E21	4,28 E16	2,30 E21
8	Perda de acesso a produção mineral	N	1,27 E3	3,98 E15	5,05 E18	4,68 E15	5,94 E18
Fase de operação (uso de recursos)							
9	Operação e manutenção	F	3,00 E12*	\$ 1,00 E7	3,00 E19	\$ 1,05 E8	3,15 E20
10	Perda por sedimentação	N	1,05 E5	5,13 E12	5,39 E17	2,37 E14	2,49 E19
11	Energia do rio	R	3,96 E4	3,54 E15	1,40 E20	2,09 E17	8,28 E21
12	Energia da chuva***	R	2,52 E4	7,57 E16	1,91 E21	1,75 E18	4,41 E22
13	Energia do vento na diluição de GEE's	R ₂	2,52 E3	6,17 E13	1,55 E17	7,13 E13	1,80 E17
14	Energia do sol***	R	1,00	4,60 E20	4,60 E20	4,92 E21	4,92 E21
Produtos obtidos							
15	Produção de eletricidade	Y	****	6,31 E15	3,49 E21	2,05 E17	1,33 E22
16	Produção aquática	Y	****	2,18 E9	3,49 E21	6,20 E9	1,33 E22

*Obs.: *unidade = sej/US\$; **unidade = sej/habitante; ***não são contabilizados para evitar dupla contagem; ****valores são apontados a seguir.*

****A seguir são apontados os valores de Tr obtidos, referentes aos produtos.

Na Tabela 5.1, os valores de Tr referentes aos fluxos de recursos foram, como já explanado, originados de estudos anteriores. Contudo, em relação aos produtos obtidos, para cada um deles (eletricidade e pescado) e para cada sistema (Balbina e Tucuruí), a Tr se origina a partir do presente estudo (Equação 5.2).

$$\bullet \quad Tr_p = Y / E_p \quad (\text{Eq. 5.2})$$

Onde Tr_p vem a ser a transformidade do produto, resultante do respectivo sistema (Balbina ou Tucuruí) (em sej/J); Y é a energia total ($R + R_2 + N + F$) do respectivo sistema (Balbina ou Tucuruí) (em sej); e E_p é a energia do produto (em J). Esses valores são apresentados a seguir na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Valores de transformidade obtidos dos sistemas das UHEs Balbina e Tucuruí.

Transformidade obtida (Tr em sej /J)		
	Balbina	Tucuruí
Eletricidade	5,53 E5	6,49 E4
Pescado	1,60 E12	2,14 E12

Obs.: Pela álgebra da energia de ODUM (1996), as saídas de um sistema representam coprodutos, onde a energia (E) de cada produto é codependente da energia total (Y) do respectivo sistema.

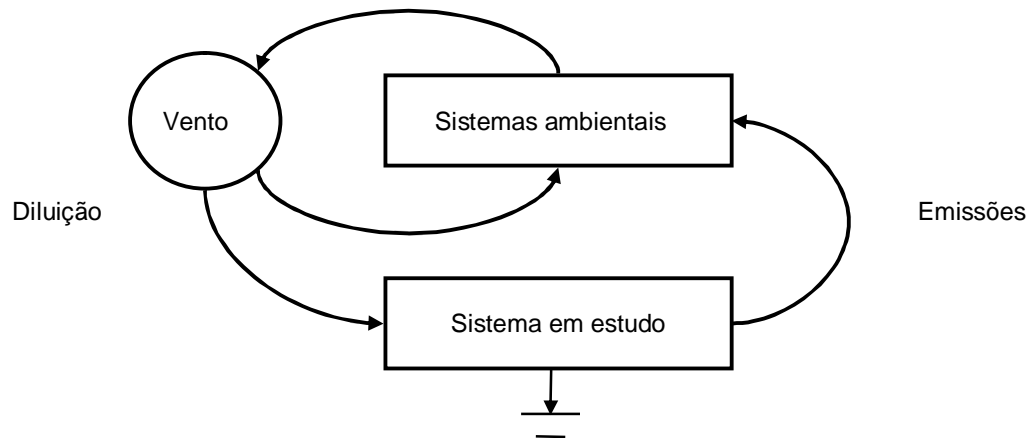
Os dados apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.2 são trabalhados e discutidos à frente no Tópico 5.2 (Obtenção de Indicadores).

Antes porem, resta esclarecer o raciocínio de obtenção de R_2 (# 14 da Tabela 5.1).

R_2 (Recurso Renovável usado para diluição de poluentes) significa o trabalho da natureza na mitigação; ele está representado, neste estudo, pela ação do vento (energia cinética requerida) para diluição. Os parâmetros são originados de BROWN & ULGIATI (2002), ULGIATI & BROWN (2002) e SILVA (2006).

A Figura 5.2, a seguir, ilustra seu mecanismo.

Figura 5.2. Representação simplificada dos fluxos de energia de R_2 , recursos renováveis usados na diluição das emissões dos GEEs



O valor de R_2 , apresentado na Tabela 5.1, é resultante da Equação 5.3 a seguir:

$$E_c = 0,5 \times m_p / ppm \times v^2 \quad \text{Eq. 5.3}$$

Onde E_c é energia cinética usada, m_p é a massa do C_e emitido, ppm é o valor admitido como concentração natural, e v^2 é a velocidade do vento elevada ao quadrado.

R_2 contabiliza a energia cinética do vento usada para dispersão do poluente ao nível normal de concentração. Não considera o esforço dos sistemas ambientais na reirradiação para equilíbrio da temperatura do planeta. Os sistemas ambientais estão fora dos limites dos sistemas em estudo.

5.2. Obtenção de Indicadores

Visando comparação dos resultados das duas UHE entre si e com resultados de outros sistemas de geração elétrica existentes na literatura, este trabalho contempla o uso de dois grupos (1 e 2) de avaliação:

(1) indicadores com ênfase associada às relações entre o aproveitamento dos recursos, propostos por ODUM (1996):

- Rendimento em Energia (EYR);
- Razão do Investimento de Energia (EIR);
- Carga Ambiental (ELR);
- Percentual de energia renovável (%R);

- Índice de Sustentabilidade (ESI).

(2) indicadores com ênfase associada às relações entre os custos e os benefícios usados em outros estudos (BROWN (1986); BROWN & McCLANAHAN 1996); BROWN & ULGIATI (2002;); ULGIATI & BROWN (1986):

- Transformidade obtida (Tr);

- Recursos renováveis usados na diluição de poluentes (R_2);

- Relações entre os ganhos e as perdas. (%).

5.2.1. Primeiro Grupo de Avaliação

Os indicadores componentes deste primeiro grupo de avaliação (EYR; EIR; RLR; %R; e ESI) já foram definidos na Fundamentação Teórica (Tópico 4). Eles são a seguir apurados e discutidos.

Da Tabela 5.1 apresentada, inicia-se por resumir os valores referentes à classificação dos fluxos do consumo de recursos (itens 1 a 14: R; R_2 ; N; F). Este resumo permite uma identificação prévia das relações de aproveitamento, e será na sequência utilizado na obtenção dos valores dos indicadores. A Tabela 5.3 a seguir aponta os resultados.

Tabela 5.3. Valores e relações entre as fontes de recursos dos sistemas Balbina e Tucuruí.

	UHE Balbina (sej)		UHE Tucuruí (sej)	
R – Recursos Renováveis	1,40 E20	4,02%	8,28 E21	62,07%
R_2 – R recursos Renováveis para diluição das emissões de GEE's	1,55 E17	0,0044%	1,80 E17	0,0013%
N – Recursos não renováveis	3,25 E21	93,24%	4,08 E21	30,59%
F – Recursos da economia	9,53 E19	2,74%	9,79 E20	7,34%
Total de recursos	3,49 E21	100%	1,33 E22	100%

Como visão inicial, de forma sintética verifica-se pelos resultados apurados na Tabela 5.3, que os valores mais elevados dos recursos contabilizados para a UHE

Tucuruí são de origem renovável (R), indicando para a usina favorável relação com o meio ambiente do ponto de vista da energia.

Para a UHE Balbina verifica-se na Tabela 5.3 que os recursos mais elevados são não renováveis (N) e isto se deve principalmente às perdas provocadas pela implantação da usina (floresta, solo fértil, minerais, ruptura social), frente ao baixo aproveitamento hidrológico extraído da operação da usina.

Discussão mais apurada, acerca das relações entre ganhos e perdas, é feita no Segundo Grupo de Avaliação (Tópico 5.2.2).

A seguir apresenta-se a apuração dos valores dos indicadores utilizados nesta primeira parte da avaliação e, na seqüência sua discussão. A apuração tem o amparo da Tabela 5.3 e consta a seguir na Tabela 5.4. As formulações estão nela discriminadas.

Tabela 5.4. Indicadores emergéticos do primeiro grupo de avaliação dos sistemas das UHEs Balbina e Tucuruí

Indicador	Símbolo	Equação	UHE Balbina	UHE Tucuruí
Investimento em energia	EIR	$(F + R_2) / (N + R)$	0,03	0,08
Rendimento em energia	EYR	$(R+R_2+N+F) / (F+R_2)$	36,93	13,59
Carga ambiental	ELR	$(N + F + R_2) / R$	23,79	0,61
Índice de sustentabilidade	ESI	EYR / ELR	1,55	22,28
Percentual de renováveis	%R	$R \times 100 / (R+R_2+N+F)$	4,01	62,26

Os resultados apurados permitem avaliar que: (Atente-se por meio da Tabela 5.4, que por representar uma realimentação externa, R_2 está adicionado a F).

- Razão do Investimento de Energia (EIR):

Valores de EIR abaixo da unidade ($F + R_2 = N + R$), como os verificados tanto para Balbina (0,03) como para Tucuruí (0,08), indicam maior consumo dos recursos locais, do que dos externos (basicamente o econômico, aqui adicionado

o ambiental R_2) e em proporção praticamente similar entre ambas. A principal razão é o ciclo hidrológico como fonte básica de suprimento energético na fase de operação, mas está associada também ao rateio dos danos provocados na fase de implantação.

- Rendimento em Energia (EYR):

Valores crescentes de EYR acima da unidade ($R+R_2+N+F = F+R_2$), como é o caso tanto de Balbina (36,93), como de Tucuruí (13,59), indicam majoritário consumo, por parte de ambas as usinas, dos recursos locais da natureza, tanto renováveis como não renováveis, frente aos sistemas externos (economia, aqui adicionado R_2). Novamente as razões são associadas ao ciclo hidrológico como supridor energético básico da operação e ao rateio dos danos advindos da implantação.

