

Monografia

Curso de Graduação em Ciências Econômicas

Tema: Aproveitamento hidrelétrico do rio Xingu através da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte

**OS IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS DO  
APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DA BACIA DO RIO XINGU: ESTUDO  
DE CASO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE**

Aluna: Fernanda Katarina Cavaletti Santos

Orientador: Prof. Dr. Bastiaan Philip Reydon

Instituto de Economia, UNICAMP – 2011

Aos meus pais, Maria e Haroldo,  
e aos meus companheiros eternos, Beethoven e Cinthya.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo o apoio, amor, paciência e pressão concedidos em todos os momentos de minha vida, por todos os conselhos, broncas e carinho.

Ao Beethoven e Cinthya por me terem feito companhia nos momentos alegres e tristes.

Ao Prof. Dr. Bastiaan Philip Reydon por ter aceitado me orientar, tendo apoiado e estimulado o desenvolvimento da presente monografia, fornecendo preciosas informações e entusiasmo para com o tema.

Ao Prof. Dr. Ademar Romeiro por suas aulas de Economia Ambiental fundamentais para a escolha do tema de valoração.

Ao Prof. Dr. Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli por sua disposição e tempo despendido em esclarecer dúvidas, além de sua excelente tese de doutorado que me serviu como guia.

Ao Luis Biazzi pela troca de emails esclarecedores.

À todos os professores do Instituto de Economia por terem contribuído para minha formação acadêmica.

A todos os autores da bibliografia utilizada.

Ao Ricardo, por toda sua paciência e carinho.

Aos meus melhores amigos de época de colegial e de graduação pela companhia em finais de semana e consolo.

Aos colegas de trabalho, pelas dúvidas respondidas.

E a Deus, pela inspiração e força concedidos para a elaboração deste trabalho.

“A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada,  
ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.”

(Albert Einstein)

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – Introdução</b> .....	1
I.1 Setor Energético.....	1
I.1.1 Características gerais.....	1
I.1.1.1 Composição.....	2
I.1.1.2 Leilões.....	2
I.2 Histórico.....	3
I.2.1 Década de 1990.....	4
I.2.2 Década de 2000.....	4
I.2.3 Década de 2010.....	5
I.3 Mercado de energia futuro.....	7
I.4 Problema.....	8
I.5 Hipótese e objetivo.....	8
I.6 Estrutura da monografia.....	8
 <b>CAPÍTULO II – Usina Hidrelétrica de Belo Monte</b> .....	 10
II.1 Histórico.....	10
II.2 Principais argumentos.....	15
II.2.1 A favor da implantação.....	15
II.2.2 Contra a implantação.....	16
II.3 Impactos ambientais.....	17
 <b>CAPÍTULO III – Métodos de valoração ambiental</b> .....	 19
III.1 Introdução.....	19
III.2 Valoração ambiental.....	20
III.2.1 Valoração monetária ambiental.....	20
III.2.1.1 Métodos diretos de valoração.....	22
III.2.1.1.1 Disposição a pagar (DAP) direta.....	22
III.2.1.1.1.1 Avaliação contingente.....	22
III.2.1.1.1.2 Disposição a pagar (DAP) indireta.....	24
III.2.1.1.2.1 Preços hedônicos.....	24
III.2.1.1.2.2 Custo de viagem.....	25



IV.3.2 Valores adotados.....	47
IV.4 Resultados.....	49
IV.4.1 Resultados da valoração monetária.....	50
IV.4.1.1 Relação entre danos ambientais e área do reservatório.....	50
IV.4.1.2 Relação entre danos ambientais e área do reservatório.....	51
IV.4.1.3 Média geométrica do dano ambiental.....	52
IV.4.1.4 UHE Balbina.....	54
IV.4.2 Resultados da valoração eMergética.....	55
IV.4.2.2 Índices eMergéticos.....	56
IV.4.2.2.1 Definição.....	56
IV.4.2.2.2 Análise dos índices eMergéticos.....	57
IV.4.2.2.3 Análise do EROI.....	59
<b>CAPÍTULO V – Conclusões.....</b>	<b>61</b>
V.1 Sobre os resultados encontrados pelas análises monetária e eMergética.....	61
V.2 Sobre os impactos sociais.....	62
V.3 Sobre novas usinas e usinas plataforma.....	62
V.4 Considerações finais.....	64
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	
FIGURA 1: Capacidade Instalada no Brasil - 2009 (MW).....	1
FIGURA 2: Crescimentos do PIB e do consumo de energia elétrica no Brasil – período de 2004 a 2010.....	6
FIGURA 3: Volta grande do Rio Xingu.....	10
FIGURA 4: Projeção das obras principais do AHE Belo Monte.....	12
FIGURA 5: Métodos de valoração ambiental.....	39
FIGURA 6: Reservatório de Belo Monte.....	44
A) Reservatório anterior (anos 1980 e 1990). Área de inundação: 1.225 km <sup>2</sup> .....	44
B) Reservatório atual (2009). Área de inundação: 516 km <sup>2</sup> .....	44
FIGURA 7: Fonte hídrica da floresta amazônica - Usinas Plataforma (14.991 MW).....	63

## LISTA DE TABELAS.....

TABELA 1: Índice de custo-benefício para alternativas de aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Xingu.....	34
TABELA 2: Resultado final das avaliações econômica, energética e ambiental das alternativas consideradas pela ELETROBRAS.....	36
TABELA 3: Quadro comparativo das alternativas consideradas pela ELETROBRAS.....	36
TABELA 4: Metodologia de valoração por tipo de dano.....	40
TABELA 5: Valores monetários adotados para os diferentes tipos de dano ambiental.....	43
TABELA 6: Dados técnicos da UHE Belo Monte.....	45
TABELA 7: Valores monetários adotados para os danos ambientais.4.....	45
TABELA 8: Valores eMergéticos – dados sobre as características da vegetação natural.....	48
TABELA 9: Metodologia aplicada para obtenção dos valores eMergéticos.....	49
TABELA 10: VPL monetários por danos ambientais e total da UHE Belo Monte (em US\$), pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.....	50
TABELA 11: Informações técnicas e geográficas para as usinas selecionadas.....	51
TABELA 12: Danos ambientais por área do reservatório (em US\$/ha) para Belo Monte e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto....	52
TABELA 13: Danos ambientais por potência instalada (em US\$/MW.10 <sup>-3</sup> ) – considerando capacidades de 11 GW e 4,5 GW – e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.....	53
TABELA 14: MGDA de Belo Monte – considerando capacidades de 11 GW e 4,5 GW – e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.....	54
TABELA 15: MGDA de Belo Monte e de Balbina, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.....	55
TABELA 16: Avaliação eMergética – valores eMergéticos por tipo de recurso valorado.....	56
TABELA 17: Valores dos índices eMergéticos para UHE Belo Monte.....	58
TABELA 18: Valores do EROI excluindo e incluindo os recursos não renováveis gratuitos.	60

## RESUMO

A dotação natural de fontes energéticas hídricas do Brasil foi determinante para a adoção dos aproveitamentos hidrelétricos como principais fontes geradoras de eletricidade. Apesar de a matriz energética ser composta majoritariamente por hidrelétricas, exploramos menos de 30% de potencial hidrológico total do país para geração de eletricidade. O rápido crescimento da demanda por energia elétrica, acompanhando o desenvolvimento favorável do PIB, exige novos investimentos para expansão da capacidade geradora. Ao mesmo tempo em que a região da floresta amazônica é a mais relevante em termos de disponibilidade de recursos hídricos, ela é também alvo de protestos contra a perda de benefícios ambientais e modificações no ecossistema local requeridos para a instalação de novas usinas hidrelétricas. É neste contexto que se insere a UHE Belo Monte. O presente trabalho se ocupa em contribuir para uma avaliação mais profunda dos danos ambientais incorridos na construção da usina, a partir dos pontos de vista da economia ambiental e da ecologia de sistemas. Para tanto, é realizada revisão bibliográfica de estudos já realizados quanto aos impactos ambientais originários, principalmente, do alagamento da área do reservatório e cálculo para se obter valores segundo as valorações monetária ambiental e eMergética. Os resultados obtidos mostram que os maiores danos estão relacionados à perda de floresta e solo fértil, mas em comparação a outras usinas, Belo Monte pode ser considerada eficiente e viável. Contudo, o resultado obtido não deve ser o definitivo, uma vez que nesta monografia não foram contabilizados em sua plenitude os danos ambientais, como perda da biodiversidade, e sociais. Tais impactos negativos devem ser contabilizados em próximos estudos para uma mais completa valoração e análise da sustentabilidade da UHE Belo Monte e próximos aproveitamentos hidrelétricos a serem desenvolvidos.

**Palavras-chave:** capacidade geradora; floresta amazônica; usinas hidrelétricas; Belo Monte; valoração monetária ambiental; valoração eMergética; impactos ambientais

## ABSTRACT

The natural hydro endowment of energy resources in Brazil was decisive for the adoption of hydroelectric plants as the main sources of electricity. Although the energy matrix is mainly composed of hydro power plants, we explored less than 30% of the country's total hydrological potential for electricity generation. The fast growth in demand for electricity, following the favorable development of GDP, requires new investments to expand the generating capacity. At the same time as the Amazon forest region is the most important in terms of water resource availability, it is also the target of protests against the loss of environmental benefits and changes in the local ecosystem incurred in the installation of new hydro power plants. It is in this context that the HPP Belo Monte is inserted. This study focuses on contributing to a more detailed assessment of environmental damage incurred in constructing the power plant, from the viewpoints of environmental economics and ecological systems. In order to do so, it is held a literature review of previous studies regarding the environmental impacts originating, primarily, from the flooding of the reservoir area and calculation to obtain values according to the monetary and eMergy analysis. The results show that the greatest damage is related to loss of forest and fertile soil, but compared to other plants, Belo Monte can be considered efficient and viable. However, the result should not be considered as the final analysis, since in this monograph, the HPP environmental, such as loss of biodiversity, and social damages have not been fully accounted. These negative impacts should be accounted for in future studies, in order to obtain a more complete valuation and sustainability analysis of UHE Belo Monte hydroelectric and other HPPs to be developed.

**Keywords:** generating capacity; Amazon; hydro power plants; Belo Monte; monetary analysis; eMergy analysis; environmental impacts.

## CAPÍTULO I – Introdução

A presente monografia visa colaborar para uma melhor compreensão e consideração dos danos ambientais envolvidos na construção do AHE (aproveitamento hidrelétrico) Belo Monte, apresentando valoração diversa dos impactos àquela adotada pelo Manual oficial da ELETROBRAS. Iniciemos, portanto, com uma breve introdução ao setor energético brasileiro.

### I.1 Setor energético

#### I.1.1 Características gerais

A capacidade elétrica instalada em 2009 no território nacional era de 104.672 MW, sendo que 75% desta capacidade era proveniente de usinas hidrelétricas de capacidade superior a 30 MW. As plantas térmicas predominam nos sistemas isolados, responsáveis por 3% do mercado de energia brasileiro, enquanto que os sistemas interconectados, que abastecem 97% do mercado nacional, são majoritariamente dominados por hidrelétricas.

A capacidade instalada, para o ano de 2009, é dada a seguir:

FIGURA 1: Capacidade Instalada no Brasil - 2009 (MW)



Fonte: *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 - PDE 2019*, Empresa de Pesquisa Energética, 2019.

### **I.1.1.1 Composição**

O setor de energia elétrica brasileiro é composto por diversas instituições. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) é a responsável pela definição da política energética brasileira. Sua principal função é assegurar a estrutura e estabilidade da oferta de energia nacional. O Ministério de Minas e Energia (MME), por sua vez, é responsável pela supervisão e controle da execução das políticas direcionadas ao desenvolvimento energético nacional, assim como o planejamento, gestão e criação de leis relacionadas ao setor energético. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) realiza o planejamento da expansão de geração e sistemas de transmissão. É ela que fornece a aprovação técnica para o leilão de energia aos participantes, assim como as garantias físicas para novas plantas. O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) é responsável pelo monitoramento da continuidade e a confiabilidade do fornecimento de eletricidade em todo o país.

Além dessas instituições, há a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual regula e supervisiona as atividades relacionadas à geração, transmissão, distribuição e comércio de eletricidade. É responsável pelo estabelecimento de tarifas para consumidores finais, assegurando assim o equilíbrio econômico e financeiro da concessão. O Operador Nacional do Sistema Elétrico, por sua vez, controla as operações da produção de energia elétrica no Sistema Interconectado Nacional (SIN) e define a expedição ótima de geração. Por fim, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a qual cria o ambiente para operações do Mercado Atacadista de Energia Elétrica. Executa a contabilidade financeira e os processos de liquidação, bem como leilões, seguindo as decisões da ANEEL.

### **I.1.1.2 Leilões**

Os leilões no Ambiente de Contrato Regulado são os principais meios pelas quais as companhias distribuidoras devem adquirir energia para o suprimento da demanda no mercado (decreto nº 5163/2004 e lei nº 10848/2004). O Ministério de Minas e Energia (MME) define as diretrizes gerais para cada leilão, enquanto que a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) executa os estudos indicativos para servirem de base ao MME, incluindo definição das novas usinas hidrelétricas que podem participar no leilão. Posteriormente, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) executa o leilão em si, diretamente ou por intermédio da CCEE. Os leilões são realizados entre um a cinco anos antes de a oferta de energia começar, dependendo das características técnicas das usinas selecionadas. A sistemática dos leilões se

baseia no critério de tarifa mínima, sendo que os participantes devem apresentar tarifas abaixo da tarifa-teto estipulada pela ANEEL, e aquele que apresentar o menor valor em R\$/MWh ganha a concessão da usina.

## **I.2 Histórico**

A dotação natural de fontes energéticas, especialmente a abundância de cursos de água, foi fundamental para a determinação do parque gerador nacional. Além de possuir grande potencial hidráulico próximo dos centros de consumo, no início da implantação de hidrelétricas havia pouca resistência socioambiental à construção de grandes reservatórios, além de as principais decisões serem realizadas de forma centralizada pelo Estado, detentor de grande capacidade de financiamento a um baixo custo de capital. Os três fatores combinados permitiram, portanto, a instalação de novas usinas hidrelétricas e grandes reservatórios que as acompanhavam a um custo consideravelmente baixo, tornando essa fonte de energia a mais indicada do ponto de vista econômico.

As usinas hidrelétricas podem ser de dois tipos básicos: usinas com reservatórios de acumulação; e usinas a fio d'água. As usinas com reservatórios de acumulação geram a energia a partir da água acumulada em grandes reservatórios. O reservatório regula a vazão, equilibrando assim a geração da usina. Os grandes reservatórios permitem o acúmulo de água em quantidade suficiente para que a geração de energia elétrica esteja garantida, mesmo que ocorra período de chuva escassa. Estes reservatórios são chamados de plurianuais. As usinas a fio d'água, por sua vez, geram energia com o fluxo de água do rio, não acumulando ou acumulando pouca água em seus reservatórios. O escoamento é contínuo e a produção de energia elétrica depende da vazão do rio (períodos de seca e de cheia), sendo que as comportas podem ser abertas e o reservatório facilmente esvaziado.

A principal fonte de energia elétrica brasileira, por um lado, apresenta vantagens, mas pelo outro, apresenta potenciais dificuldades. A energia gerada por hidrelétricas é de baixo custo, mas torna o sistema altamente vulnerável às condições hidrológicas do país. De forma a superar esta vulnerabilidade, a solução encontrada foi o sobredimensionamento da capacidade instalada do parque hidrelétrico, de tal forma que, na média, a capacidade geradora supera em muito a demanda por energia elétrica, de forma a proporcionar o grau de confiabilidade requerido do sistema.

### **I.2.1 Década de 1990**

Nesse contexto, a década de 90 foi um período de mudanças profundas. Em 1995, o Programa Nacional de Desestatização foi instaurado no setor elétrico. Em 1996, o Ministério das Minas e Energia implanta o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB), tendo como uma das principais consequências a desverticalização da cadeia produtiva, tornando, dessa forma, a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica áreas de negócio independentes. A geração e a comercialização foram progressivamente desreguladas a fim de se incentivar a competição; transmissão e distribuição, por constituírem monopólios naturais, permaneceram como serviços públicos regulados.

Ainda em 1996, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cuja função é regular as atividades do setor. Outras mudanças foram realizadas, com o objetivo de organizar o mercado e a estrutura da matriz energética brasileira. Dentre estas, podemos destacar a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos em 1997 e do Mercado Atacadista de Energia (MAE) e do Operador Nacional do Sistema (ONS), em 1998.

Apesar de todo o esforço público, a década de 1990 foi marcada por dificuldades no setor energético, de forma que a expansão da oferta nacional não acompanhou o crescimento da demanda por energia elétrica. Para se garantir o suprimento adequado, a quantidade de energia assegurada deve ser sempre igual ou superior à carga existente. Desde meados de 1996, a carga superava a energia assegurada do sistema, o tornando mais vulnerável a variações nas condições hidrológicas. Sem maiores investimentos para reverter a situação, o sistema eventualmente passou a consumir suas reservas armazenadas.

### **I.2.2 Década de 2000**

A falta de investimentos em geração e transmissão de energia e o consumo crescente dos reservatórios fez com que as reservas fossem consumidas além do limite de risco recomendável. Dessa forma, uma crise de energia elétrica era previsível. Bastou que as condições meteorológicas fossem desfavoráveis com um longo período de chuvas escassas para que, em maio de 2001, a dificuldade no setor culminasse na adoção de medidas emergenciais pelo Governo, com a imposição de medidas de contenção e racionamento de consumo de forma a evitar um colapso na oferta de energia.

A crise serviu como alerta para a necessidade de introduzir novas formas de fontes energéticas na matriz nacional para operar o sistema de modo a se garantir uma oferta contínua de energia. Houve incentivo para a instalação de maior proporção de usinas termelétricas, que utilizam combustíveis como bagaço de cana (biomassa) e gás natural, e cujo custo marginal de produção da energia é maior, mas com exigência de investimento inicial de capital fixo menor do que para hidrelétricas. Tais usinas termelétricas são essencialmente utilizadas para gerar energia em períodos de hidrologia adversa, atendendo a demanda não suprida por hidrelétricas. Além das termelétricas, maior incentivo foi dado também para o desenvolvimento de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), fontes não-convencionais (como eólicas) e conservação de energia.

