



# TAPAJÓS

Hidrelétricas, infraestrutura e caos

Elementos para a governança da  
sustentabilidade em uma região singular

Wilson Cabral de Sousa Júnior

Organizador

ITA/CTA



# TAPAJÓS

Hidrelétricas, infraestrutura e caos

Elementos para a governança da  
sustentabilidade em uma região singular

Wilson Cabral de Sousa Júnior

Organizador

ITA/CTA  
2014

Copyright© 2014 Wilson Cabral de Sousa Júnior

Todos os capítulos são de livre acesso, distribuídos sob licença Creative Commons 3.0, a qual permite aos usuários o *download*, impressão e cópia, desde que os autores e a obra integral sejam devidamente referenciados.

**Organização**

Wilson Cabral de Sousa Júnior

**Diagramação**

Amanda de Mello Teixeira

**Ilustração**

Auli Greta Machado da Silva

Catálogo – Divisão de Informação e Documentação/Biblioteca do ITA

T 172 Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos: elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular / organizado por Wilson Cabral de Sousa Júnior. 1.ed. São José dos Campos: ITA/CTA, 2014. 192p.

ISBN: 978-85-87978-23-3

1. Geração de energia hidrelétrica. I. Sousa Júnior, Wilson Cabral (org.)

CDD 621.312

CDU 621.311.21



# Sobre os autores

**Amintas Brandão Júnior** é Engenheiro Ambiental (UEPA) com especialização em Estatística Aplicada (UFPA) e mestrado em Sistema de Informações Geográficas (Universidade de Clark, EUA). Atua como pesquisador do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

**Bruna Costa Vieira** é graduada em Engenharia Florestal pela UnB e Mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Atua em pesquisas associadas à temática de recursos hídricos e mudanças climáticas.

**Bruna Fatiche Pavani** é oceanógrafa, com especialização em Direito/Gestão Ambiental (SENAC) e mestrado em Engenharia de Infraestrutura (ITA). É doutoranda em Engenharia de Infraestrutura (ITA) com trabalho no tema “modelagem econômico-ecológica”.

**Camila Jericó-Daminello** é bacharel em Ciências Biológicas e mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de São Paulo. Atua na área de incentivos à conservação, em especial com a abordagem de serviços ecossistêmicos e a valoração dos mesmos.

**Carlos Eduardo Nakao Inouye** é Engenheiro Ambiental (UNESP) e mestre em Engenharia de Infraestrutura (ITA). Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Avaliação de Impactos Ambientais e Análise Dinâmica Espacial.

**Carlos Souza Júnior** é Geólogo (UFPA), mestre em Ciências do Solo (Universidade Estadual da Pensilvânia, EUA) e PhD em Geografia (Universidade da Califórnia, Santa Bárbara, EUA). Atua como Pesquisador Sênior do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

**Carolina Lopes de Oliveira Ramos** é geógrafa com especialização em Planejamento e Gestão Municipal pela UNESP. Atualmente é professora da Rede Estadual Paulista de Ensino e atua nas áreas de Planejamento Urbano e Educação Ambiental.

**Célio Bermann** é Professor do Instituto de Energia e Ambiente (IEE/USP), Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Energia e Coordenador do Grupo de Estudos sobre a Dialética da Dependência (IEE/USP). É Pesquisador do CNPq nos temas de Energia, Sociedade e Meio Ambiente.

**Gabriele Vanessa Tschöke** é Engenheira Ambiental (UFPR) e mestranda em Engenharia de Infraestrutura (ITA). É professora na Universidade do Contestado e trabalha na área de análise e modelagem climática.

**Gabriel Vaz Pacher** é graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná e mestrando em Engenharia de Infraestrutura (ITA). Atua na temática de infraestrutura e meio ambiente, em especial com metodologias para Pagamento por Serviços Ambientais.

**Lidya Beatriz dos Santos** é bióloga (UNESP) com mestrado em Química (UNESP) e doutoranda no programa de Engenharia de Infraestrutura (ITA), atuando com Saneamento Ambiental e análise e adequação de efluentes com metodologias inovadoras.

**Marcio Antonio da Silva Pimentel** é graduado em Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária (ITA) com mestrado em Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ) e doutorado em Engenharia Química pela UFRJ e Universidade de Paris. Professor do ITA, atua com o tema Eficiência Energética.

**Mauricio Torres** é Mestre e Doutor em Geografia Humana pela USP. Professor colaborador do Programa Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - PPGRNA da Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa.

**Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli** é professor do curso de Gestão Ambiental (USP) e do Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental e Modelagem de Sistemas Complexos (USP), e realiza pesquisas nas áreas de Economia Ecológica e Gestão de Recursos Hídricos.

**Paulo Barreto** é Engenheiro Florestal (Universidade Rural da Amazônia) e mestre em Ciências Florestais (Universidade Yale, EUA). Atua como Pesquisador Sênior do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

**Sara Baima Silva** é Engenheira Agrônoma (UFRA) e atua como Analista I do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia.

**Telma Monteiro** é pedagoga, ativista socioambiental, blogueira e diretora da ATLA – Associação Terra Laranjeiras.

**Thiago Carlos Lopes Ribeiro** é Engenheiro Ambiental e Sanitarista (UNIVAP) e mestrando em Engenharia de Infraestrutura (ITA). Atuou com Planos Básicos Ambientais (PBA) da Binacional Alcântara Cyclone Space ACS e trabalha com a temática Pagamento por Serviços Ambientais.

**Vitor Baccarin Zanetti** é graduado em Tecnologia em Redes (UNIC) e mestre em Física Ambiental (UFMT). Atualmente é doutorando no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), no programa de Engenharia de Infraestrutura.

**Wilson Cabral de Sousa Júnior** é oceanógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto e doutor em Economia Aplicada. Professor Associado do Departamento de Recursos Hídricos do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

# Sumário

Sumário Executivo.....	07
------------------------	----

## Parte I - O Tapajós: Ambiente e Sociedade

Capítulo I	A bacia do rio Tapajós: caracterização e contexto socioambiental..	15
Capítulo II	De seringais, gateiros e garimpos: o Alto Tapajós e a resistência de suas gentes.....	37

## Parte II - Reflexões sobre a matriz elétrica nacional e o Complexo Hidrelétrico do Tapajós

Capítulo III	Desafios e proposições para a sustentabilidade da matriz elétrica brasileira.....	63
Capítulo IV	Complexo hidrelétrico do Tapajós: dados, contexto e análise.....	87

## Parte III - Elementos para análise de viabilidade do Complexo Hidrelétrico do Tapajós

Capítulo V	Análise econômico-ambiental do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.....	101
Capítulo VI	Análise de custos e benefícios do Complexo Hidrelétrico do Tapajós sob a ótica ecológica e econômica da eMergia.....	119

## Parte IV - O Tapajós e as frentes de infraestrutura: impactos cumulativos e sinérgicos

Capítulo VII	Energias, estradas, mineração: efeitos sinérgicos de projetos de infraestrutura na região do médio e baixo Tapajós.....	133
Capítulo VIII	O risco de desmatamento associado a doze hidrelétricas na Amazônia.....	147

Referências Bibliográficas.....	175
---------------------------------	-----



A geração de energia elétrica no Brasil concentra-se nas hidrelétricas, modal que acumulou a maior massa crítica desde o início do planejamento de larga escala do setor elétrico brasileiro. De fato, os grandes projetos de geração hidrelétrica colocaram o país na vanguarda tecnológica dos aproveitamentos hidroenergéticos nos anos 1970 e 1980. Passado o período de construção dos maiores empreendimentos hidrelétricos no país, a pressão ambiental e a crise de financiamento externo contribuíram para o arquivamento de outros grandes projetos hidrelétricos, especialmente aqueles situados na região amazônica. A ausência, àquela época, de um sistema interligado de transmissão unindo todo o território também contribuiu significativamente para a suspensão destes megaprojetos.

No entanto, nos últimos anos, com o retorno da capacidade de investimento do Estado, associado ao crescimento econômico e às projeções de aumento proporcional da demanda por eletricidade, os megaprojetos hidrelétricos na Amazônia ressurgiram. A construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no rio Xingu, reascendeu o debate sobre as grandes usinas hidrelétricas e seus impactos socioambientais, que são, ainda, agravados por outros projetos de infraestrutura viária e exploração mineral em diversos pontos na região amazônica.

O modelo de expansão de produção de energia tem sido criticado por diversos atores como ambientalistas, especialistas do setor energético e defensores das populações afetadas, cujas demandas são, em boa parte, representadas pelo Ministério Público. O debate exige que questões críticas sejam respondidas: ***o Brasil precisa de toda a energia que tem sido projetada? Quais as melhores fontes de energia para atender à expansão da demanda? Quais os reais custos e benefícios dos projetos de geração de energia, incluindo as variáveis socioambientais?***

Para contribuir com o debate sobre a geração de energia no Brasil, apresentamos neste livro uma análise da expansão hidrelétrica e o efeito cumulativo de outros projetos de infraestrutura na bacia do rio Tapajós, destino de investimentos massivos do governo federal e da iniciativa privada: redes de transmissão, consolidação e ampliação da infraestrutura viária – estradas e hidrovias –, e exploração mineral. As análises consideram desde os custos socioambientais da expansão hidrelétrica até os impactos resultantes do efeito sinérgico da sobreposição de tantas vertentes de pressão sobre o ambiente regional.

Como preâmbulo para a análise, são apresentados dados e informações sobre o ambiente e a sociedade da bacia do Tapajós, ressaltando a singularidade de sua ocupação histórica e sua população atual. Em seguida, é apresentada uma análise do planejamento do setor elétrico brasileiro a partir dos Planos Decenais de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia (PNE), com horizontes de 10 e 30 anos, respectivamente. Os resultados desta análise apontam que: i) o Brasil projeta uma demanda excessiva de energia, pois os planos desconsideram o potencial de reduzir a demanda e de aumentar a eficiência energética, além de superestimarem a expansão do consumo de energia; ii)

há uma desatualização das bases utilizadas para avaliar a viabilidade de inserção de fontes renováveis, especialmente a energia solar fotovoltaica distribuída e a energia elétrica de origem eólica. Tais fontes têm seu potencial subestimado por diversos fatores no planejamento elétrico brasileiro.

Ao cabo desta análise do planejamento energético, propõe-se uma matriz elétrica para o ano de 2022 (horizonte do PDE), com o intuito de ampliar a sustentabilidade de nossa matriz e possibilitar a independência e domínio tecnológico do país em relação a fontes que lhe são estratégicas, porém pouco exploradas. Para a chamada “Nova Matriz” (Figura 1), pressupõe-se: a expansão das fontes eólica e solar; a manutenção dos projetos hidrelétricos já contratados, e arquivamento de novos projetos – especialmente o de grandes complexos na Amazônia, como o Complexo Hidrelétrico do Tapajós; o descomissionamento de plantas de geração que utilizam carvão e óleo combustível; a redução da operação de fontes de energia nuclear; e o investimento na ampliação sustentada da geração por biomassa.

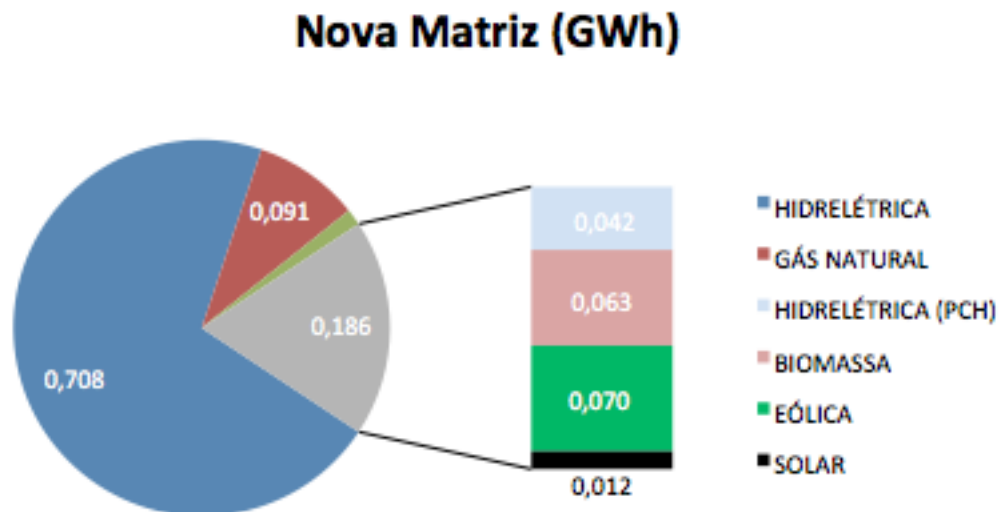


Figura 1. Gráfico ilustrativo da “Nova Matriz” de energia elétrica proposta para 2022.

Apresentada a matriz alternativa, passa-se a discutir a viabilidade econômico-ambiental do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, principal projeto de expansão da geração hidrelétrica na Amazônia brasileira. A análise realizada neste estudo mostra que o Complexo Hidrelétrico do Tapajós, à luz dos dados apresentados nos estudos de inventário da Eletronorte (2008), é economicamente inviável (Tabela 1). A partir das premissas do estudo, no cenário mais otimista para a ótica do empreendedor, o prejuízo seria da ordem de US\$ 1,6 bilhão. Num cenário mais realista, em razão dos indicadores de atraso e extrapolação de custos de obras na Amazônia, o prejuízo chegaria a cerca de US\$ 10 bilhões. Os custos socioambientais analisados, restritos à implantação das hidrelétricas, atingiriam cerca de US\$ 400 milhões, com predomínio dos valores associados às emissões de carbono e aos custos de oportunidade do uso da terra. É importante notar que,

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

diante da ausência de dados e ou metodologias de valoração consolidadas, muitos serviços ecossistêmicos e valores sociais foram excluídos da análise, fato que subestima o custo socioambiental considerado no estudo.

Tabela 1. Resultados da análise de viabilidade do CHT

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Valor Presente Líquido - VPL (US\$ bilhões)	-1.586	-9.882
Taxa Interna de Retorno - TIR (%)	9,17%	5,15%
Custos Socioambientais (US\$ bilhões)	391	

Considerando as limitações de dados sobre os impactos socioambientais, recomenda-se o investimento na valoração de outros impactos não considerados, o que poderia apontar mudanças nos números apresentados. Tais investigações deveriam incorporar a possível perda de biodiversidade, possíveis alterações nos modos de vida de comunidades tradicionais e grupos indígenas direta ou indiretamente afetados, alterações na ictiofauna e seus reflexos a jusante, a acumulação de mercúrio nos reservatórios e valores de existência dos recursos naturais impactados.

Como alternativa à análise de custo benefício (ACB) tradicional, foi desenvolvida uma avaliação de custos e benefícios “emergéticos”, para a qual foram utilizadas funções de “eMergia” (valoração baseada na ecologia de sistemas). De forma simplificada, esta metodologia procura obter a história energética de cada elemento que entra na composição do empreendimento, traduzindo os diversos componentes como materiais e energia em uma mesma linguagem, possibilitando sua comparação e integração. Esta análise também apontou a inviabilidade (razão benefícios/custos menor que a unidade) de todos os barramentos, analisados um a um. Ou seja, os custos em termos “emergéticos” seriam superiores aos benefícios da geração de energia elétrica.

Para permitir uma análise mais abrangente das perdas associadas às mudanças no padrão de uso e ocupação das terras em função da dinâmica econômica induzida pela implantação de um empreendimento como o CHT, foram desenvolvidas no âmbito deste estudo, duas análises de dinâmica espacial, com diferentes métricas, cujos resultados foram projetados para um cenário futuro nos próximos 20 anos. A primeira avaliou o perfil de desmatamento com base em projeções de aumento populacional em função da implantação de 12 usinas hidrelétricas (UHE) nas regiões do Alto e Baixo Tapajós. . Estas poderiam atrair em torno de 63 mil imigrantes permanentes até 2032. Em decorrência disso, o risco de desmatamento aumentaria em 950.900 hectares em 20 anos – ou o equivalente a uma média de 47.500 hectares por ano. Isto equivaleria a um aumento de 8,3% em relação ao cenário sem os projetos (vide ilustração na Figura 2).



O desmatamento adicional por causa dos projetos aumentaria em 5% as emissões de gases do efeito estufa (GEE) decorrentes das mudanças do uso do solo e em 5,5% das decorrentes do setor de energia, em comparação com as emissões de 2012 estimadas pelo Sistema de Estimativa de Emissões de GEE. Plantas e animais também sofreriam: quase 690 milhões de espécimes seriam atingidos pelo alagamento e desmatamento indireto, considerando apenas as árvores com tronco de pelo menos 10 centímetros de diâmetro, os primatas e as aves. O risco de desmatamento aumentaria em 44 das 53 Áreas Protegidas existentes na região, incluindo Unidades de Conservação e Terras Indígenas.

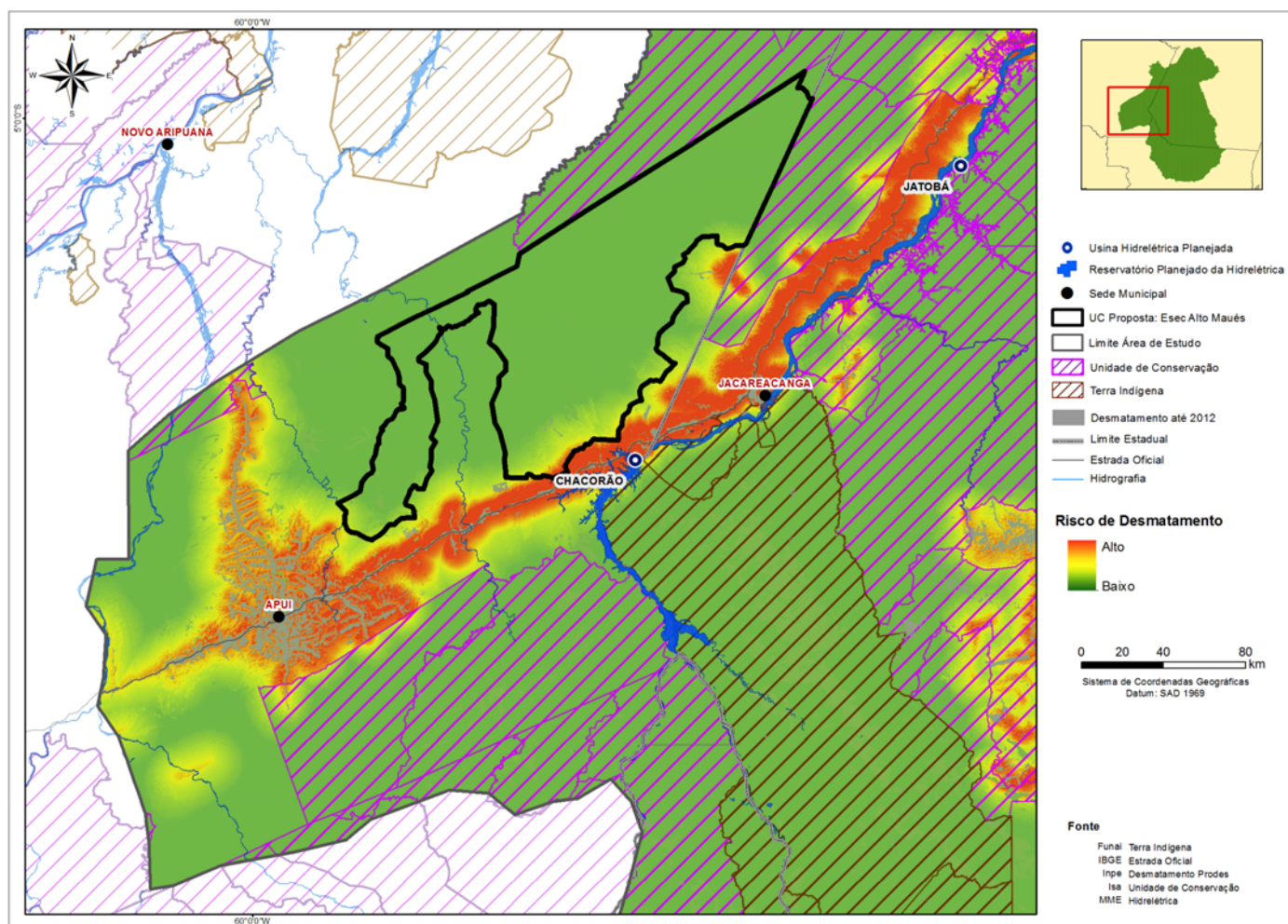


Figura 2. Mapa do risco de desmatamento sobre a região de Jacareacanga/PA



A segunda análise sobre o risco de desmatamento foi realizada a partir de dados pretéritos do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (Prodes) e considerou a influência de diferentes variáveis indutoras do desmatamento da região, bem como a pressão sobre as florestas, causada pela implantação de novas obras de infraestrutura associadas ao CHT. Os resultados para um cenário em que se considerou para a região a mesma dinâmica de desmatamento ocorrida no entorno de Altamira (centro logístico do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte), apontaram um potencial de ampliação do desmatamento de 82% em relação à situação atual, com possibilidade de perda de 1.700.000 hectares de florestas até 2030 (Figura 3). Em termos de perdas econômicas por emissões de carbono, os valores seriam da ordem de US\$ 600 milhões.