- Carga Ambiental (ELR):

No balanço de ELR, as duas usinas apresentam resultados diferentes. Balbina apresenta maior quociente de consumo de recursos não renováveis e externos, frente aos renováveis (23,79), indicando, em energia, possível estresse ao meio ambiente, enquanto Tucuruí, ao contrário, apresenta proporção bastante favorável (0,61). A principal razão da diferença é a descomunal diferença entre ambas em valerem-se do recurso hidrológico, cerca de 23 vezes desfavorável para Balbina quando considerada a vazão pela barragem (11.107 m³/s para Tucuruí / 480 m³/s para Balbina).

- Índice de Sustentabilidade (ESI):

As taxas apresentadas pelas usinas (Balbina 1,55; Tucuruí 22,28) denotam para ambas, sustentabilidade em energia. BROWN & ULGIATI (2002) definem como não sustentáveis sistemas com taxa abaixo de 1 e sustentáveis em longo prazo acima de 5. A diferença de superioridade de Tucuruí em relação a Balbina, na ordem de 15 vezes, encontra explicação no apontado em ELR, posto que a taxa de ESI é o quociente de EYR por ELR.

- Percentual de energia renovável (%R):

Os percentuais de uso de energia oriunda de fontes renováveis, alcançados por Balbina (4,01%) e Tucuruí (62,26%), advêm da fase de operação das usinas,

posto que na implantação 100% dos recursos usados possui caracterização não renovável e oriunda da economia (não foi considerado neste estudo, o enchimento do lago).

Para estabelecer uma concepção mais ampla acerca da representatividade dos indicadores apresentados, a seguir faz-se um comparativo com os indicadores das UHE's Balbina e Tucuruí frente aos de outras opções de produção de eletricidade, por meio de dados da ENEL - *Ente Nazionale per l'Energia Elettrica*, referentes a processos hidráulicos (UHE), eólicos e térmicos (UTE) a gás, óleo e carvão, na produção de energia elétrica na Itália (Tabela 5.5).

Tabela 5.5. Comparativo de valores das UHEs Balbina e Tucuruí, com outros sistemas de produção de eletricidade.

Indicador		UHE			Eólica	UTE - ENEL		
		Balbina	Tucuruí	ENEL	ENEL	Gás	Óleo	Carvão
ELR	Carga Ambiental	23,794	0,61	0,45	0,15	11,78	14,24	10,37
%R	% Renováveis	4,01%	62,26%	68,9%	86,7%	7,8%	6,6%	8,8%
ESI	Sustentabilidade	1,56	22,28	16,90	48,3	0,56	0,30	0,53

Obs.: dados externos obtidos de BROWN & ULGIATI (2002).

Na Tabela 5.5 pode-se constatar frente aos dados da ENEL, na Itália:

- Em relação à usina hidráulica:

Tucuruí apresenta superioridade, porem com menor relação de uso dos recursos renováveis, diferentemente de Balbina que demonstra pior desempenho nos três aspectos comparados.

- Em relação à usina eólica:

Tucuruí apresenta similaridade e maior sustentabilidade, enquanto Balbina apresenta menor eficiência nos três itens comparados.

- Em relação às usinas térmicas:

Tucuruí supera as três formas de geração térmica (gás, óleo e carvão). Balbina só supera em sustentabilidade.

Da análise exposta neste primeiro grupo de indicadores, pode-se reconhecer que os dois sistemas em avaliação apresentam sustentabilidade do ponto de vista da energia, com maior relação de consumo de recursos locais frente aos externos, as perdas centradas na fase de implantação, e a principal diferença de desempenho entre ambas, o baixo aproveitamento hidrológico de Balbina.

Constata-se superioridade de Tucuruí em relação a Balbina, em todos os aspectos.

Verifica-se ainda superioridade Tucuruí frente à UHE italianas, equiparação frente à usina eólica, e superioridade frente às três opções térmicas italianas (gás, óleo e carvão), e menor rendimento de Balbina.

Embora as avaliações por este grupo de indicadores tenham sido conclusivas, elas se centraram nas relações de consumo de recursos. A ampliação da percepção até aqui obtida, é a seguir buscada no Segundo Grupo de Avaliação (Tópico 5.2.2).

5.2.2. Segundo Grupo de Avaliação

Transformidade (Tr)

Inicia-se por avaliar aspectos ligados à Tr. Ela é possivelmente o indicador mais importante da contabilidade em energia, posto que por definição seu valor carrega consigo toda memória energética contida em um sistema.

A Tr já foi definida na Fundamentação Teórica (Tópico 4). Sua álgebra foi apresentada nos preparativos da Tabela 5.1. Seus valores, em relação aos sistemas em estudo, foram levantados na Tabela 5.2. Passa-se agora à discussão dos valores obtidos.

Pescado.

Inicia-se pelo pescado, co-produto de menor representatividade para os sistemas em estudo. Comparativo dos valores da transformidade obtida é apresentada a seguir na Tabela 5.6.

Tabela 5.6. Transformidade do pescado em diferentes sistemas.

Sistema	Transformidade (sej/J)
Balbina	1,60 E12
Tucuruí	2,14 E12
Tilápia em criação tradicional *	8,18 E6
Peixe do mar **	8,00 E6

Obs.: dados de: * *PIEROBOM (2009)*; ** *LEEIA (2002)*.

Comparando a transformidade dos sistemas, observa-se que o pescado do mar e a tilápia de criação tradicional apresentam a mesma grandeza de rendimento, e são cerca de 200 mil vezes mais eficientes que a produção do lago de Balbina, esta por sua vez, com eficiência maior (34%) que o lago de Tucuruí.

Contudo, entende-se que a produção de pescado não foi o objetivo da implantação dos alagamentos, nem de Balbina, nem de Tucuruí. O pescado existe como conseqüente, e sabe-se que o alimento apresenta importância como fonte de subsistência para as populações locais.

Cabe atentar que os números representam cerca de 500 t/ano de alimento obtido do lago de Balbina e mais cerca de 1.400 t/ano a partir do lago de Tucuruí.

Não se têm dados acerca das diferenças de quantidade em função dos cursos originais frente às áreas alagadas, nem se os resultados verificados em Balbina e Tucuruí, sejam ou não, característicos de outros alagamentos hidroelétricos.

Sem se ater a uma análise mais profunda, resta a ideia de que haja espaço para o direcionamento de atenção no sentido de que se viesse obter um maior rendimento da piscicultura em alagamentos hidroelétricos.

Eletricidade.

A presente pesquisa não encontrou dados publicados acerca de transformidade anteriormente levantada na produção de hidroeletricidade no Brasil, além do estudo de *BROWN (1986)*. (O trabalho de Brown, apesar de não publicado é mencionado na publicação de *ODUM (1996)*).

A seguir monta-se um comparativo relacionando os valores de transformidade das usinas em estudo com valores verificados em diferentes usinas no exterior (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 Transformidade de diferentes sistemas de produção de eletricidade.

UHE			Eólica	UTE - ENEL			Eletricidade
Balbina	Tucuruí	ENEL	ENEL	Gás	Óleo	Carvão	Valor médio
5,53 E5	6,49 E4	6,23E4	6,21E4	1,7E5	2,0E5	1,71E5	1,74 E5*

*Obs.: dados de BROWN & ULGIATI (2002); *LEEIA (2002).*

Observa-se por meio da Tabela 5.7 que Balbina demonstra menor eficiência frente a todas as opções comparadas. Tucuruí se equipara, com ligeira desvantagem frente à UHE e à eólica, e superando as demais opções de comparação.

O valor de Tucuruí é mais eficiente que o valor médio do produto, Balbina ao contrário, é mais ineficiente.

Os resultados poderiam ser melhores se ambas brasileiras não carregassem embutida em suas transformidades, o alto custo de depreciação das perdas ocasionadas na implantação.

A diferença verificada entre os valores de Balbina e Tucuruí, entre si, traduz a diferença verificada nas usinas, quanto aos resultados obtidos de seus processos:

- Sistema da UHE Balbina:
 - Energia total incorporada no sistema (em energia) = 3,49 E21 sej / ano
 - Capacidade instalada (em energia) = 6,31 E15 J / ano
 - Relação obtida = $Tr = 5,53 E5 \text{ sej} / J$
- Sistema da UHE Tucuruí:
 - Energia incorporada no sistema (em energia) = 1,33 E22 sej / ano
 - Capacidade instalada (em energia) = 2,05 E17 J/ano
 - Relação obtida = 6,49 E4 se / J

Torna-se sumamente importante destacar, que no presente estudo foi empregado o fator de carga e extraído de BROWN (1986) em seu estudo original de 1986 sobre Tucuruí, montado em 80%, e considerado este para ambas as usinas.

Por falta de devido referenciamento, não foi utilizado um outro valor que aparenta melhor indicar a realidade atual das UHEs na Amazônia.

Esse fator, segundo notas de aula de HUKAI (2009), é avaliado em 55% como média das UHEs brasileiras, e especificamente em 42% como média das UHEs na Amazônia.

Embora ele não tenha sido aplicado, torna-se mister aqui aventá-lo, tanto para efeito de raciocínio como para possíveis bases em pesquisas futuras.

Se considerada a pior hipótese, o fator de carga especificamente verificado na Amazônia (42%), as diferenças quanto aos resultados dos processos de Balbina e Tucuruí, estariam em valores aproximados, traduzindo significativa menor eficiência, e representados por:

- Sistema da UHE Balbina:
 - Relação obtida entre a energia incorporada no sistema e a energia elétrica produzida = $Tr = 1,05 E6 \text{ sej} / J$
- Sistema da UHE Tucuruí:
 - Relação obtida entre a energia incorporada no sistema e a energia elétrica produzida = $Tr = 1,24 E5 \text{ sej} / J$

De toda forma, seja por uma ou por outra base e cálculo, a explicação para as diferenças está associada, por um lado à baixíssima vazão de água propiciada pela barragem de Balbina (média de 480 m/s), em relação ao elevado aproveitamento de Tucuruí (média de 11.107 m/s), e por outro à série de diferentes perdas advindas de cada implantação.

Toda uma somatória de razões interfere nesse resultado. As relações entre as perdas ocasionadas são apresentadas a seguir (Tabela 5.8).

Tabela 5.8. Principais impactos ambientais verificados nos sistemas das UHE Balbina e Tucuruí.