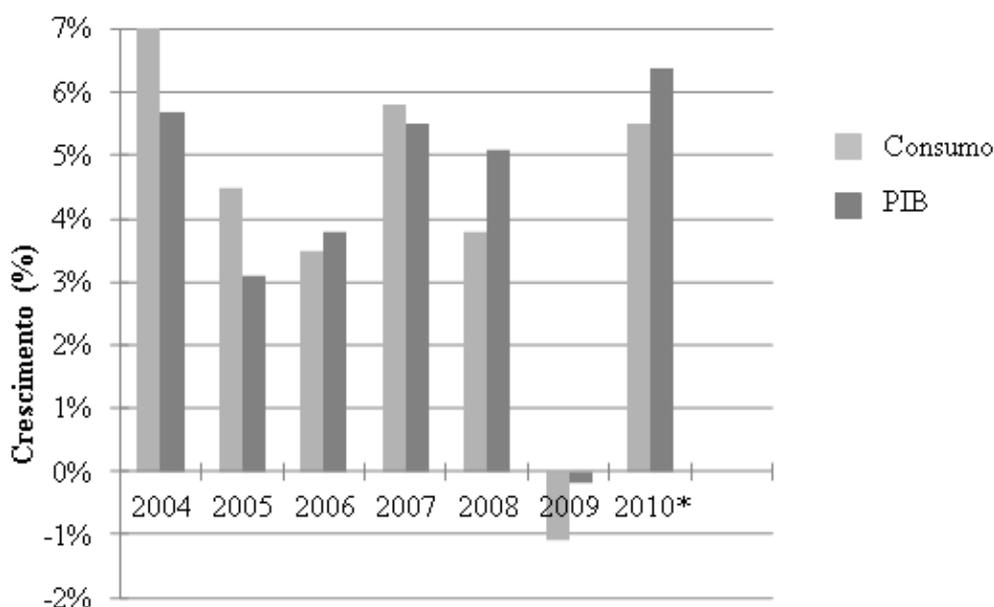
Além do incentivo a outras fontes energéticas para tornar o setor elétrico menos vulnerável, entre 2003 e 2004 o Governo brasileiro criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para realizar o planejamento do setor elétrico a longo prazo; o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), responsável pela avaliação da segurança do suprimento de energia elétrica do país; e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), no lugar do já existente Mercado Atacadista de Energia (MAE), para organização das atividades de comercialização de energia no sistema interligado nacional (SIN). Estas instituições, portanto, foram criadas no sentido de evitarem nova crise energética, regulando e controlando o suprimento nacional.

### **I.2.3 Década de 2010**

O início de 2010 foi marcado pela retomada do consumo industrial de energia elétrica para patamar próximo ao predominante no período pré-crise. A indústria liderou a expansão do consumo de eletricidade na rede desde fevereiro de 2010, com crescimento de 15,4% em maio (comparado com o mesmo período em 2009), acumulando no ano elevação de quase 14%. A elevação no consumo residencial e no setor de comércio também foi expressivo, totalizando consumo total de energia elétrica na rede de mais de 34 mil Gigawatts-hora (GWh), denotando uma taxa de crescimento de 10,5% em relação ao mês de maio de 2009. A taxa de expansão acumulou, dessa forma, 9,7% nos primeiros cinco meses do ano de 2010, sendo que em fevereiro, pela primeira vez desde junho de 2009, o consumo acumulado em 12 meses apresentou variação positiva (1,1%), valor esse que passou para 3,9% no mês de maio. O consumo total acumulou desde janeiro cerca de 170 mil GWh, 0,8% acima das previsões realizadas para o período no final de 2009.

Esses dados revelam recuperação expressiva do nível de atividade da indústria e vigor no crescimento do consumo das famílias e do setor de serviços (Resenha Mensal - EPE, junho de 2010). Analisando separadamente os setores consumidores, é perceptível que a dinâmica do crescimento atual do consumo residencial se deve ao mercado de trabalho mais aquecido, com aumento do número de empregos e no piso salarial (elevação do salário mínimo), possibilitando maiores gastos com conforto por parte das famílias. O consumo energético do setor comercial também apresentou expansão, de um lado devido ao aquecimento do comércio pelo aumento de renda familiar já mencionado, e de outro pela retomada de novas instalações e ampliações de pontos comerciais. O gráfico abaixo demonstra a relação existente entre o crescimento do PIB e do consumo de energia brasileiro nos últimos anos.

FIGURA 2: Crescimentos do PIB e do consumo de energia elétrica no Brasil – período de 2004 a 2010.



Nota da figura: \*valores estimados.

Fonte: EPE – Consumo Nacional de Energia Elétrica por Classe (Março, 2010); Cepal – GDP Growth and Estimation.

Após passar por período de baixa produção durante a crise *subprime*, a retomada da atividade industrial, maior consumidor de energia elétrica do país, vem apresentando altas taxas de crescimento. Esse crescimento generalizado na demanda energética, juntamente com o PIB brasileiro do primeiro trimestre (crescimento de 9%, segundo o IBGE), as expectativas

de mercado do Banco Central são de que a economia brasileira possa crescer até mais de 7% no ano de 2010, indicando que o consumo total de eletricidade possa atingir nesse ano 418,6 mil GWh, 7,7% a mais do que o presenciado em 2009 (Resenha mensal - EPE, junho de 2010).

Até 2019 espera-se um crescimento do consumo natural em economias emergentes. De acordo com a Empresa de Planejamento Econômico (EPE), apesar de o Brasil apresentar um baixo valor de crescimento populacional quando comparado com a década de 1970 (de 3,5% para menos de 1% ao ano), são esperados para os próximos dez anos mais 14 milhões de habitantes no território nacional. Segundo dados do setor e projetos do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social), também se espera a retomada do crescimento de setores industriais intensivos em energia, diferentemente do ocorrido nos últimos vinte anos. A indústria siderúrgica, por exemplo, deverá crescer cerca de 10% ao ano, enquanto outros setores da indústria de base também deverão experimentar crescimentos significativos.

### **I.3 Mercado de energia futuro**

Para o suprimento da demanda crescente por eletricidade, prioridade será dada às fontes de energia renováveis. Estima-se que as fontes alternativas permitam um acréscimo de aproximadamente 14.600 MW nos próximos dez anos, sendo que 36% serão atendidas por energia eólica, 36% por biomassa e 27% por PCHs (pequenas centrais hidrelétricas). Além dessas, cerca de 35 GW serão provenientes de novas hidrelétricas, sendo que dentre esse total estão Belo Monte (início da construção esperada para o final de 2010) e Jirau e Santo Antônio, as quais entrarão em operação um ano antes do prazo inicialmente firmado. Juntando as fontes energéticas, em dez anos serão 63 mil MW de energia adicional, ou seja, construção de mais de 6 mil MW por ano, dos quais 63% já foram contratados, estando ou em construção ou em vias de ser construído. Em 2014, o país disporá de uma energia excedente, permitindo crescer a 7 ou 7,5% ao ano, isso sem considerar o potencial do petróleo, cuja produção mais que dobrará (dos 2 milhões de bpd - barris de petróleo dia - passará a 5,1 milhões), sendo que no mínimo 50% serão provenientes do pré-sal.

De forma a alcançar a meta proposta, estima-se um crescimento de 5,1% ao ano na matriz energética, até chegar a um consumo de 3.300 kW per capita ao ano, maior do que os 2.300 kW/habitante atuais, mas ainda muito distante dos 14 mil kW dos Estados Unidos e de

outros países desenvolvidos. Segundo o presidente da EPE, Maurício Tomalsquim, o Brasil tem o terceiro maior potencial hidroelétrico do mundo, apenas menor que o da China e o da Rússia. No entanto, o país só utilizou um terço desse potencial até hoje, enquanto muitas das economias mais desenvolvidas já aproveitaram 100%, como a França, e 80%, como a Alemanha. Além disso, ele destacou que 60% do potencial energético a ser explorado pelo Brasil está situado na bacia amazônica, alvo de polêmicas como observado no caso estudado de Belo Monte.

#### **I.4 Problema**

A partir das constatações acima, nos perguntamos no presente estudo se a UHE Belo Monte é eficiente e viável pelo ponto de vista da economia ambiental (valoração monetária) e ecologia de sistemas (valoração eMergética). A resposta será dada através da análise e comparação dos resultados obtidos para Belo Monte aos dados apresentados por Sinisgalli (2005) e Morelli (2010). Surge, entretanto, um novo problema: São os resultados suficientes para chegarmos a uma conclusão definitiva sobre a viabilidade da construção da usina no presente?

#### **I.5 Hipótese e objetivo**

A hipótese é de que as quantificações obtidas pela valoração monetária ambiental e eMergética e sua comparação com informações presentes em estudos anteriores são capazes de fornecer dados para mostrar a viabilidade do empreendimento analisado. Com isso, objetivamos analisar os principais métodos de valoração acima descritos, de forma a obter uma estimativa do impacto econômico dos danos ambientais incorridos na instalação da UHE (usina hidrelétrica) de Belo Monte, e compará-los com resultados apresentados em estudos anteriores, de forma a demonstrar sua maior eficiência perante outros aproveitamentos hidrelétricos existentes.

#### **I.6 Estrutura da monografia**

A estrutura do trabalho foi dividida em cinco capítulos, sendo que neste primeiro capítulo fizemos uma breve introdução ao setor energético brasileiro, apresentando o histórico e projeções futuras de seu desenvolvimento, com destaque à importância das hidrelétricas e da expansão da matriz energética para a manutenção do suprimento da sempre crescente demanda. No capítulo 2, apresentaremos a Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Será dado um

breve panorama da história e da polêmica envolvida na construção de seu reservatório, assim como também uma primeira ideia dos danos ambientais a serem valorados posteriormente pelos principais métodos de valoração, apresentados no terceiro capítulo, de acordo com o dano ambiental incorrido.

Já na quarta parte da monografia, partiremos aos cálculos para a obtenção de valores numéricos. Serão apresentados os valores monetários e emergéticos dos danos ambientais em análise. O capítulo será baseado em revisões bibliográficas para, por fim, no capítulo conclusivo, avaliarmos os aspectos socioeconômicos envolvidos, fornecendo novos argumentos a respeito da consideração dos impactos socioambientais envolvidos na construção do reservatório de Belo Monte (podendo se expandir para outros empreendimentos similares). As conclusões intencionam colaborar para uma maior conscientização sobre os custos decorrentes da construção dos reservatórios, com alagamento de regiões florestais, de modo a estimular o aprimoramento das análises de viabilidade deste tipo de empreendimento, com uma mais adequada incorporação do valor dos danos ambientais do que aquela atualmente adotada pelo manual oficial.

## CAPÍTULO II – Usina Hidrelétrica de Belo Monte

### II.1 Histórico

Localizado na Amazônia brasileira, o Xingu é um dos mais importantes rios da Bacia Amazônica. Dele dependem aproximadamente 14 mil indígenas do Mato Grosso e Pará, além de centenas de comunidades compostas por ribeirinhos, pescadores, extrativistas, quilombolas e agricultores familiares, os quais retiram do rio sua alimentação e o utilizam como meio de transporte. O aproveitamento hidrelétrico deste rio, através da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, envolve profundos impactos sobre a qualidade de vida dos habitantes da região, além de consideráveis danos ambientais a serem mostrados nos capítulos posteriores. A seguir, analisaremos brevemente o histórico do projeto.

FIGURA 3: Volta grande do Rio Xingu



Fonte: EIA/RIMA (2009).

O projeto da UHE Belo Monte teve início no ano de 1975, quando a Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte S.A.) iniciou os estudos sobre o aproveitamento hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu, localizado no estado do Pará, região norte do Brasil. O levantamento de informações foi realizado pela CNEC Engenharia (Consórcio Nacional de Engenheiros S.A.), integrante na época do grupo Camargo Correa. Em 1980, se iniciaram os Estudos de Viabilidade da Usina Hidrelétrica de Kararaô, primeiro nome dado ao projeto Belo Monte, projeto este que previa o alagamento de cerca de 1.500 quilômetros quadrados de florestas e áreas indígenas. Devido aos impactos socioambientais inerentes à construção da barragem, realizou-se, em 1989 a primeira grande mobilização de resistência à implantação à UHE Kararaô. A cidade de Altamira foi o ponto de reunião do 1º Encontro dos Povos Indígenas do

Xingu, reunindo cerca de 3 mil pessoas, entre indígenas, representantes da Eletronorte, ambientalistas, jornalistas e nomes internacionais, como o cantor Sting. A indignação dos povos indígenas forçou o governo a recuar e reformular o projeto.

Em 1994, os Estudos de Viabilidade da UHE foram revisados e houve diminuição da área inundada e não inundação das áreas indígenas, reduzindo a dimensão da área inundada para cerca de 500 quilômetros quadrados. No ano de 2002, os Estudos de Viabilidade revisados foram apresentados à Aneel, mas o Ministério Público paralisou as atividades no projeto e o EIA (Estudo de Impacto Ambiental) não foi concluído. Já em 2005, firmou-se um Acordo de Cooperação Técnica entre a ELETROBRAS e as construtoras Norberto Odebrecht, Andrade Gutierrez e Camargo Corrêa, tendo sido o responsável pela conclusão dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da usina. Em meados de 2008, o Conselho Nacional de Política Energética decidiu que o único potencial hidrelétrico a ser desenvolvido no rio Xingu seria a UHE Belo Monte, decisão confirmada pela revisão, em 2007, dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, realizado pela Eletronorte na década de 1970. Em abril de 2009, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) realizou uma nova vistoria técnica na área do projeto e, em maio de 2009, o EIA e o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) foram entregues ao Instituto.

De acordo com o RIMA, a UHE Belo Monte terá, ao todo, quatro locais de obras, sendo eles sítios Pimentel, Bela Vista, Belo Monte e a região dos Canais e Diques, localizados nos municípios de Vitória do Xingu e Altamira. A barragem da usina será localizada no Rio Xingu, cerca de 40 quilômetros a jusante de Altamira, e a capacidade nominal será de 11.233,1 MW ao todo. Devemos considerar, contudo, que o rio Xingu, a semelhança dos outros rios amazônicos, apresenta um ciclo hídrico caracterizado por variações em sua vazão. De acordo com Dion Márcio Monteiro, do Instituto Amazônia Solidária e Sustentável (IAMAS), a energia prometida de cerca de 11 GW só será entregue durante 4 meses do ano. Em outros quatro meses, a usina funcionará com a capacidade de apenas 30% a 40% de sua capacidade nominal máxima, enquanto que nos quatro meses restantes, praticamente não gerará energia, provendo assim, segundo dados da ELETROBRAS, uma energia média de 4,5 GW anuais. Para gerar energia, será represada a maior parte do Rio Xingu em um trecho conhecido como Volta Grande. Canais levarão a água até uma casa de máquinas, enquanto uma porção do rio ficará com o fluxo de água reduzido simulando o período de seca do rio.

Ao longo do ano, contudo, haverá períodos em que as comportas serão abertas para simular o período de cheia.

FIGURA 4: Projeção das obras principais do AHE Belo Monte.



Fonte: EIA/RIMA (2009).

Trinta e cinco anos se passaram desde a primeira versão do aproveitamento hidrelétrico do Rio Xingu até que seu leilão fosse realizado. Realizado em abril de 2010, o leilão foi alvo de críticas, retaliações, e conseqüentes adiamentos. Inicialmente, dois grandes consórcios estavam disputando a construção de Belo Monte: de um lado, Camargo Correa e Odebrecht, e do outro, Andrade Gutierrez, Neoenergia, Vale e Votorantim. Contudo, a manutenção da tarifa-teto em R\$83/MWh fez com que o consórcio formado pela Camargo Correa e Odebrecht afirmasse não ter encontrado nos termos do edital do leilão “condições econômico-financeiras que permitissem sua participação na disputa”, dando lugar para outro consórcio formado pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), com 49,98%; Construtora Queiroz Galvão S/A (10,02%); Galvão Engenharia S/A (3,75%); Mendes Júnior Trading Engenharia S/A (3,75%); Serveng-Civilsan S/A (3,75%); J Malucelli Construtora de Obras S/A (9,98%); Contern Construções e Comércio Ltda (3,75%); Cetenco Engenharia S/A (5%); e Gaia Energia e Participações(10,02%). O custo estimado do projeto chegou a R\$30 bilhões, mas foi fixado pelo governo em R\$19,6 bilhões. O consórcio ganhador do leilão foi o consórcio Norte energia, liderado pela estatal Chesf, com tarifa de R\$77,97/MWh, com 6,02 de deságio da tarifa-teto.

Para obter tarifa tão baixa e tornar a obra atraente para os investidores, o governo realizou vários subsídios a favor da construção da usina. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) será responsável por bancar cerca de 80% da obra, com um financiamento de trinta anos de prazo e juros decrescentes. Ademais, o consórcio vencedor terá um abatimento de 75% do imposto de renda durante o período de dez anos. Todo esse esforço visou chegar aos R\$78/MWh, valor muito inferior à realidade do mercado. Sem os subsídios, o preço de energia das novas hidrelétricas varia entre 100 e 120 reais por megawatt-hora, sendo que 46% do valor se refere a tributos (Revista Planeta Sustentável - Desenvolvimento - 29/04/2010), além de custos com a transmissão da energia, desde a instalação de linhas até perdas de energia ao longo do percurso.

Com o objetivo de alcançar o investimento de apenas R\$19 bilhões na construção do empreendimento, a Eletronorte está promovendo uma espécie de loteamento das obras civis da usina de Belo Monte. A estatal contratou construtoras, dentre elas as grandes empreiteiras Camargo Corrêa e Odebrecht, e pediu orçamentos para quatro diferentes partes do empreendimento. A divisão da obra foi feita entre a construção da casa de força principal, onde ficarão as turbinas capazes de gerar 11 mil MW, construção da casa de força no sítio Pimental (233 MW de potência), construção dos canais (ligação entre as duas casas de força e desvio do rio Xingu) e obras acessórias, que incluem as exigências da licença ambiental, como o deslocamento das famílias. Com esse “loteamento” da obra da UHE, a Eletronorte dividirá os riscos da construção, além de obter melhores preços das grandes construtoras que perderam o leilão.

Apesar dos benefícios, grandes desafios se apresentam para a Eletronorte nesse plano. Além de a negociação entre as construtoras ser grande, a estatal precisa simultaneamente gerenciar o interesse das construtoras vencedoras do leilão. Contudo, quase todas as empresas que integraram o consórcio vencedor devem deixar a sociedade. A empresa Bertin foi a primeira a sair da sociedade em fevereiro de 2011, não mais exercendo a participação de 9% (absorvida pela Vale) que sua subsidiária Gaia Energia detinha como autoprodutor no projeto (O Globo, 17/02/2011). Em maio, Galvão Engenharia, Serveng e Cetenco realizaram o pedido formal para se retirarem do grupo. Intenção também foi dada pelo Grupo J.Malucelli, com intenção de retirar a J.Malucelli Construtora e continuar no projeto apenas pela empresa de eletricidade J. Malucelli Energia. A construtora Mendes Júnior, por sua vez, deixará o consórcio por uma pendência da empresa com o Banco do Brasil. Para sair da sociedade, no

entanto, tais empresas precisam encontrar um comprador para suas ações como ocorreu no caso da Gaia Energia.