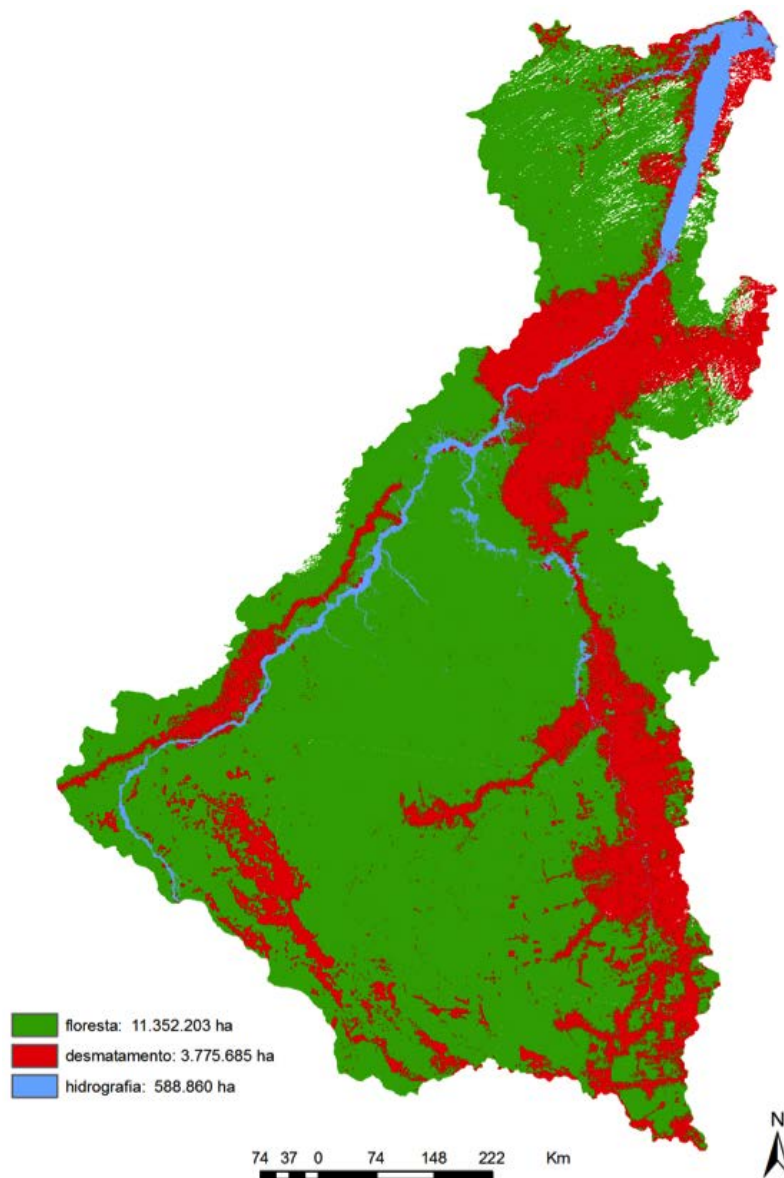
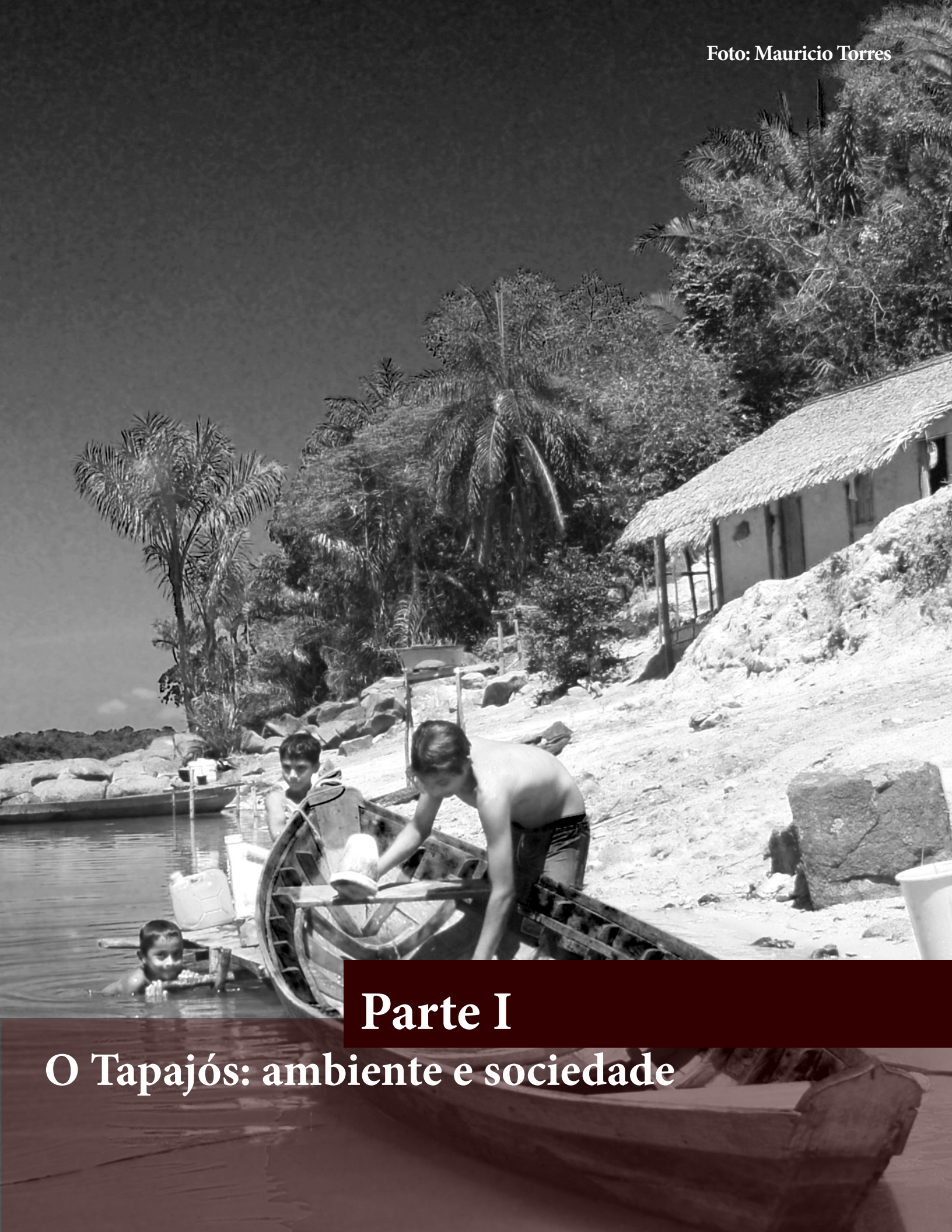


Figura 3. Desmatamento na região do baixo Tapajós em cenário similar à Belo Monte.

Em resumo, o empreendimento do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, assim como os outros grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia, tende a aumentar as pressões sobre os ambientes conservados da região. Somando-se seus efeitos sinérgicos aos demais empreendimentos projetados (mineração, estradas, portos, dentre outros) para a região, as perdas se multiplicam em passivos cujos ônus recaem sobre a sociedade de modo geral.

Ressalta-se, portanto, a importância de se estabelecer um debate aberto sobre a construção, ou não, do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, balizado por informação de boa qualidade e amplamente divulgada. Este debate envolve, necessariamente, a busca por eficiência energética, a geração de energia com menores impactos socioambientais e o consumo sustentável, como premissas para decisões de uma sociedade que preza, ou deveria prezar, pela sustentabilidade de seu modo de vida.

Foto: Mauricio Torres



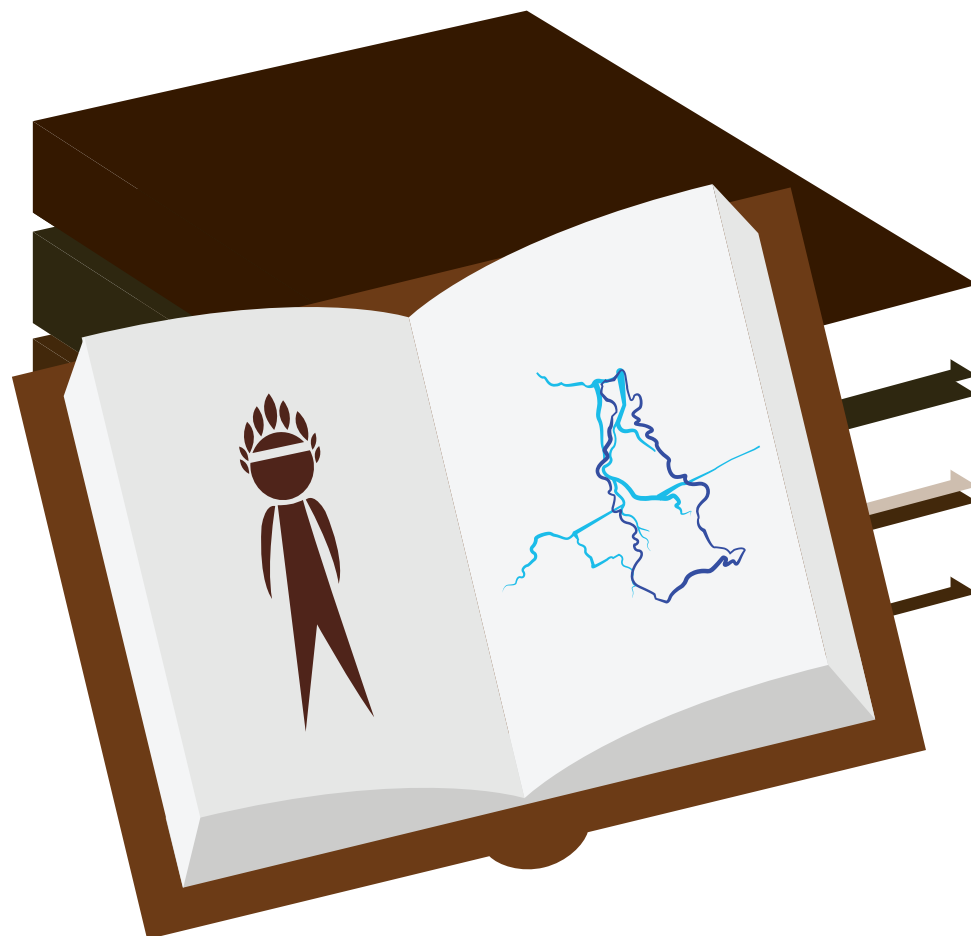
## Parte I

# O Tapajós: ambiente e sociedade





# Capítulo I



## A bacia do rio Tapajós: caracterização e contexto socioambiental

Telma Monteiro  
Camila Jericó-Daminello  
Wilson Cabral de Sousa Júnior





# 1. A bacia hidrográfica do Tapajós

A bacia hidrográfica do rio Tapajós é uma das principais sub-bacias da bacia amazônica (Figura 1), com 764.183 km<sup>2</sup> onde vivem em torno de 1.200.000 pessoas (IBGE, 2010). Com cerca de 2.000 quilômetros de extensão, o rio Tapajós é formado a partir do encontro dos rios Juruena e Teles Pires, na divisa dos estados de Mato Grosso, Amazonas e Pará. A partir desse ponto, avança cerca de 800 quilômetros para desaguar na margem direita do rio Amazonas.

Com conformação assimétrica, os tributários de maior porte encontram-se na margem direita, margem onde desemboca o rio Jamanxim, seu maior afluente, localizado já próximo da foz no Amazonas. O rio Jamanxim possui uma área de drenagem de 58.633 km<sup>2</sup> e seus atrativos econômico-energéticos localizam-se no trecho compreendido entre sua foz e a cidade de Novo Progresso, totalizando 370 km de extensão (ELETRONORTE, 2008).

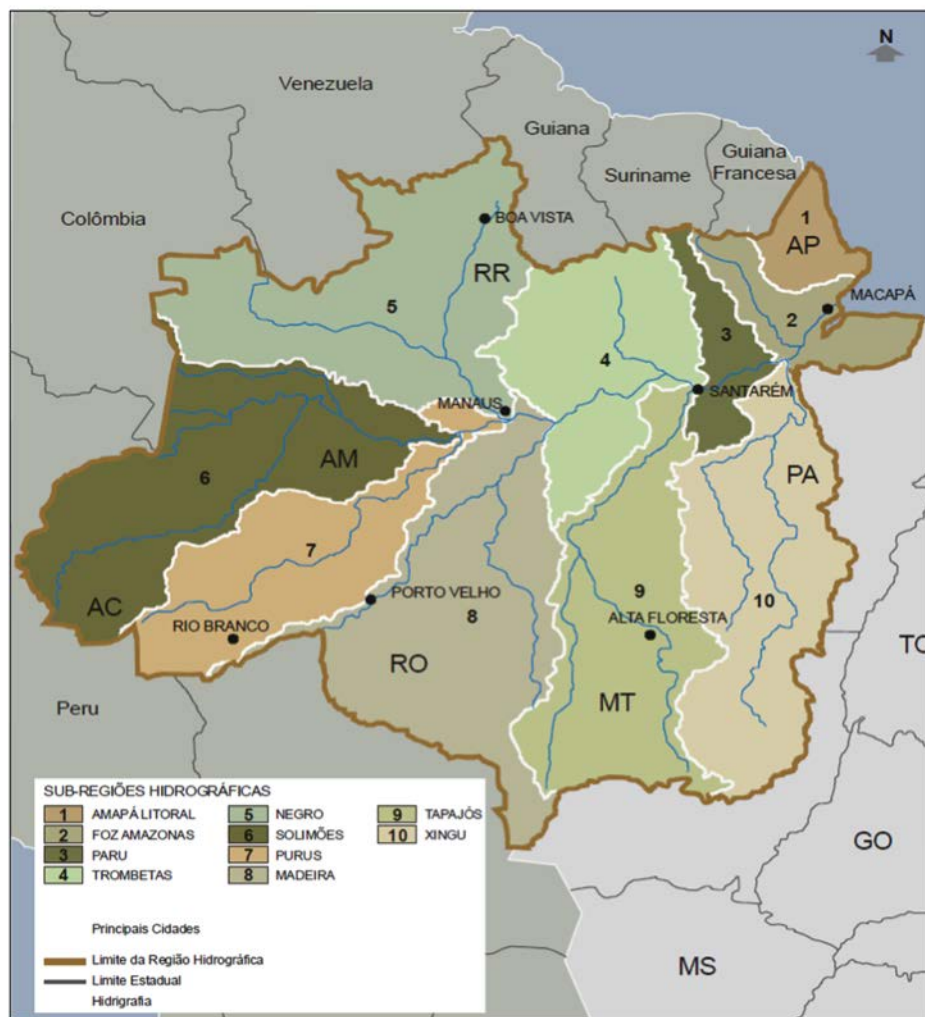


Figura 1. Bacias hidrográficas amazônicas. Fonte: Eletronorte (2008)

A bacia do rio Tapajós pode ser subdividida em 3 partes<sup>1</sup>: o alto, o médio e o baixo Tapajós (Figura 2). A porção do alto Tapajós compreenderia desde as cabeceiras dos rios Juruena e Teles Pires, no estado de Mato Grosso, até sua confluência, formando o rio Tapajós. O médio Tapajós teria início nesta confluência e curso até as cachoeiras de São Luiz, próximas à cidade de Itaituba, e incluiria as sub-bacias do rio Crepori e Jamanxim, afluentes do Tapajós.

Sobre estes trechos, encachoeirados, do médio Tapajós, é interessante resgatar a percepção do explorador francês Henri Coudreau em viagem ao rio Tapajós no século XIX, acerca da dinâmica do rio e a associação com a ocupação de suas margens:

*Pouco adianta haver naufragado repetidamente nas cachoeiras; nada impedirá de afrontá-las de novo. O arriscado exercício torna-se em breve uma emoção necessária. Os acidentes podem ser frequentes; ninguém considerará o perigo senão como antecipadamente vencido. É talvez porque o rio tem cachoeiras que se povoa, e não, apesar de tê-las. A dificuldade em nada interrompe a vida; apenas faz esta mais intensa. Coudreau (1940: 29).*

O baixo Tapajós teria cerca de 320 quilômetros no trecho que vai das cachoeiras de São Luiz até sua foz, no rio Amazonas, que é pontilhada de ilhas cobertas por vegetação. Os últimos 100 quilômetros formam um grande estuário, onde a distância entre as margens chega a 20 quilômetros. Antes de chegar ao rio Amazonas, próximo à cidade de Santarém, no Pará, o Tapajós se afunila num canal de cerca de 1 quilômetro de largura. Esse trecho sofre a influência da dinâmica do despejo das águas no rio Amazonas, que provoca ondas de até quarenta centímetros.

---

1 Há outras definições, como a mencionada por Maurício Torres no Capítulo II deste livro, reproduzindo o entendimento de comunidades locais, para as quais o “alto Tapajós” se configura entre a confluência dos rios Juruena e Teles Pires e a cachoeira de São Luiz do Tapajós, portanto, o que ora apresentamos como “médio” Tapajós.



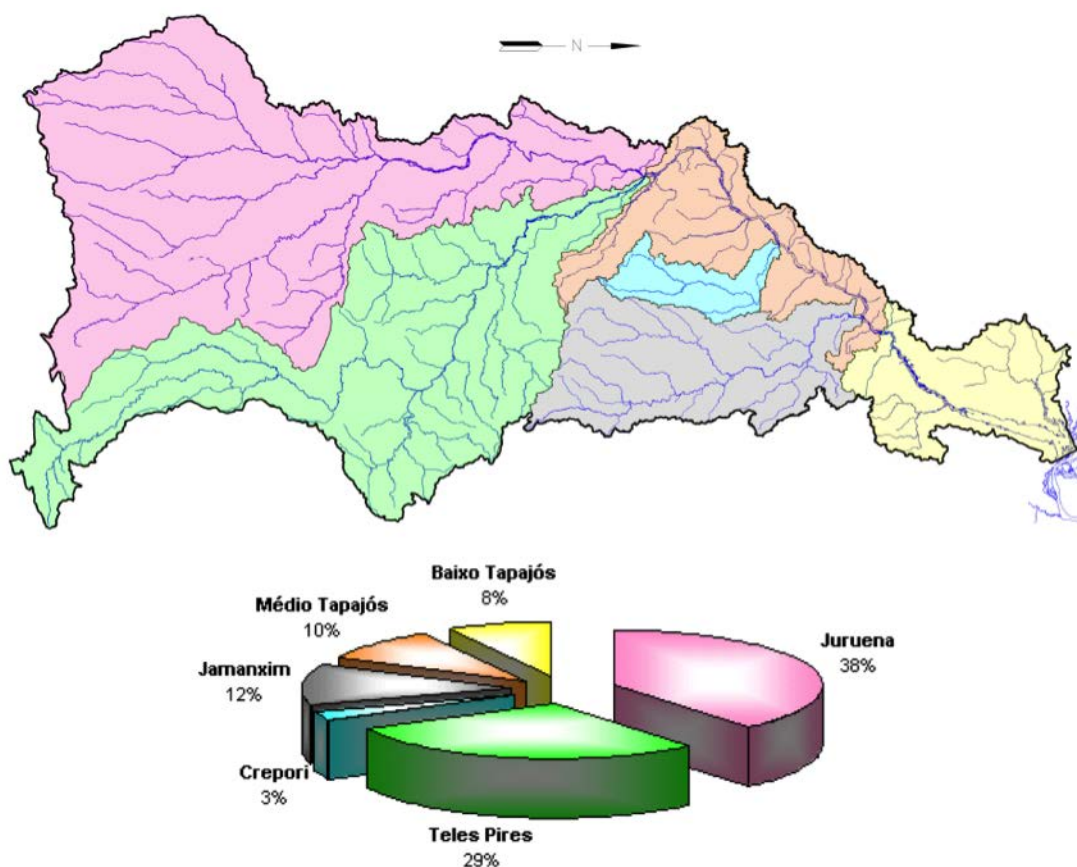


Figura 2. Bacia do rio Tapajós e seus formadores. Fonte: Eletronorte (2008)

São nove os municípios da bacia hidrográfica do Tapajós, no estado do Pará: Santarém, Itaituba, Belterra, Aveiro, Novo Progresso, Juruti, Jacareacanga, Rurópolis e Trairão. Apenas um município do estado do Amazonas, Maués, tem 11% do seu território na bacia do Tapajós. Esses municípios integram as Mesorregiões do Baixo Amazonas e do Sudeste Paraense. Os nove municípios paraenses da bacia do Tapajós possuem juntos, aproximadamente 567.000 habitantes, com densidade populacional de cerca de 3,54 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

## 2. Breve histórico de ocupação

20

Os portugueses ocuparam a bacia do Tapajós no período colonial para garantir seu poder e hegemonia. Só em 1639 foram fundadas as primeiras povoações às margens do rio Tapajós e seus afluentes. Portugal tratou de assegurar a posse dos territórios na Amazônia com a instalação de fortes e missões nas margens dos rios, depois de expulsar os holandeses no século XVII.

A aldeia de Tapajós foi fundada em 1639, na foz do rio Tapajós, onde é hoje a cidade de Santarém. A ocupação caminhou para montante, em direção aos seus formadores, com a criação de novas aldeias às margens do rio, atraindo interessados em busca de ouro nas minas da região. No século XIX, com o aumento da demanda internacional de borracha, a ocupação da bacia do Tapajós se consolidou. A região passou a ser explorada por seringalistas – ciclo da borracha – que utilizavam os indígenas, no primeiro momento, como mão de obra semi-escrava, a qual foi substituída posteriormente por imigrantes nordestinos.

No entanto, mesmo com as grandes expedições para o território amazônico no século XVII, e com picos de ocupação devido à exploração da borracha e madeira no século XIX, a região das bacias dos rios Tapajós e Jamanxim se manteve com uma baixa densidade demográfica, devido a diversos fatores, como a alta densidade da floresta e a falta de vias de acesso de qualidade. Em contraponto a essa realidade, os poucos núcleos urbanos criados,

passaram a se expandir, caracterizando, assim, a bacia com algumas regiões urbanas, grandes áreas de floresta e pequenas comunidades ao longo dos rios.

Grande parte da ocupação atual dessa região se deu pelo intenso desenvolvimento da atividade garimpeira, principalmente na região do município de Itaituba, no final do século XX. Com o avanço de vias de acesso, como a BR 163, a criação de portos fluviais e o desenvolvimento de centros urbanos, a região passa por uma nova fase de ocupação, impulsionada pela diversidade de atividades econômicas em implantação ou projeto.