Fluxo do sistema		UHE Balbina			UHE Tucuruí		
		% (1)	% (2)	Energia (sej/ano)	% (1)	% (2)	Energia (sej/ano)
Perda de floresta	N	54,2	50,4	1,76 E21	56,3	17,3	2,30 E21
Perda de solo fértil	N	45,6	42,4	1,48 E21	42,9	13,2	1,75 E21
Perda de acesso a produção mineral	N	< 1	< 1	5,05 E18	< 1	< 1	5,94 E18
Perda por sedimentação	N	< 1	< 1	5,39 E17	< 1	< 1	2,49 E19
Perda por emissões de GEE's	R ₂	< 1	< 1	1,55 E17	< 1	< 1	1,80 E17
Perda por danos sociais	N	< 1	< 1	2,99 E15	< 1	< 1	4,48 E16
Total de perdas		100	93,12	3,25 E21	100	30,7	4,08 E21
Energia total do sistema	Y	-	100	3,49 E21	-	100	1,33 E22

Obs.: (1) = Percentuais em relação ao total de perdas.

(2) = Percentuais em relação ao total dos sistemas.

Por meio da Tabela 5.8 podem ser constatadas, do ponto de vista quantitativo, as relevâncias dos impactos ambientais associados às UHE Balbina e Tucuruí. Os maiores impactos são a perdas de floresta e de solo fértil. As emissões de GEE apresentam relevância menor que 1%, por meio da avaliação sistêmica e quantitativa utilizada. Atente-se à acentuada diferença entre os impactos ocasionados por Balbina (93,12%) e por Tucuruí (30,7%).

Alguns principais fatores, comparativamente entre Balbina e Tucuruí, indicativos de relações entre custos e benefícios, são a seguir apresentados (Tabela 5.9).

Tabela 5.9. Relações entre custos e benefícios verificados nas UHE's Balbina e Tucuruí.

Relações verificadas	Unidade	UHE Balbina	UHE Tucuruí
Razão entre geração elétrica / consumo de combustíveis	sej / sej	3,49 E21 / 1,82 E18 = 1,92 E3	1,33 E22 / 9,17 E18 = 1,45 E3
Razão entre geração elétrica / consumo de recursos renováveis	sej / sej	3,49 E21 / 1,40 E20 = 2,49 E1	1,33 E22 / 8,28 E21 = 1,61 E0
Razão entre geração elétrica / consumo de recursos da economia	sej / sej	3,49 E21 / 9,00 E19 = 3,8 E1	1,33 E22 / 9,45 E20 = 1,4 E1
Razão entre geração elétrica / danos sociais	sej / sej	3,49 E21 / 2,99 E15 = 1,17 E6	1,33 E22 / 4,48 E16 = 2,97 E5
Razão entre geração elétrica / danos ambientais exceto GEEs	sej / sej	3,49 E21 / 3,25 E21 = 1,07 E0	1,33 E22 / 4,08 E21 = 3,26 E0
Razão entre geração elétrica / emissões de GEEs	sej / sej	3,49 E21 / 1,55 E17 = 2,25 E4	1,33 E22 / 1,80 E17 = 7,3 E4
Razão entre potência instalada / área alagada	MW / km ²	250 / 2.360 = 0,10	8.125 / 2.785 = 2,91

A Tabela 5.9 identifica que Tucuruí apresenta superioridade frente a Balbina, com melhores relações de custos x benefícios, excetuados:

- Consumo de combustíveis:
 - A pior relação de Tucuruí, comparativamente, se deve ao maior consumo na fase implantação, a qual compreendeu uma etapa inicial com início de operação e depois uma segunda, de ampliação da capacidade instalada .
- Recursos renováveis:
 - Esta relação de valor favorável a Balbina deve ser observada com reserva, e até desconsiderada. Ela está fincada em um fator de carga teórico de 80%, o que representa um dado não realístico com a prática, conforme já anteriormente

apresentado. Se aplicado um fator de carga mais condizente com a produção realmente obtida, (da ordem de 42%), a relação passaria a ser favorável a Tucuruí na ordem de 58 vezes (4,74 E1 Balbina x 2,76 E3 Tucuruí).

- Recursos da economia:

- A baixa relação de Tucuruí, comparativamente, se deve ao fato de que o custo de implementação da UHE foi cerca de 950% maior que Balbina (US\$ 10,5 bilhões / US\$ 1,0 bilhão). Nesse quesito há de se observar ainda que obras de complementação (eclusas) prosseguem em vias de conclusão, com previsão de encerramento em 2010.

- Danos sociais:

- A ruptura social ocasionada por deslocamentos populacionais necessários à formação do alagamento de Tucuruí foi cerca de 15 vezes maior que Balbina (15.000 / 1.000 pessoas).

Foi levantado na Revisão da Literatura (Tópico 2) que as usinas hidroelétricas são apontadas como responsáveis por alta liberação de GEEs. A seguir é apresentado um comparativo com os valores obtidos neste estudo (Tabela 5.10).

Tabela 5.10. Comparativo da emissão de dióxido de carbono das UHE's Balbina e Tucuruí, com dados da ENEL referentes a geração hidráulica, eólica e térmica na Itália.

Ce liberado / eletricidade produzida	UHE			Eólica	UTE		
	Balbina	Tucuruí	ENEL	ENEL	Gás	Óleo	Carvão
(g/kWh)	1,3 E3	4,6 E1	1,2 E1	3,6 E1	7,6 E2	9,2 E2	1,1 E3

Obs.: dados da ENEL obtidos de BROWN & ULGIATI (2002).

Da tabela 6.5 extrai-se que a liberação de GEEs da UHE Balbina supera todas opções comparadas (polui mais por unidade de energia produzida), exceto a usina térmica a carvão italiana. A UHE Tucuruí, por sua vez, cerca de 28 vezes menos poluente que Balbina, polui menos que as térmicas da ENEL, mas não consegue se equiparar à UHE italiana, esta cerca de quatro vezes menos poluente que Tucuruí.

Esta substancial diferença entre as emissões (Ce em g/kWh), entre Balbina e Tucuruí, é devida a ambas possuírem aproximadamente a mesma área alagada

(2.360 km² Balbina / 2.785 km² Tucuruí), contra resultados de produção acentuadamente diferentes (potência instalada 250 MW Balbina / 8.125 MW Tucuruí).

A seguir passa-se às conclusões extraídas do presente estudo.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho 16 principais fatores, representativos de aplicações, perdas e contribuições, foram avaliados nos dois sistemas de produção de eletricidade estudados, as UHEs Balbina e Tucuruí. As usinas foram escolhidas por se localizarem na Amazônia, região que para o Brasil mais apresenta potencial por explorar, e também por serem citadas como exemplificativas de erro e de sucesso em matéria de empreendimento hidroelétrico.

O objetivo foi o de contabilizar os aspectos mais relevantes da localização, implantação e operação de cada um dos dois sistemas, apontando, qualificando, quantificando, e comparando em cada um, pontos relevantes, referentes a perdas e ganhos socioambientais, de forma a produzir dados que possam ser utilizados por pesquisadores, ambientalistas e tomadores de decisão do setor energético, em suas avaliações e decisões.

O uso da contabilidade em energia permitiu estabelecer uma análise sistêmica, quantificando em mesma unidade comum a energia incorporada nos sistemas e por meio de indicadores e de comparativos possibilitou avaliar os fluxos envolvidos, tanto de natureza econômica, como social e ambiental, confrontando-os entre si e com outros estudos.

Os aspectos mais relevantes da implantação e operação de cada usina foram avaliados por meio do levantamento dos recursos diretos e indiretos aplicados, e dos principais impactos e benefícios causados, em dois grupos de análise.

6.1. Aproveitamento dos Recursos

Por meio deste primeiro grupo, com ênfase associada ao aproveitamento dos recursos, obtiveram-se as relações sobre origens e consumos, permitindo quantificar que:

Para Balbina, os valores mais elevados dos recursos contabilizados foram: origem não renovável: 93,24%; origem renovável: 4,02%; origem da economia: 2,74%; e origem dos sistemas ambientais para diluição de emissões de GEEs: 0,0044%

Já para Tucuruí, a relação de consumo se apresentou diferente: origem renovável: 62,07%; origem não renovável: 30,59%; origem da economia: 7,34%; origem dos sistemas ambientais para diluição de emissões de GEEs: 0,0013%

O cálculo de indicadores (EYR; EIR; ELR; ESI; %R) permitiu esclarecer que as diferenças apuradas estão associadas à depreciação dos danos causados na implantação, em paralelo à descomunal diferença obtida da operação (potência de 250MW Balbina, e 8.125 MW Tucuruí).

Pôde-se reconhecer que os dois sistemas em avaliação apresentam sustentabilidade do ponto de vista da emergência, ainda que com Balbina apresentando estresse ao meio ambiente.

Apurou-se maior relação de consumo de recursos locais frente aos externos, as perdas centradas na fase de implantação, e a principal diferença de desempenho entre ambas, o baixo aproveitamento hidrológico de Balbina.

Comparações efetuadas constataram superioridade de Tucuruí em relação a Balbina, em todos os aspectos.

Com outros sistemas (diferentes formas de usinas elétricas na Itália), verificou-se superioridade Tucuruí frente à UHE, equiparação frente à usina eólica, e superioridade frente a três opções térmicas (gás, óleo e carvão). Menor rendimento foi constatado para Balbina.

6.2. Custos e Benefícios

O segundo grupo de análise estabeleceu as relações entre os custos e benefícios.

Os fatores de transformidade (Tr) apurados, para Balbina (5,53 E5) e para Tucuruí (6,49 E4), indicaram maior eficiência de Tucuruí em relação a Balbina. Comparativos com outros sistemas indicaram vantagem de Tucuruí frente à média do setor de eletricidade e a opções térmicas. Balbina ao contrário, se mostrou ineficiente.

Cabe destacar que os comparativos foram efetuados considerando um fator de carga de 80%. Se considerado o fator aventado como existente na Amazônia (42%), os resultados estariam traduzindo menor eficiência.

A relação entre custos e benefícios confirmou que a explicação para as diferenças entre Balbina e Tucuruí está associada, por um lado à baixíssima vazão de água propiciada pela barragem de Balbina (média de 480 m/s), em relação ao elevado aproveitamento de Tucuruí (média de 11.107 m/s), e por outro à série de diferentes perdas advindas de cada implantação.

Com relação aos impactos causados, em ambas as usinas foi verificado que os maiores são de natureza ambiental (do ponto de vista quantitativo) e representados por perdas de floresta e de solo fértil. Constatou-se acentuada diferença entre os impactos ocasionados por Balbina (93,12% do consumo de recursos) e por Tucuruí (30,7% do consumo de recursos).

Detalhamento dos quocientes entre custos x benefícios apresentou superioridade de Tucuruí frente a Balbina, excetuados mais expressivamente o consumo de recursos da economia (Balbina US\$ 1,0 bilhão / Tucuruí US\$ 10,5 bilhões: 950% maior) e os danos por ruptura social (Balbina 1.000 pessoas / Tucuruí 15.000 pessoas: 15 vezes maior).