Apesar de iniciarem como protagonistas, as empresas viraram figurantes. Suas participações foram reduzidas. O grupo ELETROBRAS continuou com 49,98% do projeto, mas outros grandes sócios entraram no negócio como Petros (10%); Funcef (2,5%); um fundo de investimento da Caixa (5%); e Neoenergia, 10%. Juntas, as empresas dissidentes detêm atualmente apenas 7,25% de Belo Monte, contra 29,98% iniciais. A participação estatal dentro do consórcio é dominante no projeto, uma vez que é visível sua influência na definição dos novos sócios do consórcio, indo em direção contrária àquela pregada pelas políticas de desestatização dos anos 1990, e reorientando o caráter essencialmente privado do setor elétrico para o domínio público.

Outro desafio será gerenciar as interfaces entre as diferentes divisões da construção, uma vez que o funcionamento da usina depende da integração e sincronia de prazos de entrega entre elas. A condução do processo pela ELETROBRAS faz com que as grandes construtoras voltem à obra, sendo que se o loteamento se concretizar, a construção da hidrelétrica de Belo Monte será muito parecida com as obras da usina de Jirau, na qual todos os fornecedores foram contratados separadamente (Valor Econômico – 11/06/2010).

Mesmo depois da realização do leilão e da comprovação do financiamento pelo BNDES, a construção da usina não será uma tarefa fácil. O governo continua a sofrer retaliações por parte dos que são contra o alagamento da área florestal. Foi apenas depois de mais de um ano após o leilão que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) concedeu em 1º de junho de 2011 a licença de instalação para a hidrelétrica de Belo Monte. A garantia de vazões na Volta Grande do Xingu, suficientes para manutenção dos ecossistemas e dos modos de vida das populações ribeirinhas, além da inclusão de projetos implementação de ações em saúde, educação, saneamento e segurança pública firmadas em Termos de Compromisso entre o consórcio Norte Energia, prefeituras e governo do Estado do Pará, foram considerados como "ganhos socioambientais" incorporados à construção da usina, sendo garantia da aprovação da licença (O Estado de São Paulo, 01/06/2011). Contudo, a relutância contra a construção é ainda grande. A polêmica que acompanhou o projeto desde os anos 1970 até os dias de hoje está muito longe de chegar ao fim.

## **II.2 Principais argumentos**

Diversos argumentos são apresentados tanto a favor como contra a instalação da UHE e criação de seu reservatório, como veremos a seguir.

### **II.2.1 A favor da implantação**

Em meio à polêmica sobre a implantação do AHE Belo Monte no rio Xingu (PA), existem dois pontos principais a considerar. Como analisado anteriormente, estima-se que o Brasil irá crescer de 4 a 5% ao ano até 2014, e que a demanda por energia elétrica vá acompanhar esse ritmo. É aí que entra o papel de Belo Monte (Portal Exame, 08/04/2010). Entre as opções de geração de energia, a produzida por usinas hidrelétricas tem várias vantagens. Além de considerada uma fonte energética renovável, emitindo, dentre outras fontes, menor quantidade de poluentes, é a que apresenta também menor custo de construção e operação pela tecnologia disponível atualmente. Ademais, o preço competitivo da energia produzida beneficiará os consumidores, uma vez que não poderá ultrapassar o custo de R\$ 78 Megawatt/hora (MWh). Além disso, a construção de Belo Monte deve gerar 18 mil empregos diretos e 23 mil indiretos e deve ajudar a suprir a demanda por energia do Brasil nos próximos anos, ao produzir eletricidade para suprir 26 milhões de pessoas com perfil de consumo elevado (Folha Online – Ambiente, 19/04/2010).

Ademais, uma das condicionantes impostas na licença prévia para o empreendimento, de acordo com o diretor de Licenciamento do IBAMA, Pedro Bignelli (Abril.com, 08/04/2010), determina que seja mantida uma vazão mínima no trecho do rio Xingu após o primeiro barramento, na região denominada Volta Grande. Ele também nega que as comunidades indígenas serão diretamente atingidas. Já em relação à eficiência, o presidente da Empresa de Pesquisa Energética, Mauricio Tolmasquim, admite que Belo Monte não produzirá toda a energia que permitiria sua capacidade instalada, mas mesmo com a grande variância na produção de energia ao longo do ano (média anual de 4,5 GW, ao invés da capacidade nominal de 11 GW), a tarifa será competitiva o bastante para justificar sua instalação. Segundo ele, o motivo para a redução na produção de energia está nas modificações feitas no projeto para diminuir o impacto da usina na região. Aproximadamente 80% da eletricidade produzida por Belo Monte será destinada às empresas do Centro-Sul do país, e até 20% poderá ser utilizada para atender empresas eletrointensivas do estado do Pará, principalmente a Vale e a Alcoa.

## II.2.2 Contra a implantação

Apesar das justificativas acima, favoráveis à instalação da usina, o projeto apresenta importantes pontos problemáticos pelo lado socioambiental e cultural. Lembrando-se dos casos das UHE de Tucuruí (PA) e Balbina (AM), construídas na Amazônia nas décadas de 1970 e 1980, respectivamente, além de desalojarem indígenas e população ribeirinha, os empreendimentos tiveram impactos ambientais desastrosos. Esses problemas vêm sendo debatidos por movimentos sociais que atuam na região onde será construída Belo Monte, como por exemplo, o Movimento pelo Desenvolvimento da Transamazônica e Xingu (MDTX) e o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), levando-se adiante a batalha contra a construção de Belo Monte e outros aproveitamentos menores (Pequenas Centrais Hidrelétricas) previstas para os afluentes do Rio Xingu.

O EIA/RIMA apresenta a estimativa dos empreendedores de que aproximadamente 100 mil pessoas (número esse considerado subestimado por diversos especialistas, baseados em experiências de obras semelhantes) migrarão para a região, principalmente rumo à cidade de Altamira, sede da usina. A ELETROBRAS, por sua vez, observa no EIA/RIMA que 18 mil empregos diretos e 23 mil indiretos serão gerados no pico da obra, no terceiro e o quarto anos de construção. Somados, o resultado seria de 41 mil novos postos de trabalho. Como mostrado por D. Monteiro, em seu texto “Belo Monte: doze questões sem resposta”, nas contas do próprio governo, portanto, aproximadamente 60 mil pessoas migrantes não terão emprego em nenhum momento da construção da usina, estimada para ser finalizada em dez anos. No final da instalação, a quantidade de empregos estimados é de apenas 700 diretos e 2.700 indiretos. O EIA/RIMA avalia que 32 mil migrantes deverão ficar na região após o término da obra, significando que a maioria da população migrante continuará sem emprego se permanecer na região.

De acordo com Inês Zanchetta, autora de “A polêmica da Usina de Belo Monte”, diante desse quadro é necessário que se questione o modo antidemocrático como o projeto vem sendo conduzido, a relação custo-benefício da obra, o destino da energia a ser produzida e a inexistência de uma política energética para o país que privilegie energias alternativas. Ainda segundo Zanchetta, a estratégia na qual o governo brasileiro está baseado na construção da Usina apresenta argumentos dentro da lógica de vantagens comparativas da matriz energética brasileira. Os rios da margem direita do Amazonas têm declividades propícias à geração de energia, e o Xingu se destaca, também pela sua posição em relação às frentes de

expansão econômica (predatória) da região central do país. Os socioambientalistas que analisaram o projeto, entretanto, estão convencidos de que além dos impactos diretos e indiretos, Belo Monte é uma ameaça maior do que aparentemente mostra, uma vez que outros aproveitamentos poderão vir depois de sua construção, modificando, de forma prejudicial, as condições de vida dos habitantes da região.

### **II.3 Impactos Ambientais**

Apesar de consideradas uma das principais fontes de energia renovável e limpa, os impactos sociais e ambientais inerentes à construção de hidrelétricas são permanentes, podendo ser mais significativos do que o próprio benefício gerado, principalmente se consideradas as características pré-existentes dos locais onde são alocadas as instalações, o reservatório, como é operado o sistema, as influências regionais, entre outros aspectos. A modificação no bioma e perdas materiais não são reversíveis, originando discussões a respeito do caráter sustentável desse tipo de empreendimento. Belo Monte não é diferente. Os principais problemas socioambientais originados por hidrelétricas, de acordo com a Comissão Mundial de Barragens (2000), podem assim ser apresentados:

- Diminuição das áreas de desova a montante e jusante;
- Declínio dos serviços ambientais prestados pelas planícies aluviais a jusante, brejos, ecossistemas de rios e estuários, e ecossistemas marinhos adjacentes;
- Queda na biodiversidade aquática, tendo como consequência redução produção pesqueira, tanto à jusante (abaixo) quanto à montante (acima) da barragem;
- Destruição de florestas locais selvagens, desaparecimento de espécies e destruição das áreas de captação à montante devido à inundação da área do reservatório;
- Perda de terras férteis pelo alagamento, perda das áreas de várzea e, conseqüentemente, de terras férteis para a agricultura;
- Acidificação e salinização da água, imprópria para o consumo e agricultura;
- Eutrofização da água, imprópria para a vida aquática;
- Impactos cumulativos sobre a água, inundações naturais e a composição de espécies quando várias barragens são implantadas em um mesmo rio
- Grilagem de terras e desmatamentos;
- Emissão de gases tóxicos e gases causadores de efeito estufa (com ênfase para o metano – CH<sub>4</sub>).

No capítulo seguinte, apresentaremos os principais métodos de valoração ambiental existentes. Os fatores de impacto acima mencionados serão analisados mais profundamente no capítulo III, a partir do método de valoração mais adequado relativo à construção da barragem da UHE Belo Monte no território da floresta amazônica.

### **CAPITULO III - Métodos de valoração ambiental<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Baseado em Sinisgalli, P.A.A. (2005), Maia, A.G. 2002 e Morelli, M. M. (2010).

*“A economia não pode mais se dar ao luxo de ignorar, minimizar, ou representar indevidamente o papel dos recursos naturais no processo econômico. Em última análise, a qualidade dos recursos naturais define limites amplos mais específicos sobre o que é ou não é economicamente possível. Ignorar tais limites leva à ilusão eufórica de que os únicos limites para expansão econômica existem apenas em nossas próprias mentes.”*

(Cleveland, 1987).

### **III.1 Introdução**

O desenvolvimento econômico, em qualquer tempo e local, se deu pela junção do esforço humano, através de seu trabalho, com os recursos oferecidos pelo ecossistema terrestre que suporta o sistema econômico, os quais contribuem direta ou indiretamente ao bem-estar humano, ou seja, o capital natural disponível. O sistema econômico, dessa forma, interage com o meio ambiente, extraíndo do último matéria e energia e devolvendo resíduos. Em um cenário de contínua degradação do ecossistema, no qual é o capital natural, e não o manufatureiro, que determina o limite de expansão do desenvolvimento econômico, a necessidades de políticas de desenvolvimento sustentável tem se mostrado cada vez mais presente.

Segundo o relatório Brundtland (1987), desenvolvimento sustentável é “aquele desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazerem suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias”. A realização das atividades econômicas deve, dessa forma, adotar um comportamento no qual a preocupação central seja a preservação do capital natural e da sua capacidade de provisão de serviços através de uma gestão sustentável para que o bem-estar não decline ao passar do tempo (Andrade e Romeiro, 2009). Assim sendo, há duas vertentes no que se refere à capacidade de substituição do capital natural por outras formas de capital: a sustentabilidade fraca e a sustentabilidade forte.

A sustentabilidade fraca se caracteriza pela crença de que o capital natural é passível de substituição pelo capital construído pelo homem. O progresso tecnológico tornará a

sociedade sustentável conquanto que realize o aumento dos demais capitais (capital humano e capital físico) para compensar a queda do capital natural, mantendo estoque de capital total do sistema econômico constante. Por sua vez, aqueles que defendem a sustentabilidade forte afirmam que existem elementos do capital natural que não podem ser substituídos pelas outras formas de capital existente, de tal forma que a substituição seria imperfeita e haveria perdas irreversíveis caso uma quantidade muito grande do capital natural fosse destruído, além do que não se pode saber com certeza o quanto de um capital equivale a outro. Seria essencial manter estoque mínimo do capital natural para a sobrevivência humana e continuidade do desenvolvimento econômico. A última visão afirma, portanto, que existem limites biofísicos e ecológicos ao crescimento do desenvolvimento econômico, de forma que a gestão sustentável do capital natural é crucial para a manutenção de sua capacidade de gerar serviços essenciais à vida.

### **III.2 Valoração ambiental**

A valoração ambiental pode ser realizada por dois métodos distintos: pensada em sentido econômico (economia ambiental); e pensada no sentido do fluxo de matéria e energia envolvidas (ecologia de sistemas, pela análise eMergética). Neste estudo, analisaremos a valoração dos danos ambientais originados pela implantação do reservatório da usina de Belo Monte pelos dois métodos, para por fim realizarmos uma comparação entre os valores monetários e eMergéticos obtidos e os valores apresentados na revisão do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, de acordo com o Manual da ELETROBRAS (1997).

#### **III.2.1 Valoração monetária ambiental**

Valorar o meio ambiente implica exclusivamente a atribuição de um valor monetário aos recursos ambientais. Enquanto provedor de serviços essenciais, o capital natural é dotado de valor econômico. Por diversos recursos naturais serem bens públicos, ou seja, de livre acesso àqueles interessados em sua utilização, muitas vezes os recursos são alvo de uso abusivo e descontrolado. Com a finalidade de controlar sua exploração, a valoração ambiental simula um mercado hipotético para esses bens sem preços definidos, de forma que se consiga mensurar as preferências dos indivíduos perante variação no meio ambiente (Pearce, 1993).

Apesar de incapazes de precisar o real preço de um bem ou serviço, os mecanismos existentes de valoração da economia ambiental nos fornecem uma aproximação aceitável do exato valor dos elementos do capital natural analisados. Há diversos métodos de valoração, e, apesar de ainda não haver um consenso de qual método é o mais adequado, cada um apresenta sua eficiência específica para a valoração. O ponto de vista da valoração econômica é o de sustentabilidade fraca, ao ser feita a partir da elaboração de um mercado hipotético no qual o recurso ambiental em questão apresenta um preço. Mesmo não sendo exatas, as conclusões são muito úteis para análise de custo benefício de empreendimentos, como é o caso deste estudo.

Os recursos ambientais apresentam atributos pelo seu **valor de uso**, ou seja, valor da utilidade que os recursos proporcionam, **valor de opção**, relacionado a usos futuros que podem gerar algum tipo de satisfação aos indivíduos, ao invés do uso presente (valor de uso), e seu **valor de existência** (ou **valor de não uso**) pelo qual os agentes estariam dispostos a pagar para sua preservação (Sinisgalli, 2005). O valor do recurso ambiental é dado pela expressão (Pearce & Turner, 1990):

$$\text{Valor Econômico Total} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência}$$

Dentre os métodos existentes para valoração ambiental neoclássica, temos os **Métodos Diretos de Valoração**, os quais obtêm as preferências dos consumidores através da disposição a pagar do indivíduo para bens e serviços, e os **Métodos Indiretos de Valoração**, que, por sua vez, avaliam a disposição a pagar de modo indireto, recuperando o valor dos bens e serviços ambientais através das alterações nos preços de produtos de mercado resultantes das mudanças ambientais. Dentro dos métodos diretos, estão a Avaliação Contingente, Preços Hedônicos e os Custos de Viagem. Já os métodos indiretos são a Produtividade Marginal (método utilizado para a valoração da AHE de Belo Monte), Custos evitados, Custos de Controle, Custos de Reposição e Custos de Oportunidade, lembrando que o resultado final obtido a partir do uso dos métodos é expresso em valores monetários.

A seguir, faremos uma breve síntese dos métodos indiretos e diretos. O processo de valoração exige, primeiramente, a realização de uma avaliação ecossistêmica de todos os recursos que estão envolvidos.

### **III.2.1.1 Métodos diretos de valoração**

Os métodos diretos de valoração estimam o valor monetário dos recursos ambientais com base na disposição a pagar da população, obtendo as preferências dos consumidores através da disposição a pagar do indivíduo para os bens e serviços ambientais analisados. É a maneira de captação da DAP (disposição a pagar) das pessoas que determinará os métodos diretos de valoração.

A seguir, faremos uma breve descrição dos métodos diretos de valoração, sendo eles divididos entre aqueles que capturam a disposição a pagar direta (avaliação contingente) e a disposição a pagar indireta (preços hedônicos e custos de viagem).

#### **III.2.1.1.1 Disposição a pagar (DAP) direta**

O método de disposição a pagar direta é a forma utilizada para se realizar a estimativa econômica dos valores de não uso dos recursos naturais que pretendemos valorar. A DAP, capturada através de questionamentos individuais, será a estimativa do valor total que as pessoas entrevistadas atribuem aos recursos naturais, englobando tanto os valores de uso como os de existência.

A avaliação contingente é o método que utiliza a DAP direta.

##### **III.2.1.1.1.1 Avaliação contingente**

O método de avaliação contingente (MAC) se refere à simulação de um mercado hipotético, apresentando ao entrevistado os atributos do recurso a ser avaliado e utilizando questionários específicos para avaliar suas disposições, em unidades monetárias, a pagar para a manutenção, ou a receber pela modificação do recurso natural analisado, mesmo que nunca o tenham utilizado (Maia, 2002). A partir das consultas estatísticas à população, é possível obter tanto os valores de uso quanto os de não uso.

O MAC, entretanto, é considerado o mais problemático dos métodos de valoração ter como premissas básicas de que o entrevistado conhece ou é informado perfeitamente sobre os atributos do recurso, assim como suas preferências, sendo capaz de revelá-los com precisão no questionário (Sinisgalli, 2005). No entanto, como muitos dos cenários apresentados são complexos e de difícil compreensão, tanto devido ao curto tempo de entrevista quanto às

limitações dos entrevistadores de não conseguirem explicar com plenitude todas as características do cenário, o indivíduo entrevistado conseguirá somente manifestar sua disposição a pagar baseado em dados limitados do recurso natural a ser valorado.

Além da limitação explicitada acima, o MAC apresenta outras limitações decorrentes da dificuldade de capturar a verdadeira disposição a pagar dos indivíduos em mercados hipotéticos. Dentre elas, temos:

- Comportamento estratégico: o indivíduo superestima ou subestima sua verdadeira disposição a pagar;
- Viés de aceitabilidade: o entrevistado aceita uma disposição a pagar sugerida pelo entrevistador, ou por não se interessar em responder seriamente ao questionário, quanto por apenas aparentar ter atitude politicamente correta;
- Viés de rejeição: o indivíduo fornece respostas negativas por não estar interessado em responder ao questionário no momento da entrevista;
- Viés de informação: a qualidade do questionário ou das informações passadas pelo entrevistador pode distorcer a disposição a pagar do entrevistado por apresentarem dados incorretos ou incompletos;
- Viés *warm-glow*: valores altos e baixos fornecidos são considerados mais como forma de sinalizar a aprovação ou a rejeição do projeto contra do recurso do que a verdadeira disposição a pagar;
- Viés parte-todo: deriva da dificuldade de se identificar separadamente todos os atributos ambientais e suas relações no ecossistema;
- Efeito ponto de partida: o valor inicial apresentado pode influenciar a valoração final, considerando-se que a apresentação de um valor inicial muito alto pode levar à superestimação do valor pelo entrevistado, da mesma forma que um valor inicial baixo pode levar à subestimação;
- Viés de encrustamento: apesar de serem esperadas maiores contribuições para programas maiores de preservação, não é sempre isso que observamos. Isso ocorre por viés de informação, *warm-glow* ou aceitabilidade;
- Viés de localização: a localização geográfica do recurso a ser valorado influencia a disposição a pagar dos entrevistados, de forma que a limitação do número de pessoas entrevistadas, assim como localidade onde se encontram, interferem no valor da disposição a pagar obtida, causando viés na valoração final.