Todos os municípios da bacia do Tapajós são resultado do desmembramento do território de Santarém, que foi criado em 1755. Primeiro surgiram Juruti, Itaituba e Aveiro e em seguida Itaituba foi subdividido em mais três novos municípios: Trairão, Novo Progresso e Jacareacanga; Aveiro deu origem a Rurópolis. O mais novo município da bacia é Belterra, criado em 1997, desmembrado também de Santarém.

O município de Itaituba pode ser considerado atualmente como um micropolo regional, ainda sujeito à atividade de Santarém, mas crescendo em influência sobre os demais municípios da região. O gráfico da Figura 3 ilustra a concentração urbana dos municípios de Santarém e Itaituba, e a dispersão populacional nos demais municípios.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

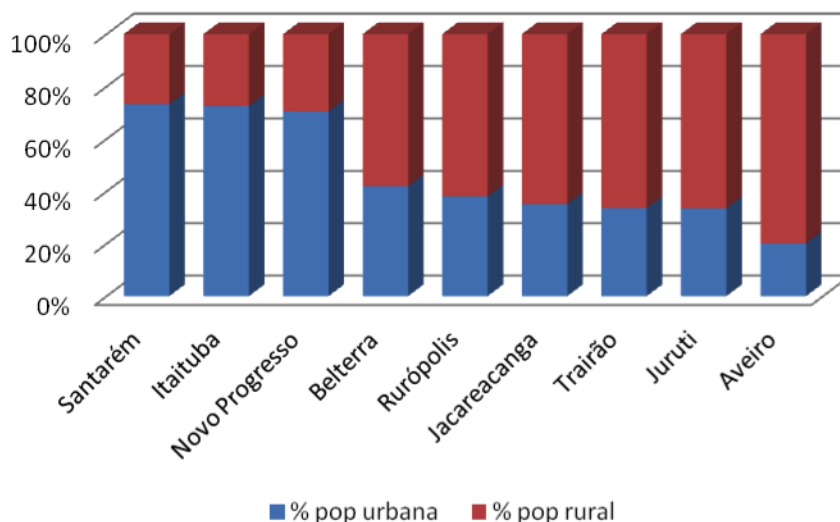


Figura 3. Concentração da população nos municípios paraenses do Tapajós.  
Fonte: adaptado de IBGE (2010).

A eficácia e qualidade dos meios de comunicação, transporte e energia elétrica são baixas. No entanto, há um fluxo de investimentos recentes de médias e grandes empresas, o que tem contribuído para uma melhoria das condições de acesso e comunicação na região. Tais investimentos estão sendo alavancados por iniciativas como a pavimentação da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém), e de trechos urbanos da rodovia BR-230 (Transamazônica), além da expectativa com relação a outras obras de infraestrutura, dentre elas o Complexo Hidrelétrico do Tapajós. As principais vias de acesso terrestre são a BR-230 e a BR-163. Em relação às vias fluviais, o trecho entre Santarém e Itaituba é o mais movimentado. O porto de Santarém é o maior da região e apresenta uma grande movimentação de carga. Além disso, já está em andamento a construção de infraestrutura portuária em Itaituba<sup>2</sup>, no distrito de Miritituba.

Em relação às atividades econômicas, há muita dependência da extração de produtos madeireiros e não-madeireiros, além de pescados. Outras atividades como o turismo, principalmente na época da seca e das festas regionais, e a pesca esportiva, são estabelecidas na região e apresentam potencial de crescimento. A crescente migração para a região (os dados do último censo do IBGE projetam um crescimento populacional superior a 20% em 10 anos), principalmente ao longo da BR-163, pressiona o preço da terra. Uma pesquisa, realizada no âmbito deste trabalho, junto a pequenos proprietários, apurou aumentos de até 150% nos últimos 5 anos, nas proximidades dos núcleos urbanos de Trairão, Itaituba e Novo Progresso, em áreas adjacentes à rodovia, cuja pavimentação está em fase de conclusão.

<sup>2</sup> Sobre a projeção de investimentos de infraestrutura na região, vide Parte IV desta obra.

## 3. Características fisiográficas

### 3.1. Hidrologia

A região de confluência dos rios Juruena, Teles Pires e Tapajós situa-se sobre o embasamento cristalino, conforme projeção realizada sobre mapa geológico de Lepsch (2002). Esta formação determina uma menor capacidade de infiltração, o que propicia maior variação de vazões, diretamente associadas ao regime de precipitação. De acordo com a ELETRONORTE (2008), a produtividade hídrica na região mais à montante da bacia do Tapajós é de 25,1 l/s/km<sup>2</sup>, atingindo 28 l/s/km<sup>2</sup> à jusante. Já a bacia do rio Jamanxim, apresenta produtividade hídrica de 29,8 l/s/km<sup>2</sup>.

As vazões no rio Tapajós variam significativamente ao longo do ano, com valores mínimos da ordem de 2.500 m<sup>3</sup>/s na estiagem e máximos da ordem de até 28.000 m<sup>3</sup>/s nas cheias. O Tapajós contribui com aporte médio em torno de 13.500 m<sup>3</sup>/s ao rio Amazonas. O rio Jamanxim apresenta vazões mínimas da ordem de 200 m<sup>3</sup>/s, atingindo máximas de até 5.000 m<sup>3</sup>/s. Os maiores deflúvios na região são registrados nos meses de dezembro a maio, com picos em março. Já os menores deflúvios ocorrem entre junho e novembro com vazões mínimas em setembro (ELETRONORTE, 2008).

Na Figura 4 pode-se visualizar os hidrogramas dos rios Tapajós e Jamanxim nos pontos previstos para os barramentos dos AHEs do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.

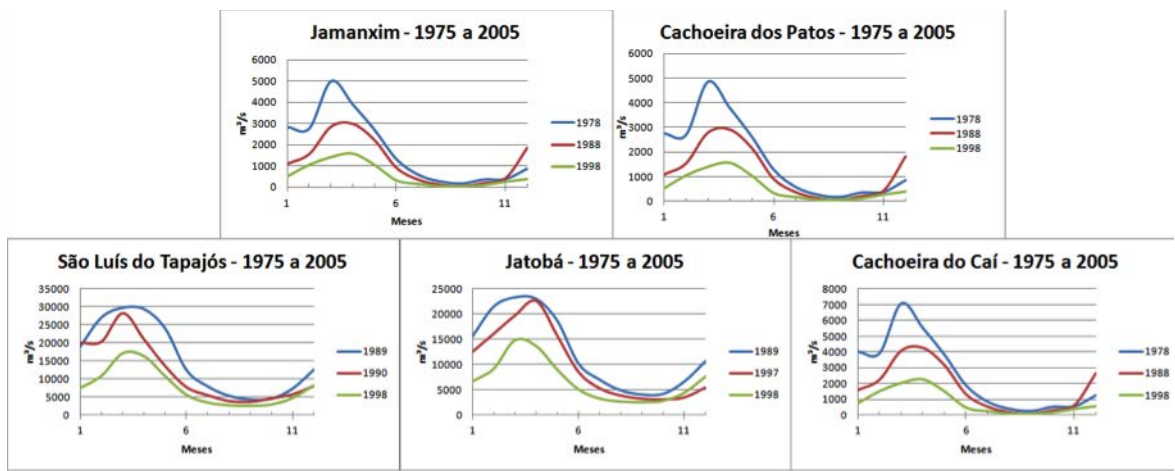


Figura 4. Hidrogramas de vazão nos pontos de barramento do CHT, de 1975 a 2005.

Fonte: ELETRONORTE (2008)

## 3.2. Geologia e Geomorfologia

Geomorfologicamente a bacia se caracteriza pelo embasamento cristalino do Cratón Amazônico, recoberto em suas extremidades por sedimentos da bacia sedimentar do Amazonas ao norte e por sedimentos da bacia sedimentar do Alto Tapajós ao sul, constituindo em espessos mantos de alteração com contatos bem definidos. A maior parte da bacia encontra-se sobre embasamento cristalino, que aliado à densa cobertura vegetal e ao clima úmido com alto índice de precipitação, favorece a densa rede de drenagem de escoamento superficial. Agrupando as formas de relevo e as altimetrias associadas podem ser distinguidos 5 unidades morfoestruturais na bacia. O Planalto Rebaixado do Amazonas (Médio Amazonas), Planalto Tapajós-Xingu, Planalto Residual Tapajós, Depressão Periférica Sul do Pará e Serras e Chapadas do Cachimbo (ELETRONORTE, 2008).

Segundo Collischonn (2006), a variação de altitudes na bacia atinge cerca de 850 metros, com altitude máxima de 900 metros, na porção sul, e mínima de 51 metros, na foz junto ao rio Amazonas. O Modelo Digital de Terreno (MDT) da bacia pode ser visualizado na Figura 5.

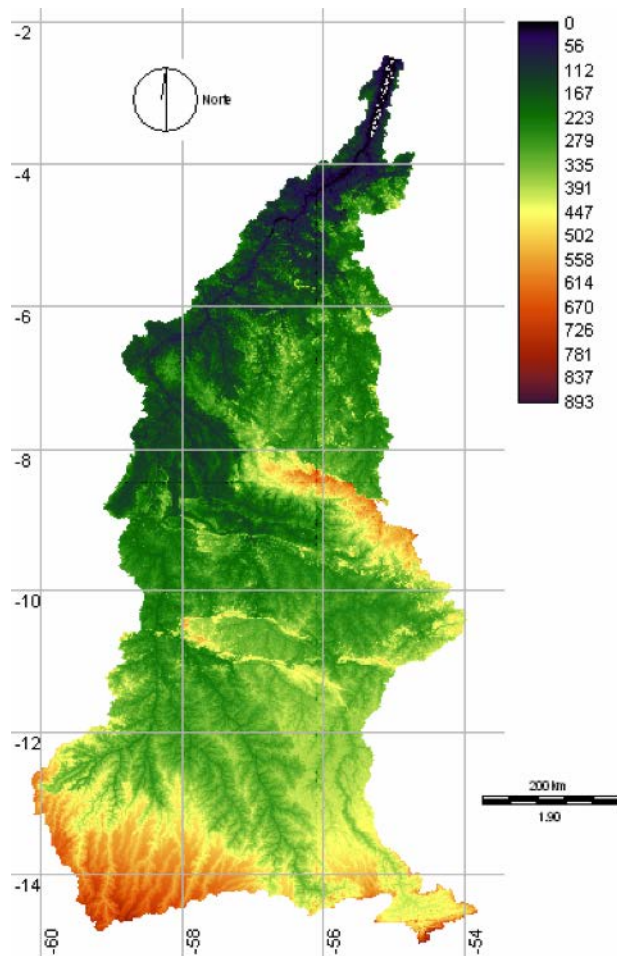


Figura 5. Modelo numérico de terreno da bacia do Tapajós.  
Fonte: Collischonn (2006).



Os latossolos têm a maior parcela de área da bacia, correspondendo a 41%. Solos podzólicos, em sua maioria argissolos, ocupam 29% da área da bacia, enquanto as areias quartzosas ocupam 19%. Os solos litólicos, juntamente com os afloramentos rochosos, respondem por um percentual relativamente elevado, correspondente a 6%. Solos hidromórficos, aluviais e gleissolos correspondem a 2% do total, e cambissolos, solos concrecionários e água ocupam 1% cada um (COLLISCHONN, 2006).

### 3.3. Climatologia

A temperatura média anual na bacia é de 26°C, com pequenas variações sazonais. Os meses de janeiro a abril são os que concentram a precipitação anual e os meses de agosto à novembro são os meses mais secos. A precipitação média anual se encontra entre 1800 e 2500 mm, inferior à da região à montante (Juruena e Teles Pires), cujas precipitações médias encontram-se entre 2500 e 3000 mm (ELETRONORTE, 2008). Boa parte da vazão da bacia, portanto, é mantida pelos afluentes da porção mais ao sul da bacia, especialmente os rios Teles Pires e Juruena.

Uma vez que o regime de chuvas, na região e em região à montante, determina o regime de vazões, influencia também o perfil sazonal de geração hidrelétrica na bacia, cuja energia produzida se concentraria no período chuvoso.

## 4. Uso e ocupação da terra e aspectos socioeconômicos

Uma exuberante vegetação reveste a bacia do Tapajós. A porção da bacia localizada no estado de Mato Grosso é formada por vegetação de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Essa região sofre pressão da exploração madeireira, e da pecuária extensiva de corte e monocultura de soja, sustentada pelo fluxo migratório intenso originário do sul do Brasil. Já o restante da bacia do Tapajós que fica no estado do Pará sofre com a pressão da fronteira agrícola e da exploração madeireira, uma consequência do esgotamento das terras da porção matogrossense.

Em 2010, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em conjunto com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), desenvolveu o projeto TerraClass, no âmbito do qual foi elaborado um mapa digital que descreve a situação do uso e da cobertura da terra na região da Amazônia Legal para o ano de 2008. O gráfico da Figura 6 ilustra os principais usos da Terra na região, cujos dados de classificação (TerraClass) são apresentados na Tabela 1.

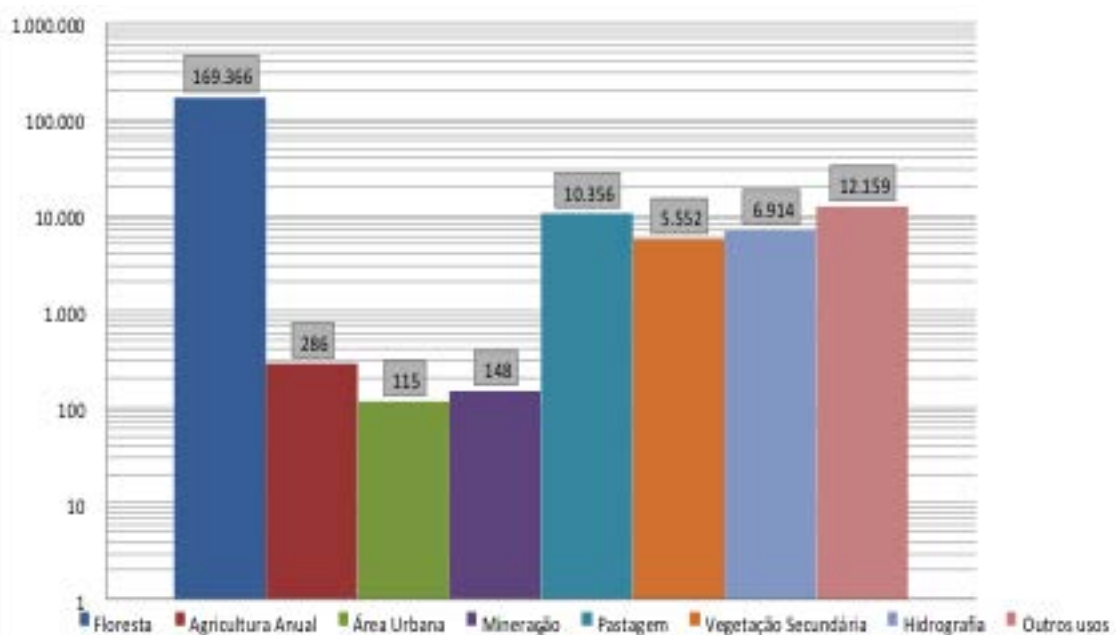


Figura 6. Classes de uso e ocupação da terra na bacia do rio Tapajós (valores em ha).  
Fonte: adaptada de INPE (2013).

Tabela 1. Uso e ocupação nos municípios localizados nas bacias do rio Tapajós (Valores em ha)

Municípios	Floresta	Agricultura Anual	Área Urbana	Mineração	Pastagem	Vegetação Secundária	Hidrografia	Outros usos
Aveiro	15.246,5	0,01	2,81	-	584,34	392,11	726,68	126,05
Belterra	2.999,69	76,55	6,8	-	229,56	209,34	601,82	274,83
Itaituba	56.216,65	-	24,93	120,89	2.904,86	1.233,74	827,81	705,62
Jacareacanga	46.110,03	-	2,72	24,51	837,87	350,14	717,33	5.264,6
Rurópolis	5.280,84	-	1,19	-	966,08	502,55	47,11	225,8
Santarém	13.827,53	200,64	61,17	0,31	1.049,62	1.996,65	3.913,64	1.835,91
N. Progresso	29.685,07	9,17	15,17	1,86	3.783,77	867,43	79,88	3.726,47
Total	169.366,31	286,37	114,79	147,57	10.356,1	5.551,96	6.914,27	12.159,28

Fonte: adaptado de INPE (2013).

De acordo com a classificação disponibilizada pelo INPE (2010), nas bacias dos rios Tapajós e Jamanxim, a maior parte do uso e ocupação corresponde a áreas de floresta, com aproximadamente 83% da cobertura distribuídas em 14 unidades de conservação. Áreas de pastagem representam 5% da área da bacia. As áreas ocupadas por rios e lagos totalizam 3,4% e a vegetação secundária cobre 2,7% da área da bacia. A área destinada à agricultura ocupa 0,14% da área da bacia. Atividades de mineração (0,07%) e manchas urbanas (0,06%) ocupam o restante da área da bacia.

A exploração mineral com o garimpo de ouro tem sido um dos grandes problemas ambientais na bacia do Tapajós. O desmatamento se dá na região de influência da rodovia BR-163, que parte do norte de Mato Grosso em direção ao município de Novo Progresso, e da rodovia Transamazônica, nas proximidades de Jacareacanga e Itaituba (INPE, 2013). Os problemas ambientais e fundiários têm se agravado depois do anúncio e do início da pavimentação da rodovia BR-163.

A geração de renda da população dos municípios de Itaituba, Jacareacanga e Novo Progresso se baseia no extrativismo vegetal e mineral, este último a partir da exploração de ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, wolframita. O ouro é o mineral mais disputado na bacia do rio Tapajós (ELETRO-NORTE, 2008).

Itaituba, o maior centro urbano da região, tem uma previsão, para 2013, de 98.363 habitantes (IBGE, 2013). O acesso por terra se faz pela rodovia Transamazônica (BR-230), não pavi-

mentada, e pela rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163). Itaituba tem um aeroporto com pista pavimentada que é servido por linhas aéreas regionais.

Outro centro urbano importante é Jacareacanga, a montante de Itaituba pelo rio Tapajós, com previsão estimada, para 2013, de 41.487 habitantes (IBGE, 2013). Também conta com aeroporto e pista pavimentada. O acesso principal é feito por via fluvial. A navegação pelo rio Tapajós, a montante de Jacareacanga, é quase impossível no trecho das cachoeiras do Chacorão.

O aumento da migração tem tido um papel importante na demografia da região. Desde 2000, o crescimento do PIB da bacia do Tapajós tem superado o do país e o do estado do Pará. Esse fato está diretamente associado ao aumento da população atraída pela expansão das atividades econômicas do agronegócio e da mineração e tenderá a se intensificar com a perspectiva de construção dos empreendimentos hidrelétricos já anunciados.

A cultura da soja continua em expansão na porção norte da bacia perto de Santarém e Belterra, onde as terras são melhores. Na região banhada pelo rio Jamanxim, porém, já são encontradas novas áreas de agricultura de grãos a exemplo do que ocorre na porção norte do estado de Mato Grosso. O avanço se dá de forma mais consistente ao longo da BR-163 tendendo a se acelerar com a sua pavimentação e o potencial de grãos projetado em MT se tornou um dos principais requisitos que atrai governos e empresas internacionais.



A maior parte da bacia do Tapajós ainda está coberta pela vegetação natural e se mantém bem preservada. Isso se deve mais à falta de manutenção da infraestrutura rodoviária do que propriamente à conscientização da população. Ainda é grande a dificuldade em superar as distâncias para escoamento de produtos e são péssimas as condições da BR-230 que, temporariamente, inibem a completa destruição da floresta com a exploração madeireira.

## 5. Características ambientais da bacia do Tapajós

Do ponto de vista geomorfológico, a calha do rio Tapajós está dividida em quatro segmentos bastante distintos (i) um canal que vai da confluência dos rios Juruena e Teles Pires até a foz do rio Cururu com pequena declividade e ocorrência da formação de bancos de areia (ii) outro entre a foz do rio Cururu e Itaituba, rochoso, com corredeiras e diversas ilhas e formação de bancos de areia e processos erosivos (iii) outro entre Itaituba e Aveiro, com uma sequência de ilhas, deposição de sedimentos (iv) por último o trecho que vai de Aveiro até sua foz no rio Amazonas, chamado de Ria do Tapajós, lagunar e com regime de cheias e vazões afetado pela maré e remanso do rio Amazonas.

As águas do rio Tapajós têm alta transparência, acidez elevada, em especial nos afluentes, e poucos nutrientes minerais. O rio carrega pequena quantidade de material em suspensão e tem águas claras e transparentes tanto no período chuvoso como na seca. Perto da foz a quantidade de material em suspensão e de sedimentos aumenta e as águas ficam turvas.

O rio Tapajós apresenta uma rica ictiofauna, possuindo 494 espécies registradas até o momento. Neste rio, o grupo predominante é formado de espécies ocorrentes nas terras baixas amazônicas (36 % das espécies), seguido por espécies endêmicas (17 %) e espécies típicas de rios dos escudos (15 % das espécies). Na bacia do Tapajós os endemismos concentram-se no trecho de corredeiras desse rio, na região de Pimental e na porção superior da bacia, incluindo os rios Teles Pires e, especialmente, a subbacia do rio Juruena (LIMA, 2010). Dentre as espécies do Tapajós, algumas possuem importante valor econômico e social, como é o caso do curimatá, do dourado e do tambaqui.

Dependente dos ambientes aquáticos do Tapajós, as lontras e ariranhas, ambas na lista de ameaçadas de extinção, são espécies comuns na bacia. Nos rios Jamanxim e Aruri há grande quantidade desses mamíferos e de répteis como os tracajás; no baixo Tapajós estão a tartaruga-da-Amazônia e várias espécies de jacarés (ROSA e LIMA, 2005).