O trabalho da natureza (R_2) na diluição das emissões de GEEs se apresentou, em ambas as usinas, com relevância menor de 1% dos seus respectivos consumos de recursos, em termos sistêmicos.

Contudo, em termos de valor de emissão por unidade de energia gerada (g / kWh), as emissões de Balbina superaram todos comparativos efetuados, exceto a opção térmica a carvão. Tucuruí mostrou-se cerca de 28 vezes menos poluente que Balbina. Esta substancial diferença entre as emissões, é devida a ambas possuírem aproximadamente a mesma área alagada (2.360 km² Balbina / 2.785 km² Tucuruí), contra resultados de produção acentuadamente diferentes (potência instalada 250 MW Balbina / 8.125 MW Tucuruí).

O resultado da análise sistêmica apontou que os maiores impactos, de Balbina e Tucuruí, originaram-se da implantação, representados por perda de floresta e de solo fértil (sistemicamente as emissões representaram menos de 1%). A maior causa de diferença entre os resultados das usinas ficou definida como função da diferença entre os volumes de energia gerada por cada usina.

6.3. Considerações Finais

Tornou-se conclusivo, por meio dos dois grupos de análise, que no planejamento de empreendimentos hidroelétricos futuros na Amazônia, as atenções devem dirigir-se à relação entre a fase de implantação (visto ser esta a central dos danos oriundos, e onde o ponto principal se mostrou a prévia retirada da mata da área a ser alagada) e o volume de produção de eletricidade a ser obtido.

Mas invariavelmente haverá prejuízo socioambiental. Em termos de hidrogeração, o fator preponderante de decisão se mostrou calcado em previamente se estabelecer o caráter da relação entre os danos advindos frente aos benefícios gerados pela eletricidade a ser obtida.

O prévio estabelecimento desta relação, não está ainda explicitamente incluso no processo de licenciamento ambiental de hidroelétricas (ANEXO B - Sumário das etapas de Planejamento e Licenciamento Ambiental de usinas hidroelétricas). Por outro lado viria de encontro ao preconizado pela Comissão Mundial de Barragens (ANEXO A – Recomendações selecionadas pela WCD (2000) para as principais partes envolvidas no debate sobre barragens), e possivelmente dirimiria a lacuna entre grupos favoráveis e contrários (ANEXO C.- Argumentos favoráveis e opositores a UHEs).

Resta pensar como estariam as regiões de Manaus (UHE Balbina) e de Tucuruí (UHE Tucuruí), sem as respectivas usinas. Trata-se de questão que extrapola cada usina em si, e que engloba o desenvolvimento objetivado ou requerido para essas sociedades regionais, bem como sua relação com o uso preservado do meio ambiente. Representa buscar o entendimento de como esse enlace possa ser possível.

Por fim, há de se observar que no presente, a disponibilidade hídrica da Amazônia supera sua necessidade regional de consumo. Antes da introdução de novos empreendimentos em valor muito acima desse patamar, é necessário buscar conhecer se as perdas da transmissão a outras regiões do país, constituem-se ou não maiores que as perdas representadas por usinas próximas aos locais de consumo, por exemplo, as térmicas de última geração, a gás.

REFERÊNCIAS CITADAS

AMAZONAS, M. C. *Valor e meio ambiente: elementos para uma abordagem evolucionista*. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2001.

BARRELLA, F. A., ALMEIDA, C. M. V. B., GIANETI, B. F. *Ferramenta para a tomada de decisão*. Revista Produção, v. 15, n. 1, p. 087-101, Jan./Abr. 2005.

BERMANN, Célio. *Energia no Brasil: para que? para quem?. Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Editora Livraria da Física - FASE, 2003.

BERGAMINI Jr., S. Contabilidade e riscos ambientais. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, nº 11, 1999.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Informações Técnicas. Legislação*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 14.07.2009.

BRASIL. ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S/A. *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios brasileiros: relatório final*. Publicação. Luiz Pinguelli Rosa, coordenador. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2000.

BRASIL. Eletrobrás. DEA – Centrais Elétricas Brasileiras S/A. Departamento de Engenharia e Meio Ambiente. *Metodologia de valoração das externalidades ambientais da geração hidrelétrica e termelétrica com vistas à sua incorporação no planejamento de longo prazo do setor elétrico*. Rio de Janeiro: Eletrobrás. DEA, 2000.

BRASIL. Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. *Usina Hidrelétrica Tucuruí: Memória Técnica*. Diretoria Técnica (DT), Departamento de Projetos (TPR), Projeto Memória. Brasília: Eletronorte, 1989.

BRASIL. Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. *Usina Hidrelétrica Tucuruí*. Arquivo eletrônico: Geração de energia. Brasília, 2008. Disponível em <<http://www.eln.gov.br>>. Acesso em: 08.05.2008.

BRASIL. EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008 – 2017*. Sumário executivo. Brasília: EPE, 2008.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Banco de dados*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 15.09.2009.

Referências

BRASIL. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Climatologia*. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 16.10.2009.

BRASIL. MC – Ministério das Cidades. *Perfil Municipal – Tucuruí (PA)*. Arquivo eletrônico: Geográfico – Perfil do município. Brasília, 2008. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 29.06.2008.

BRASIL. MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Parcerias Estratégicas nº. 12, Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia*. Brasília: MCT, 2001.

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Colegiados*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 15.09.2009.

BRASIL. MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balço Energético Nacional 2007: Ano base 2006*. Relatório final. Ministério de Minas e Energia / EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2007.

BRASIL. MT – MINISTÉRIO DO TRANSPORTES. AHIMOR – Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental. *Eclusas de Tucuruí*. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em 30.06.2009.

BROWN, M. T. *Energy analysis of the hydroelectric dam near Tucuruí*. P. 82-91 de Energy Systems Overview of the Amazon Basin., editado por Howard T. Odum, Mark T. Brown e Robert A. Christianson. Relatório para a Fundação Cousteau. Center for Wetlands, University of Florida. Gainesville, 1986.

BROWN, M. T.; McCLANAHAN, T. R. *Emergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals*. Ecological Modelling 91, p. 105-130. 1996.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. *Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems*. Journal of Cleaner Production 10, p. 321-334. 2002.

CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens. *UHE Balbina, Ficha Técnica*. Disponível em: <[HTTP://www.cbdb.org.br/site/bdados.asp?str_cod=273](http://www.cbdb.org.br/site/bdados.asp?str_cod=273)>. Acesso em 19.11.2008.

CENTE/UFV – Centro Tecnológico de Desenvolvimento da Universidade Federal de Viçosa. *Portal do agro negócio*. Disponível em:

Referências

<<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=7292>>. Acesso em 05.01.2010.

CEPA-IFUSP – Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. *Balbina a hidroelétrica que não deu certo*. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia>>. Acesso em 02.11.2008.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios*. Publicação. Brasília: CNI, 2007. Disponível em: <<http://www.cni.org.br>>. Acesso em 15.04.2008.

COELHO, O; ORTEGA, E; COMAR, V. *Balanço de energia do Brasil*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp. Campinas, 2002.

COELHO, S. T. *Amazônia Desafios e Oportunidades*. Revista Brasileira de Bioenergia nº. 5. 2009.

FEARNSIDE, P. M. *A Hidrelétrica de Balbina: o faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia*. São Paulo: IAMÁ – Instituto de Antropologia e Meio Ambiente, 1990.

FEARNSIDE, P. M. *Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia*. Environmental Management 27, p. 377-396. 2001.

FEITOSA, G. S.; GRAÇA, P. M. L. A.; FEARNSIDE, P. M. *Estimativa da zona de deplecionamento da hidrelétrica de Balbina por técnica de sensoriamento remoto*. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007.

FIGUEIREDO, A. M. & LIXA, L. M. *Hidroeletricidade, um panorama das questões ambientais, sociais e econômicas que envolvem a geração de energia*. Monografia (Especialização). Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FREITAS, C. E. C. *Recursos Pesqueiros Amazônicos: Status Atual da Exploração e Perspectivas de Desenvolvimento do Extrativismo e da Piscicultura*. Departamento de Ciências Pesqueiras da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas. Matéria disponível sem dados de publicação. 2001.

GERAQUE, E. *Geólogo data nascimento do Amazonas*. Matéria. Folha de São Paulo, p. A 17. 02.07.2009.

Referências

GHILARD JR., Rubens. *Sustentabilidade de Grandes Barragens: adequação das recomendações da Comissão Mundial de Barragens ao planejamento de hidrelétricas no Brasil e ao Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (PA)*. 248 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

GIANETTI, B. F.; NEIS, A. M.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. *Decisões e Sustentabilidade Ambiental, cap. 19, p. 315-336. Qualidade e Competência nas decisões*. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto, coordenador. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

GIANETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. *Produção e Meio Ambiente I, e VI*. Material e notas de aulas do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista. São Paulo, 2008.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Material e notas de aula da disciplina acima, do PPGE - Programa de Pós Graduação em Energia do IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 3º Quadrimestre de 2009.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. São Paulo: Edusp, 2003. 2ª. ed.

GOODLAND, Robert. *Environmental Sustainability in the Hydro Industry: Disaggregating the Debate*. In: Large Dams: learning from the past looking at the future. Workshop Proceedings. IUCN e The World Bank. Gland, Suíça, 11 e 12 de Abril de 1997

HUKAI, R. *Avaliação de Projetos de Geração e Usos Finais de Energia*. Material e notas de aula da disciplina acima, do PPGE - Programa de Pós Graduação em Energia do IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 3º Quadrimestre de 2009.

ISA – Instituto Socioambiental. *Amazônia Brasileira 2007*. Mapa socioambiental. São Paulo: ISA, 2007.

KANG, D., PARK, S. S. *Emergy evaluation perspectives of a multipurpose dam proposal in Korea*. Journal of Environmental Management 66, p. 293-306. 2002.

Referências

LEEIA – Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. *Tabela de Transformidades*. Arquivo eletrônico: Tabela – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp. Campinas, 2002. Disponível em <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/index.htm>>. Acesso em: 08.05.2008.

LOURENÇO, L. *Usina de Balbina é dez vezes pior para efeito estufa que termelétrica, estima pesquisador*. Matéria de reportagem de 02.11.2007. Agência Brasil, da EBC – Empresa Brasil de Comunicação. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias>>. Acesso em 15.08.2008.

MARTINS, J. M.; BELLO, L. R.; OLIVEIRA, H. R. *Contabilidade ambiental: um estudo sobre sua importância e aplicabilidade em indústrias estabelecidas no Espírito Santo*. XVIII Convenção dos Contabilistas do Estado do Espírito Santo. Colatina, 2005.