Apesar de todas as dificuldades, é possível, através do planejamento cuidadoso do questionário e outras medidas, aferir maior credibilidade aos resultados da pesquisa. Mesmo não suficientes para garantir a validade das estimativas, o método fornece informações que poderão servir como referência para estudos posteriores.

#### **III.2.1.1.2 Disposição a pagar (DAP) indireta**

Os métodos sob esta denominação obtêm de forma indireta a disposição a pagar das pessoas para os recursos ambientais, recorrendo a um mercado de bens complementares (que possuem preço definido). Considera-se que o comportamento desses bens seja suficiente para a estimação de valores dos bens e serviços ambientais analisados.

Os métodos de DAP indireta são preços hedônicos e o de custo de viagem, apresentados nos tópicos subseqüentes.

##### **III.2.1.1.2.1 Preços hedônicos**

O método de preços hedônicos estabelece uma relação entre os atributos de um produto e seu preço de mercado, de forma que se procura identificar um bem privado com características complementares ao recurso ambiental analisado. Dessa forma, é possível mensurar o preço implícito do recurso ambiental a partir do preço de mercado do bem privado. O método é utilizado principalmente para determinação de preços de propriedades, realizando uma regressão de quadrados mínimos ordinários para ajustar o preço da residência às diversas características que possam influenciar seu valor.

A principal limitação do método recai na impossibilidade de determinar todos os aspectos que influem no preço da propriedade e/ou na impossibilidade de quantificação de todas as características, prejudicando o resultado final da valoração. Outras limitações se dão no pressuposto de que haja igualdade de informações entre os diferentes indivíduos e liberdade na escolha de residências em todo o mercado, o que não ocorre na realidade.

##### **III.2.1.1.2.2 Custo de viagem**

Este método procura avaliar o valor de um recurso ambiental a partir da curva de demanda para atividades de lazer complementares, avaliando quanto os indivíduos estariam dispostos a pagar para desfrutar de belezas naturais, como em patrimônios naturais de

visitação pública. O método consiste no levantamento dos gastos dos visitantes para se deslocarem até os locais onde se localizam os atributos naturais, incluindo transporte, tempo de viagem, taxas de entrada, dentre outros gastos complementares. A curva de demanda é determinada pela disposição a pagar das pessoas (gastos totais da visitação, obtidos junto às pessoas) como função do número de visitas. O valor do atributo é, então, obtido ao calcular-se a integral da curva de demanda, sendo esta área equivalente ao excedente do consumidor.

O método de custo de viagem, contudo, apenas capta os valores de uso direto e indireto dos recursos ambientais, uma vez que somente aqueles que visitam o patrimônio são entrevistados. A disposição a pagar do indivíduo que não visitar o local é nula, assim como a utilidade marginal do recurso ambiental a ser valorado será nulo caso o número de visitantes seja nulo também.

Os gastos a serem considerados na análise devem ser cuidadosamente definidos de forma a evitar os vieses de estimação. O tipo de transporte, os gastos considerados relevantes (pedágio, alimentação, combustível), o tempo de viagem despendido (se em horário de trabalho ou férias), gastos com hospedagem e alimentação, caso os turistas fiquem mais do que um dia no patrimônio devem ser levados em consideração. Seguindo tais procedimentos, o método é capaz de proporcionar uma medida adequada da disposição a pagar dos agentes econômicos para usufruir dos benefícios do recurso natural valorado. Contudo, o método só pode ser utilizado para sítios naturais que exijam deslocamento dos visitantes, já que locais de visitação frequentemente visitados por pedestres não possuem custo de transporte a ser considerado.

### **III.2.1.2 Métodos indiretos de valoração**

Os métodos indiretos de valoração estimam o valor monetário dos recursos ambientais de forma indireta, através de uma função de produção, analisando as alterações nos preços de produtos do mercado resultantes das mudanças ambientais. Consideram, portanto, que existem bens e serviços privados que substituem ou complementam perfeitamente o recurso ambiental a ser valorado e que possuem valor de mercado, de tal forma que os bens (ou serviços) privados substitutos sofrem alterações de preços quando o bem (ou serviço) natural tem sua provisão modificada (produtos privados substitutos tem sua utilização elevada em uma unidade quando os produtos ambientais sofrem decréscimo de consumo em uma

unidade), enquanto que os produtos privados complementares são consumidos em proporções constantes com os produtos ambientais.

Tais métodos, entretanto, apresentam uso limitado à avaliação de valores de uso, não determinando valores de não uso (existência) e de opção. Ademais, pode ocorrer subestimação do valor do recurso ambiental, sendo provável que apenas alguns aspectos sobre o funcionamento dos ecossistemas que produzem os bens e serviços que se pretende valorar sejam identificados, deixando outros aspectos relevantes para a valoração fora da análise.

A seguir, apresentamos uma breve descrição dos métodos indiretos de valoração, divididos em método da produtividade marginal e método de mercado de bens substitutos.

#### **III.2.1.2.1 Produtividade marginal**

O método da produtividade marginal (ou produção sacrificada) atribui um valor ao uso do recurso natural relacionando sua quantidade, ou qualidade, à produção de outro produto com preço definido no mercado. O papel do recurso ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta: a dose é a variação marginal na provisão do recurso ambiental (alteração no nível de provisão do recurso); e a resposta é o impacto que tal variação ocasiona no sistema produtivo (nível de produção do respectivo produto privado no mercado). A partir da relação entre a ação causadora e o atributo ambiental, é estabelecido seu valor econômico de uso.

A elaboração de uma função dose-resposta envolve duas etapas: elaboração de uma função física dos danos; e elaboração de um modelo econômico capaz de mensurar o impacto financeiro das alterações estudadas no processo produtivo. Contudo, a função de produção geralmente não é tão trivial como descrita. Dificuldades são apresentadas pela mensuração precisa da provisão do bem ou serviço e determinação de relações de dose-resposta, uma vez que não são afetados somente os benefícios envolvidos no processo produtivo. Para definir com precisão todos os benefícios e danos gerados pela intervenção, seria necessário ter vasto conhecimento dos processos biológicos, das capacidades técnicas e suas interações com as decisões dos produtores, e do efeito da produção no bem estar da população.

O método de produtividade marginal acaba, portanto, estimando apenas uma parcela dos serviços ecossistêmicos envolvidos. Além disso, por somente captar os valores de uso do

recurso natural, deixando de lado os valores de opção e existência, o resultado final da valoração tende a subestimar o real valor dos bens ou serviços ambientais analisados.

### **III.2.1.2.2 Mercado de bens substitutos**

Este método é utilizado quando, por não ser possível obter diretamente o preço de mercado de um produto afetado por alterações ambientais, estimamos seu valor por meio de algum bem substituto existente no mercado. É esperado que maior procura pelos bens substitutos seja indicação da perda de qualidade ou escassez do produto ambiental, de forma que a população procura nos substitutos a manutenção do mesmo nível de bem-estar que o recurso natural provia.

A limitação do método encontra-se no fato de que as estimativas são geralmente subdimensionadas, pois, além de ser extremamente difícil de encontrarmos recursos que substituam perfeitamente os recursos naturais, o método tende a considerar somente seu valor de uso. Os valores de não uso não entraram no cálculo da valoração por não possuírem valores de mercado. Apesar de suas limitações, o resultado final é boa aproximação ao valor econômico do bem ou serviço ambiental feito pela população, se mostrando suficiente em muitos casos para garantir, por exemplo, o uso sustentável de um recurso natural ou evitar políticas de impactos ambientais.

As técnicas sob denominação do mercado de bens substitutos são os custos evitados, custos de controle, custos de reposição e custos de oportunidade.

#### **III.2.1.2.2.1 Custos evitados**

A técnica de custos evitados é geralmente utilizada em estudos de mortalidade e morbidade humana. Ela estima o valor do recurso ambiental analisado a partir dos gastos com atividades substitutas ou complementares para a manutenção da qualidade de vida, de tal forma que se supõe que os gastos adicionais das pessoas com essas atividades reflete a avaliação de todos os possíveis males da menor qualidade e/ou quantidade do recurso natural, indiretamente valorando sua disposição a pagar pelo recurso ambiental de maior qualidade e/ou quantidade.

Destaque deve ser dado ao fato de que as estimativas dos custos evitados tendem a apresentar falhas latentes e a ser subestimadas. Elas aferem valores econômicos menores para

as pessoas mais velhas e mais pobres, valores nulos para desocupados e inativos e ignoram as preferências dos consumidores, além de desconsideram fatores como a existência de um comportamento altruísta do indivíduo ao estimar o valor dado à vida ou à saúde alheia, além da falta de informação sobre os reais benefícios do bem ou serviço ambiental.

#### **III.2.1.2.2 Custos de controle**

Os custos de controle são os gastos feitos com a intenção de impedir que ocorram variações do recurso ambiental, mantendo a qualidade dos benefícios feitos à população. O controle impede que haja a depleção do capital natural, permitindo que ele seja explorado de maneira sustentável, aumentando os benefícios da população a longo prazo.

A estimação dos custos marginais do controle e dos benefícios gerados pela preservação, além da determinação do nível ótimo de provisão do recurso natural, são as maiores dificuldades enfrentadas pelo método.

#### **III.2.1.2.3 Custos de reposição**

A valoração do recurso ambiental que sofreu alterações em sua quantidade e/ou qualidade será dada, ao utilizarmos o método de custos de reposição, pelos gastos necessários para sua reposição ou reparação. Este método parte do pressuposto de que os bens e serviços ambientais possam ser devidamente substituídos e é utilizado frequentemente como medida do dano causado após a modificação na quantidade ou qualidade do recurso ambiental, de forma a estimar os custos com base em preços de mercado para repor ou reparar os elementos danificados. A maior limitação do método é supor que todos os atributos do recurso natural são repostos pela substituição do recurso, o que o leva a resultar em valores subestimados.

#### **III.2.1.2.4 Custos de oportunidade**

Custos de oportunidade são as perdas econômicas em que a população incorre ao preservar e restringir o consumo do recurso natural, ao invés de desenvolver atividades econômicas na área de proteção, explorando e utilizando os recursos naturais para esta finalidade. Contudo, o ecoturismo e exploração de ervas medicinais, dentre outras atividades não predatórias, representam atividade econômica com geração de renda a partir da preservação dos recursos naturais. Outro ponto a considerar na estimativa são as atividades econômicas insustentáveis. Se colocadas em prática, ocasionariam em danos irreversíveis e

perda de elementos naturais, reduzindo a oferta total do recurso e, conseqüentemente, reduzindo a renda de longo prazo gerada pela exploração.

### **III.3 Valoração pela ecologia de sistemas**

#### **III.3.1 Valoração eMergética**

A valoração dos recursos naturais na forma de eMergia é tida como uma forma alternativa à valoração baseada em princípios da economia neoclássica, anteriormente explicitados. Através dela, há o estabelecimento de uma relação entre ecologia e economia. As relações entre o processo econômico e as leis da física são consideradas como entrada de recursos naturais que são transformados, via uso de energia, em produtos, gerando rejeitos e calor. O processo econômico, portanto, tem o sentido único de transformação de recursos naturais de baixa entropia em produtos e resíduos de alta entropia (Morelli, 2010). Através de princípios físicos e biológicos, a valoração eMergética estabelece uma moeda comum, de forma a quantificar (em unidades eMergéticas) os elementos e interações do sistema analisado (Sinisgalli, 2005).

Para melhor compreensão, a seguir partiremos para a explicação da Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica.

##### **III.3.1.1 Primeira e Segunda leis da termodinâmica**

Termodinâmica é a ciência que estuda a energia, como ela se movimenta e como ela inicia tal movimento, de forma que seu comportamento pode ser descrito a partir das Leis da Termodinâmica. De acordo com Odum (1994, *apud* Sinisgalli, 2005), “*Energy is a quantity common to all processes; it flows, is stored, and is transformed in form*”. A energia é fator comum a toda material, sendo portanto passível de se tornar parâmetro de quantificação.

A Primeira Lei da Termodinâmica (também conhecida como Lei da Conservação de Energia) trata da conservação da energia, corroborando o fato de que esta pode ser convertida de uma forma a outra (e todas podem ser convertidas em calor), podendo ser transformada, mas não criada ou destruída, desde que em um sistema fechado, no qual não haja possibilidade de perda ou ganho de energia externa. Já a Segunda Lei da Termodinâmica (Lei da Entropia ou Lei da Degradação da Energia) demonstra que na transformação de energia sempre haverá uma perda, de modo que essa degradação qualitativa é irreversível e pode ser

medida. Dessa forma, temos que, enquanto a Primeira Lei prega a conservação de toda energia do sistema, podendo ela ser estocada ou transferida para o exterior, a Segunda Lei se refere à sua tendência natural de depreciação e dispersão (Odum, 1994; Sinisgalli, 2005; Morelli, 2010).

### **III.3.1.2 EMergia e transformidade**

Conforme dito anteriormente, a energia é o fator limitante mais relevante para um ecossistema, de forma que, pelo seu fluxo, é possível avaliar cada componente do sistema, além permitir comparar diversos ecossistemas existentes. O conceito de eMergia e de Transformidade permitem a quantificação do fluxo de energia, sendo que mensuram, respectivamente, a energia para gerar fluxo ou armazenamento energético e energia para produção de outro tipo de energia. Através de indicadores para avaliar a relação entre energia que entra e sai de um sistema definido, a metodologia permite observar e quantificar (em unidades eMergéticas) os elementos energéticos que compõe o empreendimento em análise, permitindo assim sua comparação e integração. O resultado final é a obtenção do custo-benefício em termos eMergéticos da atividade em questão sobre o meio ambiente.

A eMergia é a energia necessária na transformação para gerar fluxo ou armazenamento de energia, estando diretamente associada à fonte energética primária, o Sol. Dessa forma, a base adotada para a representação dos processos de transformações energéticas é a eMergia Solar. Já a Transformidade, definida como a quantidade de um tipo de energia necessária para gerar uma unidade de outro tipo de energia, é utilizada para levar todos os fluxos energéticos de um sistema a uma mesma base e pode ser escrita como a eMergia por unidade de energia. Por definição, a transformidade solar da luz solar absorvida pela Terra é igual a 1,00. A Transformidade de um produto aumenta conforme mais transformações energéticas forem requeridas em sua elaboração, considerando que, a cada transformação, a energia disponível é transformada em outro tipo de energia com maior qualidade, com a eMergia aumentando enquanto que a energia diminui, o que faz com que a taxa de eMergia se eleve (Odum, 1996, *apud* Morelli, 2010). Os conceitos de eMergia e Transformidade representam a adequação da qualidade de energia que flui em um sistema, possibilitando a integração dos diversos componentes existentes em uma base comum, os tornando passíveis de comparação (Odum, 1988b, *apud* Sinisgalli, 2005).

O pressuposto da análise eMergética é o aumento crescente da entropia ao longo do fluxo de transformações, com grande quantidade de energia de baixa qualidade (energia solar) sendo transformada em pequena quantidade de energia de alta qualidade (por exemplo, carvão e combustíveis fósseis). A eMergia é, portanto, a memória energética ou energia incorporada (*embodied energy*) necessária para a produção de bens e serviços, correspondendo a uma medida de valor-energia. De forma a compararmos diferentes formas de energia, é necessário realizar cálculos de transformação que as convertem em uma “moeda comum”, definida a partir da luz solar (energia primária), denominada Joules de Energia Solar (*Solar Enjoule*, ou sej).

Acrescentaremos ao estudo eMergético o conceito de exergia. Uma análise de exergia é uma análise de disponibilidade, e constitui um método apropriado para maximizar o objetivo de um uso mais eficaz de energia, visto que permite a determinação de rejeitos e perdas em termos de sua localização, tipo e valores reais. Iremos, portanto, analisar as entradas e saídas do sistema de acordo com a Primeira e a Segunda Leis da Termodinâmica, utilizando-se da exergia quando necessário.

### **III.3.1.3 Críticas à valoração eMergética**

Como os métodos de valoração neoclássico, a valoração eMergética apresenta falhas. Ao assumir que a energia é a base de funcionamento do sistema, a matéria é deixada em plano secundário, apesar de, nos sistemas econômicos, ser tida como fundamental fonte de recursos e despejos, ou seja, fluxo (Amazonas, 2001, *apud* Sinisgalli). Ademais, não se pode mensurar com exatidão o número de transformações ocorridas nos recursos e serviços ambientais envolvidos na forma de eMergia, já que os processos de formação dos materiais variam. Por fim, a maior dificuldade encontrada na utilização do método se encontra na crítica à circularidade existente entre os conceitos de eMergia e Transformidade. Considerando que a eMergia de um produto é obtida através de toda a memória de energia envolvida em sua formação, para enfim transformá-la na “moeda” Solar em Joule; e que a Transformidade é a razão entre a eMergia necessária para produzir o produto e a energia que o produto contém (sendo sua unidades sej/J); temos, no limite, que a Transformidade é obtida pela eMergia, e esta, simultaneamente, depende da Transformidade do produto.

## **III.4 Considerações finais**

Neste capítulo apresentamos uma breve descrição dos principais métodos de valoração de recursos ambientais. Os métodos diretos estimam o valor do recurso ambiental através da disposição a pagar das pessoas, a qual depende diretamente da renda, conhecimentos individuais e circunstâncias das pesquisas, como descrito anteriormente. Por sua vez, os métodos indiretos utilizam uma função de produção, valorando os bens e serviços ambientais de acordo com o impacto que a variação desses bens e serviços ocasiona na atividade econômica, sendo limitados pela dificuldade em encontrar a relação entre os elementos naturais e os preços de produtos no mercado. O desconhecimento da função ecológica do bem ou serviço ambiental em sua totalidade, além da desconsideração da existência de riscos de perdas irreversíveis potencialmente catastróficas, levam muitas vezes à superestimação ou subestimação do real preço do recurso a ser valorado.

A valoração eMergética, mesmo criticada em alguns pontos importantes, é considerada como mais eficiente que a valoração monetária neoclássica ao depender menos de avaliações subjetivas, sendo estas, como visto anteriormente, as principais causadoras de vieses nos estudos que utilizam esse método de valoração. Ao se basear na composição física e biológica dos elementos e os trazer a uma mesma moeda, a valoração eMergética é capaz de mensurar os valores dos bens e serviços ambientais, sem depender das preferências individuais.