Não faltam o boto tucuxi e o peixe-boi-da-Amazônia, ambos na listagem de animais ameaçados de extinção na categoria “vulnerável”. Os mamíferos aquáticos, é importante citar, têm ocorrência restrita nas regiões à jusante das cachoeiras de São Luiz do Tapajós, local previsto para a construção da primeira hidrelétrica do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.

A região compreende uma série de Unidades de Conservação (UC) e Terras Indígenas (TI), as quais seriam afetadas, de alguma maneira, pelos empreendimentos de infraestrutura planejados e em execução (Figura 7).

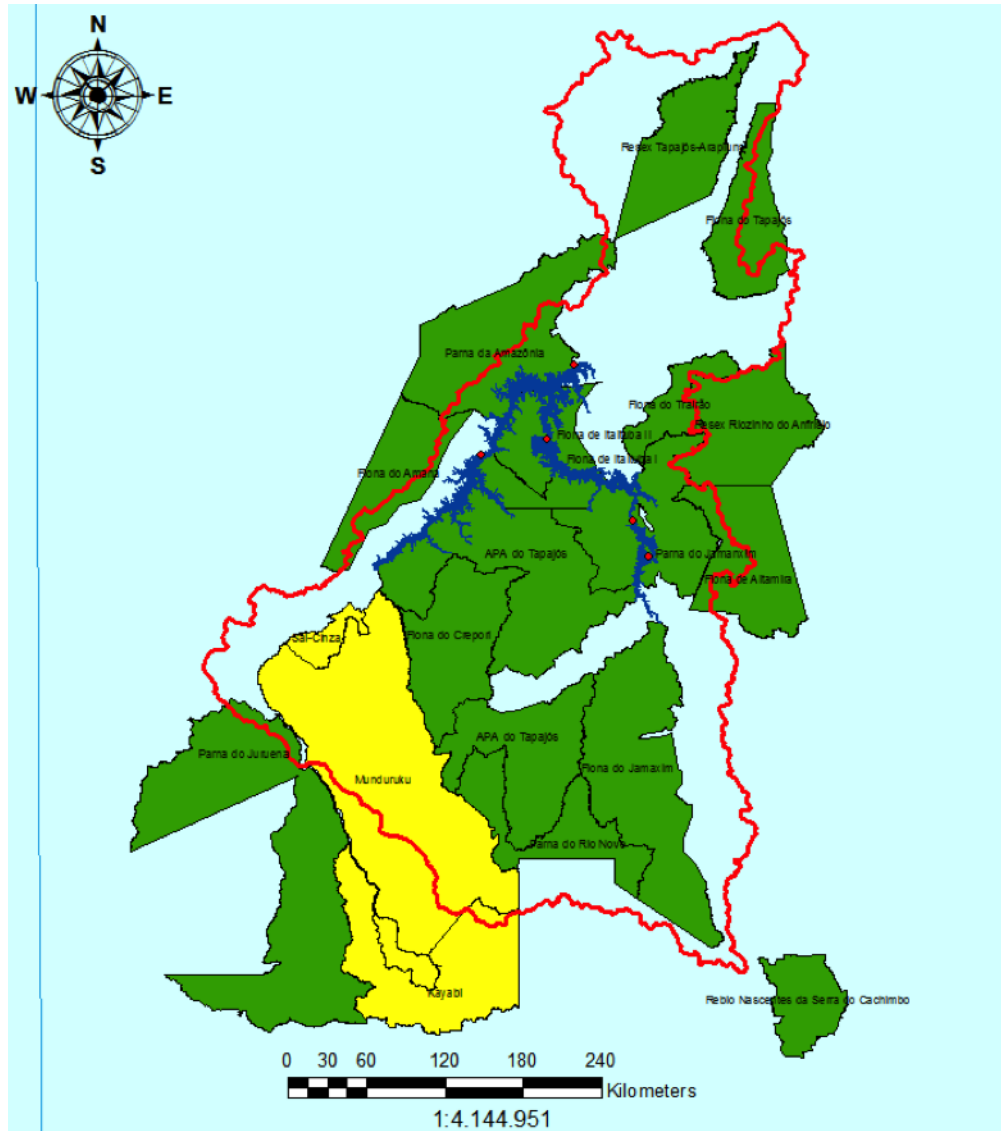


Figura 7. Reservatórios do CHT (em azul) e Unidades de Conservação na região (UC em verde e TI em amarelo)

Parte destas UC foi criada, ou ampliada, em função do planejamento de governança para a pavimentação da rodovia BR-163, embora nem todas as ações planejadas tenham sido executadas. As UC da região de influência dos empreendimentos são: os Parques Nacionais da Amazônia, do Jamanxim, do Rio Novo e do Juruena; as Florestas Nacionais de Itaituba I e II, do Crepori e do Jamanxim; a APA do Tapajós; e a reserva ecológica do Apiacás. As Terras Indígenas Munduruku e Sai Cinza estão à montante dos reservatórios do Tapajós e podem sofrer influência indireta<sup>3</sup>.

A região da bacia do Tapajós que pode vir a sofrer os impactos socioambientais dos projetos hidrelétricos é um mosaico de elementos socioambientais e físico-territoriais importantes, como ilustrado na Figura 8.

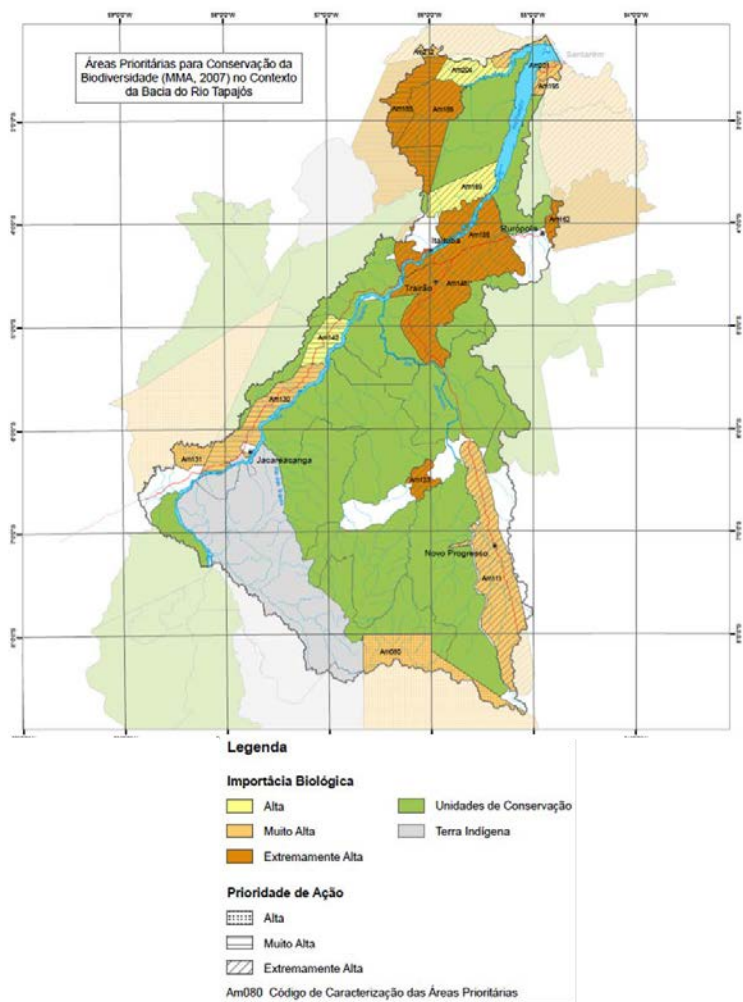


Figura 8. Mosaico de UC e TI na região do Tapajós e áreas prioritárias para conservação.

Fonte: MMA (2007)

3 O AHE Chacorão, uma das 7 alternativas de aproveitamento hidrelétrico previsto no Inventário Hidrelétrico do Tapajós, caso venha a ser empreendido, atingiria diretamente as Tis Munduruku e Sai Cinza. No Capítulo 7 deste livro é apresentado estudo sobre impactos dos projetos de infraestrutura sobre as UC e TI da região.

## 6. Valores históricos, culturais e arqueológicos sob ameaça: os indígenas do Tapajós

A ocupação etno-histórica da bacia do Tapajós teve característica pluriétnica e de pluralidade de relações intersociais entre os indígenas Munduruku, Apiacá, Tupinambarana, Cumaruara Maytapu, Tapajó, Cara-Preta, Arapiun, Arara Vermelha e Jaraqui . As relações entre as etnias e a sociedade brasileira e seus efeitos temporais, no entanto, nunca foram prioridade no processo de ocupação e execução de políticas públicas na Amazônia.

Muitos têm sido os problemas enfrentados pelos diversos grupos étnicos e as reivindicações de direitos territoriais originários acontecem desde 1998. A ocupação pluriétnica apresentou dispersão familiar e muita mobilidade espacial registrada principalmente entre os Munduruku, desde o alto curso até a foz do rio Tapajós. Apesar da ancestralidade étnica, atualmente vários desses grupos vivem à margem da sociedade em busca do reconhecimento dos seus direitos à posse permanente das terras por eles ocupadas.

Das três terras indígenas, duas - Munduruku e Sai Cinza - serão diretamente afetadas pelos impactos previstos com a construção de hidrelétricas no rio Tapajós e uma, a Kayabi, que acompanha o rio Teles Pires por 280 km, sofrerá impactos indiretos. O município de Jacareacanga, localizado no curso alto do Tapajós, é considerado uma “cidade” indígena com 60% de seu território cercados pelas terras dos Sai Cinza, Mundurucânia, Kayabi e Munduruku. A Terra Indígena Munduruku é a maior e ocupa 12% da bacia do Tapajós.

As terras ocupadas pelos Munduruku já estão seriamente ameaçadas apenas com os planos de construção de hidrelétricas e criação de hidrovia com eclusas e portos industriais no Tapajós.

Desde a segunda metade do século XIX, a Bacia do Tapajós vem sofrendo pressões que começaram com a expansão da exploração da borracha. O geógrafo inglês Chandless observou, em 1861, a presença de seringueiros na embocadura do rio Teles Pires com o Jurueña, onde começa o rio Tapajós. Já na década de 1920 um grupo indígena Kayabi desceu o rio Teles Pires em direção ao Alto Tapajós e se fixou na região do Cururuzinho, onde hoje está a Terra Indígena Kayabi.

O Vale do Tapajós foi ocupado historicamente pelos Munduruku que lá permanecem até hoje e a região ficou conhecida no século XIX como Mundurukania. Os primeiros contatos com os Munduruku são de 1768. No século XVIII eles enveredaram por regiões entre os rios Tapajós e Madeira, alcançaram os rios Xingu e Tocantins até chegar ao limite leste da Floresta Amazônica .

Os Munduruku se espalham pelo sudoeste do estado do Pará - calha e afluentes do rio Tapajós, nos municípios de Santarém e em Itaituba e Jacareacanga, onde está a Terra Indígena Munduruku. São 6.935 indígenas em 101 aldeias (dados de 2007, colhidos na Funasa de Itaituba), no leste do Pará - rio Canumã, em Nova Olinda, e próximo à Transamazônica, em Borba.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

Os Munduruku estão preocupados hoje em garantir sua sobrevivência, preservar sua cultura e manter a integridade de seu território.

Hoje, as principais ameaças ao povo Munduruku são as pressões sofridas com a atividade garimpeira de ouro e com os empreendimentos hidrelétricos planejados para os rios Tapajós e Teles Pires. Os Munduruku têm uma relação muito estreita com a bacia do rio Tapajós.

Em 2006 foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) do Tapajós que se limita a oeste com a TI Munduruku; ela tem 2.060.332 hectares que abraçam os municípios de Itaituba, Jacareacanga, Novo Progresso e Trairão, no estado do Pará. No papel, a criação da APA do Tapajós pretende dar proteção à diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Outra Terra Indígena, a Kayabi, onde convivem três etnias – Kayabi, Apiacá e Munduruku - se estende pelos municípios de Jacareacanga, no Pará e Apiacás, em Mato Grosso. Ela é contígua à Terra Indígena Munduruku; são separadas, em parte, no sentido longitudinal, por um longo trecho de cachoeiras, corredeiras, saltos e ilhas do rio Teles Pires.

Em 1987 os Kayabi iniciaram um projeto para reaver seu território originário. A FUNAI aprovou a ampliação da TI em 1999, porém uma Comissão Pró-Hidrovia Teles Pires-Tapajós, do Rotary Internacional de Alta Floresta (MT), e o exército brasileiro, conseguiram fazer oposição. Em 2002 foi confirmada a demarcação da TI, novamente impedida por ações interpostas por fazendeiros e acatadas pela Justiça Federal que suspendeu a demarcação.

Tais atrasos no processo de demarcação das terras indígenas, como no caso da TI Kayabi, favorecem a invasão, criam conflitos e colocam em risco sua cultura. Uma terra homologada resguarda a moradia e os locais sagrados, essenciais para a sobrevivência dos povos.

Por outro lado, as pressões sobre as TI da região veem do planejamento do setor elétrico com a projeção de implantação de diversas usinas hidrelétricas na bacia. Os projetos mais avançados têm sido questionados sob o aspecto da comunicação e oitiva das comunidades indígenas da região.

## 7. A multifacetada frente de exploração na região do Tapajós

As frentes de exploração da região incluem historicamente a mineração e a atividade madeireira. Mais recentemente, os projetos de hidroeletricidade e a logística de estradas e hidrovias, a partir de iniciativas públicas e privadas, são os vetores mais importantes a delinear alterações no cenário econômico da região.



## 7.1. Província Mineral do Tapajós

No território da bacia hidrográfica do Tapajós está inserida a chamada Província Mineral do Tapajós (PMT), com cerca de 100 mil quilômetros quadrados, considerada uma das maiores áreas de mineração e o maior distrito aurífero do mundo. Estima-se que tenham saído da PMT até hoje, cerca de 800 t de ouro, equivalente a 16 vezes a produção total de Serra Pelada. No mercado, isso significaria perto de US\$ 2 bilhões, mas os números oficiais registram apenas a quarta parte deste montante.

Em 1980 a região do rio Tapajós vivia o apogeu da corrida do ouro; nessa época o Ministério de Minas e Energia (MME) regularizou e incentivou a exploração mineral na Amazônia. Essa política deu lugar à Reserva Garimpeira de Tapajós, criada em 1983, com 28.745 km<sup>2</sup>, na região do rio Crepori, município de Itaituba. O Projeto Província Mineral do Tapajós – Projeto PROMIN-TAPAJÓS foi criado em 1995 para buscar um nível confiável de conhecimento geológico e incentivar a pesquisa de depósitos de ouro e novos empreendimentos.

A criação da Reserva Garimpeira do Tapajós, associada à exploração irregular do metal, gerou conflitos pressões sobre terras indígenas, além da contaminação das águas pelo mercúrio. Atualmente a exploração mineral está em ritmo acelerado. A garimpagem livre nos rios e em terras indígenas continua levando à degradação ambiental e à contaminação dos recursos hídricos. A presença maciça de garimpos na região é evidenciada pelo número excessivo de pistas de pouso - 300 no Tapajós, 170 em Parima e 185 em Alta Floresta.

Outro setor que pressiona a concretização das hidrelétricas na da bacia do Tapajós é o das indústrias eletrointensivas. Em Juruti, extremo oeste do Pará, a ALCOA teve aprovada a licença de instalação de um empreendimento de mineração de bauxita com a construção de uma planta de beneficiamento, um porto fluvial e uma ferrovia.

## 7.2. Os projetos hidrelétricos da bacia do Tapajós

Os estudos da bacia do rio Tapajós para definir seu potencial hidrelétrico foram realizados entre 1986 e 1991. O primeiro projeto para barrar o rio Tapajós foi elaborado na década de 1980 pela Eletronorte. Ele previa um reservatório gigantesco que alagaria um longo trecho até a confluência dos Rios Teles Pires e Juruena, e colocaria submersa a cidade de Jacareacanga.

Em 2006 foi assinado um Termo de Compromisso entre as empresas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. – Eletronorte e Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A. (CCCC) para elaboração dos “Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamaxim”. O inventário, publicado em 2008, apontou um arranjo de 7 usinas hidrelétricas, sendo 3 no rio Tapajós e 4 no rio Jamaxim, como o ideal para a geração elétrica na bacia.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

Os projetos hidrelétricos do chamado Complexo Hidrelétrico do Tapajós<sup>4</sup> foram estruturados inicialmente para gerar 10.682 MW em um conjunto de cinco aproveitamentos em sequência, dos sete identificados no inventário: dois no rio Tapajós – São Luiz do Tapajós (6.138 MW) e Jatobá (2.338 MW), e três no rio Jamanxim – Cachoeira do Caí (802 MW), Jamanxim (881 MW) e Cachoeira dos Patos (528 MW).

Há ainda outras frentes de exploração de energia hidrelétrica na porção à montante, formadora da bacia do Tapajós, com projetos distribuídos entre os rios Teles Pires e Juruena, num conjunto de pequenas e médias usinas.

## 7.2.1. Hidrovia Tapajós – Teles Pires - Juruena

A Hidrovia Tapajós - Teles Pires – Juruena (Figura 9) está estreitamente ligada ao aproveitamento hidrelétrico da bacia do Tapajós e, atualmente, é parte de um planejamento estratégico da infraestrutura de transporte e logística de cargas da Amazônia Legal que inclui os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Esse planejamento, chamado de Projeto Norte Competitivo, foi elaborado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e pela empresa Macrologística (Macrologística, 2014).



Figura 9. Localização esquemática da Hidrovia Tapajós - Teles Pires - Juruena Fonte: Macrologística (2014).

<sup>4</sup> Vide no Capítulo 4 desta obra uma descrição detalhada do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.

O Projeto Norte Competitivo prevê dois eixos de navegabilidade na bacia do Tapajós: Teles Pires – Tapajós e Juruena – Tapajós. O primeiro trecho vai de Santarém até as proximidades da Cachoeira Rasteira, no rio Teles Pires, tem eclusas na região das cachoeiras de São Luiz do Tapajós. Serão 815 km no rio Tapajós e 160 km no rio Teles Pires, com a criação de 975 km de via navegável. Permitiria a utilização de comboios-tipo de 200 m de comprimento e 24 m de boca. A hidrovia do Tapajós - Teles Pires - Juruena tem como objetivo o incremento do comércio exterior de commodities – grãos e biocombustíveis do estado de Mato Grosso e minério do Pará - e proporcionar desenvolvimento regional. Os investimentos necessários na hidrovia Tapajós – Teles Pires - Juruena estão estimados em R\$ 5 bilhões (Macrologística, 2014).

## 8. Considerações sobre a ocupação e as novas frentes de pressão sobre a região do Tapajós

A ocupação da Amazônia foi alicerçada, historicamente, por uma sequência de ciclos de exploração dos recursos florestais que começou com a madeira, borracha, depois mineração e culminou com as pastagens para pecuária extensiva. Agora, no século XXI, recomeça um novo ciclo de ocupação que envolve a exploração dos rios para geração de energia e navegação fluvial, dando suporte a um espectro considerável de outras atividades exploratórias.

Indústria madeireira, pastagem e mineração se transformaram num tripé que induziu ao avanço da ocupação da floresta do norte do estado do Mato Grosso para a bacia do rio Tapajós. Essa frente de expansão é marcada pela grilagem das terras públicas, na ilegalidade inerente à exploração madeireira predatória e ao garimpo do ouro, que acabam por pressionar a especulação fundiária em terras indígenas e unidades de conservação.

O agronegócio exerce cada vez mais controle dos rumos da política regional e procura influenciar na viabilização de novos projetos de infraestrutura – rodovias, ferrovias, hidrelétricas, hidrovias – que facilitem o escoamento mais rápido de seus produtos e menores custos para colocá-los nos mercados globais de forma mais competitiva. Com os projetos hidrelétricos possivelmente virão a criação de novos núcleos urbanos, a abertura de estradas de acesso, a construção de mais pistas de pouso, a supressão da vegetação, a formação de novas fazendas e um processo vertiginoso de apropriação de terras e invasões de terras indígenas, num cenário de baixa estrutura de governança.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



A construção de projetos hidrelétricos e outras obras de infraestrutura na região do Tapajós pode trazer impactos significativos sobre unidades de conservação, além de gerar pressões sobre terras e povos indígenas e afetar suas vidas, crenças, instituições, valores espirituais e cosmologia. Tal pressão pode ainda colocar em risco um importantíssimo patrimônio cultural, histórico e arqueológico, cujos valores deveriam ser considerados no âmbito da tomada de decisão sobre tais empreendimentos.

Grandes empreendimentos, cujo, principal insumo é a energia, buscam locais em que há planos de construção de usinas hidrelétricas. O aumento das receitas dos municípios em geral não tem sido suficiente para contrabalançar os prejuízos criados pelo súbito inchaço populacional. Aumenta a pressão sobre a infraestrutura, serviços públicos e recursos naturais, recrudescentando os conflitos fundiários. A implantação dessas indústrias também geram mudanças significativas nas regiões e trazem consigo novos impactos sociais e ambientais.



---

5 A convenção 169, da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre Povos Indígenas e Tribais em Países Independentes, do qual o Brasil é signatário, estabeleceu, como conceitos básicos, a consulta e a participação dos povos indígenas interessados e o direito desses povos de decidir sobre suas próprias prioridades de desenvolvimento.