MATAI, P. L. dos S. *Combustíveis, suas Propriedades e Usos*. Material e notas de aula da disciplina acima, do PPGE - Programa de Pós Graduação em Energia do IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2º Quadrimestre de 2009.

MATOS, F. D. de A. e KIRSCHNER, F. F. *Estimativa de biomassa da floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central com o satélite Ikonos II*. Floresta, v. 38 n. 1. Curitiba, 2008.

MOTA, J. A.; BURSZTIN, M. *A valoração de insumo-produto*. VII Encontro Nacional da ECOECO. Mesa 1: Trabalhos completos. Fortaleza, 2007.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *Banco de imagens*. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/>>. Acesso em 03.07.2008.

ODUM, H. T. *Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making*. New York: Ed. John Wiley & Sons Ltd., 1996.

OESP, Redação. *Matéria de reportagem*. Jornal O Estado de São Paulo, edição 13.07.2008, p. B7.

PEIXOTO, F. *A Amazônia em números*. Agência BBC Brasil de Notícias. 22.07.2009. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk>>. Acesso em 30.07.2009

Referências

PIEROBOM, J. L. *Estudo da sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de produção de tilápias*. Dissertação (mestrado). Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista. São Paulo, 2009.

PETREIRE, M. *As Comunidades Humanas Ribeirinhas da Amazônia e suas Transformações Sociais*. IV Encontro de Ciências Sociais e o Mar no Brasil. Anais. p. 31-68. São Paulo, 1992.

PMI – Project Management Institute. *PMBOK Guide - Guide to the Project Management Body of Knowledge (Guia PMBOK – Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos)*. Pensilvânia: PMI, 2009.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Elaborado em 2000. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em 30.06.2009.

REZENDE, L. P. *Participação e estruturas de oportunidades políticas no licenciamento ambiental de barragens hidrelétricas: um estudo comparativo dos casos da UHE Cachoeira da Providência e UHE Fumaça - MG*. Dissertação (Mestrado). Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

ROSA, L. P. *Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear*. Revista Estudos Avançados nº 59. IEA-USP – Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

SALATI, E.; SANTOS, A. A. dos, KLABIN, I. *Temas Ambientais Mais Relevantes para o Brasil na Atualidade e num futuro Próximo*. Revista Estudos Avançados, nº. 56. IEA-USP, São Paulo. 2006.

SANTOS, A. O.; SILVA, F. B.; SOUZA, S; SOUZA, M. F. R. *Contabilidade Ambiental: Um Estudo sobre sua Aplicabilidade em Empresas Brasileiras*. Revista Contabilidade e Finanças, v. 16, nº. 27: p. 89-99. FIPECAFI – FEA – USP, São Paulo. 2001.

SANTOS, E. M. dos. *Introdução ao Petróleo e Gás Natural*. Material e notas de aula da disciplina acima, do PPGE - Programa de Pós Graduação em Energia do IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1º Quadrimestre de 2009.

Referências

- SANTOS, G. M.; JEGÚ, M. dos. *Inventário Taxomônico dos Anostomídeos (Pisces, Anostomidae) da Bacia do Rio Uatumã – AM, Brasil, com Descrição de Duas Espécies Novas*. Acta Amazônica 26(3): p. 151-184. 1996.
- SANTOS, G. M.; OLIVEIRA Jr., A. B. *A Pesca no Reservatório da Hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil)*. Acta Amazônica 29 (1): p. 145-163. 1999.
- SANTOS, B. A. *Recursos Minerais da Amazônia*. Revista Estudos Avançados, nº. 45. IEA-USP, São Paulo. 2002.
- SHAAN, D. *Arqueologia dos povos da Amazônia*. Guia RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <<http://www.rnp.br/noticias/2007/not-070717-coord04.html>>. Acesso em 29.07.2009.
- SILVA, C. C. da. *Estudo de caso de sistemas de tratamento de efluentes domésticos com o uso de indicadores ambientais*. Dissertação (Mestrado) Universidade Paulista, São Paulo, 2006.
- SINISGALLI, P. A. A. *Valoração dos danos ambientais de hidrelétricas. Estudo de caso*. 213 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- SOUZA, M. *Breve História da Amazônia*. São Paulo: Ed. Marco Zero, 1994.
- TILLEY, D. R.; COMAR, V. *Emergy-based Simulation to Assess Brazil's Long-term Carrying Capacity: Environment, Electricity and Population*. Population and Environment 27, p. 307–326. 2006.
- UFRJ – Universidade Federal de Juiz de Fora. *UFJF comemora os 120 anos da usina de Marmelos*. Matéria da Diretoria de Comunicação. Disponível em <<http://www.ufjf.br/dircom/2009/09/02>>. Acesso em 12.10.2009.
- ULGIATI, S.; BROWN, M. T. *Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions, the case of electricity production*. Journal of Cleaner Production 10, p 335-348. 2002.
- WCD – World Commission on Dams. *Barragens e Desenvolvimento: Um Novo Modelo para a Tomada de Decisões*. Relatório da Comissão Mundial de Barragens. Carlos Afonso Malferrari, tradutor. WCD: Gland (Suiça), 2000.

Referências

WITTMANN, D.; BONILLA, S. H. *Determination of Relevant Environmental Impacts and Benefits Caused by Balbina Hydropower at Amazon*. 2nd. International Workshop Advances in Cleaner Production. Universidade Paulista. São Paulo, 2008.

WITTMANN, D.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANETTI, B. F., *Em pauta: "Energy Analysis of a Hydroelectric Dam near Tucuruí"*, duas décadas depois. XV Simpósio de Engenharia de Produção. Universidade Estadual de São Paulo. Bauru, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Inventário dos dados dos sistemas das UHE's Balbina e Tucuruí

Inventário A.1. Dados do sistema da UHE Balbina.

#	Fluxo	Dado	Valor	Unidade	p.	Referência
Fase de implantação (consumo de recursos)						
1	Danos sociais	Habitante	1.000	Número	49	FEARNSIDE (1990)
2	Recursos da economia	Moeda	1,0 E9	US\$	46	FEARNSIDE (1990)
3	Aço estrutural	Aço.	4,59 E4	t	46	Obs. 1 - WITTMANN & BONILLA (2008)
4	Concreto	Concreto	4,16 E5	m ³	46	Obs. 1 - WITTMANN & BONILLA (2008)
5	Perda de solo fértil	Matéria orgânica (C)	8.000	t / km ²	-	Obs. 2 - BROWN (1986)
6	Combustíveis	Combustível	2,67 E7	l	46	Obs. 1 - WITTMANN & BONILLA (2008)
7	Perda de floresta	Biomassa	5,17 E4	t / km ²	47	BERMAN (2003)
8	Perda de produção mineral	Energia	2 E8	kcal / ha . ano	-	Obs. 2 - BROWN (1986)
Fase de operação (consumo de recursos)						
9	Operação e manutenção	Moeda	1% de 1,0 E9	US\$ / ano	46/ 54	FEARNSIDE (1990) / WCD (2000)
10	Perda de sedimentos	Carga	15	g / m ³	45	SANTOS & JEGU (1996)
11	Energia do rio	Vazão . altura	480 . 23,85	m ³ / s . m	46	CBDB (2008)
12	Energia da chuva	Vazão . energia	480 . 5,0	m ³ . J/g	42	Obs. 3 - ELETRONRTE (2008)
13	Energia do vento para diluição de GEE's	Emissão (Ce)	2,83 E6	t / ano	47	Calculado de BERMAN (2003)
14	Energia do sol	Insolação	155,2	kcal/ cm ² . ano	41	SALATI, SANTOS e KLABIN (2006)
Produtos obtidos						
15	Eletricidade	Potência	250	MW	46	FEARNSIDE (1990)
16	Pescados	Energia	5,2 E5	kcal / ano	50	SANTOS e OLIVEIRA Jr. (1999)

Observações referentes ao Inventário A.1:

Genérica: a coluna “p.” indica a página, deste estudo, onde se encontram explanados os dados colhidos.

Obs. 1 – Por falta de melhores dados disponíveis, dados originalmente apresentados por WCD (2000), foram complementados via relações percentuais a partir da barragem da UHE Tucuruí, por WITTMANN & BONILLA (2008).

Obs. 2 – Não foram encontrados dados acerca da camada de solo fértil (*top soil*), e do acesso a recursos minerais, perdidos via a inundação do lago. Os valores utilizados são os de BROWN (1986) em seu estudo sobre Tucuruí. Permitiu-se a extrapolação levando-se em conta que ambas as usinas estão inseridas em mesma região geográfica, com similares: formação geológica, clima e vegetação.

Obs. 3 – Simulações apontaram que o melhor resultado de cálculo é alcançado com o uso da relação entre o fluxo da água e a energia da chuva nele contida. O valor da energia foi extraído de BROWN (1986). Confrontos foram feitos com BROWN & McCLANAHAN (1996), BROWN & ULGIATI (2002), KANG & PARK (2002), ODUM (1996), e ULGIATI & BROWN (2002).

Apêndices

Inventário A.2. Dados do sistema da UHE Tucuruí.

#	Fluxo	Dado	Valor	Unidade	p.	Referência
Fase de implantação (consumo de recursos)						
1	Danos sociais	Habitante	15.000	Número	56	FEARNSIDE (2001)
2	Recursos da economia	Moeda	1,05 E10	US\$	54	WCD (2000)
3	Aço estrutural	Aço	3,34 E5	t	54	Obs. 1 - WITTMANN <i>et. al</i> (2008)
4	Concreto	Concreto	3,03 E6	m ³	54	Obs. 1 - WITTMANN <i>et. al</i> (2008)
5	Perda de solo fértil	Matéria orgânica (C)	8,0 E3	t /km ²		Obs. 2 - BROWN (1986)
6	Combustíveis	Combustível	1,35 E8	l	54	Obs. 1 - WITTMANN <i>et. al</i> (2008)
7	Perda de floresta	Biomassa	5,17 E4	t/km ²	55	BERMAN (2003)
8	Perda de produção mineral	Energia	2 E8	kcal/ha . ano	54	Obs. 2 - BROWN (1986)
Fase de operação (consumo de recursos)						
9	Operação e manutenção	Moeda	1% de 1,05 E10	US\$/ano	54	WCD (2000)
10	Perda de sedimentos	Carga	30	g / m ³	52	BROWN (1986)
11	Energia do rio	Vazão . altura	11.107 . 60,8	m ³ /s . m	54	ELETRONORTE (1989)
12	Energia da chuva	Vazão . energia	11.107 . 5,0	m ³ . J/g	51	Obs. 3 ELETRONORTE (1989)
13	Energia do vento para diluição de GEE's	Emissão (Ce)	3,27 E6	t/ano	56	BERMAN (2003)
14	Energia do sol	Insolação	155,2	kcal/ cm ² . ano	41	SALATI, SANTOS e KLABIN (2006)
Produtos obtidos						
15	Eletricidade	Potência	8.125	MW	54	(ELETRONORTE (2008)
16	Pescados	Energia	1,48 E6	kcal / ano	57	PETRERE (1992)

Observações referentes ao Inventário A2:

Genérica: a coluna “p.” indica a página, deste estudo, onde se encontram explanados os dados colhidos.