Apesar das limitações, os resultados obtidos são muitas vezes suficientes para estimular o uso mais racional e sustentável dos recursos naturais pelos agentes econômicos, ou até mesmo justificar a implementação de políticas com esse intento. A escolha do método a ser utilizado na valoração depende principalmente do objetivo da pesquisa, da limitação do método e das informações disponíveis para o estudo.

No capítulo seguinte, realizaremos a valoração dos principais danos ambientais decorrentes da construção da usina hidrelétrica de Belo Monte, utilizando para tanto alguns dos métodos apresentados neste capítulo.

## **CAPÍTULO IV – Descrição do estudo de caso**

### **IV.1 Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu - ELETROBRAS**

A escolha da melhor alternativa de aproveitamento da bacia do rio Xingu pelo governo federal foi realizada a partir da revisão, em 2007, dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, realizado pela Eletronorte na década de 1970, que considerava duas alternativas, que aqui denominaremos de A e B, com área total inundada de 18.300 km<sup>2</sup> e 18.150 km<sup>2</sup>, e potência total instalada igual a 20.375 MW e 20.617 MW, respectivamente. Na revisão, foram apresentadas três alternativas para aproveitar o potencial hidrelétrico da bacia, sendo elas:

- Alternativa 1: construção de quatro reservatórios (AHEs São Félix, Pombal, Altamira e Belo Monte), com inundação de terras indígenas e unidades de conservação com o remanso final dos reservatórios;
- Alternativa 2: construção dos quatro reservatórios, com diminuição da área alagada das AHEs São Félix e Altamira, com a perenização da inundação das cheias nas terras indígenas e unidades de conservação;
- Alternativa 3: construção apenas da AHE Belo Monte, com a não inundação de terras indígenas, nem de unidades de conservação.

A escolha da melhor alternativa levou em consideração o melhor aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia de acordo com as normas, metodologias e contexto socioambiental e políticos vigentes na época de realização do estudo. A avaliação ambiental adotou a metodologia proposta no manual de inventário da ELETROBRAS de 1997.

#### **IV.1.1 Avaliação econômica e energética**

Para a avaliação econômica e energética, simulou-se a operação energética dos aproveitamentos hidrelétricos em cada uma das alternativas apresentadas, desde a década de 1970 até o ano de 2009, de forma a estimar os correspondentes benefícios (através de índices de custo-benefício) energéticos e potências instaladas. A tabela 1 mostra, para cada alternativa acima explicitada, o valor da queda (em metros), a potência instalada para cada usina considerada (em MW), o custo total (em milhares de US\$), a energia firme das casas de força (MW médio = MW med), e os índices de custo-benefício (ICB) obtidos.

TABELA 1: Índice de custo-benefício para alternativas de aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Xingu.

UHE	Alternativa	N.A. (m)	Potência (MW)	Custo Total* (US\$ x 1.000)	Energia Firme (MW med)	ICB (US\$/MWh)
São Félix	1	210	906	1.700.004,55	498,2	47,5
	2	202	600	1.326.724,08	329,6	56,0
Pombal	1 e 2	185	805	1.759.773,60	443,2	55,2
	1	120	1.848	2.767.693,64	973,5	39,6
Altamira	2	111	1.150	2.101.912,56	588,4	49,7
Belo Monte	1,2 e 3	97	11.181	7.341.044,46	4.796,0	22,0
Alternativa 1			14.740	13.568.516,24	6.711,0	29,0
Alternativa 2			13.736	12.529.454,70	6.157,0	31,4
Alternativa 3			11.181	7.341.044,46	4.796,0	31,5

Nota da tabela: – ICB: índice de custo-benefício; – \* Valores atualizados pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010.

Fonte: ELETROBRAS, 2007.

#### IV.1.2 Avaliação ambiental

A estimativa dos impactos ambientais foi feita, similarmente à avaliação econômica e energética, conforme a metodologia proposta no Manual de Inventário da ELETROBRAS (1997). Foram definidos índices de impacto sobre recursos socioambientais e, a partir da ponderação de cada índice, obtiveram-se os índices ambientais (IA) para cada alternativa proposta. Os componentes adotados, por se esperar que sejam afetados pelo aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Xingu, são os ecossistemas aquáticos, ecossistemas terrestres, organização territorial, base econômica, modos de vida, e populações indígenas. Para cada componente, foi feita a formulação de critérios e elementos de avaliação. Os critérios são apresentados abaixo:

##### Ecossistemas aquáticos:

- Perda de ambientes propícios à reprodução de peixes;
- Perda de ambientes ecologicamente estratégicos (pedrais e ilhas);
- Perda de vegetação às margens de igarapés;
- Comprometimento de potenciais rotas migratórias/movimentação;
- Alteração na qualidade da água;
- Alteração no regime hídrico no rio.

##### Ecossistemas terrestres:

- Perda, fragmentação e isolamento de habitats e perda de biodiversidade.

#### **Organização territorial:**

- Interferências em núcleos populacionais;
- Interrupção das vias de acesso/comunicação (terrestre);
- Interrupção das vias de acesso/comunicação (aquática);
- Pressão adicional sobre a infraestrutura urbana e de serviços ocasionada pelo aumento populacional.

#### **Base econômica:**

- Redução de emprego e renda na fase de desmobilização da obra (município sede do canteiro);
- Comprometimento das atividades econômicas com a formação do reservatório.

#### **Modos de vida:**

- Alteração nos aspectos que conformam as condições de vida;
- Pressão sobre a infraestrutura de saúde;
- Alteração/ruptura na rede de relações econômicas/sociais;
- Desestruturação das relações e referências das populações ribeirinhas.

#### **Populações indígenas:**

- Interferências em terras indígenas;
- Interferências em grupos étnicos;
- Alteração de ambientes com comprometimento de recursos pesqueiros;
- Possibilidade de ocorrência de sítios de importância para culturas indígenas (áreas potenciais de sítios arqueológicos): pedrais e ilhas e integridade da cobertura florestal.

Os resultados obtidos estão presentes na tabela 2:

TABELA 2: Resultado final das avaliações econômica, energética e ambiental das alternativas consideradas pela ELETROBRAS.

Alternativas	Energia firme (MWh/h)	Custo de Instalação (10 <sup>3</sup> US\$)	ICB (US\$/MWh)	ICB/CUR	IA	IP
Alternativa 1	6.711	13.568.516	29	0,540	0,427	0,484
Alternativa 2	6.157	12.529.455	31,4	0,585	0,411	0,497
Alternativa 3	4.796	7.341.044	31,5	0,587	0,276	0,431

Nota da tabela: – ICB: índice de custo-benefício. – CUR: Custo unitário de referência (US\$53,7/MWh - valores atualizado pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010 ). – IA: índice ambiental. – IP: índice ponderado (50% do ICB/CUR + 50% do IA).

Fonte: ELETROBRAS, 2007.

O estudo conclui, portanto, que a alternativa 3 se mostra como a mais indicada e adequada para a exploração hidroenergética do rio Xingu. A escolha da melhor alternativa pode ser comprovada pela tabela 3:

TABELA 3: Quadro comparativo das alternativas consideradas pela ELETROBRAS.

Alternativas	Número de UHE	Potência (MW)	Energia Firme (MW med)	Área do Reservatório (km <sup>2</sup> )
Inventário realizado na década de 1980				
Alternativa A	6	20.375	9.500	18.300
Alternativa B	7	20.617	9.800	18.150
Inventário Atual				
Alternativa 1	4	14.732	6.652	3.444
Alternativa 2	4	13.736	6.162	2.723
Alternativa 3	1	11.181	4.796	440

Fonte: ELETROBRAS, 2007.

Da primeira alternativa, realizada na década de 1980, à alternativa selecionada, podemos ver que enquanto a potência foi reduzida pela metade, a área a ser utilizada para o reservatório caiu a 2,5% da primeira proposta. Esse fato, juntamente com o maior esforço para realização de avaliações socioambientais demonstra a crescente preocupação com

aspectos ambientais pelas viabilizadoras de empreendimentos hidrelétricos e pela população em geral.

#### **IV.1.3 Problemas da metodologia oficial da ELETROBRAS**

Como percebido acima, a avaliação do custo-benefício de projetos de usinas hidrelétricas, pelo guia oficial de estudos de viabilidade pela ELETROBRAS, não leva em consideração os custos diretos dos principais danos ambientais ocasionados pela construção e operação das usinas, apenas considerando os custos de compensação ou recuperação, referentes à limpeza do reservatório, criação de unidades de conservação, áreas de proteção permanente, conservação da fauna e da flora, qualidade das águas e recuperação das águas degradadas. Os danos considerados, portanto, acabam sendo basicamente os decorrentes da construção da formação dos reservatórios (Sinisgalli, 2005). A perda de benefícios ambientais é, portanto, considerada de maneira falha, e com valores subestimados. A utilização desses métodos não fornecem medidas apropriadas para a obtenção dos verdadeiros valores dos custos ambientais incorridos

Na parte seguinte, analisaremos os principais danos decorrentes da implantação do AHE Belo Monte utilizando outra abordagem, por meio da utilização das metodologias, baseadas na economia ambiental, apresentadas no capítulo III deste estudo. Apresentaremos as diferentes metodologias à valoração dos custos ambientais por tipo de dano, esperando estimar valores, mesmo que não exatos, mais adequados do que os obtidos pelos métodos utilizados correntemente nos manuais de valoração oficiais.

#### **IV.2 Valoração pela economia ambiental**

A construção de usinas hidrelétricas tem como principais impactos ambientais as modificações no ecossistema aquático (modificação do regime hídrico do rio) e no ecossistema terrestre, referente à área do reservatório. Enquanto a primeira modificação afeta essencialmente as espécies animais e vegetais que habitam o rio ou suas proximidades, a modificação no ambiente terrestre, além de influir nas espécies nativas, limita a utilização da terra para uso determinado (reservatório), limitando os demais usos, a serem apresentados posteriormente.

Todavia, como apresentado no capítulo introdutório, a totalidade dos impactos ambientais gerados pela implantação de usinas hidrelétricas não se restringe apenas à

formação do reservatório, mas também às áreas próximas à barragem. De acordo com a Comissão Mundial de Barragens (*Dams and Development*, 2000), os principais danos ao meio ambiente são dados por:

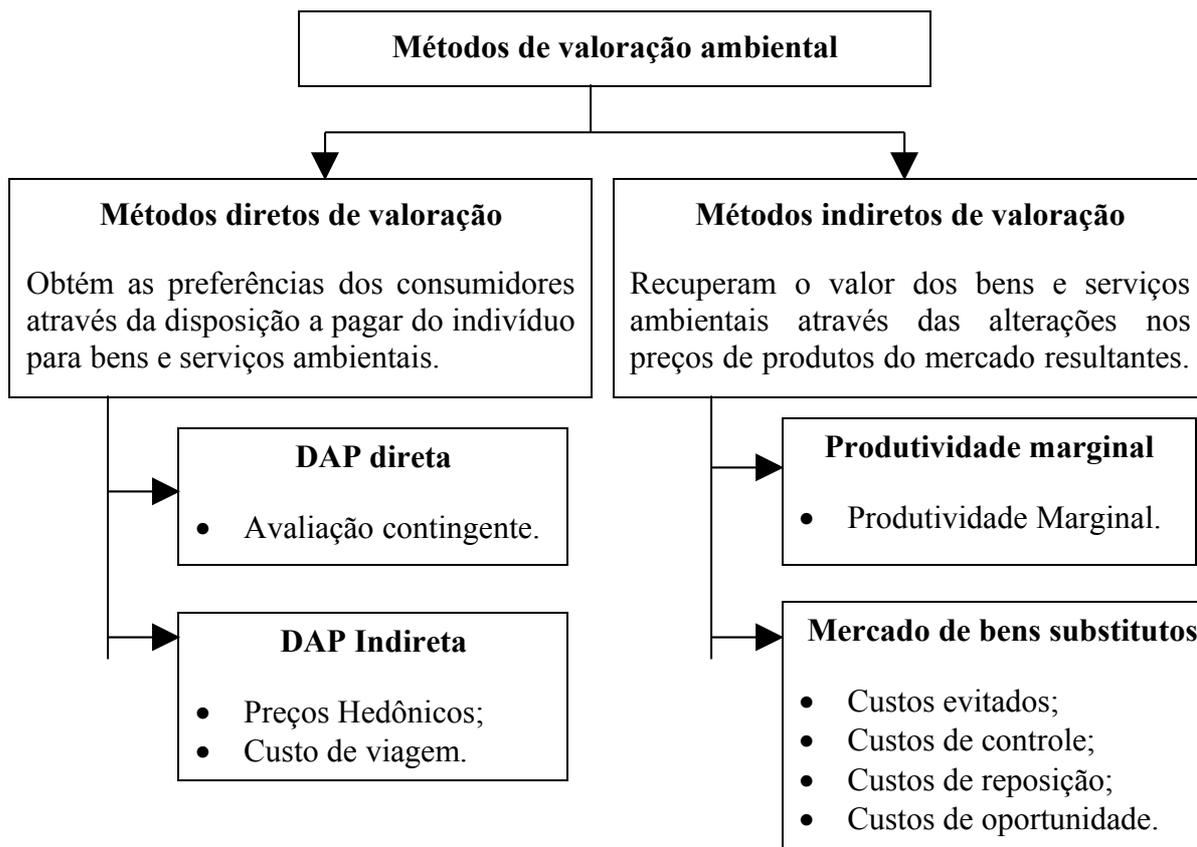
- Diminuição das áreas de desova a montante e jusante;
- Declínio dos serviços ambientais prestados pelas planícies aluviais a jusante, brejos, ecossistemas de rios e estuários, e ecossistemas marinhos adjacentes;
- Queda na biodiversidade aquática, tendo como consequência redução produção pesqueira, tanto à jusante (abaixo) quanto à montante (acima) da barragem;
- Destruição de florestas locais selvagens, desaparecimento de espécies e destruição das áreas de captação à montante devido à inundação da área do reservatório;
- Perda de terras férteis pelo alagamento, perda das áreas de várzea e, conseqüentemente, de terras férteis para a agricultura;
- Acidificação e salinização da água, imprópria para o consumo e agricultura;
- Eutrofização da água, imprópria para a vida aquática;
- Impactos cumulativos sobre a água, inundações naturais e a composição de espécies quando várias barragens são implantadas em um mesmo rio
- Grilagem de terras e desmatamentos;
- Emissão de gases tóxicos e gases causadores de efeito estufa (com ênfase para o metano – CH<sub>4</sub>).

A partir dos pontos acima, e com base nos estudos realizados em Sinigalli, 2002, estimaremos os valores monetários para os principais danos incorridos pela implantação e operação da usina hidrelétrica de Belo Monte, abrangendo tanto a área do reservatório quanto sua montante e jusante. Os danos relevados são o afogamento da vegetação nativa localizada na área para o futuro reservatório, tendo conseqüências no uso madeireiro e não-madeireiro; serviços ambientais de regularização de vazão e de manutenção do equilíbrio do ecossistema que influem no ciclo hidrológico do rio Xingu; emissão de gases estufa (no caso, CO<sub>2</sub>, medido pela emissão de carbono); redução da biodiversidade; e potencial aproveitamento de ervas medicinais.

#### **IV.2.1 Relembrando: métodos de valoração**

Os métodos de valoração dos danos ambientais na economia ambiental serão aqueles apresentados no capítulo III, conforme o ponto de vista da sustentabilidade fraca da economia ambiental. Os métodos podem ser classificados conforme o esquema simplificado representado na figura 5:

FIGURA 5: Métodos de valoração ambiental.



Fonte: Romeiro, A. R., Reydon, B. P. &Maia, A. G., 2009.

Nas seções seguintes, veremos os diferentes tipos de danos aos benefícios naturais que serão gerados e a melhor metodologia para valorá-los.

#### IV.2.2 Danos ambientais

Conforme dito na seção anterior, serão valorados os principais danos causados pela construção e funcionamento da usina hidrelétrica de Belo Monte. Serão eles o afogamento da vegetação nativa localizada na área para o futuro reservatório, tendo consequências no uso madeireiro e não-madeireiro; serviços ambientais de regularização de vazão e de manutenção

do equilíbrio do ecossistema que influem no ciclo hidrológico do rio Xingu; emissão de gases estufa (no caso, CO<sub>2</sub>, medido pela emissão de carbono); redução da biodiversidade; e potencial aproveitamento de ervas medicinais.

#### IV.2.2.1 Métodos de valoração

A tabela abaixo mostra os principais danos ambientais a serem valorados e respectivas metodologias para sua valoração:

TABELA 4: Metodologia de valoração por tipo de dano.

Tipo de dano	Abrangência	Método
Perda de produtos extrativos madeireiros	Área inundada	Produtividade marginal
Perda de produtos extrativos não-madeireiros		
Aumento da erosão do solo	Entorno do reservatório	Produtividade marginal
Redução da disponibilidade de recursos minerais	Área inundada e entorno	Receita líquida
Perda do potencial de desenvolvimento de novas drogas (fármacos naturais)	Área inundada	Royalties nas vendas líquidas dos fármacos
Perda da biodiversidade	Área inundada	Valoração contingente
Aumento da emissão de carbono	Área inundada	Custo de oportunidade

Fonte: Sinisgalli, 2005.

A seguir, apresentamos uma breve descrição dos tipos de danos abordados.

##### IV.2.2.1.1 Produtos extrativos madeireiros

Do início da exploração até a década de 1970, o extrativismo madeireiro na Amazônia se restringia às florestas de várzea ou à beira dos principais rios. A partir da década de 1970, a extração de madeira tornou-se atividade econômica de grande importância na região. Isso ocorreu pelo surgimento de uma grande demanda por madeira amazônica devido: a construção de estradas que possibilitaram o acesso a recursos florestais em florestas densas de terra firme ricas em madeiras de valor comercial; baixo custo de aquisição dessa madeira, possibilitado por a extração da madeira ser realizada sem restrição ambiental e fundiária; e pelo esgotamento dos estoques madeireiros no sul do Brasil, fatores estes combinados com o crescimento econômico do país (SFB e Imazon, 2010).

A Amazônia brasileira se tornou uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, através da exploração intensiva de recursos naturais da floresta amazônica. A exploração e processamento dos recursos madeireiros estão entre as principais atividades da região, sendo que estimativas realizadas no ano de 2005 mostram que este setor foi o responsável por gerar por volta de 400 mil empregos em toda a região amazônica. Especial atenção deve ser dada ao Pará, estado cujas exportações tem apresentado a maior participação na região. Os principais clientes da atividade são empresas de serraria, fábricas de lâmina e compensados que manuseiam as toras de madeira de forma a suprir necessidades dos consumidores finais.