## Capítulo II



**De seringais, gateiros e garimpos:  
o Alto Tapajós e a resistência de suas gentes**

**Mauricio Torres**

“ *Aqui eu sei onde eu tô. Aqui eu banho, aqui eu bebo, aqui eu como, aqui eu subo, aqui eu desço e subo e viajo... Tem muita água pra mim banhar no rio. Aqui eu vivo da fartura, [...] aqui eu banho é mesmo à vontade. Tenho o rio aí, se eu quiser pescar eu pesco, se eu quiser comer eu como, tem a floresta aí que não nega uma caça. É muita fartura, é só esticar a mão. Mas na rua [cidade], Deus defenda. Lá é tudo no compro. Lá, a gente que não sabe, a gente que é do mato... ah, o sujeito passa mal.* ”

**Dona Lausminda de Jesus. Beiradeira do rio Tapajós.**

# 1. Introdução

Rio Tapajós, cachoeira de Furnas. Vinte e quatro de fevereiro de 1875. Frei Pelino de Castrovalvas naufraga e é salvo por seringueiros daquelas margens do Tapajós. Quando escreve suas memórias, Frei Pelino, agradecido, afirma que deseja perpetuar “para a benção dos pósteros os nomes daqueles generosos que, com tanto perigo e sacrifício, salvaram a vida de um pobre missionário e de 17 índios em circunstância tão desesperadora” (Castrovalvas, 2000: 142). Entre os nomes estava Antonio Siqueira dos Anjos.

Ao referir-se à mesma cachoeira, passados quase 140 anos e sete gerações da família Siqueira dos Anjos – que no mesmo local continua –, Altino Ventura Filho, Secretário de Planejamento e Desenvolvimento do Ministério das Minas e Energia (MME) afirma, em relação ao complexo hidrelétrico pretendido para o Tapajós, que “será a primeira vez que se construirá uma hidrelétrica em região não habitada” (apud Nassif, 2013).

Ventura Filho não é o primeiro. Em maio de 2012, Mauricio Tolmasquim, presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), corporação pública ligada ao Ministério de Minas e Energia (MME), já havia aludido à inexistência de “ocupação humana” no local, ao falar dos projetos pretendidos para as barragens de São Luiz do Tapajós e Jatobá (Abdala, 2012; Cunha, 2012). E antes de Tolmasquim, no início dos anos 1970, quando o regime militar decidiu que a Amazônia seria “ocupada” como saída para a grave crise social do Sul e do Nordeste, o então general e presidente Médici teria dito: “terra sem povo para um povo sem terra” (Cf. Torres, 2005).



Fotografia 1 – Guedes e Lausminda. Beiradeiros de Montanha e Mangabal, no rio Tapajós.

Foto: Maria Luíza Camargo, 2008.



Os três parecem desconsiderar como gente os indígenas, os quilombolas, os ribeirinhos, os varzeiros e os citadinos da região. Sintomaticamente, 500 anos depois, os três reproduziam com precisão o pior aspecto da mentalidade dos colonizadores portugueses, que relegavam à condição não humana diversos grupos que ocupavam a região. Talvez seja apenas um conveniente desconhecimento. Talvez, as inúmeras comunidades indígenas e ribeirinhas, bem como outras populações locais, simplesmente não contem, não como gente. São tidas – tal qual nos tempos da colonização

– como muito longe de atingir tal status. Assim, um esvaziamento cultural, que se projeta nos limites do humano, tenta “justificar” a tomada de suas terras e as incisivas transformações em seus territórios.

Disso trata este texto. Da ocupação do alto rio Tapajós<sup>1</sup> e do seu movimento secular de invisibilidade e de luta por reconhecimento, numa dinâmica em que também se equacionam questões ambientais e grandes interesses econômicos.

## 2. Da ocupação pré-colombiana aos primeiros seringueiros.

Presume-se que a presença humana no Alto Tapajós remonte ao início do Holoceno, cerca de 10.000 anos atrás (Rocha, 2012: 29).

A primeira navegação completa do rio Tapajós (que se tem registro) somente se deu em 1742 (Fonseca, 1880: 76; Menéndez 1981/1982: 297), de modo que não se pode afirmar, com base em relatos de viajantes, a configuração étnica do Alto Tapajós anterior a este período. O bandeirante João de Souza Azevedo forneceu ao Bispo do Grão-Pará, João de São José, diversos etnônimos para o Alto Tapajós, registrados em seu relato (1847 [1763]). Logo em seguida, o Vigário Geral da Província do Rio Negro, José Monteiro Noronha (1768) registrou demais etnônimos. É interessante notar que ambos mencionam os Maués, citados como “Magués” (São José, 1847[1763]) ou “Maué” (Noronha, 2006 [1768]). A primeira menção aos Maués foi quando o frei Samuel Fritz os situou no Baixo

Tapajós em 1691, sugerindo que este povo havia se relocado rio acima e para o interior do interflúvio Madeira-Tapajós. Também vale notar que à Noronha é atribuída a primeira menção aos Mundurucu (Horton, 1940), citados como “Maturucu” (2006 [1768]: 37). Com o início das expedições naturalistas do século XIX, temos registro de povos que falavam línguas dos troncos linguísticos Aruaque, Gê, Tupi e Carib. Portanto, quando Eduardo Galvão (1960) definiu a região entre os rios Tapajós e Madeira como uma “Área Cultural Tupi”, referiu-se a um quadro do século XX.

João de São José reúne os seguintes etnônimos: Aripiuns, Magués, Muriva, Jacareuarás, Commandiz, Bradocas, Sapupes, Motuaris, Surinanas, Necurias, Periquitos, Semicurids, Urupás, Anijuariás, Apecuariás, Amanajus (São José 1847[1763], apud Robazzini, 2013: 85).

1 Adotamos aqui a toponímia usada pelas comunidades locais, que designam como “Alto Tapajós” toda a porção a montante da cachoeira de São Luís do Tapajós até a Barra de São Manoel.

Isso está muito longe de um inventário exaustivo. Relatos seguintes comumente adicionavam etnônimos, assim como retiravam outros.

Com o início das expedições naturalistas do século XIX, temos registro de povos que falavam línguas dos troncos linguísticos Aruaque, Gê, Tupi e Carib, demonstrando um alto grau de diversidade linguística, e portanto cultural, na região (Bruna Rocha, comunicação pessoal).

Entretanto, a partir da década de 1770, os Munduruku iniciaram seu processo de expansão territorial em direção ao Baixo Tapajós. Um século depois, relatos como os de Barbosa Rodrigues (1875), de 1872, e os de Frei Pelino de Castrovalvas (2000), de 1871 a 1883, descrevem as margens do rio Tapajós como ocupadas por diversas nações indígenas, porém registram a presença contínua somente dos Munduruku e dos Maués, sendo, segundo estes autores, os outros povos extintos, migrados ou, quando muito, apenas de passagem pela região.

Em meio aos índios, já àquele tempo, também notam a presença de seringueiros, recobrindo-os de estigmas: *“Algumas barracas seringueiras aparecem pela margem: de homens que atrás de um lucro fallaz, sujeitam-se a passar todo o verão na mata, sem um só companheiro, vivendo vida de condenado, e de animal”*

(Rodrigues, 1875: 96). Na extração da borracha, que ensaiava naquela segunda metade do século XIX a grande e efêmera explosão que logo viria, também percebiam o envolvimento de indígenas.

A frequência de encontros dos viajantes naturalistas com embarcações de comerciantes no Alto Tapajós<sup>2</sup> indica uma rede consolidada já nos meados do século XIX. Frei Pelino Castrovalvas, em 1871, quando incumbido de fundar uma missão capuchinha no Alto Tapajós, teve grande dificuldade em interpor-se entre os regatões<sup>3</sup> e os índios, pois, segundo ele, os regatões *“tendo outrora enganado aquela pobre gente trocando coisas de pouquíssimo valor por quintais de borracha elástica, quereriam ainda hoje continuar tão injusto negócio”* (Castrovalvas, 2000: 75). E decide: *“nenhum regatão poderia negociar com os índios, a não ser em minha presença e sob a minha fiscalização e vigilância”* (Ibidem: 112s.). Para garantir o cumprimento de seus arbítrios, constrói uma “casa de punição” e monta um pelotão de índios sob o seu comando. Frei Pelino foi processado por comerciantes e políticos locais, *“acusado de ter-se dedicado mais aos negócios do que às boas obras”* (Coudreau, 1977: 36; cf. também, Brasil, s.d.). Procedente ou não a acusação, é fato que o próprio frei apresentou dados de uma considerável produção de borracha na missão Bacabal, com uso da mão de obra indígena (Castrovalvas, 2000: passim).

2 Além das referências citadas, leia-se também: Castelnau, 1949; Almeida, 1874; Chandless, 1862; Langsdorf, 1981.

3 Regatão é a denominação tanto para as embarcações comerciantes que transitam o rio, quanto para os donos e gerentes dessas embarcações.



Fotografia 2 – Seu Natural (à esquerda) e sua família na antiga colocação seringueira de São Vicente, em Montanha. Foto: Mauricio Torres, 2010.

### 3. Nos tempos do “carrancismo”

Já próximo ao final do século XIX, o mercado da borracha explodia enfrentando como fator limitante a escassez de mão de obra e a resistência indígena em defesa de seus territórios e de sua liberdade. A alternativa encontrada foi um programa de imigração nordestina para áreas de seringais, financiado pelas casas aviadoras de Belém e Manaus. Segundo Octávio Ianni, *“Muitos foram os nordestinos levados para os trabalhos da borracha. Ao lado do caboclo e do índio amazônicos, o nordestino representou um contingente muito importante da mão de obra dedicada à borracha. Muitos eram principalmente cearenses”* (Ianni, 1979: 46). No Pará e no Amazonas, em apenas 28 anos (1872-1900), a população foi de 329.000 para 695.000 habitantes (Furtado, 2000: 137). No Alto Tapajós, o movimento migratório parece ainda ter se

prolongado pelo menos até o final da primeira década do século XX. Houve ainda, durante a Segunda Guerra Mundial, um outro momento de intensificação migratória para a extração de borracha na Amazônia e, novamente, o Nordeste foi a principal origem dos trabalhadores. Mas, mesmo antes do século XX, a presença de seringueiros já era expressiva, como testemunhou, em 1895, o francês Henri Coudreau. O naturalista registou que, onde hoje é o Parque Nacional da Amazônia, *“no Igarapé Mambuaizinho que fica na margem esquerda, contam-se não menos que uns 500 maranhenses, todos também ocupados na extração da borracha”* (Coudreau, 1977: 29). Assim vieram para as margens do Tapajós muitos dos ascendentes das famílias de beiradeiros que lá, hoje, ainda vivem.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



Na verdade, esse enredo responde pela chegada dos ascendentes homens. A falta de mulheres entre os imigrantes reproduziu o modelo de união com índias (Galvão, 1966). São muito comuns relatos como o de Dona Raimunda Cecília de Araújo, nascida em 1938, moradora de Mangabal, que lembra bem da narrativa sobre como o avô cearense roubara sua avó índia. A assinatura desse padrão assimétrico de miscigenação está gravada, ainda agora, no sangue de seus descendentes. Quando a composição genética da população amazônica é estudada com detalhes, nota-se, que, as variantes dos genes transmitidos ao longo das gerações apenas por via paterna (os do cromossomo Y) são em sua maioria similares às variantes ibéricas. As formas gênicas herdadas da mãe (as do DNA das mitocôndrias), pelo contrário, são majoritariamente idênticas às das mulheres indígenas (Santos; Rodrigues; Ribeiro-dos-Santos; Zago, 1999).

Tal contribuição da mulher indígena na formação dos grupos familiares esteve longe de limitar-se à assimilação. A falta de mulheres nos seringais fez da índia um valorizado “artigo”. Capturadas e vendidas ou tomadas como esposas, foram vítimas de imensa violência (Wolff, 1988); porém, resumi-las ao papel de vítima é submetê-las a nova violência.

A presença das mulheres indígenas na constituição dos grupos familiares nas zonas ribeirinhas do Tapajós e de outros rios é peça vital para o entendimento do modo de ocupação e de reprodução naquele espaço. Também por isso, há que se evitar o reducionismo da vitimização da índia, pois, assim, sua incorporação aparece como algo “*que não oferece nada para*

*o futuro, pois fala somente das derrotas, de subjugação e de esquecimento. Fazemos com elas mais uma violência. Ao contrário, pensar essas mulheres também como sujeitos, que interagem com outros na sociedade dos seringais, pode nos trazer elementos novos para a compreensão dessa sociedade”* (Wolff: 169 e, sobre as mudanças culturais provindas da exogamia e de sua importância fundamental no processo de adaptação, ver: Moran, 1990).

A ocupação ribeirinha que se seguiu no Alto Tapajós é, portanto, herdeira direta de tecnologias indígenas, fato que se percebe nos saberes associados à caça, pesca, manejo dos roçados, coletas e em mais inúmeras formas de relação com o rio e com a floresta (cf. Torres, 2008; 2011).

Ainda com relação à gênese da ocupação da terra na região do Alto Tapajós, há que se ressaltar a situação agrária dos seringais. Eram terras comumente não reclamadas, terras apropriadas por seringalistas (ou patrões, como eram comumente chamados) com uso de violência e exploradas a partir da coerção do trabalho dos seringueiros, sem nenhum registro formal em relação ao título fundiário.

A principal forma de controle dos patrões sobre a escassa mão de obra operava via mecanismos de endividamento, que derivaram em escravidão por dívida<sup>4</sup>. Para garantir a permanência do trabalhador, havia que se lhe privar de liberdade em função do endividamento e, para garantir que ele se endividaria, a principal tática consistia na proibição infringida ao seringueiro de fazer roçados, o que o obrigava a comprar tudo o que consumia.

4 Uma vasta discussão sobre as dinâmicas de escravização por endividamento nos seringais está em Weinstein (1993).

Isso perdurou por tempos e ainda hoje, no “beiradão” do Tapajós, ainda são muito vivas as lembranças do “tempo do carrancismo”, como muitos se referem aos tempos da alta da borracha em que, como forma de coerção, os patrões se valiam livremente do terror e da violência. Ianni comenta que:

*O seringueiro não passava de um prisioneiro do sistema de aviamento, do comércio, do crédito, da violência privada do patrão. [...] na Amazônia a terra era farta e livre, ao mesmo tempo em que escasseava a mão de obra. Nesse ambiente o seringueiro não podia ser um trabalhador livre, um assalariado. Se fosse, um trabalhador livre, de posse de seu salário, logo estaria em condições de seguir adiante. (Ianni, 1979: 55)*

Com o declínio do tempo áureo da economia da borracha, após 1912, os pilares comerciais e do sistema de escravização começaram a ruir. “Os ‘barões’ da borracha perderam o poder absoluto e as fortunas que possuíam. Escândalos internacionais atraíram a atenção do mundo para a escravização do seringueiro da Amazônia (Wagley, 1977: 107 apud Ianni, 1979: 60). Paralelamente a esse enfraquecimento, outras formas começaram a se estruturar, em especial um específico segmento camponês nos seringais sem os patrões:

*Em muitos lugares, ou ressurgiu, ou nasceu pela primeira vez, um setor camponês. Ao mesmo tempo em que ocorriam a crise, a estagnação, o retrocesso ou a decadência do monoextrativismo da borracha, ocorria também o rearranjo das forças produtivas e das relações de produção. [...] Ao decair o monoextrativismo da borracha, voltado para o comércio e indústria externos, ocorreu a diferenciação das atividades produtivas voltadas para o consumo e o comércio internos, principalmente locais. Diferenciou-se o extrativismo em coleta, caça e pesca; ao mesmo tempo, formaram-se roças e criações. Constituiu-se um setor camponês razoavelmente significativo, mas disperso no espaço ecológico. (Ianni, 1979: 63s)*

Não era a terra que tinha valor, era a estrada de seringa e o contingente de trabalhadores para explorá-las. “A mão de obra tudo vale e a terra, quase nada” (Edwards, 1847: 83 apud Weinstein, 1993: 193). E a perda de poder dos patrões vai alterando as relações no trabalho. Joseph Woodroffe, em 1915, sintetizava: “quase todo seringueiro possui agora sua roça de mandioca, feijão, milho ou banana” (1915: 121 apud Weinstein, 1993: 273). E, de fato, os empreendimentos movidos pelo ápice de uma economia capitalista acabaram por, contraditoriamente, fortalecer formas não capitalistas de viver e de produzir, como o campesinato florestal que se firmava nos seringais desvalorizados:

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



*Quando a economia da borracha entrou em crise e decadência aí por 1910, muitos desses empreendimentos extrativos, que eram essencialmente comerciais e não agrícolas, simplesmente encerraram suas atividades. Ficaram para trás os trabalhadores, dedicados à própria subsistência e comercialização de excedentes em pequena escala. Essencialmente, houve um refluxo da economia, expresso diretamente no retorno a uma economia baseada na produção direta dos meios de vida por parte dos trabalhadores. Isso tinha sentido, porque os donos de seringais e castanhais eram meros posseiros ou foreiros que haviam arrendado suas terras do Estado. Portanto, a partir desse momento, a frente de expansão ficou caracterizada como uma frente demográfica de populações camponesas e pobres residualmente vinculadas ao mercado. Em vez de estagnar, continuou crescendo e se expandindo pela chegada contínua de novos camponeses sem terra originários sobretudo do Nordeste, no caso da Amazônia, que foram ocupando as terras real ou supostamente livres da região. (Martins, 1997: 178s).*

Ainda hoje, nas comunidades do Alto Tapajós, ouvimos dos mais velhos relatos transmitidos por seus pais e avós, sobre como muitos patrões simplesmente desapareceram de uma hora para a outra.

Entre os seringueiros que acabaram por ficar na terra – até hoje, encontramos seus descendentes às margens do rio Tapajós –, estão os descendentes de Antonio Siqueira dos Anjos, o salvador do frei Capuchinho em 1875. Esta família mostra como as opções de sobrevivência encontradas aproximaram o grupo de uma estrutura calcada em nucleamentos familiares e na solidificação das relações vicinais.

## **4. Da “mariscagem de gato” ao Nilson Pinheiro, “o descobridor do ouro no Tapajós”**

O processo de abandono dos seringais do Alto Tapajós pelos patrões culminou, mais ou menos, por volta dos anos 1950. Os seringueiros que ficaram continuaram com a atividade extrativista associando-a a agricultura. O abandono do comércio do látex se deu, mais do que por conta da quebra do mercado internacional da borracha, pelo gradativo desinteresse pelo produto por comerciantes locais até que, entre os anos 1960 e 1970, no Alto Tapajós, o comércio cessou quase que por completo por falta de compradores de seringa.



Fotografia 3 – Dona Santinha, do povo Munduruku, é casada com o beiradeiro Quelé e vive em Montanha, localizada à margem esquerda do rio Tapajós. Foto: Mauricio Torres, 2008.

Enquanto a borracha perdia preço e tinha compradores cada vez mais raros, a partir do início dos anos 1950, outro produto se valorizava: peles de felinos. Antigos seringueiros tornavam-se, então, gateiros, caçadores de onças, jaguatiricas e algumas outras espécies cujas peles eram procuradas.

Os gateiros tiveram um período de atividade relativamente curto, pois o comércio de peles de animais silvestres foi proibido já em 1967, pela Lei nº 5.197, que dispõe sobre a proteção à fauna. Entretanto, na região do Alto Tapajós, outra possibilidade econômica aflorava com todo ímpeto: o garimpo.

Existe um consenso em torno dos primórdios da exploração de ouro na bacia do Tapajós: ela

teria se originado com a descoberta das primeiras jazidas do mineral na foz do rio das Tropas (afluente da margem direita do Tapajós), em 1958, por Nilson Pinheiro, homem que se tornaria um mito na região. Desvelava-se, então, a Província Aurífera (ou Mineral) do Tapajós, uma das mais ricas de todo o país.

Da década de 1950 até hoje, a atividade de garimpo na região nunca cessou. Contudo, desde a época de Pinheiro, os garimpos de toda a região do Tapajós conheceram diferentes momentos em termos de relações sociais, técnicas de trabalho e produção. Na Tabela 1 – produzida por Lima (1994) na década de 1990 e complementada com nossos dados–, pode-se observar a predominância das técnicas por período.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

Tabela 1. O ouro e as tecnologias de extração no Tapajós, por período

De 1958 até 1978*	Ênfase em <b>grotas</b> terciárias e secundárias, trabalho essencialmente <b>manual</b> .
De 1978 até 1985*	Ênfase na extração de leito ativo por meio de balsas de mergulho.
De 1985 até 1992*	Predomina a unidade produtiva conhecida como chupadeira e <b>muito secundariamente</b> dragas escariantes e escarilanças.
De 1992 até 2008	Período de baixa histórica no preço do ouro, a atividade se dá predominantemente por desmonte hidráulico, balsas de mergulho, chupadeiras e, secundariamente, por dragas escariantes e escarilanças.
De 2008 até 2013	Abrupto aumento no preço do ouro. Predominância de operação por meio de por dragas escariantes e escarilanças e desmonte de barrancos com escavadeiras mecânicas conhecidas como “PC”.

\*Fonte: Lima (1994: 21).