Apêndices

Obs. 1 – Por falta de melhores dados disponíveis, dados originalmente apresentados por BROWN (1986), e por LaROVERE & MENDES, (2000), foram compilados por WITTMANN *et. al* (2008).

Obs. 2 – Não foram encontrados dados acerca da camada de solo fértil (*top soil*), e do acesso a recursos minerais, perdidos via a inundação do lago. Os valores utilizados são de BROWN (1986) em seu estudo sobre Tucuruí.

Obs. 3 – Simula es apontaram que o melhor resultado de cáculo   alcançado com o uso da rela o entre o fluxo da água e a energia da chuva nele contida. O valor da energia foi extraído de BROWN (1986). Confrontos foram feitos com BROWN & McCLANAHAN (1996), BROWN & ULGIATI (2002), KANG & PARK (2002), ODUM (1996), e ULGIATI & BROWN (2002). Explicativo detalhado no APÊNDICE - D.

APÊNDICE B – Memoriais do cálculo de energia da Tabela 5.1

Memorial B.1. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Balbina

1 - Danos sociais (ruptura social) devidos a deslocamento de populações:

Número de pessoas 1.000 (FEARNSIDE, 1990); tempo de geração 30 anos (BROWN & Mc CLANAHAN, 1996).

$1.000 \times 30 \text{ anos} / 50 \text{ anos} = 600 \text{ pessoas} / \text{ano}$

2 - Recursos da economia:

Custo total $1,0 \text{ E}9 \text{ US\$}$ (FEARNSIDE, 1990) / 50 anos = $\text{US\$ } 2,0 \text{ E}7 / \text{ano}$

3 - Aço estrutural consumido:

$4,59 \text{ E}4 \text{ t}$ (WITTMANN & BONILLA, 2008); energia $2,2 \text{ E}4 \text{ kcal/t}$ (BROWN, 1986)

$4,59 \text{ E}4 \text{ t} \times 2,2 \text{ E}4 \text{ kcal/t} \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 8,46 \text{ E}10 \text{ J} / \text{ano}$

4 - Concreto consumido:

$4,16 \text{ E}5 \text{ m}^3$ (WITTMANN & BONILLA, 2008); energia $1,1 \text{ E}3 \text{ kcal/m}^3$ (BROWN, 1986).

$4,16 \text{ E}5 \text{ m}^3 \times 1,1 \text{ E}3 \text{ Kcal/m}^3 \times 4.186 \text{ J/Kcal} / 50 \text{ anos} = 3,83 \text{ E}10 \text{ J} / \text{ano}$

5 - Perda de solo fértil:

Matéria orgânica (carbono) $8.000 \text{ t C} / \text{km}^2$ (BROWN, 1986); energia 9 kcal/g (BROWN, 1986); área 2.360 km^2 (FEARNSIDE, 1990).

$8.000 \text{ t C/km}^2 \times 1\text{E}6 \times 9 \text{ kcal/g C} \times 2.360 \text{ km}^2 \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 1,42 \text{ E}16 \text{ J} / \text{ano}$

6 - Combustíveis consumidos:

$2,67 \text{ E}7 \text{ l}$ energia $9,1 \text{ E}3 \text{ kcal/l}$ (BROWN, 1986)

$2,67 \text{ E}7 \text{ l} \times 9,1 \text{ E}3 \text{ kcal/l} \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 2,04 \text{ E}13 \text{ J} / \text{ano}$

7 - Perda de floresta:

Área 2.360 km^2 ; Volume por área $5,17 \text{ E}4 \text{ t} / \text{km}^2$ (BERMAN, 2003); Energia $9,86 \text{ E}9 \text{ J/m}^3$ (FEARNSIDE, 1990); densidade $0,6635$ (MATOS & KIRSCHNER, 2008)

$2.360 \text{ km}^2 \times 5,17 \text{ E}4 \text{ t} / \text{km}^2 \times 9,86 \text{ E}9 \text{ J/m}^3 / 0,6635 / 50 \text{ anos} = 3,27 \text{ E}16 \text{ J} / \text{ano}$

Apêndices

8 - Perda de acesso à extração de recursos minerais devido à inundação:

Energia 2 E8 kcal/ha.ano (BROWN, 1986); área 2.360 km²

$2 \text{ E8 kcal/ha.ano} \times 100 \text{ ha/km}^2 \times 2.360 \text{ km}^2 \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 3,96 \text{ E15 J / ano}$

9 - Operação e manutenção:

Custo 1% ao ano (WCD, 2000) de 1,0 E9 US\$. (FEARNSIDE, 1990)

$0,01 \times 1,0 \text{ E9 US\$} = 1,0 \text{ E7 US\$ / ano}$

10 - Perda por sedimentação:

Carga de sedimento 15g/m³ (SANTOS E JEGU, 1996). Vazão 480 m³/s (FEARNSIDE, 1990),

Energia 0,0054 kcal/g (BROWN & Mc CLANAHAN, 1996).

$15\text{g/m}^3 \times 0,0054 \text{ kcal/g} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 480 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,15 \text{ E7 s/ano} = 5,13 \text{ E12 J / ano}$

11 - Energia geopotencial do rio:

Vazão 480 m³/s (CBDB, 2008); queda vertical 23,85 m (CBDB, 2008).

$480 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,15576 \text{ E7 s/ano} \times 1 \text{ E3 kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 23,85 \text{ m} = 3,54 \text{ E15 J / ano}$

12 - Energia químico-potencial da chuva:

Fluxo 480 m³/s (ELETRONORTE (1989); energia 5,0 J/g (BROWN, 1986):

$480 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,0 \text{ J/g} \times 1 \text{ E6 g/m}^3 \times 3,15576 \text{ E7 s/ano} = 7,57 \text{ E16 J / ano}$

13 - Energia cinética do vento para diluição de Ce:

Emissões poluentes Ce (CO₂ e CH₄) 2,83 E6 t/ano (a partir de BERMAN, 2003); concentração natural 367 ppm (3,67 E-4 kg/kg de ar) (SILVA, 2006). Energia Cinética do ar = $1 / 2 \times \text{poluente} / \text{concentração natural} \times (\text{velocidade do vento})^2$ (id. 2006)

$0,5 \times 2,83 \text{ E6 kg/ano} \times 1.000 \text{ kg/t} / 3,67 \text{ E-4 kg /kg} \times (4 \text{ m/s})^2 = 6,17 \text{ E13 J / ano}$

14 - Energia do sol:

Apêndices

Insolação 155,2 kcal/cm² (SALATI, SANTOS E KLABIN, 2006) e área 7,06 E4 km² (Eletronorte, 2008)

$7,06 \text{ E4 km}^2 \times 1 \text{ E10 cm}^2 \times 155,2 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{ano} \times 4.186 \text{ J/kcal} = 4,60 \text{ E20 J / ano}$

15 – Produção de eletricidade:

Capacidade 250 MW (FEARNSIDE, 1990); fator de carga máxima 80% (BROWN, 1986),

$250 \text{ MW} \times 1 \text{ E3} \times 0,8 \times 8,76 \text{ E3 h/ano} \times 3,6 \text{ E6 J/kWh} = 6,31 \text{ E15 J / ano}$

16 - Produção aquática:

Produção 5,2 E5 kcal / ano (SANTOS & OLIVEIRA Jr., 1999).

$5,2 \text{ E5 kcal/ano} \times 4.186 \text{ J/kcal} = 2,18 \text{ E9 J / ano}$

Apêndices

Memorial B2. Cálculos da Tabela 5.1; referentes à UHE Tucuruí

1 - Danos sociais (ruptura social) devidos a deslocamento de populações:

Número de pessoas 15.000 (FEARNSIDE, 1990). Tempo de regeneração 30 anos (BROWN, M. T.; Mc CLANAHAN, T. R.).

$$15.000 \times 30 \text{ anos} / 50 \text{ anos} = 9.000 \text{ pessoas} / \text{ano}$$

2 - Recursos da economia:

$$\text{Custo total } 1,05 \text{ E}10 \text{ US\$ (WCD, 2000)} / 50 \text{ anos} = 2,10 \text{ E}8 \text{ US\$} / \text{ano}$$

3 - Aço estrutural:

3,34 E5 t; energia 2,2 E4 kcal/t (WITTMANN *et. al* 2008)

$$3,34 \text{ E}5 \times 2,2 \text{ E}4 \text{ kcal/t} \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 6,16 \text{ E}11 \text{ J} / \text{ano}$$

4 - Concreto consumido:

3,03 E6 m3 (WITTMANN *et. al* 2008), energia 1,1 E3 kcal/m3 (BROWN, 1986)

$$3,03 \text{ E}6 \text{ m}^3 \times 1,1 \text{ E}3 \text{ Kcal/m}^3 \times 4.186 \text{ J/Kcal} / 50 \text{ anos} = 2,80 \text{ E}11 \text{ J} / \text{ano}$$

5 - Perda de solo fértil:

Matéria orgânica (carbono) 8.000 t C / km² (BROWN, 1986); energia 9 kcal/g C / 50 anos Área 2.785 km² (ELETRONORTE, 1989).

$$8.000 \text{ t C/km}^2 \times 1\text{E}6 \times 9 \text{ kcal/g C} \times 2.785 \text{ km}^2 \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 1,68 \text{ E}16 \text{ J} / \text{ano}$$

6 - Combustíveis consumidos:

1,35 E8 l (WITTMANN *et. al* 2008); Energia 9,1 E3 kcal/l (BROWN, 1986).

$$1,35 \text{ E}8 \text{ l} \times 9,1 \text{ E}3 \text{ kcal/l} \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 1,03 \text{ E}14 \text{ J} / \text{ano}$$

7 - Perda de floresta:

Área 2.785 km²; volume por área 5,17 E4 t / km² (BERMAN, 2003); energia 9,86 E9 J/m³ (FEARNSIDE, 1990); densidade 0,6635 (MATOS & KIRSCHNER, 2008)

$$2.785 \text{ km}^2 \times 5,17 \text{ E}4 \text{ t} / \text{km}^2 \times 9,86 \text{ E}9 \text{ J/m}^3 / 0,6635 / 50 \text{ anos} = 4,28 \text{ E}16 \text{ J} / \text{ano}$$

8 - Perda de acesso à extração de recursos minerais devido à inundação:

Apêndices

Energia 2 E8 kcal/ha.ano (BROWN, 1986); área 2.785 km²

$2 \text{ E8 kcal/ha.ano} \times 100 \text{ ha/km}^2 \times 2.785 \text{ km}^2 \times 4.186 \text{ J/kcal} / 50 \text{ anos} = 4,68 \text{ E15 J / ano}$

9 - Operação e manutenção:

Custo de 1% ao ano (WCD, 2000) de 1,0 E10 US\$ (WCD, 2000)

$0,01 \times 1,05 \text{ E10 US\$} = 1,05 \text{ E8 US\$ / ano}$

10 - Perda por sedimentação:

Carga de sedimento 30g/m³ (BROWN, 1986). Vazão 11.107 m³/s (ELETRONORTE, 1989). Energia 0,0054 kcal/g (BROWN & Mc CLANAHAN, 1996).