Para a vegetação envolvida no caso de Belo Monte temos que, considerando 440 km<sup>2</sup> da área de reservatório, há um total de 420 km<sup>2</sup> de vegetação de biomassa morta, cipós e tapete de raízes e 122,86 t/ha de peso seco (biomassa acima do solo). O reservatório total é de 1.006 t/ha de peso seco. O total de vegetação não inundada é de 51,9 t/ha de peso seco. Quanto ao total de vegetação inundada, 43,6 t/ha de peso seco (Morelli, 2011). Esse valor será computado na determinação do valor monetário dos recursos madeireiros na parte IV.2.3 deste estudo.

#### **IV.2.2.1.2 Produtos extrativos não-madeireiros**

Os produtos extrativos não-madeireiros são aqueles recursos florestais não-lenhosos de origem vegetal e animal, bem como os serviços sociais e ambientais, benefícios oriundos da manutenção da floresta (Embrapa, 2000). São exemplos os produtos e subprodutos florestais como: óleos vegetais, sementes, frutos, cipós, gomas, resinas, fibras, castanha, e até mesmo reservas extrativistas e conservação genética (AFLORAM, 2005). Esses produtos constituem, além de elementos para a subsistência, importantes componentes da atividade econômica das comunidades da região amazônica (Villalobos e Ocampo, 1997), se mostrando, como veremos adiante, potencialmente mais rentáveis do que a extração madeireira.

#### **IV.2.2.1.3 Ciclo hidrológico**

A evapotranspiração da floresta amazônica é entendida como fonte de chuva para outras regiões, responsável pelo desenvolvimento e manutenção do cultivo agrícola de áreas próximas. Uma parte do vapor d'água originado pelos serviços hidrológicos realizados pela

vegetação da região é transportada pelo vento até as regiões do Centro-Sul, onde se encontra as maiores áreas de cultivo agrícola do Brasil. Acredita-se que retirada da vegetação nativa da Amazônia, realizada, dentre outros propósitos, pela instalação de usinas hidrelétricas, reduz as precipitações nas regiões de colheita, de forma que a diminuição de chuvas traria prejuízos econômicos consideráveis para o país (WWF; Rosolem, 2005).

#### **IV.2.2.1.4 Biodiversidade**

A biodiversidade pode ser entendida como a variedade de organismos que vivem em uma determinada região em um determinado intervalo de tempo, assim como suas interrelações (ecossistemas), com uma espécie afetando diretamente a existência de muitas outras. A construção dos reservatórios das usinas oferece grandes impactos sobre a biodiversidade local. O ecossistema pré-existente é completamente erradicado, na medida em que as grandes áreas de floresta são inundadas. As barragens também afetam a biodiversidade aquática local ao impedir o movimento migratório dos peixes para reprodução e ao alterarem a composição química da água nos reservatórios (a matéria orgânica da floresta inundada libera óxido sulfúrico e ácidos orgânicos nos processos de decomposição, ocorrendo formação de nitratos e a reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido) (Imazon, 1997).

#### **IV.2.2.1.5 Sequestro de carbono**

A realização das atividades humanas, com maior proeminência a partir da Revolução Industrial Inglesa do século XVIII, proporcionou o aumento da emissão de gases do efeito estufa, principalmente o gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Esses gases são responsáveis pela intensificação do efeito do aquecimento global, ao interagirem na atmosfera com a radiação térmica emitida para o planeta. Com a inundação de parte da floresta para a construção do reservatório de hidrelétricas, a matéria orgânica submersa se decompõe, de forma que os processos biológicos e físico-químicos na água liberam gases estufa (ELETROBRAS, 2000). Nesse estudo, trabalharemos com os valores de gás carbônico emitido por área do reservatório.

#### **IV.2.2.1.6 Novas drogas**

Os fármacos naturais da região amazônica estão inseridos na biodiversidade do ecossistema (Embrapa, 2000). A inundação de parte da floresta ocasiona a perda de novos fármacos naturais que poderiam ser descobertos e ter sua produção explorada.

#### IV.2.2.2 Valores adotados

A tabela 5 retrata os valores adotados para os diferentes danos ambientais mencionados na parte anterior, a partir de uma coletânea feita em Sinisgalli (2005) de estudos realizados sobre valoração de recursos ambientais na região amazônica:

TABELA 5: Valores monetários adotados para os diferentes tipos de dano ambiental.

Dano Ambiental	Local	Valor Adotado *
Produtos Extrativos Madeireiros	Amazônia	US\$225/ton
Produtos Extrativos Não Madeireiros	Amazônia	US\$1.403,85/ha/ano
Ciclo Hidrológico	Amazônia	US\$43,41/ha/ano
Biodiversidade	Amazônia	US\$28,26/ha/ano
Sequestro de Carbono	Amazônia	US\$23,73/t CO <sub>2</sub>
Novas Drogas	Amazônia	US\$33,50/ha/ano

Nota da tabela: \* Valores atualizados pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010.

Fonte: Sinisgalli, 2005.

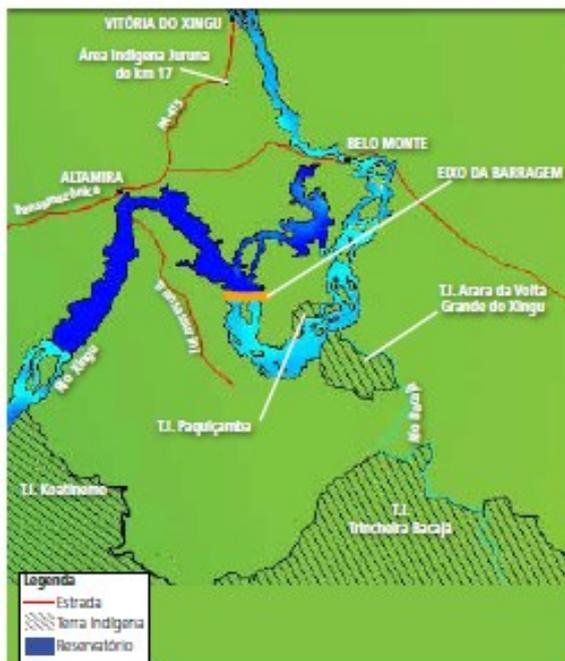
Em maio de 2009, o EIA e o RIMA do AHE Belo Monte foram publicados, com modificações no projeto de engenharia originais. A área a ser alagada passou de 440 km<sup>2</sup> para 516 km<sup>2</sup>, conforme mostrado nas figuras 6.A e 6.B. A razão do potencial de geração instalado pela área total a ser inundada será aproximadamente 21,8 MW/km<sup>2</sup>. Contudo deve-se destacar que este seria o valor, considerando a geração otimizada pelas condições sazonais, isto é, durante três meses do ano (Morelli, 2010).

FIGURA 6: Reservatório de Belo Monte

A) Reservatório anterior (anos 1980 e 1990). Área de inundação: 1.225 km<sup>2</sup>.



B) Reservatório atual (2009). Área de inundação: 516 km<sup>2</sup>.



Fonte: RIMA AHE Belo Monte.

Os danos ambientais, portanto, serão aqueles incorridos com os 516 km<sup>2</sup> realmente inundados da floresta. Nesse estudo, trabalharemos com a área alagada de 440 km<sup>2</sup> para efeito de comparação com o cálculo dos índices ambientais do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu elaborado pela ELETROBRAS. Trabalharemos, portanto, com os dados conforme tabela 6:

TABELA 6: Dados técnicos da UHE Belo Monte.

# Informaç

# Localizaç

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a tabela 5, temos então os seguintes valores estimados:

TABELA 7: Valores monetários adotados para os danos ambientais.

	<b>Valor Adotado</b>
Produtos Extrativos Madeireiros	US\$431.640.000/ano
Produtos Extrativos Não Madeireiros	US\$61.769.288/ano
Ciclo Hidrológico	US\$1.910.081/ano
Biodiversidade	US\$1.243.248/ano
Sequestro de Carbono	US\$26.002.712/ano
Novas Drogas	US\$1.474.207/ano

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

A partir dos valores definidos acima, obteremos os Valores Presentes Líquidos (VPL) dos danos ambientais valorados, utilizando as taxas de desconto de 2%, 6% e 12% para o período de 50 anos. A taxa de 12% e o períodos foram definidos pelo Manual Oficial da

ELETOBRAS, enquanto que as taxas de 2% e 6% foram apresentadas por Sinisgalli (2005) como uma forma de representar as variações de importância de oportunidade das gerações atuais às futuras, de forma que quanto menor a taxa de desconto, maiores os VPL obtidos, representando a maior importância dada aos recursos no futuro (considerando maior escassez dos recursos ambientais para as próximas gerações).

A seguir, realizaremos o levantamento dos valores para a valoração eMergética.

### **IV.3 Valoração pela ecologia de sistemas<sup>2</sup>**

#### **IV.3.1 Relembrando: valoração eMergética**

Conforme visto no capítulo III, a valoração eMergética é uma vertente da economia ecológica procura valorar os recursos naturais na forma de eMergia, estabelecendo uma integração entre economia e ecologia. Emergia, portanto, é uma medida de valor-energia. Os fluxos de materiais e energia são quantificados e avaliados através da eMergia e da Transformidade, os quais mensuram, respectivamente, a energia necessária para gerar um fluxo (ou armazenamento) energético, e para a produção de outro tipo de energia. Os índices obtidos podem, portanto, ser utilizados para avaliar a relação entre a energia que entra e sai do sistema, permitindo, portanto, mensurar o impacto que determinada atividade econômica tem sobre o ecossistema.

De forma a compararmos diferentes formas de energia, é necessário realizar cálculos de transformação que convertam todas as formas de energia e matéria existentes em uma “moeda comum”, definida a partir da luz solar (energia primária dos ecossistemas), denominada Joules de Energia Solar (*Solar Energy*). Temos, então, que a quantidade de energia solar utilizada para gerar um produto é denominada eMergia, e é medida em eMjoules. Desta forma, a eMergia “É toda energia necessária para um ecossistema produzir um recurso (energia, material, serviço da natureza, serviço humano)” (Odum, 1998), ou seja, é a energia requerida em transformações que geram fluxo ou armazenamento.

Para a realização da valoração eMergética, as informações que utilizaremos para obter o valor dos danos ambientais serão as características físicas e biológicas da vegetação natural da região, que serão transformadas e agregadas para gerar um valor correspondente à energia solar para cada dano considerado. Com base em Morelli (2010), realizaremos a valoração

---

<sup>2</sup> Baseado em Morelli, M.M.. (2010).

eMergética dos seguintes aspectos ambientais: radiação solar, energia química potencial da chuva, produção interrompida de biomassa (quantificação média da vegetação natural -recursos madeireiros e não-madeireiros), produção sazonal de biomassa, trabalho (mensurado pelo número de trabalhadores empregados na obra), sedimentos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, diesel, cimento total, aço total e hidroeletricidade (mensurada pela energia média produzida anualmente).

#### **IV.3.2 Valores adotados**

A Tabela 8 mostra os valores adotados para a valoração eMergética, sendo que, na descrição, temos que cada item foi classificado em:

- R: Recursos renováveis e gratuitos. Os recursos R são os armazenados existentes na natureza, porém com consumo mais rápido do que sua capacidade de renovação;
- F: Recursos comprados, ou seja, material e mão-de-obra prevista para construção da usina. Os recursos F são os recursos pagos vindos da economia, associados a bens e serviços;
- N: Recursos não renováveis. Esses recursos existem na natureza, mas diferentemente dos R, sofrem consumo mais rápido que a sua capacidade de renovação;
- Y: Eletricidade produzida.

TABELA 8: Valores eMergéticos para os recursos renováveis e gratuitos (R), recursos não renováveis (N) e recursos comprados (F).

Referência	Item
n	

1

Radiação s

G1

F

Fonte: Morelli, 2010.

A radiação solar que chega a toda a bacia hidrográfica continuará sendo utilizada de modo que está hoje (sem a construção do CHE de Belo Monte). Dessa forma, sob o ponto de vista de balanço energético, apenas a área que será inundada e que terá sua produtividade fotossintética alterada está sendo considerada. Em relação a densidade da água da chuva, ela foi calculada considerando que se encontra à temperatura de 27°C, visto que a região do empreendimento é um pouco mais quente que a temperatura padrão de 25°C (CNTP). Este valor é corresponde à área permanentemente inundada, a região da parte que será inundada sazonalmente (6 meses período das cheias). O restante da chuva terá sua utilização inalterada pela construção da usina. Atenção deve ser dada com relação ao material utilizado

3

Biomassa - p  
interrompida

Biomassa

no empreendimento, uma vez que os equipamentos e materiais do maquinário que não irá permanecer no local após o término da obra, assim como materiais de infraestrutura para construção da vila de trabalhadores, como casas e escola para a família dos 17000 operários não foram computados no cálculo da avaliação eMergética.

Abaixo, seguem as metodologias utilizadas e algumas observações, nas quais o número referente a cada nota corresponde ao número de referência dos dados explicitados na tabela 8.

TABELA 9: Metodologia aplicada para obtenção dos valores eMergéticos.

<b>Referência</b>	<b>Item</b>
<b>n</b>	
<b>1</b>	<b>Radiação</b>

Fonte: Elaboração própria, com base em Morelli (2010).

## IV.4 Resultados

Os dados referentes a valoração monetária e eMergética da construção da UHE de Belo Monte são apresentados nesta seção. Os resultados foram obtidos com base nos valores estimados apresentados nos itens anteriores. Para a valoração monetária, consideramos os danos sobre os recursos madeireiros, recursos não madeireiros, ciclo hidrológico, perda da biodiversidade, elevação para gases de efeito estufa (CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>) e perda de potencial de desenvolvimento de novas drogas. Já para a valoração eMergética, analisamos os valores para os recursos renováveis, não renováveis, comprados (recursos econômicos) e eletricidade produzida esperada.

### IV.4.1 Resultados da valoração monetária

Os valores para os danos ambientais decorrentes da instalação do reservatório da UHE de Belo Monte são apresentados na tabela 9. Para a elaboração da tabela, foram calculados os Valores Presentes Líquidos (VPL) para cada tipo de dano ambiental, conforme explicitado no item IV.2.3.(adoção do período de 50 anos e de taxas de desconto de 2%, 6% e 12%).

TABELA 10: VPL monetários por danos ambientais e total da UHE Belo Monte (em US\$), pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.

Aspecto	2%		6%		12%	
Recursos madeireiros	3.422.213.815,76	82,37%	3.369.763.180,56	89,90%	3.344.795.455,02	94,09%
Recursos não-madeireiros	489.732.402,17	11,79%	253.174.378,60	6,75%	140.536.941,22	3,95%
Ciclo hidrológico	15.143.557,77	0,36%	7.828.685,24	0,21%	4.345.698,34	0,12%
Biodiversidade	9.858.487,51	0,24%	5.096.490,32	0,14%	2.829.058,63	0,08%
Emissões de carbono	206.159.856,02	4,96%	106.577.374,11	2,84%	59.161.034,56	1,66%
Novas drogas	11.686.459,00	0,28%	6.041.487,11	0,16%	3.353.625,77	0,09%
<b>Total</b>	<b>4.154.794.578,23</b>	<b>100,00%</b>	<b>3.748.481.595,95</b>	<b>100,00%</b>	<b>3.555.021.813,54</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

Como podemos notar, o dano de maior expressão é o referente à perda de recursos madeireiros, seguido pela perda dos recursos não-madeireiros (uma vez que a região a ser inundada incorpora área de vegetação natural). A maior participação da perda dos recursos madeireiros nos danos totais se deve, principalmente, ao fato de esse tipo de dano se dar logo após a instalação da usina, não sendo influenciado pelas diferentes taxas de desconto adotadas (Sinisgalli, 2005).

Nas próximas seções, iremos realizar cálculos para avaliar a relação entre os valores encontrados para os danos ambientais e a área do reservatório (US\$/ha) e potência instalada (US\$/MW), comparando os resultados encontrados com os respectivos valores para as UHEs Itaipu, Porto Primavera, Tucuruí, Estreito, Samuel e Ponte de Pedra, tendo sido escolhidas por a primeira representar a maior UHE em potência instalada (desconsiderando a divisão binacional) e as outras por se localizarem geograficamente na região da floresta amazônica, apresentando semelhanças no que se refere aos danos ambientais incorridos na construção de seus reservatórios àqueles de Belo Monte. A tabela 10 mostra as características das usinas hidrelétricas em questão.

TABELA 11: Informações técnicas e geográficas para as usinas selecionadas.

Hidrelétricas	Área do reservatório	Capacidade instalada	Região	Ano de instalação
Itaipu	1.350 km <sup>2</sup>	12.600 MW	S	1982
Porto Primavera	2.250 km <sup>2</sup>	1.540 MW	SE	1980
Tucuruí	2.430 km <sup>2</sup>	4.125 MW	N	1984
Estreito	590 km <sup>2</sup>	1.109 MW	N	previsão 2012
Samuel	559 km <sup>2</sup>	219 MW	N	1996
Ponte de Pedra	1,17 km <sup>2</sup>	30 MW	N	2004

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

Os valores monetários das usinas foram encontrados em Sinisgalli (2005).

#### IV.4.1.1 Relação entre danos ambientais e área do reservatório

Uma primeira análise dos valores dos danos ambientais obtidos na tabela 9 se dará pela definição da relação entre os danos e a área do reservatório. Essa relação mostra o valor dos danos incorridos (US\$) por hectare de reservatório construído. Os resultados para o VPL total, a diferentes taxas de desconto, são mostrados abaixo.

TABELA 12: Danos ambientais por área do reservatório (em US\$/ha) para Belo Monte e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.

Hidrelétricas	2%	6%	12%
Belo Monte	94.427,15	85.192,76	80.795,95
Itaipu*	61.053,06	57.014,92	55.092,17
Porto Primavera*	80.174,26	73.692,70	70.606,49
Tucuruí*	139.942,33	110.579,51	96.598,37
Estreito*	121.362,09	100.749,85	90.935,30
Samuel*	141.029,83	120.504,37	110.731,13
Ponte de Pedra*	112.531,21	95.280,28	87.066,22

Nota da tabela: \* Valores atualizados pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

Lembrando que quanto menor a taxa de desconto, maior a importância dada aos recursos naturais perdidos pelas gerações futuras. Quando comparamos o resultado final de Belo Monte com os dados levantados sobre usinas existentes em diferentes regiões do país, percebemos que a primeira se assemelha às usinas com maior dano por área, juntamente com Tucuruí, Estreito, Samuel e Ponte de Pedra.

Podemos notar, portanto, que a região em que se localizam (floresta amazônica) possui influência nos valores dos danos ambientais incorridos, provavelmente devido à grande biodiversidade e quantidade de recursos naturais existentes. Mesmo sendo usinas com reservatórios a fio d'água (não acumulando ou acumulando pouca água em seus reservatórios), o impacto ambiental por área é considerável. Entretanto, Belo Monte apresenta valores menores do que as usinas com localização geográfica semelhante, o que denota menores danos ambientais por área alagada do que até mesmo os incorridos pela PCH Ponte de Pedra, com apenas 1,17km<sup>2</sup> de reservatório.