Durante parte da década de 1960, no Tapajós, registra-se um período de transição em que teriam coexistido as três principais atividades econômicas: borracha, peles de gato e ouro, mas numa clara tendência dos trabalhadores de se envolverem crescentemente com a última. Essa migração de atividade teria implicado uma correspondente transposição do sistema de aviamento que predominava em especial na borracha, para suprimento de alimentos, instrumentos de trabalho e utensílios domésticos por parte das firmas aviadoras, como ilustra o depoimento de Tibiriçá Santa Brígida, ex-prefeito de Itaituba nomeado pelo presidente Castelo Branco em 1964:

*Quando descobriam os garimpos, os primeiros garimpeiros foram seringueiros, eles foram abandonando os seringais e foram se localizando, ainda se descobria os garimpos. A maior parte dos seringueiros das firmas aviadoras foram passando pro garimpo e eles continuaram aviando como garimpeiros. (apud LIMA, 1994: 24).*

Algumas especificidades do Tapajós propiciaram o surgimento de uma organização socioeconômica da atividade com características socialmente mais equilibradas e, ao mesmo tempo, tecnologicamente inovadoras e complexas:

*Durante todos esses anos de evolução criaram-se mecanismos próprios e regras bem estabelecidas nas relações de trabalho que acabaram por gerar um sistema ético peculiar com especificidades tapajônicas. [...] Espalhados em uma área aproximada de 250.000 km<sup>2</sup>, os garimpeiros têm ponto de convergência na cidade de Itaituba, onde se localiza o centro operacional e financeiro do complexo. Dispondo de mais de 150 locais de atividades, com pistas de pouso, ativas ou não, espalhadas na floresta, os garimpeiros do Tapajós são a maior experiência mineira de cunho estritamente nacional e popular que já tivemos neste país. Desta experiência temos muito que aprender. (Conage, 1984: 88 apud Oliveira, 2005: 143)*



Retornando ao pioneiro nas explorações de ouro no Tapajós, Nilson Pinheiro, nome que vem sempre acompanhado do sufixo “o descobridor dos garimpos no Tapajós”, vale registrar sua importância na história recente da região. Sobre ele, pairam histórias e casos que beiram a dimensão mítica. Muito se fala dos seus talentos para “descobrir ouro” e, mais ainda, de seus dotes como galante conquistador. Tais narrativas se entrelaçam, como no relato de Seu Toti Geraldo, antigo seringueiro nascido e criado às margens do Tapajós, na localidade de São Tomé de Mangabal:

*O Nilson Pinheiro não podia ver moça nova. E foi essa a desgraça dele. Ele descobriu o ouro aqui no Tapajós depois que foi numa vidente, lá em Parintins, pros lados do Amazonas. Foi ela que disse pra ele direitinho como era o lugar onde ele ia achar o ouro. Daí ele veio varando. Varando pela mata, de lá das águas do Amazonas até aqui a boca das Tropas. Achou muito ouro e também tocava instrumento que era muito bonito. Quando as moças ouviam o avião dele, já atiçavam. Até que ele tirou a pureza de uma moça e engravidou ela e disse que o filho não era dele. E a mãe dela se enfezou demais. Aí, a mãe dela disse: “Ele nunca mais na vida vai fazer isso com mulher nenhuma que seja filha de mulher”. E a mãe da moça foi lá pro Amazonas. Foi procurar certinho a vidente que tinha dito pro Nilson Pinheiro onde tava o ouro do Tapajós. Foi lá e encomendou a vingança dela. E depois disso, logo depois, caiu um raio no Nilson Pinheiro e ele ficou pior que morto. Ele nem falava mais, nem ficava mais em pé. Só tremia. E foi assim que ele se acabou, por causa dessa coisa.<sup>5</sup>*



Fotografia 4 – Balsa de mergulho garimpa ouro de aluvião no Tapajós.  
Foto: Lee Harper, 2013.

5 Depoimento de Seu Antonio Nascimento, mais conhecido como Toti Geraldo, a Mauricio Torres, em 2005, registrado em áudio.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

## 5. A “Transa” e a “Reserva do IBDF”

Ao timbre dos clarins e do autoritarismo da ditadura militar, vieram os faraônicos projetos da BR-230, a rodovia Transamazônica, ou simplesmente “Transa”, como é chamada na região do Tapajós e da BR-163, a Cuiabá-Santarém. A primeira, em seu trecho de Itaituba a Jacareacanga, cortava a porção oeste da bacia do Tapajós, enquanto a segunda, ao aproveitar o divisor de águas do interflúvio Xingu-Tapajós, riscava o limite leste da bacia. O impacto da abertura das estradas e os projetos estatais de colonização que lhe vieram a reboque trouxeram impactos à região do Alto Tapajós, porém, nada comparável ao quanto afetaram, por exemplo, no trecho Altamira-Itaituba da BR-230.

Uma das causas para isso pode ser atribuída ao fato de nas proximidades do Alto Tapajós não ter sido programado nenhum Projeto de Colonização Integrado – PIC, como aconteceu na porção da BR-163 entre Trairão e Santarém e no referido trecho da Transamazônica entre

Altamira e Itaituba. Pese-se, ainda, o fato de as duas estradas terem ficado interrompidas, com tráfego impossível, justamente nas porções que cortavam a bacia do Tapajós na sua parte mais alta, durante cerca de dez anos, entre as décadas de 1980 e 1990, o que, certamente, minimizou seu impacto na porção do Alto Tapajós. Porém, não se pense que os efeitos foram pequenos para as florestas, povos indígenas e ribeirinhos do Alto Tapajós. Um dos mais perceptíveis foi o aquecimento do mercado de terras e, conseqüentemente, da grilagem. Não foram pequenas as lutas pela terra empenhadas por ribeirinhos, que muitas vezes acabavam expropriados. A força de resistência daquela gente respondeu, porém, em episódios de vitórias de ribeirinhos sobre apropriações ilegais de terras públicas que galgavam centenas de milhares de hectares ou que passavam da casa do milhão de hectares, como a sofisticada e megalômana grilagem da empresa paranaense Indussolo (ACP, 2006).



Fotografia 5 - Dona Lausminda nasceu no Acará Velho, margem esquerda do rio Tapajós, onde tem pais e avós enterrados e de onde foi expulsa em decorrência da criação do Parque Nacional da Amazônia. A sua família, foi uma das que foram recebidas rio acima, à montante da divisa da unidade, onde vive até hoje. Foto: Mauricio Torres, 2008.



Neste bojo e no mesmo acento de completa desconsideração pela ocupação local, a década de 1970 trouxe também as primeiras unidades de conservação ambiental da Amazônia. Mais precisamente em 1974, foram decretados o Parque Nacional da Amazônia (PNA) e a Floresta Nacional do Tapajós (Flona Tapajós).

Sem prejuízo de sua relevância ambiental, as ações de implantação – entenda-se, expulsão da população ribeirinha – do Parque Nacional da Amazônia deflagraram uma verdadeira barbárie, que se prolongaria até meados da década de 1980, e da qual foram vítimas as comunidades que habitavam a área há várias gerações.

*“Contra a força não há resistência: eu nunca fui homem de receber ordem duas vezes quando era pra tirar essa gente daqui”*, repetia orgulhoso um funcionário aposentado<sup>6</sup> do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF quando lembrava os tempos de trabalho na expulsão dos moradores do PNA. Já estes últimos não se referiam com o mesmo sentimento ao episódio: a experiência de sujeição à intimidação e violência é protagonista comum dos discursos dos ex-moradores ao narrarem a imposição sofrida para que abandonassem não só a terra, mas todo um modo de vida. Comunidades inteiras foram removidas e poucas famílias foram indenizadas. A maioria das indenizações era de valor irrisório. Dona

Suzana, ex-moradora de Mangueira, margens do rio Tapajós, ainda hoje tem a máquina de costura que, com uma cama de casal, consumiu todo o valor da indenização. O aposentado do IBDF explica: *“Pagar indenização pra quem? Só se for pra Deus. Eles não tinham benfeitoria nenhuma, e viviam de tirar seringa que Deus plantava. Às vezes, a gente até ajudava, dizendo que eles tinham desmatado uma área maior, pra eles pegarem alguma coisa”*. Ainda que com uma indenização razoável, o desrespeito seria muito grande. Seu Pocidônio Pereira, ao ser informado, em fevereiro de 2005, sobre o direito que um dia tivera à indenização pela expropriação que sofrera havia 25 anos, da localidade chamada Os Fechos, correu interessado a saber, não sobre o dinheiro que o Estado lhe devia, mas se, de algum modo, ainda poderia voltar para sua casa, às margens do rio Tapajós. Outros, como Jorge, Natural e Lausminda, depois de empurrados para a zona urbana, acabaram por voltar, o mais que puderam, para perto de seus locais de origem e hoje ocupam o entorno imediato do Parque.

E, por impressionante que pareça, após o substantivo custo social que representou a criação do Parque Nacional da Amazônia, justamente a área de onde foram expulsos os ribeirinhos, às margens do Tapajós, foi desafetada, em 2012. Deixou de ser parque em função dos interesses do barramento de São Luís do Tapajós, como veremos adiante.

---

6 Esse senhor que expulsara as populações do Parque para o cumprimento da legislação ambiental (ainda que agindo à revelia dela), à época, trabalhava no interior do Parque transportando passageiros em um porto clandestino. Tratava-se de uma atividade não permitida por essa mesma legislação. As informações foram concedidas em entrevista durante trabalho de campo realizado em fevereiro de 2005.

## 6. A criação do mosaico de Unidades de Conservação em 2006

Em 2004, com o crescimento do agronegócio em Mato Grosso e o anúncio do asfaltamento da BR-163, explodem o desmatamento e os conflitos agrários na região oeste do Pará. Em 12 de fevereiro de 2005, a missionária Dorothy Stang é assassinada. Neste contexto de forte pressão política por respostas do governo em favor de pautas socioambientais, em 18 de fevereiro do mesmo ano, foram instituídas Áreas sob Limitação Provisória (Alap) somando um

total de 8,2 milhões de hectares. As Alap resultaram, em fevereiro de 2006, na destinação de 6,8 milhões de hectares sob interdição como unidades de conservação de diversos usos (Figura 1), sendo 4,9 milhões de hectares na categoria de uso sustentável e 1,9 milhão de hectares na categoria de proteção integral. As unidades criadas podem ser visualizadas na Tabela 2

Tabela 2. Unidades de Conservação decretadas em 2006

Floresta Nacional do Jamanxim	1.301 mil ha	uso sustentável
Floresta Nacional do Crepori	740 mil ha	uso sustentável
Floresta Nacional do Amaná	540 mil ha	uso sustentável
Floresta Nacional do Trairão	257 mil ha	uso sustentável
Área de Proteção Ambiental do Tapajós	2.059 mil ha	uso sustentável
Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo	342 mil ha	proteção integral
Parque Nacional do Jamanxim	859 mil ha	proteção integral
Parque Nacional do Rio Novo	537 mil ha	proteção integral
Ampliação do Parque Nacional da Amazônia	167 mil ha	proteção integral

Fonte: ICMBio, 2005

A União declarava que a criação do mosaico de unidades de conservação tinha como um dos seus objetivos impedir o processo de ocupação desordenado e predatório e permitir a preservação da floresta concomitante à sua exploração em bases sustentáveis. Dizendo de outra forma, sem prejuízo de concordarmos com a importância ambiental do mosaico, é bem claro que o governo pensou o uso de UCs como instrumento de regularização fundiária, função para a qual as UCs não foram pensadas.

Passados quase sete anos, percebemos como o mosaico de reservas surtiu efeito em alguns

casos, mesmo que sua implantação não tenha ido além de ações cosméticas, com unidades de centenas de milhares de hectares contando apenas com um ou dois gestores. Porém, como era de se esperar, a criação das UCs não logrou o efeito de regularização fundiária esperado, continuando parte substantiva das áreas em mãos de grileiros e de organizações criminosas ligadas à madeira.

Também a intenção de “*permitir a preservação da floresta concomitante à sua exploração em bases sustentáveis*” por meio da implantação, nas Florestas Nacionais, das concessões de

florestas públicas (Lei 11.284/06) vem se mostrando um grande vetor de expropriação de povos e comunidades tradicionais, embora a lei garanta tais ocupações (cf. ACP, 2009; Torres, 2012b; Torres; Guerrero, mimeo). Em especial, a pretensão do governo de licitar mais de 440 mil hectares na Floresta Nacional do Crepori, incluindo áreas ocupadas por comunidades tradicionais e também pelo povo Munduruku (MPE, 2013; Torres; Guerrero, 2012b; Torres; Guerrero; Doblas, 2013) exemplifica como o discurso ambiental também se acomoda bem aos interesses de grandes grupos econômicos.



Fotografia 6 – Professor transporta os alunos para a aula na localidade Os Quirino, lugar onde está projetada a hidrelétrica de Jatobá. Foto: Mauricio Torres, 2008.



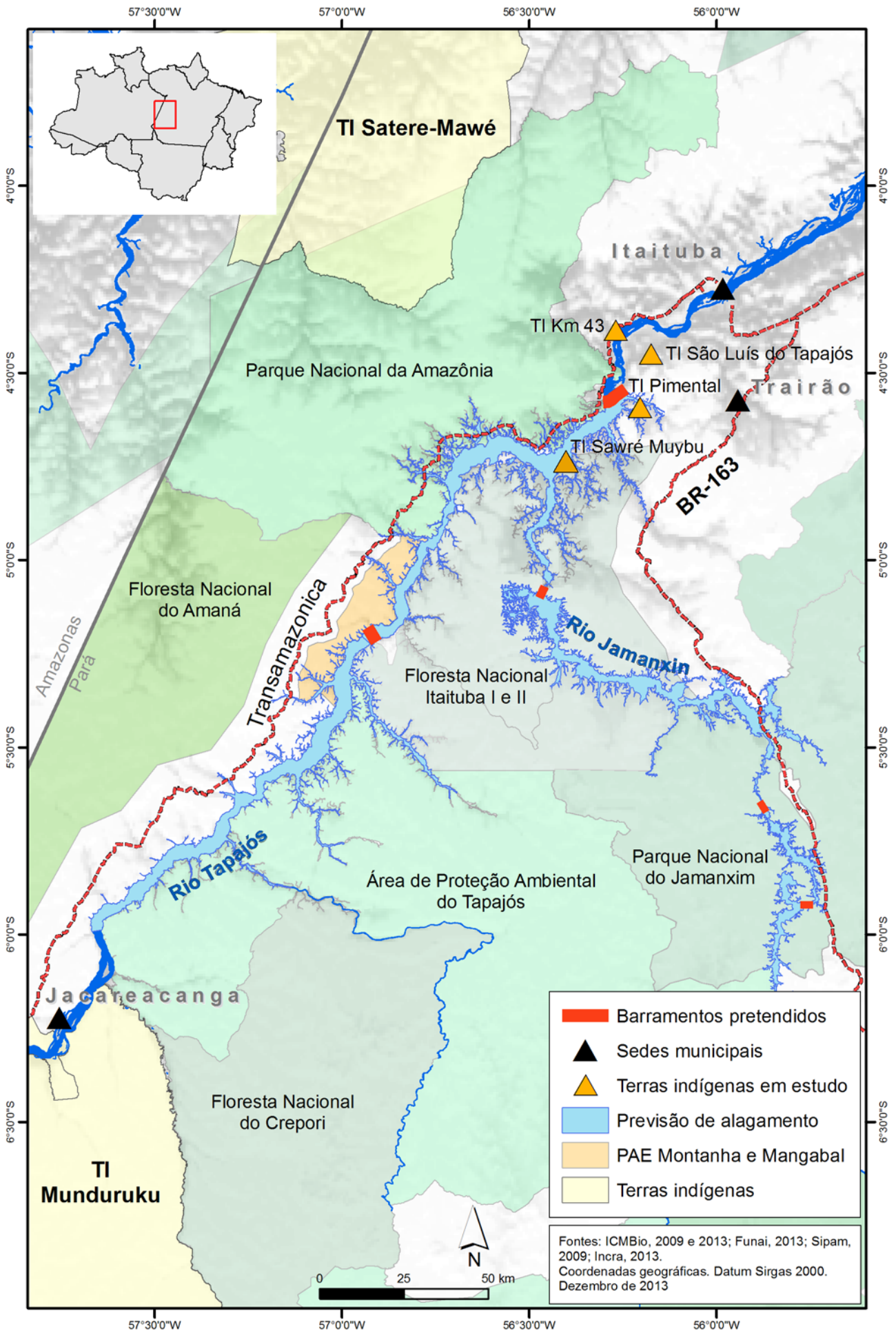


Figura 1 - Mosaico de unidades de conservação e terras indígenas do Alto Tapajós

De seringais, gateiros e garimpos:  
o Alto Tapajós e a resistência de suas gentes.

## 7. A pretensão dos lagos e a desafetação de UCs

A um mês e seis dias do aniversário de seis anos do mosaico, o governo federal promulga a Medida Provisória no 558, em 6 de janeiro de 2012, que dispunha sobre “alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Mapinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós, e dá outras providências”.

Nessa nova MP, retirava do Parque Nacional da Amazônia e outras UCs extensas áreas de interesse do projeto do megacomplexo hidrelétrico do Tapajós. Isso aconteceu com todas as reservas ambientais que, de algum modo, seriam afetadas pelas barragens e, portanto, obstaculizariam sua implantação.

O argumento do próprio ICMBio entregava literalmente as desafetações como provindas de interesses do setor elétrico:

*Para o presidente do Instituto Chico Mendes, Rômulo Mello, o processo é um exemplo da conciliação de diferentes interesses, como os de geração de energia para o país, os de criação de novos assentamentos agrícolas sustentáveis e de melhoria na gestão efetiva dessas Unidades de Conservação.[...] A Floresta Nacional de Itaituba I teve seus limites redefinidos para viabilizar os Aproveitamentos Hidrelétricos de São Luiz do Tapajós e de atobá, excluindo 2,5% de sua área original. A redefinição de limites da Floresta Nacional de Itaituba II elimina a sobreposição com o Aproveitamento Hidrelétrico de São Luiz do Tapajós, com a exclusão de 7,9% de sua área original. Já a Floresta Nacional do Crepori teve sua área excluída em 0,2% de sua área original para o Aproveitamento Hidrelétrico do Jatobá. Por fim, a redefinição de limites da Área de Proteção Ambiental do Tapajós elimina a sobreposição com o Aproveitamento Hidrelétrico do Jatobá, com a exclusão de 1,3% de sua área inicialmente decretada. (ICMBio, 2012).*

Em face à desafetação efetivada por Medida Provisória, a Procuradoria-Geral da República (PGR) ajuizou no Supremo Tribunal Federal (STF) a Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) 4.678 com pedido de liminar. A argumentação da PGR é de que o ato sob o qual se legislou não era de natureza urgente, ou seja, não se justificaria a edição de uma Medida Provisória para implantar



empreendimentos hidrelétricos que sequer tiveram os respectivos licenciamentos ambientais emitidos. Também se argumentou que a MP feria a Constituição que, em seu artigo 225, determina ao Poder Público a definição de áreas e espaços territoriais a serem protegidos em todas as unidades da federação, permitindo eventuais alterações ou supressões apenas por meio de lei em sentido formal.

A MP 558 foi convertida em Projeto de Lei de Conversão e aprovada em votação simbólica por 68 parlamentares que não se manifestaram.



Fotografia 7 – As comunidades tradicionais de Mangabal são diretamente afetadas pelas pretensões de barramento do rio Tapajós. Foto: Mauricio Torres, 2006.

## 8. A luta do povo Munduruku e dos beiradeiros por terra e por água e a militarização do rio Tapajós

A desafetação das unidades de conservação não foi o único impacto socioambiental dos projetos de barramento que já surtiu consequências. Ao menos três terras indígenas e uma Reserva Extrativista deixaram de serem declaradas e criadas por colidirem com os interesses do complexo hidrelétrico.

Os beiradeiros de Montanha e Mangabal, localidade à margem esquerda (Figura 1), após uma luta secular pelo seu território tradicionalmente ocupado, em 2004, pleitearam a criação de uma Reserva Extrativista que levaria os centenários nomes daquele lugar. No dia 12 de dezembro de 2006 aconteceu a consulta pública para a criação da Resex e, pela primeira vez em um evento desses, houve aceitação unânime para a criação da unidade de conservação.

Quando acreditavam numa solução definitiva, com a iminência do decreto que criaria a Resex, tudo se inverte. O decreto é enviado à Casa Civil, mas não é assinado. A pretensão de uma hidrelétrica no rio Tapajós barra o processo, pois se questionou o reconhecimento territorial dos ribeirinhos iria ou não “atrapalhar o projeto”. Ainda que o obviamente razoável fosse o questionamento inverso, assim se pautou o governo federal.

O processo de criação da Resex foi arquivado e o Procurador-Geral da República encaminhou à Casa Civil um Ofício inquirindo quanto ao “*possível descumprimento das Convenções da Diversidade Biológica e 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT pelo Estado Brasileiro na tramitação do procedimento de criação da Reserva Extrativista Montanha-Mangabal*”, requerendo,

*[...] também, seja realizada requisição à Ministra da Casa Civil [na ocasião, Dilma Roussef] com fito de obter informações sobre a tramitação dos procedimentos de criação da Resex mencionada [Montanha-Mangabal], indicando os motivos que ensejaram a remessa de tal procedimento para o Ministério de Minas e Energia, antes da assinatura do respectivo decreto de criação. (Ofício PGR/GAB/n.º314, de 13 de março de 2008).*

A resposta, encaminhada pela então Ministra da Casa Civil, Dilma Roussef, dimensiona a sua preocupação e o seu interesse pelos danos causados àquelas comunidades tradicionais:

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

*Os estudos de inventário em andamento, realizados pela Eletronorte, indicam a existência de que apresentarão interferência direta na unidade de conservação caso ela seja criada. A bacia do rio Tapajós está em fase final dos estudos. Os resultados estão indicando a existência de 3 alternativas de barramento que poderão apresentar cerca de 10.000 MW de potência instalada. A Resex Montanha-Mangabal causará interferência em qualquer uma das alternativas estudadas, visto que as alternativas estão inseridas na área proposta para a unidade de conservação. Desta forma, conclui-se que a unidade de conservação não deve ser criada.* (Nota Técnica emitida pelo Departamento de Planejamento Energético, em 5 de dezembro de 2007, anexada ao Aviso n.º 260 – Casa Civil, de 16 de abril de 2008. Grifos nossos)

Os beiradeiros de Montanha e Mangabal vieram a ser atendidos, posteriormente, em setembro de 2013, com a criação de uma modalidade diferenciada de assentamento de reforma agrária, um Projeto Agroextrativista (PAE), que lhes garantiu o direito à terra (Guerrero; Torres, 2013). Porém, as aldeias Munduruku instaladas em áreas não declaradas como território indígena não contaram com a mesma sorte.