$30\text{g/m}^3 \times 0,0054 \text{ kcal/g} \times 4.186 \text{ J/kcal} \times 11.107 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,15 \text{ E7 s/ano} = 2,37 \text{ E14 J / ano}$

11 - Energia geopotencial do rio:

Vazão 11.107 m³/s (ELETRONORTE, 1989) e queda vertical 60,8 m (ELETRONORTE, 1989).

$11.107 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,15576 \text{ E7 s/ano} \times 1 \text{ E3 kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 60,8 \text{ m} = 2,09 \text{ E17 J / ano}$

12 - Energia químico-potencial da chuva:

Fluxo 11.107 m³/s (ELETRONORTE, 1989); energia 5,0 J/g (BROWN, 1986):

$11.107 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,0 \text{ J/g} \times 1 \text{ E6 g/m}^3 \times 3,15576 \text{ E7 s/ano} = 1,75 \text{ E18 J / ano}$

13 - Energia cinética do vento para diluição de Ce:

Emissões poluentes Ce (CO₂ e CH₄) 3,27 E6 t/ano (BERMAN, 2003); Concentração natural 367 ppm (3,67 E-4 kg/kg de ar) (SILVA, 2006). Energia cinética do ar = 1 / 2 x poluente / concentração natural x (velocidade do vento)² (id. 2006)

$0,5 \times 3,27 \text{ E6 kg/ano} \times 1.000 \text{ kg/t} / 3,67 \text{ E-4 kg /kg} \times (4 \text{ m/s})^2 = 7,13 \text{ E13 J / ano}$

14 - Energia do sol:

Insolação 155,2 kcal/cm². ano (SALATI, SANTOS E KLABIN, 2006) e área 7,58 E5 km² (Eletronorte, 2008)

Apêndices

$$7,58 \text{ E5 km}^2 \times 1 \text{ E10 cm}^2 \times 155,2 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{ano} \times 4.186 \text{ J/kcal} = 4,92 \text{ E21 J / ano}$$

15 - Produção de eletricidade:

Capacidade 8.125 MW (ELETRONORTE, 2008); fator de carga máxima 80%
(BROWN, 1986)

$$8.125 \text{ MW} \times 1 \text{ E3} \times 0,8 \times 8,76 \text{ E3 h/ano} \times 3,6 \text{ E6 J/kWh} = 2,05 \text{ E17 J / ano}$$

16 - Produção aquática:

Produção 1,48 E6 kcal/ano (PETRERE, 1992)

$$1,48 \text{ E6 kcal/ano} \times 4.186 \text{ J/kcal} = 6, 20 \text{ E9 J / ano}$$

APÊNDICE C – Lista da origem e unidade dos Fatores de Transformidade

Item	Valor	Unidade	Referência
Ruptura social	4,98 E12	sej/habitante	COELHO, ORTEGA e COMAR (2002)
Operação e manutenção	3,00 E12	sej/US\$	LEEIA (2002)
Recursos da economia	3,00 E12	sej/US\$	LEEIA (2002)
Aço estrutural	3,31 E7*	sej/J	BROWN (1986)
Concreto	1,68 E7*	sej/J	BROWN (1986)
Sedimentos	1,05 E5*	sej/J	BROWN & McCLANAHAN (1996)
Solo fértil	1,04 E5*	sej/J	BROWN (1986)
Combustíveis	8,90 E4*	sej/J	BROWN (1986)
Biomassa de floresta	5,38 E4*	sej/J	BROWN (1986)
Energia do rio	3,96 E4*	sej/J	BROWN (1986)
Energia da chuva	2,52 E4*	sej/J	BROWN (1986)
Energia do vento para diluição de Ce	2,52 E3*	sej/J	BROWN & McCLANAHAN (1996)
Recursos minerais	1,27 E3*	sej/J	BROWN (1986)
Energia do sol	1,00	sej/J	Por definição

*Os valores originais foram multiplicados pela constante 1,68 de modo a todos comporem mesma *base-line*, posterior ao ano 2000.

APÊNDICE D – Métrica utilizada para valoração do fluxo de energia químico-potencial da chuva (# 12 da Tabela 5.1)

Uma preocupação que surge quando se avalia por energia uma UHE é o fato da área da bacia hidrográfica ser substancialmente maior que a área do lago do empreendimento ($70.600 \text{ km}^2 / 2.360 \text{ km}^2$ no caso de Balbina, e $758.000 \text{ km}^2 / 2.785 \text{ km}^2$ no caso de Tucuruí).

Surgem questões relacionadas a estabelecer ou não perdas com referência à diferença entre o volume de água precipitado na bacia hidrográfica e o volume de água que realmente transpassa o alagamento alimentado pela bacia.

A grosso modo menos de 10% da precipitação de chuva incidente na bacia hidrográfica atinge a barragem por ela alimentada. É aceitável considerar que só a evapotranspiração em si represente na Amazônia cerca de 60% de consumo do volume precipitado (SANTOS & JEGU, 1996). Em somatória há a existência de outros consumos naturais, relacionados com a infiltração no solo, plausível de desviar parte do recurso, via o lençol freático, para outras regiões externas ao sistema. Há ainda a absorção pelos ciclos de alimentação da vida da flora e da fauna, e também pelo ciclo antropogênico (vida e atividades das populações humanas). O exposto deixa claro que o índice pluviométrico incidente na bacia não corresponde ao valor do recurso natural utilizado pela barragem (Figura D - 1).

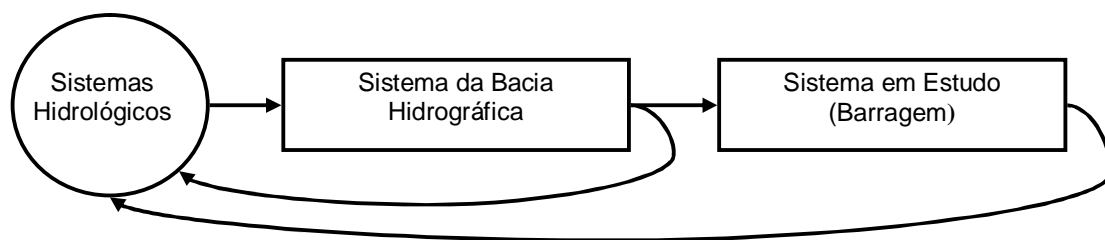


Figura D - 1. Representação simplificada do ciclo da água da chuva.

Esta conclusão, de que a energia da chuva incidente na bacia não corresponde à energia de entrada no sistema representado pela UHE, resolve apenas parte da questão. Resta ainda pensar em dois fatores: a geologia e a hierarquia observada nos sistemas das UHEs. Só assim se pode postular como correto qual o fluxo R a considerar como entrada nos sistemas e qual seu valor.

Apêndices

O primeiro fator, a geologia dos sistemas, é facilmente definido, a água que transpõe a barragem é majoritariamente oriunda do ciclo da chuva e não do ciclo geológico da bacia (afloramentos nascentes), posto que o volume de chuva (índice pluviométrico x área da bacia) é, como já salientado, substancialmente maior que o volume de transposição pela barragem.

O segundo fator, a hierarquia dos sistemas, implica em saber se o correto é considerar para as UHEs, toda a energia fornecida para a barragem, ou somente a energia pela barragem consumida. Esta ponderação pode advir da formulação de ODUM (1996).

Pela álgebra de *id.* (1996), uma vez estabelecidos os fluxos renováveis, o de maior valor em energia é contabilizado como fluxo de entrada R, e os demais desconsiderados a fim de se evitar dupla contagem.

No caso das UHEs em estudo, a energia da chuva se mostrou o maior fluxo R. Contudo se valorado por meio do resultado incidente em toda a área da bacia hidrográfica, o valor de R se revela elevado ao ponto de distorcer os resultados (comparativamente a outros estudos), e até a encobrir a representatividade dos demais fluxos. Se utilizado o fluxo real de água que transpõe a barragem, o fluxo continua sendo o maior e se aproxima dos resultados estabelecidos em outros estudos.

A revisão da literatura não apontou estudos abordando especificamente o alinhamento desta questão. Foram encontradas alternativas, como em BROWN (1986), o uso do valor da área da bacia diferente (menor) do real, e em BROWN & McCLANAHAN (2002), e KANG & PARK (2002), a utilização da energia geopotencial do rio, em lugar da energia químico-potencial da chuva.

Durante este estudo simulações apontaram menor distorção do resultado de cálculo por meio da relação entre o fluxo da água na barragem e a energia químico-potencial da chuva nele contida.

Pelo exposto se permitiu neste estudo, a valoração da energia da chuva por meio do fluxo de água que transpõe a barragem, incorporado pela energia químico-potencial da chuva, no fluxo contida.

Nos memoriais de cálculo apresentados (Apêndice B: Memoriais B1, #12; e B2, #12), o valor da energia (5 J/g) foi extraído de BROWN (1986). Confrontos foram

Apêndices

feitos com BROWN & McCLANAHAN (1996), BROWN & ULGIATI (2002), KANG & PARK (2002), ODUM (1996), e ULGIATI & BROWN (2002). A equação formulada é apresentada a seguir (Equação D - 1).

$$\bullet \quad E_{qpc} = v \times e \times d \times t \quad \text{Eq. D - 1}$$

Onde:

E_{qpc} é o fluxo de energia químico-potencial da chuva (em J/ano),

v é o fluxo de água na barragem (em m³/s),

e é a energia químico potencial contida na água da chuva (em J/g),

d é a densidade da água (em g/m³), e

t é o espaço de tempo (em s/ano).