#### IV.4.1.2 Relação entre danos ambientais e potência instalada

Para mensurarmos a relação entre danos ambientais e potência instalada, faremos uma relação semelhante à feita na tabela 10. Devemos, no entanto, lembrar que, devido ao ciclo hidrológico do rio Xingu, a capacidade nominal de 11 GW será entregue em apenas 4 meses

do ano. Sendo assim, é coerente considerarmos a energia média anual de 4,5 GW. Os resultados são dados pela tabela 13.

TABELA 13: Danos ambientais por potência instalada (em US\$/MW.10<sup>-3</sup>) – considerando capacidades de 11 GW e 4,5 GW – e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.

Hidrelétricas		2%	6%	12%
Belo Monte	11 GW	377,71	340,77	323,18
	4,5 GW	923,29	833,00	790,00
Itaipu*		654,13	610,87	590,27
Porto Primavera*		11.713,77	10.766,80	10.315,88
Tucuruí*		8.243,88	6.514,14	5.690,52
Estreito*		6.456,59	5.360,01	4.837,86
Samuel*		35.998,03	30.758,88	28.264,25
Ponte de Pedra*		438,87	371,59	339,56

Notada tabela: \* Valores atualizados pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

Os valores encontrados para Belo Monte, tanto considerando 11 GW quanto 4,5 GW, são consideravelmente menores do que os apresentados pelas outras usinas analisadas. Essa diferença é ainda maior quando comparamos a UHE com as outras usinas da mesma região. Dessa forma, apesar de danos por área alagada próximos, os danos por potência em comparação as usinas de localidade semelhante diferem grandemente.

#### IV.4.1.3 Média geométrica do dano ambiental

Outro elemento de análise apresentado em Sinisgalli (2005) foi a Média Geométrica do Dano Ambiental (MGDA), que nada mais é do que uma média geométrica que engloba as relações entre dano ambiental e área do reservatório (medida em US\$/ha) e dano ambiental por potência instalada (medida em US\$/MW). O resultado final é expresso em US\$/ha.MW. A expressão da MGDA é dada por:

Para Belo Monte, a MGDA para os diferentes valores obtidos é dada na tabela 14, que mostra as MGDAs obtidas para as outras usinas selecionadas.

TABELA 14: MGDA de Belo Monte – considerando capacidades de 11 GW e 4,5 GW – e usinas selecionadas, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.

<b>Hidrelétricas</b>		<b>2%</b>	<b>6%</b>	<b>12%</b>
Belo Monte	11 GW	5.972,10	5.388,06	5.109,98
	4,5 GW	9.337,21	8.424,09	7.989,32
Itaipu*		6.319,57	5.901,58	5.702,59
Porto Primavera*		30.645,44	28.167,96	26.988,29
Tucuruí*		33.965,68	26.838,97	23.445,57
Estreito*		27.992,60	23.238,32	20.974,55
Samuel*		71.251,65	60.881,68	55.944,01
Ponte de Pedra*		7.027,54	5.950,22	5.437,29

Nota da tabela: \*Valores atualizados pela inflação do dólar norte-americano no período de 2005-2010.

Fonte: Elaboração própria, com base em Sinisgalli (2005).

Os valores encontrados situam Belo Monte entre as UHEs com menores danos ambientais apresentados. Quando comparada com as outras usinas da região norte, Belo Monte apresenta valores próximos apenas aos da pequena central Ponte de Pedra. Quando comparada com Itaipu, a maior UHE do país (12,6 GW), Belo Monte apresenta valores semelhantes quando consideramos potência de 11 GW, e próximos para a potência de 4,5 GW, apesar de o reservatório de Itaipu ser o triplo do planejado para o do segundo aproveitamento (1.350 km<sup>2</sup> de reservatório contra 440km<sup>2</sup>), o que demonstra que os menores valores dos danos ambientais incorridos no caso de Itaipu se deve à região em que foi instalada (estado do Paraná). Já em relação às outras usinas com capacidade acima de 1 GW, Belo Monte apresenta valores reduzidos, especialmente devido à relação anteriormente mostrada que considera o dano por potência. Isso pode mostrar que usinas mais antigas necessitavam de reservatórios maiores para produção de energia do que é necessário hoje. O avanço na tecnologia das usinas (turbinas e geradores) nos últimos anos pode ter influenciado o menor valor dos danos ambientais encontrados pela MGDA do AHE Belo Monte.

#### IV.4.1.4 UHE Balbina

Nesse subtópico, faremos uma breve comparação entre as UHE Belo Monte e Balbina, por ambas se localizarem na região amazônica e por a última ser notória pela polêmica referente à extensão de seu reservatório. Apontada por especialistas como a pior usina em território nacional em termos de aproveitamento hidrelétrico, a UHE Balbina possui a maior área alagada dentre as UHEs brasileiras existentes, sendo esta igual a 2.360 km<sup>2</sup>. Construída entre 1986 e 1989, antes da inserção da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1991, e das maiores exigências em relação ao licenciamento ambiental desenvolvidas na década de 1990, a UHE Balbina possui capacidade instalada de 250 MW, sendo alvo de críticas por seu baixo rendimento a altos custos ambientais (Fearnside, 1990). Abaixo, os valores referentes às MGDAs de Balbina e Belo Monte.

TABELA 15: MGDA de Belo Monte e de Balbina, pelo período de 50 anos a diferentes taxas de desconto.

Hidrelétricas		2%	6%	12%
Belo Monte	11 GW	5.972,10	5.388,06	5.109,98
	4,5 GW	9.337,21	8.424,09	7.989,32
Balbina		91.745,10	82.773,00	78.501,07

Fonte: Elaboração própria.

É facilmente notada a diferença entre os danos ambientais incorridos na instalação das UHEs, uma vez que os valores encontrados para Balbina são 15 vezes aqueles de Belo Monte, considerando capacidade de 11 GW, e 10 vezes para capacidade de 4,5 GW. Esta comparação é interessante para demonstrar que, apesar de ainda exigir melhorias, a preocupação e instituições responsáveis pela proteção e uso mais consciente do meio ambiente evoluíram de tal forma a impedir que “novas Balbinas” fossem construídas.

#### IV.4.2 Resultados da valoração eMergética

Neste item, realizaremos a análise eMergética da UHE Belo Monte, com base nos dados da tabela 8. Os recursos mostrados anteriormente na tabela 8 foram agrupados em R (renováveis e gratuitos), N (não renováveis) e F (adquiridos financeiramente), de modo a obtermos a eMergia total por cada categoria de recurso considerado. São analisados quatro cenários: cenário do investimento físico, no qual se considera somente a energia dos atributos

físicos dos equipamentos e materiais adquiridos financeiramente (referentes a F); três cenários de investimento financeiro, os quais contemplam a energia comprada dentro do valor energético referente ao gasto monetário para o projeto (investimento total da obra), havendo as possibilidades de orçamento de 19 (estimativa oficial), 25 e 30 bilhões de reais. Para mantermos os valores apresentados nessa seção na mesma unidade monetária que os valores obtidos pela valoração ambiental monetária (em US\$), adotaremos aqui a taxa de câmbio aproximada de US\$1 = R\$2, considerando, portanto, os investimentos como iguais a 9,5, 12,5 e 15 bilhões de dólares.

TABELA 16: Avaliação eMergética – valores eMergéticos por tipo de recurso valorado.

Recurso		(sej/ha.ano) eMergia
R	eMergia renovável (de recursos renováveis)	7,29E+05
R'	eMergia desperdiçada anualmente	4,04E+05
N	eMergia não renovável	9,40E+06
F	eMergia comprada (física)	1,42E+05
F	eMergia comprada (cenário 1)	5,70E+06
F	eMergia comprada (cenário 2)	7,50E+06
F	eMergia comprada (cenário 3)	9,00E+06
	eMergia total utilizada	1,62E+07
Y	eMergia da eletricidade produzida	1,62E+07

Fonte: Morelli, 2010.

Podemos notar que os recursos não renováveis (sedimentos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e potássio) apresentam o maior valor de eMergia do conjunto. Destaque também deve ser dado ao considerável valor de eMergia desperdiçada pelo afogamento da biomassa na área do reservatório, consistindo de 4,04E+05sej/ano. Em relação aos diferentes cenários representados, percebemos a relação entre eMergia e valores monetários, uma vez que, quanto maior o valor do investimento computado, maior a eMergia obtida. Tal fato denota a importância da correta estimativa do investimento esperado para a obra: caso subestimado, o baixo valor do investimento poderá levar a uma avaliação errônea da eMergia total, corrompendo o resultado final de viabilidade do empreendimento.

A seguir, foram calculados índices eMergéticos com os resultados da tabela de avaliação de fluxos de energia.

## IV.4.2.2 Índices eMergéticos

### IV.4.2.2.1 Definição

Os índices eMergéticos servem para nos auxiliar em nossas inferências da análise, se referindo a relações entre o aproveitamento dos recursos (Odum, 1996). Os índices nos fornecem informações do momento presente essenciais para a avaliação do sistema em estudo, auxiliando na construção de cenários no caminho da sustentabilidade. Os índices utilizados nesse texto são o Taxa do Investimento de Emergia (EIR), a Taxa de Rendimento eMergético (EYR), a Taxa de Carga Ambiental (ELR), o Índice de Sustentabilidade eMergética (ESI), o Percentual de Emergia Renovável (%R), a Transformidade (Tr), e, por fim, o Retorno sobre o Investimento Energético (EROI).

O **EIR** (Taxa do Investimento de Emergia –  $F/(R+N)$ ) mensura a razão entre a emergia da economia e a e a retro alimentada sobre a emergia da natureza, indicando o quão econômico o processo analisado é, ao usar os investimento da economia em comparação com outras alternativas. Para ser considerado econômico, o EIR da atividade em questão deve ser similar ao de outras atividades realizadas na região. Quanto menor a razão, menores os custos e maior a competitividade da atividade. O índice **EYR** (taxa de rendimento em eMergia –  $Y/F$ ), é obtido pela divisão da eMergia do produto pela eMergia das entradas que provém da economia, ou seja, é a razão entre eMergia da eletricidade produzida e eMergia investida através de recursos comprados. Com este índice pode-se ter uma noção sobre a viabilidade da produção, sendo possível concluir se o investimento é viável e rentável, de acordo com a energia que será produzida.

O terceiro índice, **ELR** (taxa de carga ambiental –  $(F+N)/(R+R')$ ) se refere às entradas de eMergia comprada e de não renovável à eMergia renovável do sistema, avaliando, portanto, se os recursos com maior peso na produção são os não renováveis com os recursos adquiridos financeiramente, ou os recursos gratuitos renováveis. O **ESI** (índice de sustentabilidade eMergética –  $EYR/ELR$ ) fornece avaliação sobre a sustentabilidade do sistema, representando a razão entre o Indicador de Rendimento em Emergia, sobre o Indicador de Carga Ambiental. O **%R** (percentual de energia renovável –  $(R \times 100)/(R+N+F)$ ), por sua vez, representa a parcela da eMergia total processada de um sistema, que provém da eMergia dos recursos renováveis

Como indicadores com ênfase associada às relações entre custos e benefícios do instalação do AHE Belo Monte, temo a **Tr** (transformidade), como já explicado anteriormente, avalia a qualidade do fluxo de energia e pode se comparado com transformidades de outras formas de energia de sistemas, relacionando todas as entradas eMergéticas à energia produzida. Ou seja, é a relação obtida entre a eMergia incorporada no sistema e a energia elétrica produzida (sej/J). Por último, o **EROI** (retorno sobre o investimento energético) é calculado pela relação entre a energia produzida (Y) e soma dos recursos energéticos investidos.

#### IV.4.2.2 Análise dos índices eMergéticos

Os valores dos índices eMergéticos são apresentados na Tabela 17. Novamente são analisados os quatro cenários, de investimento físico e de investimentos financeiros, considerando investimentos de 9,5, 12,5 e 15 bilhões de dólares.

TABELA 17: Valores dos índices eMergéticos para UHE Belo Monte.

Índices eMergéticos			Cenário físico	Cenário US\$9,5 b	Cenário US\$12,5 b	Cenário US\$15 b
EIR	Taxa de investimento eMergético	$F/(N+R)$	0,01	0,54	0,71	0,85
EYR	Taxa de rendimento eMergético	$Y/F$	113,93	2,85	2,16	1,80
ELR	Taxa de carga ambiental	$(F+N)/(R+R')$	8,42	13,33	14,92	16,25
ESI	Índice de sustentabilidade eMergética	$EYR/ELR$	13,52	2,14E-01	1,45E-01	1,11E-01
%R	Percentual de energia renovável	$(Rx100)/(R+N+F)$	10,61	6,98	6,28	5,80
Tr	eMergia total (entrada)/Exergia gerada		7,40E+03	1,13E+04	1,25E+04	1,35E+04

Fonte: Morelli, 2010, com acréscimo do índice %R, com base em Odum (1996).

Podemos ver que a Taxa de Investimento Emergético (EIR), para o cenário do investimento físico é praticamente nula, o que demonstra que os recursos comprados tem importância consideravelmente menor do que os recursos diretamente providos pela natureza (recursos renováveis e não renováveis gratuitos). Ou seja, há maior consumo dos recursos locais do que dos externos (fundamentalmente F), tendo como principal razão o ciclo hidrológico como fonte básica de suprimento energético na fase de operação, e devido ao rateio dos danos provocados na fase de implantação. Por sua vez, a Taxa de Rendimento EMergético (EYR) apresentou, para o cenário de investimento físico, o valor de 113,93, denotando custo-benefício favorável à construção da UHE. Contudo, quando inserimos os

impactos sociais e ambientais (considerados nos outros cenários), percebemos que os valores decaem, não se mostrando tão favoráveis à construção quanto antes.

A Taxa de Carga Ambiental (ELR) para os três cenários foi consideravelmente baixa, o que mostra que o peso da produção de eletricidade pela usina recai quase que unicamente sobre os recursos renováveis. O Índice de Sustentabilidade EMergética (ESI) para o AHE Belo Monte, considerando o Cenário de Investimento Físico é de 13,52. Segundo Brown & Ulgiati (2002), são definidos como não sustentáveis sistemas com taxa abaixo de 1 e sustentáveis em longo prazo, os acima de 5. Dessa forma, vemos que para os cenários que consideram os investimentos em US\$, o empreendimento pode ser considerado como apresentando sustentabilidade em eMergia.

Os valores do Percentual de Energia Renovável (%R) obtidos são referentes à fase de operação da usina, uma vez que na implantação 100% dos recursos usados possui caracterização não renovável e oriunda da economia (não foi considerado o enchimento do lago). Os valores de %R são menores para os cenários de investimento crescente, já que o valor de F se eleva ao elevarmos o investimento previsto. Isso demonstra o caráter de menor sustentabilidade da UHE conforme os investimentos se elevam, ao ser utilizada menor parcela de recursos renováveis para sua instalação. A Transformidade, por sua vez, apresentou baixo valor no cenário de investimento físico ( $7,40E+03$ sej/J) se comparado aos valores dos demais cenários, sendo neste cenário mais eficiente do que nos outros. Podemos observar, desse modo, que os valores obtidos variam conforme o valor do projeto. As variações entre os cenários que consideram os investimentos em US\$ são diretamente (linearmente) proporcionais ao investimento efetuado, sendo que quanto maior o investimento, mais discrepantes os índices em comparação com o cenário inicial (baixo investimento).

#### **IV.4.2.2.3 Análise do EROI**

Com a finalidade de analisarmos a importância dos recursos não renováveis gratuitos (N) na composição do Retorno Energético sobre o investimento (EROI), a tabela 12 mostra dois cenários: o primeiro exclui N da avaliação, enquanto que o segundo inclui N. Essa avaliação é de fundamental importância uma vez que os recursos em questão são fornecidos pela natureza sem a exigência de pagamentos monetários, podendo ocorrer uso em excesso, gerando grandes impactos ambientais.

TABELA 18: Valores do EROI excluindo e incluindo os recursos não renováveis gratuitos.

		Cenário investimento físico	Cenário investimento de US\$9,5 b	Cenário investimento de US\$12,5 b	Cenário investimento de US\$15 b
Excluindo energia não renovável grátis					
Energia renovável	R+R'	6,22E+15	6,22E+15	6,22E+15	6,22E+15
Energia não renovável	N	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia comprada	F	1,21E+14	4,61E+15	6,07E+15	7,29E+15
Σ energias de entrada	(R+R')+N+F	6,34E+15	1,08E+16	1,23E+16	1,35E+16
Eletricidade EROI - Retorno Energético sobre o investimento	Y	1,44E+17	1,44E+17	1,44E+17	1,44E+17
	(Y)/(R+R'+N+F)	22,70	13,30	11,70	10,70
Incluindo energia não renovável "grátis"					
Energia renovável	R+R'	6,22E+15	6,22E+15	6,22E+15	6,22E+15
Energia não renovável	N	5,32E+14	5,32E+14	5,32E+14	5,32E+14
Energia comprada	F	1,21E+14	4,61E+15	6,07E+15	7,29E+15
Σ energias de entrada	(R+R')+N+F	6,88E+15	1,14E+16	1,28E+16	1,40E+16
Eletricidade EROI - Retorno Energético sobre o investimento	Y	1,44E+17	1,44E+17	1,44E+17	1,44E+17
	(Y)/(R+R'+N+F)	21,00	12,70	11,20	10,30

Fonte: Morelli, 2010.

Conforme as informações da tabela, vemos que o índice EROI apresenta valores menores para os cenários que incluem os recursos não renováveis gratuitos e para os cenários com maiores valores de investimento. Isso nos mostra que os recursos N influem diretamente no retorno energético do empreendimento, sendo que quanto maiores os valores, menor o retorno obtido. Contudo, a diferença obtida no resultado final não é tamanha a ponto de podermos concluir que o uso dos recursos não renováveis na instalação do reservatório de Belo Monte é determinante para classificar a usina como eMergética e ambientalmente inviável.

A partir dos resultados obtidos pelas análises monetária e eMergética, passa-se às conclusões obtidas pelo presente estudo.

## **CAPÍTULO V – Conclusões**

O estudo da viabilidade da UHE Belo Monte foi escolhido pela contemporaneidade e polêmica existente quanto ao tema, especialmente por se localizar na Amazônia, região brasileira considerada como possuindo o maior potencial a explorar, e também por sua história de conflitos com os indígenas e ribeirinhos da região.

O objetivo foi o de contabilizar os aspectos mais relevantes da localização, implantação e operação do aproveitamento hidrelétrico, através de revisão bibliográfica de estudos sobre valoração dos pontos de vista da economia ambiental e da ecologia de sistemas para os danos incorridos pela instalação do reservatório da usina. A partir deles, a monografia foi construída de forma a mostrar resultados e análises que possam ser utilizados por futuras análises referentes à construção de novas usinas na região da floresta amazônica, em especial, e em outras localidades.