As terras indígenas às margens do Tapajós nas proximidades dos projetos de barramento de São Luís do Tapajós e de Jatobá lutam há tempo pelo reconhecimento de suas terras e, sem qualquer explicação, o governo mantém o processo congelado. O caso da TI Sawré Muybu é ilustrativo, já que, apesar de a parte técnica dos estudos para a declaração da TI já ter sido concluída e o relatório circunstanciado de identificação e delimitação (RCID) já ter sido entregue às instâncias da Funai, nada foi publicado e, portanto, formalizado.

À comissão de indígenas que foi à Brasília tratar a questão foi justificada a demora na publicação dos estudos por haver uma “fila de relatórios” aguardando para serem publicados. Fila que só deve aumentar, haja vista a completa estagnação nas publicações. Pese-se que em reunião realizada em fevereiro de 2013, com a antiga e a atual presidente da Funai, essa demarcação foi tida como prioritária em razão do projeto da hidrelétrica de São Luís do Tapajós. Na ocasião, inclusive, foi acordado entre a presidência do órgão e os índios que a publicação sairia até julho de 2013 e, novamente, nada aconteceu.

Sawré Muybu, na foz do rio Jamanxim, é uma terra indígena diretamente afetada pelos projetos de barramento e, sem tal publicação, para fins do licenciamento dos empreendimentos, apesar da sabida existência de indígenas no local, a área não é sequer considerada terra indígena, de acordo com o que regulamenta a Portaria Interministerial n.º 419/ 2011.

Os guerreiros de Sawré Muybu resistiram à realização dos estudos biológicos relacionados ao licenciamento das hidrelétricas em seu território e sofreram violências por parte do governo federal, conforme detalha Valle (2013), que foram desde rasantes de helicópteros que arrancavam a cobertura de palha das casas ao terror psicológico praticado pela operação de guerra comandada pelo governo.

E não foram só os indígenas de Sawré Muybu. Na TI Munduruku, no Alto Tapajós, a reação do grupo às iniciativas da construção das barragens foi muito incisiva. Para amplificarem sua voz, 140 Munduruku têm se utilizado eventualmente da ocupação das obras do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no rio Xingu, provocando sua paralisação.

Pouco depois de retornarem à sua terra, após quase dois meses de mobilização em Belo Monte e depois em Brasília, os indígenas detiveram três pesquisadores que trabalhavam para a empresa Concremat, encarregada da elaboração dos estudos para o licenciamento de uma das barragens. Os pesquisadores foram mantidos presos por três dias, até que, em 23 de junho, uma equipe enviada pela Secretaria-Geral da Presidência da República negociou a libertação.

Os índios exigiram, em troca da soltura dos pesquisadores, a imediata suspensão dos estudos de impacto ambiental para a implantação de usinas hidrelétricas no rio Tapajós até que fossem realizadas as consultas prévias, que, aliás, é procedimento obrigatório, de acordo com a Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), da qual o Brasil é signatário.

Os termos da negociação foram aceitos pelo governo e a paralisação dos estudos foi anunciada na manhã do dia 24 de junho de 2013 pela assessoria de imprensa da Secretaria-Geral da Presidência da República. Porém, menos de 20 dias após o pacto ter sido selado, foi emitida a licença para a continuidade dos estudos que, em agosto, foram retomados, mesmo sem que nenhuma providência em relação à consulta pública tivesse sido posta em prática.

Um desproporcional e intimidador aparato militar, desta vez, escolta os pesquisadores. São homens da Força Nacional de Segurança, Polícia Federal, Polícia Rodoviária Federal e exército. E, sob esta operação de guerra os ribeirinhos e indígenas são constrangidos e contidos à força e as pesquisas são realizadas, deixando um preocupante precedente de uso da força no diálogo com as populações locais.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



## 9. Considerações finais

Em julho de 2013, à margem esquerda do Tapajós, na região de Montanha e Mangabal, acontecia a primeira reunião entre beiradeiros e indígenas Munduruku para, na específica condição de beiradeiros e de indígenas, construir alianças para lutarem contra o projeto de barramento do Tapajós.

Esses grupos – que há poucas gerações guerreavam em disputa pelo território –, hoje, reunindo-se em busca de aliança, sem o saber, adivinhavam a semente do vínculo que se constrói na floresta ao longo do rio Tapajós e de tantos outros na Amazônia. Descobriam a coalizão entre gente que vivia sobre as mesmas intimidações: beiradeiros, quilombolas, seringueiros, varjeiros, camponeses, castanheiros, ribeirinhos, quebradeiras de coco e mais um mundo de grupos que se viam frente ao mesmo conflito, frente à mesma ameaça.

A ameaça é plural em nome e em forma, mas uma em seu objetivo: um território livre de seus ocupantes e aberto à exploração econômica indiscriminada. Às vezes, apresenta-se como agronegócio, outras, como mineradora, ou então fazendeiro, grileiro, madeireiro, pecuarista, setor produtivo, desenvolvimento sustentável... No Alto Tapajós, chega com o nome de hidrelétrica.

“Nunca fomos tão próximos dos nossos vizinhos Munduruku”. O início da carta de apoio dos ribeirinhos de Mangabal aos Munduruku, quando estes ocupavam o canteiro de obras de Belo Monte, em protesto aos projetos de barramento do Tapajós, sintetiza bem as cicatrizes que esta aliança encobre. Sintetiza bem quanto grande é o pacto firmado ante o inimigo comum.

Ribeirinhos continuam sendo ribeirinhos, índios continuam sendo índios. Sem prejuízo de suas respectivas pertencas, entretanto, tornam-se iguais ao olhar do estranho que chega com os projetos que os excluem de seus territórios. A aliança não dissimula as diferenças entre os diversos grupos. Mostra apenas que a forma como se veem uns aos outros se transforma frente à chegada do expropriador comum. Descubrem e constroem seus modos diferentes de se alinhar em uma luta forjada igual, de proporção flagrantemente desigual.

As gentes do Alto Tapajós, apenas num passado recente, enfrentaram o escravagismo, a decadência da economia da borracha e da caça de peles, os garimpos, o mercúrio, os madeireiros, os grileiros, a malária, o desmatamento, o perigo constante das cachoeiras... E agora enfrentam sua maior ameaça: a atual política de desenvolvimento do governo federal.









## Parte II

# Reflexões sobre a matriz elétrica nacional e o Complexo Hidrelétrico do Tapajós





# Capítulo III



## Desafios e proposições para a sustentabilidade da matriz elétrica brasileira

Wilson Cabral de Sousa Junior  
Vitor Baccarin Zanetti  
Bruna Costa Vieira  
Lídyá Beatriz dos Santos  
Gabriele Vanessa Tschöke  
Gabriel Vaz Pacher  
Carolina Lopes Oliveira Ramos  
Marcio Antonio da Silva Pimentel





# 1. O contexto do setor elétrico brasileiro: a expansão da hidreletricidade e os projetos amazônicos

O setor elétrico, após a década de 1930 e a iniciativa de estatização de ativos das companhias privadas que atuavam no Brasil, passou a ser hegemônico no que concerne à tomada de decisão acerca dos usos da água no país. Tal fato foi consequência do investimento do estado na geração hidrelétrica, o que presumia a necessidade de um controle sobre os mananciais, para gerenciá-los de forma a privilegiar esta modalidade de geração de energia. Esta hegemonia favoreceu a estruturação do setor, culminando com sua consolidação, baseada nos grandes projetos de geração hidrelétrica da década de 1970.

Já na década de 1980, com o esgotamento das possibilidades de aproveitamento hidrelétrico em grandes projetos na região sudeste, os planos se voltaram para a região amazônica. São daquela época, portanto, os inventários dos principais rios e os projetos de grandes barragens na Amazônia brasileira. As preocupações socioambientais eram tratadas então, de maneira extremamente reducionista.

A abertura das instituições para debates de cunho ambiental iniciou-se nos anos 80, quando a pressão internacional sobre a política ambiental brasileira tornou-se intensa. A opinião pública ganhou força e, integrada às organizações não-governamentais (ONGs) e a partidos políticos com correntes ambientalis-

tas, começou a exercer pressão para uma mudança de nosso modelo de desenvolvimento (MÜLLER, 1996).

As obras até então iniciadas sem estudos detalhados das questões ambientais, passaram a receber imposições por parte dos organismos financiadores multilaterais (Banco Mundial ou Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento e o Banco Interamericano de Desenvolvimento). Obras de grande porte, em especial as hidrelétricas, tornaram-se alvos desses financiadores que exigiam não só avaliação ambiental prévia desses projetos, mas previsão de despesas com remanejamento e reassentamento da população afetada (SEVÁ FILHO, 2005).

Naquele período, a consecução de projetos como os das UHEs Balbina (1989) e Samuel (1989), contribuiu para que o modelo fosse inteiramente questionado, dados os problemas ambientais gerados para uma produção elétrica pífia. A partir de então, o grau de exigência para empreendimentos em geral e para projetos de geração energética, em particular, passou a aumentar, em especial a partir da regulamentação da Política Ambiental Brasileira e do estabelecimento de mecanismos legais de avaliação de impactos ambientais e licenciamento de atividades com impactos socioambientais relevantes.

Entretanto, de acordo com Sousa Júnior et al (2006), estes instrumentos foram transformados em um conjunto de demandas burocráticas, de baixíssima eficácia em relação aos seus objetivos. Tal fato fez com que boa parte da demanda ambiental passasse a ser representada pelo Ministério Público, e diversos licenciamentos, e seus estudos de impacto ambiental, fossem questionados juridicamente. O atraso recorrente de obras de infraestrutura, em especial das grandes hidrelétricas, em função destes conflitos, contribuiu para que ocorresse uma readequação do processo de licenciamento pelo setor elétrico, a partir da qual os primeiros estudos socioambientais relativos aos empreendimentos passaram a ser considerados ainda na fase de inventário de potenciais. Dentro deste contexto, os estudos de inventário de potenciais dos principais rios amazônicos foram atualizados.

A cena energética amazônica, de acordo com o planejamento do setor elétrico, seria composta majoritariamente pelas usinas do rio Madeira, Xingu e Tapajós, as quais, somadas às usinas do rio Tocantins, seriam responsáveis por quase 40% do provimento elétrico brasileiro. Outros projetos na Amazônia, localizados em bacias afluentes à sua margem direita – à montante, portanto, dos projetos de maior porte, como é o caso dos empreendimentos nos rios Juruena, Teles Pires, Branco, dentre outros – e as da margem esquerda – bacias do Jari e Araguari, dentre outros – se somam a esta iniciativa. No Quadro 1 é apresentada uma síntese de empreendimentos hidrelétricos em estudo para a região Norte.

#### Quadro 1 - Síntese de empreendimentos hidrelétricos em estudo para a região Norte

O Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012) lista 142 empreendimentos hidrelétricos em estudo, para a região Norte, sendo 59 em fase de inventário. Dos restantes, 29 são do tipo PCH (Pequena Central Hidrelétrica, com potências menores que 30 MW e áreas de reservatório inferiores a 3 km<sup>2</sup>) em fase de projeto básico, e 42 são de UHEs (Usinas Hidrelétricas, de potência superior a 30 MW), sendo que destas, 38 encontram-se em fase de estudos de viabilidade – caso das usinas do Complexo Tapajós – e 4 em fase de projeto básico.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

São bastante complexos os efeitos do sistema energético de um país sobre sua economia. Em geral, a redução da oferta de um insumo produtivo induz uma retração na atividade econômica, o que provoca diferentes impactos, que vão desde a racionalização do uso até mudanças de padrões tecnológicos para modais menos intensivos no insumo restrito (como acontece com a energia elétrica).

Tendo em vista a relação existente entre atividade econômica e uso de energia, muitos modelos para aferir o desenvolvimento de um país são estruturados com base na correlação energia/produto. O conceito mais conhecido e utilizado relaciona o uso de energia total ao produto econômico, geralmente o Produto Interno Bruto (PIB). No entanto, a relação energia-desenvolvimento merece ser analisada de forma criteriosa, pois a utilização do PIB como indicador esconde uma série de problemas tais como a distribuição de renda entre diferentes regiões e classes sociais, sem falar de perdas ambientais não contabilizadas. Todas essas características são de suma importância na elaboração do planejamento energético de um país ou região, pois atuam como condicionantes em determinadas situações.

Em geral, com o crescimento econômico de um país ocorre também o crescimento na demanda por energia. No Brasil não é diferente: a projeção da demanda energética anual é baseada no crescimento do PIB nacional. De fato, no Brasil acredita-se que essas duas variáveis tenham tamanha correlação a ponto de se estimar o crescimento da demanda energética como sendo igual ao crescimento do PIB. Essa

relação tem sido utilizada para direcionar as políticas públicas de instalação e ampliação da capacidade geradora de energia elétrica no país.

As previsões baseadas nessa relação têm justificado os projetos de instalação de grandes usinas e ou complexos hidrelétricos na região amazônica, estabelecendo o uso energético das maiores bacias afluentes da margem direita do rio Amazonas: Madeira, Xingu e Tapajós. Tais projeções de demanda energética têm sido influenciadas também pela expectativa de aumento de consumo de energia associada a dois outros fatores: o aumento da renda e da disponibilidade de energia para novos consumidores, resultados de políticas públicas inclusivas.

Entretanto, esta relação entre crescimento econômico e ampliação do consumo de energia elétrica é questionável sob vários aspectos. De antemão, embora não haja grande dissenso em relação à associação entre uma variável e outra, há que se compreender melhor a relação numérica assumida. Por outro lado, questiona-se a opção estratégica de desenvolvimento econômico, lastreada em um pacote de produtos energo-intensivos e de baixo valor agregado, o que faz com que esta relação atinja proporções próximas à unidade.

De fato, a previsão de ampliação da demanda de energia elétrica que vem sendo utilizada nos planos decenais de expansão de energia da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a qual utiliza a elasticidade-renda da demanda como fator

determinante<sup>1</sup> associa a expansão da demanda de energia ao crescimento do PIB em uma razão unitária. Assim, previsões de redução da razão de elasticidade-renda da demanda para valores menores que 1, como apontado no Plano Decenal 2020 (EPE, 2012) – as análises do plano indicam uma redução de valores superiores a 1 para 0,89 nos anos de 2006 a 2008 – acabam menos-prezadas nas projeções de expansão do consumo.

Como exemplo do superdimensionamento da demanda de energia elétrica em função do atrelamento PIB x Consumo de energia (elasticidade renda da demanda) superior à unidade, os valores de consumo de energia elétrica estimados por diferentes fontes – uma delas a Eletrobrás (dados do PDE 2006) – podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estimativas e consumo real de energia elétrica no Brasil: 2000 a 2005.

Ano	Consumo Residencial (TWh)				Consumo Industrial (TWh)			Consumo Comercial (TWh)		
	Schmidt & Lima (2002)	Eletrobrás	Andrade & Lobão (1997)	Real	Schmidt & Lima (2002)	Eletrobrás	Real	Schmidt & Lima (2002)	Eletrobrás	Real
2000	83,6	83,6	83,2	83,6	124,2	131,3	131,3	45,4	46,7	47,6
2001	85,9	88,7	85,4	73,6	125,1	137,4	122,5	47,3	49,8	44,4
2002	88,2	94,5	87,5	72,7	126,0	143,4	127,6	49,6	53,2	45,3
2003	90,7	100,6	89,4	76,2	126,9	148,3	130,2	52,3	56,9	47,5
2004	93,0	107,0	91,4	78,5	127,6	154,4	142,3	55,2	60,8	49,6
2005	95,3	113,7	93,3	82,7	128,3	162,4	150,2	58,5	64,9	53,0

Como se pode notar, a diferença entre o consumo real e o estimado foi da ordem de 10% para o setor industrial, 20% para o setor comercial e até 30% para o setor residencial, sempre superestimada pelas projeções oficiais (Eletrobrás). As outras projeções, cujos trabalhos sugerem índices de elasticidade renda menores que a unidade, possuem estimativas mais próximas da realidade, embora também superestimem a demanda na maior parte dos casos.

Em análise de variações da demanda de energia no mundo em relação a variações no PIB mundial, Sousa Junior e Bermann (2012) apontam taxas de crescimento da demanda de energia da ordem de “n-1%” para uma taxa “n%” de crescimento do PIB, no período de 1980 a 2006. Neste período, a taxa média de crescimento da demanda foi da ordem de 80% da taxa média de crescimento do PIB mundial.

<sup>1</sup> O cálculo da elasticidade renda da demanda de energia elétrica não é trivial e envolve variáveis como a taxa de crescimento da renda, a variação de preço da energia elétrica e o consumo de energia elétrica pelos consumidores – dado, por exemplo, pela quantidade e tipo de eletrodomésticos utilizados. Para aprofundamento no tema, vide Andrade e Lobão (1997) e Schmidt e Lima (2002).

De fato, à medida que um país alcança melhores indicadores de desenvolvimento, reduz-se a elasticidade-renda da demanda de energia elétrica, além do que, o investimento em usos mais eficientes, como propõe Totten et al. (2010), amplia as possibilidades de redução do consumo de energia elétrica por unidade de PIB. Em resumo, uma ampla revisão da metodologia utilizada para as projeções de demanda de energia elétrica poderia apontar para uma redução na necessidade de expansão do sistema, e, conseqüentemente, da revisão dos investimentos em projetos de grande porte na Amazônia.

Em outra frente de análise, há que se considerar a possibilidade de aumento da eficiência energética. Enquanto estudo da organização World Wildlife Fund (WWF, 2006) aponta possibilidades de redução de cerca de 38% no consumo de energia elétrica no país, a partir de investimentos em uso eficiente, a projeção de demanda do cenário oficial (EPE, 2013) considera ganhos médios de eficiência de apenas 2% para o setor industrial e de cerca de 1% para o uso residencial em 2022. Corroborando o investimento em eficiência, o recém-lançado balanço energético global (IEA, 2012) aponta prognóstico de ganhos de eficiência energética global da ordem de 20% até o ano de 2035.

### 3. Energia elétrica para a sustentabilidade

Num contexto no qual o uso de energia elétrica é ineficiente, de maneira agregada, a redução no consumo – por meio de medidas de uso eficiente – é a modalidade de menor custo para ampliação da oferta de eletricidade (o Quadro 2 apresenta valores desta modalidade a partir de dados do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL).

#### Quadro 2 – Investimento em uso eficiente de eletricidade no Brasil: o PROCEL

Segundo o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, CBIEE (2012), o PROCEL (Programa de Conservação de Energia Elétrica), iniciado em 1986, angariou investimentos de R\$1,26 bilhões até o ano de 2011, e seus resultados apontaram a economia de 51,2 bilhões de kWh. Esta razão de efetividade aponta para uma oferta de energia com custo em torno de R\$24,6/MWh, cerca de 1/5 do Custo Marginal de Expansão da oferta de energia elétrica no Brasil. No entanto, embora o PROCEL apresente um resultado relativo excepcional, os valores absolutos de economia de energia são desprezíveis: a economia acumulada nos 25 anos do programa representam pouco mais 10% do consumo anual atual. Uma das possíveis causas é o baixo investimento no programa: o orçamento anual do PROCEL é de cerca de R\$95 milhões, ou 0,59% do orçamento anual do Ministério das Minas e Energia (dados do Orçamento Geral da União, 2011).



A organização não governamental GREENPEACE desenvolveu, em conjunto com o Conselho Europeu de Energia Renovável (EREC), estudos para o que denominou como “(r)evolução energética”, com o propósito de reduzir emissões atmosféricas e aumentar a eficiência geral na oferta e demanda de energia no mundo. Este estudo, que no Brasil teve a colaboração do Grupo de Energia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (GEPEA), delineou 5 princípios para uma mudança de paradigma no trato da questão energética (GREENPEACE, 2010):

- Implantar soluções renováveis, especialmente através de sistemas de energia descentralizados;
- Respeitar os limites naturais do meio ambiente;
- Eliminar gradualmente fontes de energia sujas e não sustentáveis;
- Promover a equidade na utilização dos recursos; e
- Desvincular o crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis

Partindo desta premissa – de ampliação da oferta por redução do consumo – e dos princípios apontados pelo GREENPEACE para uma revolução energética rumo à sustentabilidade, foi realizado um estudo prospectivo para uma nova matriz elétrica para o país em 2022, apresentado a seguir, precedido de uma breve preleção sobre a contribuição dos principais modais para esta proposta (eólico, biomassa e solar), bem como sobre o comportamento do que viria a ser uma “demanda sustentável” de energia elétrica no país.

### 3.1. Energia eólica

Se no passado a utilização dos ventos para geração de trabalho se resumia em aparatos essencialmente mecânicos, em tempos modernos o uso da força aerodinâmica vem sendo aplicado para a geração de eletricidade, esforço este que se concentrou nas décadas de 1970 e 1980, em função das crises do petróleo.

Durante a década de 1990 até os dias de hoje, o aumento da capacidade de energia eólica instalada em todo o mundo tem chamado a atenção de companhias elétricas e pesquisadores, fazendo crescer a variedade de tipos e modelos de turbinas no mercado (COSTA et al., 2007).

Desde então, o modal eólico vem crescendo de maneira consistente. Em 2011, o mercado cresceu cerca de 6% em comparação com 2010 e os novos 40,5 GW de energia eólica instalados representaram investimentos de mais de US\$ 68 bilhões (GWEC, 2011). É possível observar na Figura 1, que a capacidade instalada acumulada global passou de 74,05 GW em 2006 para 237,67 GW em 2011, um crescimento de 221% em 5 anos.