Contudo, por falta de afinamento teórico, e visando não diferenciação do critério de outros estudos, afim de que comparativos possam ser levantados em igualdade metodológica; para efeito de recurso R de entrada nos sistemas aqui em estudo é utilizado o fluxo da energia geopotencial do rio.

ANEXOS

ANEXO A – Recomendações selecionadas pela WCD (2000) para as principais partes envolvidas no debate sobre barragens

Governos nacionais podem:

- Requerer a revisão dos procedimentos e normas que hoje regem os projetos de grandes barragens.
- Adotar a prática de licenciamento com prazo determinado para todas as barragens, públicas ou privadas.
- Instituir um comitê independente, com a participação de todas as partes envolvidas, para tentar resolver o passivo ainda em aberto das barragens antigas.

Grupos da sociedade civil podem:

- Monitorar o cumprimento de acordos estabelecidos e prestar assistência a qualquer parte prejudicada que queira resolver pontos discordantes pendentes ou buscar recurso judicial.
- Auxiliar ativamente na identificação das partes envolvidas nos projetos de barragens, recorrendo a uma abordagem que leve em consideração direitos e riscos.

Organizações de populações afetadas podem:

- Identificar impactos sociais e ambientais que permanecem sem solução e convencer as autoridades pertinentes a tomar medidas eficazes para saná-los.
- Criar redes e parcerias de apoio para estimular a capacitação técnica e jurídica dos processos de avaliação de necessidades e opções.

Associações profissionais podem:

- Formular processos que assegurem o cumprimento das diretrizes da CMB;
- Ampliar os bancos de dados nacionais e internacionais - como o Cadastro Mundial de Barragens da ICOLD - incluindo parâmetros sociais e ambientais.

O setor privado pode:

- Formular e adotar voluntariamente códigos de conduta, sistemas administrativos e procedimentos de certificação para assegurar o cumprimento das diretrizes da Comissão - incluindo, por exemplo, a certificação ISO 14001 para seus sistemas de gestão.
- Adotar os preceitos da convenção anti-suborno da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento.
- Adotar pactos de integridade para todos os contratos e aquisições.

Agências bilaterais de auxílio e bancos multilaterais de desenvolvimento podem:

- Assegurar que toda barragem com financiamento aprovado tenha sido originada em um processo consensual de seleção de opções que classifique as várias alternativas possíveis e respeite as diretrizes da CMB.
- Acelerar a mudança de financiamentos baseados em projetos para a adoção de financiamentos baseado em setores, principalmente através do aumento do apoio financeiro e técnico a avaliações efetivas, transparentes e participativas das necessidades e opções, e através do financiamento de alternativas não-estruturais.
- Examinar a sua carteira de projetos de modo a identificar aqueles que no passado tiveram um desempenho inferior ou que apresentem no momento questões não-resolvidas.

Obs.: extraído de WCD (2000)

ANEXO B - Sumário das etapas de Planejamento e Licenciamento Ambiental de usinas hidroelétricas

Etapas de Planejamento	
1. Estimativa do potencial hidroelétrico	Avaliação inicial do potencial, número de locais barráveis e custo do aproveitamento desses potenciais. Definição de prazos e custos dos estudos do inventário. Identificação das características ambientais gerais da bacia.
2. Inventário	Determinação do potencial energético da bacia, estabelecimento da melhor divisão de quedas e estimativa do custo de cada aproveitamento. Análise preliminar dos efeitos ambientais. Recomendações específicas para os estudos de viabilidade.
3. Viabilidade	Definição da concepção global de um determinado aproveitamento, incluindo seu dimensionamento e obras de infra-estrutura necessárias à implantação.
Etapas de Licenciamento	
1. Licença Prévia (LP)	Concedida na fase de planejamento do empreendimento, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a ser atendidos nas próximas etapas. Compreende a elaboração e apresentação do EIA - Estudo de Impacto Ambiental; do RIMA - Relatório de Impacto Ambiental; e a realização de Audiência Pública, onde cabe julgamento de veto.
2. Licença de Instalação (LI)	Autoriza o início das obras do empreendimento, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Para esta etapa devem ser apresentados o Relatório do Estudo de Viabilidade, e cópia do Decreto de Outorga da Concessão. Nesta etapa é elaborado o PBA - Plano Básico Ambiental, o PCA - Plano de Controle Ambiental, e o Inventário Florestal, que subsidia a Autorização de Supressão de Vegetação a ser dada pelo órgão licenciador para a retirada da mata em antecedência ao enchimento do lago.
3. Licença de Operação (LO)	Autoriza a operação da atividade, após a verificação do efetivo cumprimento do constante das licenças anteriores, das medidas de controle ambiental, e dos demais condicionantes compensatórios e mitigatórios determinados para a operação.

Obs.: elaboração a partir de dados de ANEEL (2009) e MMA (2009).

ANEXO C.- Argumentos favoráveis e opostos a UHEs

Argumentos favoráveis	Argumentos opostos
Possibilidade de mitigação dos impactos.	Historicamente os impactos não têm sido mitigados
Muitos pequenos projetos de geração podem ser piores ambientalmente (óleo diesel e desmatamento).	Países em desenvolvimento seriam mais bem servidos por pequenos projetos isolados que por grandes hidros.
Os impactos das alternativas a hidro não podem ser mitigados (carvão e nuclear).	Projetos isolados demandam controle de consumo.
Hidro gera muito menos GEE que alternativas a carvão.	Redução de GEE por hidro não parece ter custo razoável se comparado com os custos no setor de transporte.
Gás é melhor ser destinado a fins mais nobres como combustível para transporte.	Gás natural deve ser utilizado na próxima década ou até outras fontes renováveis tornarem-se competitivas
As regiões boas para hidro podem ser beneficiadas com o desenvolvimento local. Postergam fontes não renováveis e atraem investimentos da indústria de eletro-intensivos.	Praticamente todos os bons locais para hidros já foram utilizados, especialmente na Europa e EUA.
Os piores locais não devem ser utilizados, especialmente nos trópicos, que atinjam muitas pessoas, com muitas perdas de espécies e que criem reservatórios rasos e grandes.	Os bons locais para hidro estão em regiões não tropicais (montanhosas), sem muita biomassa ou populações, poucos peixes e endemismos, com reservatórios encaixados e profundos.
Regulamentação governamental é necessária e sua aplicação possível.	Regulamentação pelo governo é improvável e aplicação é deficiente.
Depois da privatização, regulamentação pelo governo é ainda necessária.	Depois da privatização, o governo tem menor capacidade de regulamentar o setor privado.
Projetos públicos e privados devem objetivar o menor custo.	O setor privado menos provavelmente buscará o menor custo, preferindo externalizar tudo que pode.
Venda de eletricidade ajudará o país independentemente do uso que será dado a energia. Isto inclui eletricidade para exportação e a elite já eletrificada.	Mais eletricidade para elites não é necessário, e sim para o atendimento às necessidades básicas, incluindo saúde e educação para os pobres. Essas necessidades não são atendidas preferencialmente por grandes projetos e sistemas nacionais.
A água não deve ser desperdiçada para o mar, jogada fora.	A água que vai para o mar não é desperdiçada, mas sim utilizada pelos ecossistemas.
Grandes hidros são necessárias para suprir centros urbanos, indústrias, especialmente devido sua capacidade de pagamento.	Pobres e áreas rurais são menos beneficiados por grandes projetos hidro. As prioridades devem ser para os pobres.
A eletricidade subsidiada para os ricos pode ser cortada, mas a valorização pode beneficiar os pobres.	Grandes hidros beneficiam os ricos e afetam a equidade.
Empreiteiros estrangeiros em grandes hidros criam empregos e transferem tecnologia.	Países menos desenvolvidos já são dependentes de recursos estrangeiros e empreiteiros.
Países menos desenvolvidos têm menor capacidade de desenvolver grandes projetos. Os baixos custos de manutenção e a operação	Grandes hidros necessitam de altos investimentos, assim a princípio fontes menores e nacionais são mais apropriadas para países

simplificada das hidros são sustentáveis para os mesmos.	menos desenvolvidos.
Pequenos projetos de hidros não são substitutos para grandes projetos.	Hidros pequenas e médias podem parcialmente substituir hidros com atingir objetivos mais equitáveis.

Obs.: extraído de GHILARD JR. (2003).

ANEXO D – Impactos do efeito estufa sobre os ecossistemas

<p>Variações ocorridas na atmosfera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - as concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera terrestre vêm aumentando nos últimos 150 anos, acentuadamente nas últimas cinco décadas; - os aumentos mais impactantes foram: $31 \pm 4\%$ para o CO_2; $150 \pm 25\%$ para o CH_4; $17 \pm 5\%$ para o N_2O; - o O_3 na troposfera cresceu $35 \pm 1\%$ de 1750 a 2000, variando conforme a região considerada, e decresceu na estratosfera no período de 1970 a 2000, variando com a altitude e latitude; - as concentrações atmosféricas dos HFC's, PFC's e SF6 mostraram um aumento global nos últimos 50 anos.
<p>Conseqüências observadas na atualidade, sobre os ecossistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aumento na temperatura média do Planeta de $0,6 \pm 0,2^\circ \text{C}$; - aumento de 5 a 10 % nas precipitações do hemisfério norte, com diminuição em algumas regiões como o oeste da África e partes do Mediterrâneo; - aumento das precipitações nas latitudes médias e altas do hemisfério norte; - aumento de frequência e intensidade nas secas em regiões da Ásia e África. - aumento no nível médio do mar da ordem de 1 a 2 mm por ano; - aumento de $0,31^\circ \text{C}$ da temperatura da água oceânica, entre 0 – 300m de profundidade, medido no período de 1948 – 1998; - diminuição de cerca de duas semanas na duração da cobertura de gelo de rios e lagos; - diminuição entre 10 a 15 % na extensão, e 40 % na espessura do gelo ártico; - retração das geleiras não polares e diminuição em 10 % na cobertura de neve a partir de 1960; - maior frequência e persistência de eventos do <i>El Niño</i> nos últimos 20 a 30 anos, quando em comparação aos 100 anos anteriores.
<p>Previsões globais para o Século XXI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aumento de temperatura, entre 1,4 a $5,8^\circ \text{C}$; - aumento na média das concentrações de vapor de H_2O na atmosfera, conjugado com aumento no índice de pluviometria; - aumento de 9 a 88 cm no nível médio dos mares, no período de 1990 a 2100.

Obs.: elaborado com dados de SALATI, SANTOS e KLABIN (2006).

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)