### **V.1 Sobre os resultados encontrados pelas análises monetária e eMergética**

A partir do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu realizado pela ELETROBRAS, com representação dos danos ambientais incorridos na construção da UHE Belo Monte de forma incompleta através de índices que desconsideravam importantes aspectos, sendo exemplos o potencial da exploração sustentável de recursos madeireiros e não madeireiros e novas drogas, as avaliações monetária e eMergética foram apresentadas como alternativas mais completas e realistas para o cálculo dos mencionados danos. Uma vez que os principais impactos negativos identificados estão associados a formação do reservatório partimos para a análise e valoração dos recursos ambientais presentes na área a ser alagada.

A partir dos resultados obtidos pelos métodos de valoração monetária, realizamos uma breve comparação com os valores encontrados em Sinisgalli (2005) de usinas selecionadas tanto por seu porte (Itaipu, Porto Primavera, Tucuruí e Estreito), quanto por sua localização geográfica na região amazônica (Tucuruí, Estreito, Samuel e Porto de Pedra). Os resultados obtidos mostraram que, apesar de críticas e especulações sobre os impactos originários de Belo Monte, os valores monetários por área alagada e potência instalada foram significativamente reduzidos. Quando comparada às UHEs, portanto, Belo Monte se mostra como eficiente pelos critérios escolhidos.

O uso da análise eMergética, por sua vez, permitiu estabelecer uma análise sistêmica ao quantificar em unidade comum a energia incorporada à construção do reservatório, e por meio de indicadores possibilitou avaliar os fluxos envolvidos, tanto de natureza econômica como ambiental. O cálculo de indicadores (EYR, EIR, ELR, ESI, %R, Tr e EROI) para os diferentes cenários de investimento permitiu esclarecer que a viabilidade e eficiência do empreendimento depende essencialmente dos recursos diretamente providos pela natureza (R e N). Devemos notar que, apesar de os índices sofrerem variações conforme a mudança do valor esperado para o investimento, eles não permitem concluir que a UHE Belo Monte é inviável do ponto de vista eMergético, chegando até a apresentar sustentabilidade em eMergia segundo os valores encontrados para o índice de sustentabilidade eMergética (ESI).

## **V.2 Sobre os impactos sociais**

Devemos, contudo, ser cautelosos quanto a este resultado. No presente estudo, desconsideramos fatores sociais e valores de existência que podem modificar a conclusão apresentada pelos índices monetários e eMergéticos. A insatisfação por parte dos índios Kayapós e da população ribeirinha é demonstração da importância desses fatores. Apesar de o projeto original ter sido modificado de forma a não alagar área de reservas indígenas e garantir programas de melhoria no saneamento, nos setores de educação, saúde, habitação para os habitantes de Altamira, a qualidade e modos de vida dessa população será profundamente alterada, principalmente quando consideramos a presença de canteiros de obra e crescimento da população pela migração de trabalhadores para a cidade.

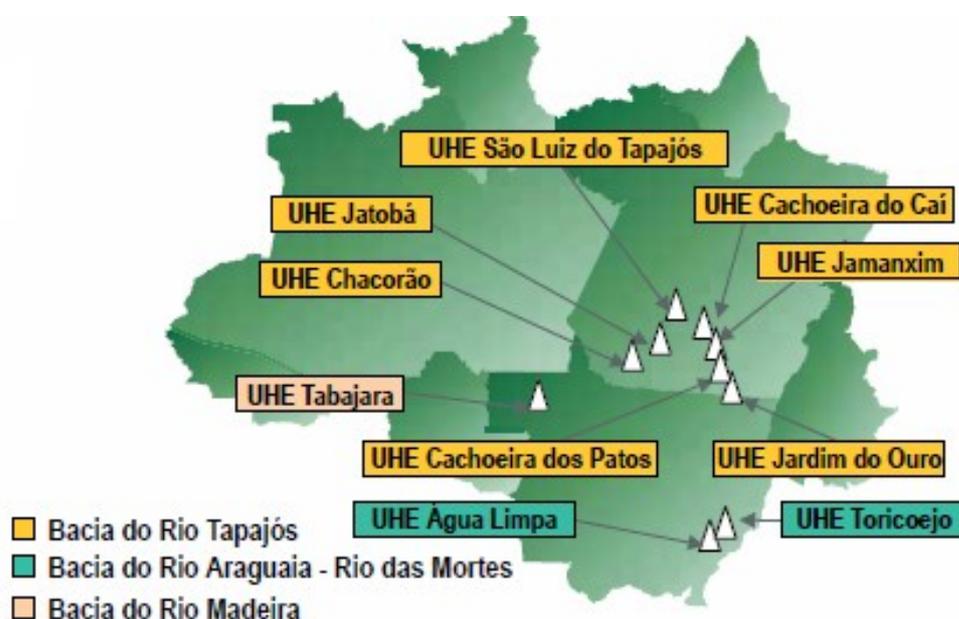
Esse cenário deverá permanecer até o término da construção, previsto para 2015, quando novos impactos ocorrerão por conta da finalização das obras e dispensa de trabalhadores, sendo provável que muitos desses migrantes ainda permaneçam na região. Os programas de investimentos e aumento da receita municipal e estadual por conta da geração de energia poderão chegar a compensar os efeitos danosos, mas devemos lembrar que as melhorias levam anos para ser implantadas, e que a construção da UHE pode sofrer atrasos, os benefícios para a população local só chegará a longo prazo.

## **V.3 Sobre novas usinas e usinas plataforma**

Além do fator social de Altamira, a construção de Belo Monte, sendo eficiente, poderá servir de abertura para a realização mais estudos e projetos de aproveitamentos hidrelétricos

de bacias da região amazônica. Este pode ser o caso da UHE Babaquara, visto que ela regularizaria as vazões de Belo Monte, tornando o projeto muito mais vantajoso, em termos de produção de eletricidade (Morelli, 2010). Outras usinas próximas, não relacionadas a Belo Monte, podem ser viabilizadas devido ao rápido crescimento da demanda por energia elétrica, de forma a afetar populações nativas, o potencial turístico, a riqueza intangível e recursos vindos da biodiversidade que não podem ser perfeitamente contabilizados. De acordo com o PAC 2, as próximas usinas a serem viabilizadas na região são as apresentadas pela figura 6:

FIGURA 7: Fonte hídrica da floresta amazônica - Usinas Plataforma (14.991 MW).



Fonte: Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2 Energia.

A solução encontrada pelo Governo Federal para a geração de energia elétrica em plena floresta amazônica foi o conceito apresentado pelo Ministério de Minas e Energia de Usina Plataforma. Esse novo conceito surge com o objetivo principal de realizar a construção e operação das UHEs com o mínimo impacto socioambiental e se inspira nas plataformas de exploração de petróleo em alto mar. A preparação da obra começa com a intervenção na natureza em áreas ainda não ocupadas pelo homem, com equipes que se revezam em turnos longos, construção com canteiros de obras reduzidos, intervenção apenas no entorno imediato da obra, retirada de todos os equipamentos e construções dispensáveis à operação e medidas para a recuperação ambiental da área impactada de forma a possibilitar a conservação do meio ambiente. Durante o período de construção, a permanência dos trabalhadores no local é de

curto prazo, de forma que os técnicos irão trabalhar e dormir na usina plataforma conforme regime de escala, trocando turnos semanais ou quinzenais, retornando por meio de helicópteros à cidade onde moram. A usina plataforma prevê a instalação da hidrelétrica sem a infraestrutura tradicional, como estradas e canteiros de obras com alojamentos, que aumentam a população do entorno, colaborando para a redução do impacto ambiental, e para evitar a atração de grandes contingentes populacionais e construção de cidades próximas ao empreendimento.

Devemos, contudo, considerar que, apesar de a movimentação dos trabalhadores ser feita através de helicópteros, ainda sim deverão existir estradas para o transporte dos equipamentos pesados da usina (como as turbinas), mesmo que esses equipamentos sejam produzidos em localidades próximas da obra. Além disso, ao afirmar que parte do material para a construção (como concreto e cimento) serão feitos a partir de material local, precisamos levar em conta os impactos ambientais incorridos pelos trabalhos de extração de rocha, areia, argila e outros recursos sobre o meio ambiente local. Outro fato a ser melhor analisado são as medidas para recuperação da floresta no entorno da obra. Árvores de grande porte, como as castanheiras e angicos presentes na região, podem levar dezenas de anos para atingirem sua altura máxima, de forma que toda a complexa biodiversidade impactada não se recuperará tão rapidamente quanto o necessário para não ocasionar mudanças no ecossistema.

#### **V.4 Considerações finais**

A partir do exposto anteriormente, o presente estudo se revela precário no sentido de desconsiderar os efeitos negativos do AHE Belo Monte para a sociedade. No futuro próximo, novos estudos deverão ser formulados de forma a realizar valoração monetária e emergética considerando valores para os danos sociais incorridos e valores de existência aos recursos naturais prejudicados. Apesar da complexa mensuração, são imprescindíveis para uma mais completa valoração, ao permitir mensurar o potencial turístico, a riqueza intangível e os diversos recursos provenientes da biodiversidade e os impactos negativos e gastos com sua compensação em relação à qualidade de vida da população envolvida.

Estudos similares deverão ser também realizados para a avaliação da viabilidade das usinas plataformas, uma vez que, por ser um conceito pioneiro e existente apenas na teoria, não há dados para calcular os impactos socioambientais que serão causados pela construção dos empreendimentos. É imprescindível que haja a adoção de melhores métodos de avaliação

pelas instituições tomadoras de decisões no setor energético, assim como o fortalecimento da presença de fontes alternativas no cenário brasileiro. Antes, é necessário, entretanto, encontrar alternativas viáveis e adequadas para as dotações naturais de fontes energéticas e que possam gerar energia elétrica suficiente para suprir a demanda crescente. A análise das fontes, no entanto, são deixadas para outros estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência de Florestas e Negócios Sustentáveis do Amazonas (AFLORAM). **Produção não madeireira**. 2005. Disponível em: <<http://www.florestas.am.gov.br/>>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Andrade, Daniel C.; Romeiro, Ademar R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas**. Texto para discussão. IE/UNICAMP n. 159, maio 2009.

Andrade, R. **Ibama libera licença de instalação de Belo Monte**. O Estado de São Paulo, 01/06/2011. Disponível em: <[http://economia.estadao.com.br/noticias/economia+brasl,bama-libera-licenca-de-nstalacao-de-belo-monte,not\\_69488,0.htm](http://economia.estadao.com.br/noticias/economia+brasl,bama-libera-licenca-de-nstalacao-de-belo-monte,not_69488,0.htm)>. Acesso em 01 de junho de 2011.

Barrucho, Luís G. **Como fazer..... e como não fazer**. Revista Planeta Sustentável, 28/04/2010. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/equivocos-governo-afastaram-grupos-privados-construcao-belo-monterio-xingu-554631.shtml>>. Acesso em 28 de abril de 2010.

Brasil. IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Licenciamento Ambiental de Belo Monte: EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental**. 2009. Disponível em: <[http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento\\_ambiental/Belo%20Monte/](http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Belo%20Monte/)>. Acesso em 29 de abril de 2010.

Brasil. Programa de Aceleração do Crescimento. **PAC 2**. Relatório 5. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/pac-2/>>. Acesso em 01 de junho de 2011.

Brito, Agnaldo. **Índios preparam invasão de área da usina de Belo Monte**. Folha Online, 19/04/2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u722632.shtml>>. Acesso em 19 de abril de 2010.

Cleveland, C.J. **Biophysical Economics: historical perspective and current research trends**. 1987. Ecological Modelling. Elsevier Science. Publishers B.V., Amsterdam, Holanda.

Comissão Mundial de Barragens (*World Commission on Dams*). **Dams and Development – A new framework for decision-making**. Novembro, 2000. Disponível em <[http://hqweb.unep.org/dams/WCD/report/WCD\\_DAMS%20report.pdf](http://hqweb.unep.org/dams/WCD/report/WCD_DAMS%20report.pdf)>. Acesso em 15 de março de 2010.

ELETROBRAS. **Efeito estufa: emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros**. 2000. Disponível em: <[http://www.inga.org.br/docs/EfeitoEstufa\\_hidreletricas.pdf](http://www.inga.org.br/docs/EfeitoEstufa_hidreletricas.pdf)>. Acesso em 24 de abril de 2011.

ELETROBRAS. **Usinas-plataforma: novo conceito na geração de energia elétrica**. Blog Complexo Tapajós, 18/02/2010. Disponível em: <<http://complexotapajos.com.br/>>. Acesso em 15 de maio de 2011..

Embrapa. **Manejo florestal não-madeireiro em unidades de conservação de uso direto**. 2000. Disponível em <[http://www.cpafac.embrapa.br/pdf/mnj\\_flor\\_nmade.pdf](http://www.cpafac.embrapa.br/pdf/mnj_flor_nmade.pdf)>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. Junho de 2010. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20100623\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20100623_1.pdf)>. Acesso em 20 de fevereiro de 2011.

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.

Froufe, Célia. EPE: **Belo Monte teve várias mudanças desde anos 80**. Abril.com, 08/04/2010. Disponível em: <<http://www.abril.com.br/noticias/economia/epe-belo-monte-teve-varias-mudancas-anos-80-987789.shtml>>. Acesso em 08 de abril de 2010.

Goulart, Josette; Teixeira, Fernando. **Grupo Bertin forma consórcio para Belo Monte**. Valor Econômico Especial, 08/04/2010. Disponível em: <<http://www.valoronline.com.br/?impresso/especial/195/6198055/grupo-bertin-forma-consorcio-para-belo-monte&scrollX=0&scrollY=0&tamFonte>>. Acesso em 08 de abril de 2010.

O Globo. **Bertin sai do consórcio de Belo Monte, mas nega dificuldades financeiras**. 17/02/2011. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/mat/2011/02/17/bertin-sai->

[do-consorcio-de-belo-monte-mas-nega-dificuldades-financeiras-923819317.asp](http://www.imazon.org.br/novo2008/arquivosdb/serie06.pdf)>. Acesso em 17 fevereiro de 2011.

Imazon. **Ameça à biodiversidade na Amazônia oriental**. 1997. Série Amazônia 6. Disponível em: < <http://www.imazon.org.br/novo2008/arquivosdb/serie06.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Leitão, Miriam. **Na lei ou na marra**. Globo.com, 10/04/2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/miriam/posts/2010/04/10/na-lei-ou-na-marra-282608.asp>>. Acesso em 12 de abril 2010.

Maia, Alexandre G. **Valoração de recursos ambientais**. 2002. Tese de Mestrado. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Monteiro, Dion M. C. **Belo Monte: doze questões sem resposta**. 2010. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/04/16/belo-monte-doze-questoes-sem-resposta-artigo-de-dion-marcio-c-monteiro/>>. Acesso em 29 de abril 2010.

Morelli, M. M. **Avaliação Energética e Emergética de Usina Hidrelétrica – Estudo de Caso: Complexo Hidrelétrico de Belo Monte - Rio Xingu**. 2010. Tese de Mestrado. Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas [s.a.], 2010.

Motta, Ronaldo S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília, IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.

Neoenergia. **História do setor hidrelétrico**. Disponível em: <<http://www.neoenergia.com/section/historico-setor-eletrico.asp>> Acesso em 19 de abril de 2011.

Odum, H.T. **Emergy Evaluation**. 1998. In **Advances in energy studies: energy flows in ecology and economy**. Ulgiati, S.; Brown, M.T.; Giampietro, M.; Herendeen, R.A.; and Mayumi, K. 1998. Roma, Italy.

Odum, H.T. **Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology**. 1994. Colorado, University Press of Colorado.

Odum, H.T. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Policy Making**. 1996. John Wiley and Sons, Nova Iorque.

Pereira, R. **Mais empresas desistem de Belo Monte**. Disponível em: <[http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios+energia,mais-empresas-desistem-de-belo-monte-.not\\_68460,0.htm](http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios+energia,mais-empresas-desistem-de-belo-monte-.not_68460,0.htm)>. Acesso em 24 de maio de 2011.

Peters, Charles M et al. Charles Peters: **Valuation of an Amazonian Rainforest**, NATURE [s.l.], vol. 339, junho, 1989.

Pinedo-Vasquez, Miguel et al. **Economic returns from forest conversion in the Peruvian Amazon**, Ecological Economics [s.l.], vol. 6, pp. 63-173, 1992.

**Relatório Brundtland**: Disponível em: <<http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf>>. Acesso em 23 de abril de 2011.

Reymão, A.E.N., Gaspareto, O. **Recursos madeireiros e desenvolvimento sustentável na Amazônia**. 2001. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/saber/anareymaofinal.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Romeiro, Ademar R.; Reydon, B. P.; Maia, Alexandre G. **Valoração do Meio Ambiente: uma perspectiva econômico-ecológica**. Campinas [s.n.], 2009

Rosolem, R. **O impacto do desmatamento no ciclo hidrológico: um estudo de caso para a rodovia Cuiabá-Santarém**. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-16122005-144144/pt-br.php>>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Ruic, Gabriela. **Belo Monte vai ajudar a sustentar o aumento do PIB**. Portal Exame, 08/04/2010. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/aumento-pib-hidreletricas-continuam-viaveis-geracao-luz-547589.html>> Acesso em 08 de abril 2010.

Sinisgalli, Paulo A. A. **Valoração dos danos ambientais de hidroelétricas: estudos de caso**. 2005. Tese de Doutorado. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas [s.a.], 2005.

Sinisgalli, P.A.A., Sousa Jr., W.C., Torres, A. **Análise emergética e econômico-ambiental aplicada a estudos de viabilidade de usinas hidrelétricas no corredor ecológico Cerrado-Pantanal**. 2006. Megadiversidade. Disponível em: <[http://www.conservation.org.br/publicacoes/files\\_mega2/analise.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/files_mega2/analise.pdf)>. Acesso em 01 de julho de 2011.

Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. 2010. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/madeira-e-moveis/AtividadeMadeireira2010.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2011.

Tapajós livre. **O conto das usinas plataforma, ou como construir represas com helicópteros**. Tapajós livre.org, 12/05/2010. Disponível em: <<http://tapajoslivre.org/site/?p=87>>. Acesso em 12 de maio de 2010.

Tendências Consultoria Integrada. **Setor elétrico brasileiro: cenários de crescimento e requisitos para a retomada de investimentos**. 2003. Disponível em: <[http://www.maternatura.org.br/hidretricas/biblioteca\\_docs/EstudoCenarios-CBIEETendencias.pdf](http://www.maternatura.org.br/hidretricas/biblioteca_docs/EstudoCenarios-CBIEETendencias.pdf)>. Acesso em 20 de maio de 2011.

Villalobos, R.; Ocampo, R. **Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe**. Costa Rica: CATIE/OLAFO, 1997. Pág. 103.

World Wildlife Fund (WWF). **Impactos do desmatamento**. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br>>. Acesso em 24 de abril 2011.

Zanchetta, Inês. **A polêmica da Usina de Belo Monte**. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/esp/bm/index.asp>>. Acesso em 12 de abril de 2010.