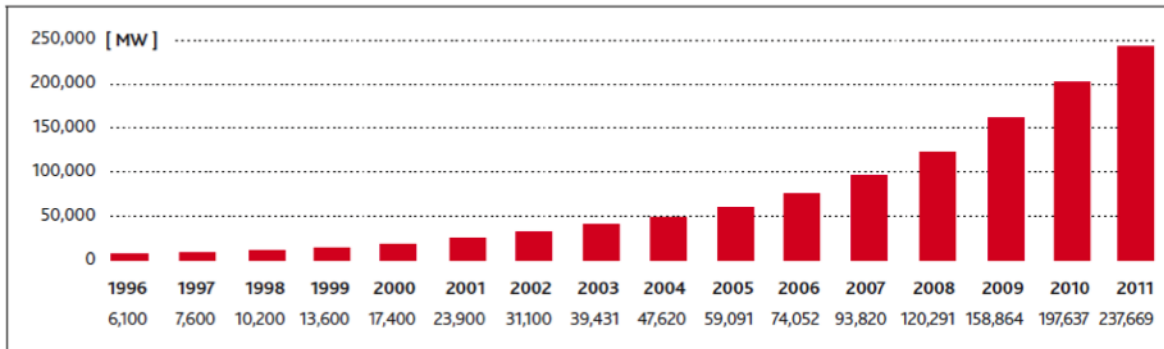


Figura 1 – Energia eólica: capacidade instalada no mundo, 1996 a 2011.

Fonte: GWEC (2011).

A China é hoje o principal país produtor de energia elétrica a partir dos ventos, seguida pelos EUA, Alemanha, Espanha e Índia. A China alcançou capacidade instalada superior a 60 GW, sendo responsável por mais de um quarto da produção mundial e vem dedicando esforços para manter o seu crescimento econômico contínuo e reduzir sua emissão de poluentes, tendo em vista as pressões que vem enfrentando, inclusive em relação ao seu compromisso com a melhoria da eficiência energética, a corrente recessão mundial e as preocupações com o aquecimento global (WANG et al., 2011).

Do ponto de vista do investimento e do prazo de consolidação tecnológica, o exemplo chinês é categórico: tendo instalado seu primeiro aerogerador em escala operacional em 2001, a China atingiu a capacidade instalada de 62.364,2 MW<sup>2</sup> em 2011 (GWEC, 2011). Atualmente, além de liderar o mercado de energia eólica no mundo, é também detentora da tecnologia de turbinas e sistemas eólicos.

Como qualquer outra fonte de geração elétrica, a eólica apresenta vantagens e desvanta-

gens em relação aos seus aspectos e impactos ambientais. Como benefícios podemos citar a não utilização de água como elemento motriz nem como fluido refrigerante, a não produção de resíduo radioativo e a não emissão de poluentes atmosféricos (SALINO, 2011). Por outro lado, algumas das externalidades da produção de energia eólica são o impacto visual, o ruído, a interferência eletromagnética e danos à fauna (perda de habitat, distúrbios sensoriais e riscos de colisão). Esses riscos têm sido contornados com o monitoramento ambiental, aumento da visibilidade das pás, redução da velocidade dos rotores em períodos críticos e interrupção do funcionamento durante as épocas de pico de migração de aves.

Outra fonte de impactos ambientais está associada ao uso de recursos naturais para a produção dos materiais utilizados na confecção das peças e estruturas das turbinas eólicas. Essa demanda de recursos deve ser quantificada para se analisar o total impacto da energia eólica, especialmente em se tratando de soluções de geração

<sup>2</sup> Este valor representa cerca de 56% da capacidade elétrica total instalada no Brasil (EPE, 2012).

centralizada de energia, quando as estruturas dos aerogeradores podem ultrapassar os 100 metros de altura. Por outro lado, outros modais também exigem estruturas cujos ciclos de vida produzem significativo impacto: é o caso das barragens da energia hidráulica, das torres e equipamentos da geração termelétrica, dos painéis da geração solar, dentre outros. Tal fato relativiza o custo social da infraestrutura do modal eólico.

O Brasil possui um dos melhores potenciais eólicos no mundo, no entanto, a falta de investimento na vanguarda tecnológica para o setor resultou em uma grande dependência de importação de tecnologia. Em 2001, o Ministério de Minas e Energia (MME), através do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), publicou o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, contendo informações sobre o comportamento dos ventos em todo o país (Figura 2).

De acordo com Amarante et al. (2001), estimou-se um potencial de 143,47GW para ventos com uma velocidade média anual igual ou superior a 7,0 m/s, tornando disponível uma geração anual estimada de 272,220 TWh, para o qual uma área de 71.735 km<sup>2</sup> seria necessária.

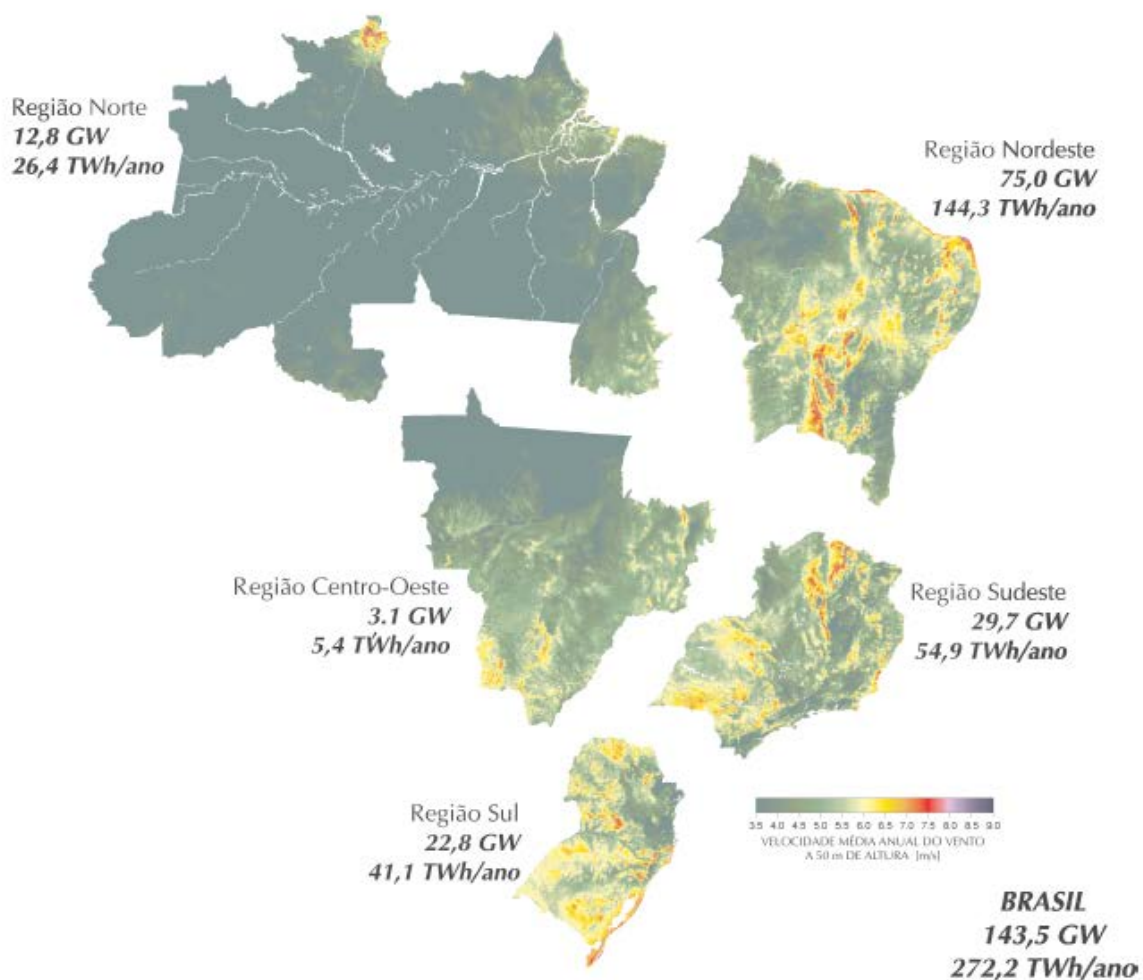


Figura 2- Potencial eólico estimado p/ vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s.  
Fonte: AMARANTE et al. (2001).

É importante ressaltar que os estudos desenvolvidos no país sobre o seu potencial de produção de energia por fonte eólica – como é o caso do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro de 2001 – estão enviesados pela tecnologia da época (embora se suponha que o regime de ventos não tenha sofrido variações significativas, a tecnologia de geração avançou de forma a aperfeiçoar o desempenho com velocidades menores de vento), fato que aponta para uma subestimação do potencial de aproveitamento eólico brasileiro.

A utilização do vento para gerar energia elétrica ocorre ainda em pequena escala no país, sendo as primeiras iniciativas alavancadas pelo PROINFA. No entanto, a excelente qualidade e potência dos ventos, principalmente na costa nordestina, associada às políticas de incentivo por parte do governo, fazem com que o Brasil seja um ponto estratégico para a entrada de novas tecnologias na América Latina (SALINO, 2011). Em relação aos empreendimentos em operação, o Brasil possui capacidade instalada de 1,543 GW, representando 1,22% da matriz energética nacional (ANEEL, 2012).

A energia eólica tem sido contratada a partir de leilões no âmbito do PROINFA. O primeiro deles, realizado em 2009, teve como resultado a contratação de 71 empreendimentos na modalidade eólica e o preço médio foi de R\$148,39/MWh. Em 2010, o preço médio foi de R\$130,86/MWh e nos leilões de 2011, o preço médio atingiu seu menor valor, de R\$99,56/MWh, superando na ocasião, para menor, até mesmo o modal hidrelétrico, cujo valor foi de R\$102/MWh.

Simas e Pacca (2011), em estudo sobre a ampliação da capacidade eólica do país, apresentaram cenários de quantificação da redução de gases de efeito estufa e a geração de empregos a partir deste modal, como alternativa ao PDE 2019. O cenário A, ou cenário base, foi estabelecido no âmbito do PDE 2019 e previa uma capacidade eólica instalada de 6 GW até o fim de 2019 (EPE, 2010). O cenário B, ou cenário “moderado” estimou um crescimento 50% maior que o cenário A, baseado nas expectativas da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEólica), resultando em 9 GW ao final de 2019. Um terceiro cenário, “otimista”, apontou uma capacidade, ao final de 2019, de 14 GW de capacidade eólica instalada no país. .

O cenário A resultou na redução de 96 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e a geração de 93.850 empregos, dos quais 83% seriam nas áreas de fabricação e instalação de parques eólicos, entre 2011 e 2020. A redução de emissões do cenário B é 34% maior que o cenário A, resultando na mitigação de 129 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e geração de mais de 143.000 empregos, 85% nas áreas de fabricação e instalação eólica. O cenário mais otimista previu uma redução de mais de 176 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> – 83% maior que no cenário A – e a contratação de mais de 225.000 pessoas, 87% delas trabalhando na fabricação e instalação<sup>3</sup>.

O PDE 2020 já projetava um potencial instalado de 11,5 GW de geração eólica em 2020, incorporando um ritmo de crescimento próximo ao cenário mais otimista do estudo de Simas e Pacca (2011). Já o PDE 2022 apontou instalações da ordem de 17,4 GW, superando até mesmo o cenário otimista daquele estudo.

<sup>3</sup> Para estimar a potencial redução das emissões de GEE foi considerado que a energia eólica “deslocaria” ou “substituiria” usinas termoeletricas movidas a gás natural e carvão, principais fontes térmicas previstas no plano energético nacional de longo prazo. Os fatores de emissão foram extraídos do relatório da Agência Internacional de Energia, publicado em 2009. As reduções de emissões foram estimadas durante o período entre 2011 e 2020.



Considerando o ritmo de crescimento do aproveitamento eólico, o qual tem superado todas as expectativas da EPE e da ANEEL, projetamos um valor de geração eólica potencial a ser implantado até 2022, de 20 GW. Tal valor encontra guarida nas expectativas de expansão entre os operadores da geração eólica e pressupõe um crescimento de cerca de 10 vezes sobre a oferta atual de energia elétrica por fonte eólica até 2022.

## 3.2. Energia solar

Em média, a energia solar que atinge a Terra é de cerca de 1 kW/m<sup>2</sup>. Assim, em apenas um dia, a luz do Sol que chega à Terra produz energia suficiente para satisfazer as atuais exigências mundiais de energia por oito anos (GREENPEACE, 2010), embora apenas um percentual desse potencial está tecnicamente acessível. Mesmo assim, ainda é suficiente para fornecer seis vezes mais energia do que o mundo precisa atualmente.

De acordo com Staley et al. (2009), a radiação solar direta normal mínima requerida para um projeto de geração de energia elétrica a partir de energia solar é de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>.d, também chamada DNI (Irradiância Normal Direta). Em uma base anual, isto equivale a 2 MWh/m<sup>2</sup>. Valores maiores conferem menores custos de geração de energia elétrica e valores menores aumentam o custo de geração (PHILIBERT et al., 2010).

A Figura 3 apresenta a irradiação solar direta acumulada no ano (kWh/m<sup>2</sup>) no território brasileiro. Pode-se observar que os valores ultrapassam 2,0 MWh.m<sup>-2</sup> em grande parte do território, inclusive nas regiões de maior consumo de energia elétrica (faixa sobre o Centro-Oeste, Sudeste e parte da região Sul do país). A região do semi-árido nordestino é a que possui os maiores valores de irradiação solar acumulada.

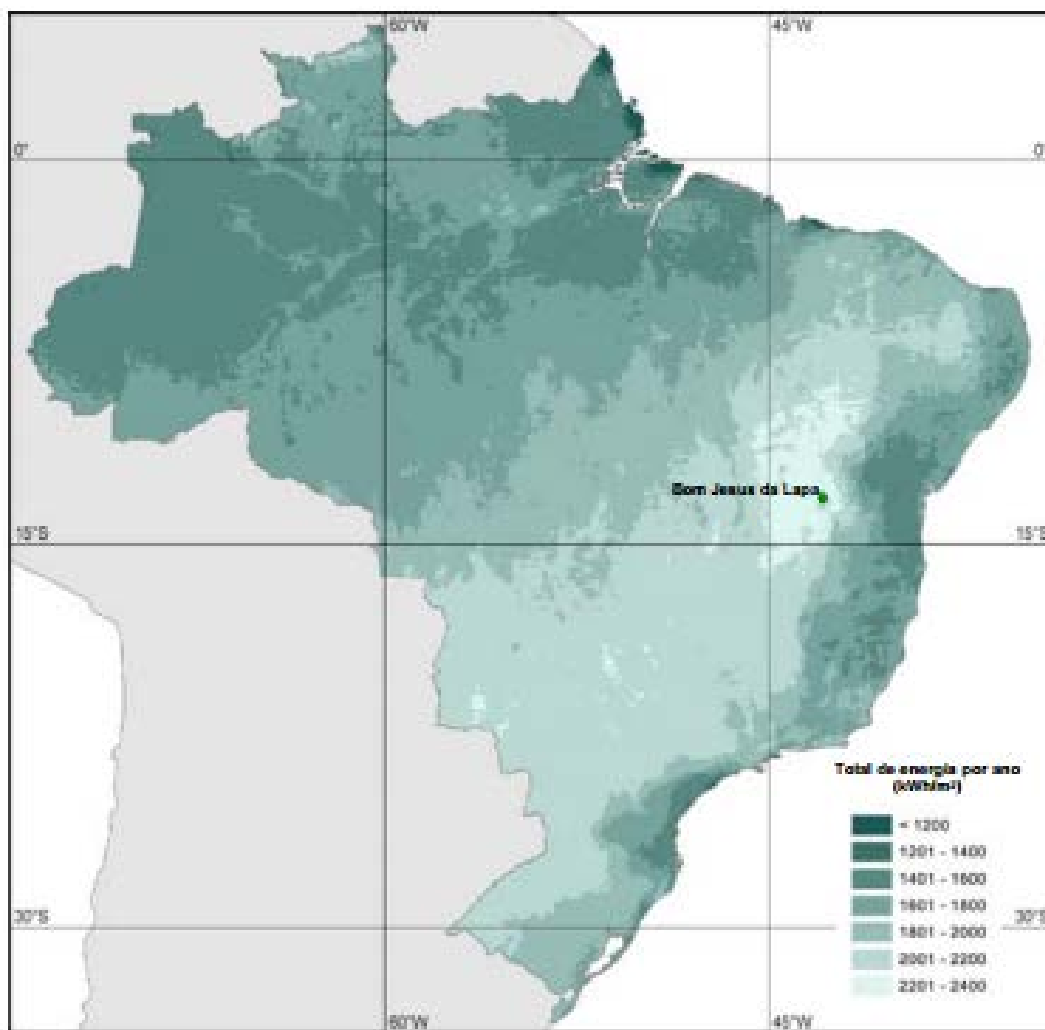


Figura 3 – Mapa de irradiação solar direta acumulada. Fonte: PEREIRA & LIMA (2008).

No Brasil, a inserção da fonte solar em maior escala poderia acontecer: i) como ação de redução de demanda, com a universalização do uso de energia solar térmica para substituição de aquecedores elétricos; e ii) como iniciativa de ampliação direta de oferta, com o uso termelétrico ou, principalmente, fotovoltaico. Em ambos os casos, um fator interessante é a possibilidade de descentralização da geração de energia, passando esta a ser gerada em sistemas distribuídos.

### 3.2.1. Energia solar para aquecimento: redução na demanda por energia elétrica

Embora exista uma alta variabilidade anual nas regiões Sudeste e Sul do país (algo em torno de 45% durante o ano), a irradiação é alta o suficiente para sustentar alguns equipamentos que poderiam ter sua principal fonte de energia substituída por energia solar de aquecimento.

Dentre os equipamentos que podem se adequar bem a este modo de captação de energia, o chuveiro elétrico é o mais importante. Segundo Napolini et al. (2010), ele está presente em 73,1% do total de residências brasileiras, número muito maior se for contabilizado apenas a região sul, com 98,6% das residências com este tipo de equipamento (Figura 4), ele é responsável por 22% da fatura de energia elétrica do consumidor brasileiro, e por até 60% do consumo de energia elétrica em alguns horários de pico.

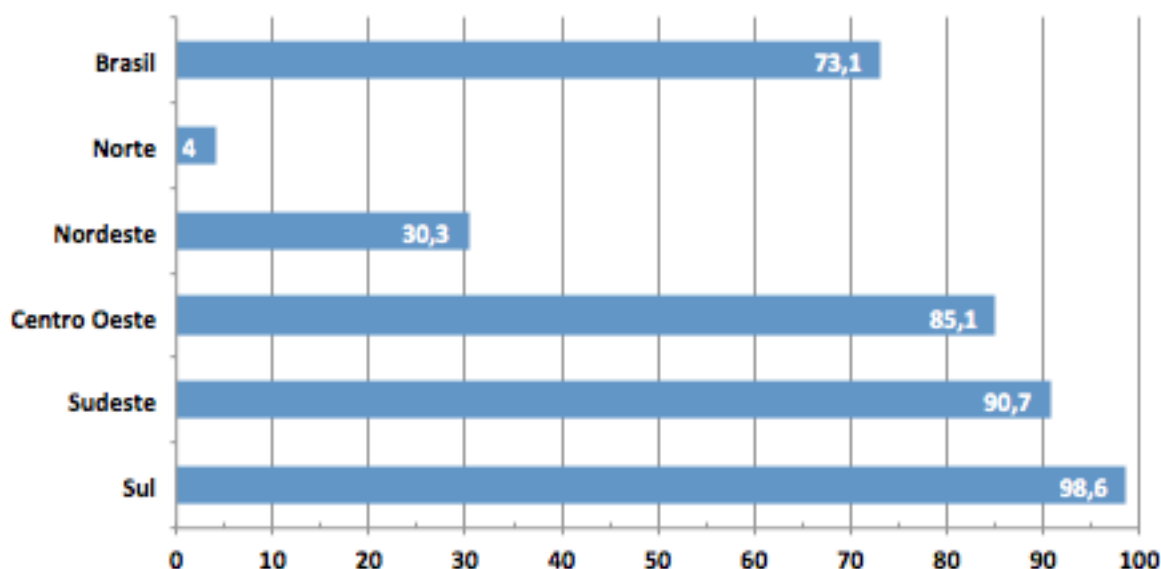


Figura 4 – Porcentagem de residências com chuveiros elétricos, por região do país.  
Fonte: Napolini et al. (2010).

Em trabalho sobre aproveitamento solar para aquecimento na região sul do país, Basso et al (2010) constataram que tecnologias mais simples – como a desenvolvida no estudo dos autores – são viáveis tecnicamente, alcançando a temperatura mínima para banho de 35°C, sempre que a radiação solar for superior a 3,5 kWh/m<sup>2</sup>. Esta radiação é inferior à média mínima para a região sul do país, de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>.

Considerando a adoção de dispositivos de aquecimento solar de baixo custo em todo o território nacional, os dados do IBGE com projeções do aumento populacional até 2020 (IBGE, 2012), e os valores médios de consumo de chuveiro elétrico pesquisados por Araújo e Belchior (2011), foi elaborada a Tabela 2, com projeções de economia potencial de eletricidade por substituição do chuveiro elétrico.

**Tabela 2** – Substituição de chuveiros elétricos: projeção da economia gerada por região.

Ano	Estimativa de economia (GWh/ano), por região					
	N	NE	CO	SE	S	Brasil
2012	1,6	603	1.099	14.241	7.602	23.546
2013	1,6	608	1.108	14.350	7.661	23.728
2014	1,7	612	1.116	14.455	7.717	23.902
2015	1,7	617	1.123	14.556	7.770	24.068
2016	1,7	621	1.131	14.653	7.822	24.228
2017	1,7	625	1.138	14.747	7.872	24.383
2018	1,7	629	1.145	14.837	7.920	24.533
2019	1,7	632	1.152	14.925	7.967	24.678
2020	1,7	636	1.158	15.010	8.013	24.818
2021	1,7	641	1.168	15.137	8.081	25.029
2022	1,7	646	1.176	15.237	8.134	<b>25.194</b>

Fonte: elaboração própria a partir de dados do IBGE (2012) e Araújo e Belchior (2011).

Os dados da Tabela 2 apontam um grande potencial de economia de energia elétrica a partir da utilização residencial, em larga escala, de sistemas de aquecimento solar de água. O potencial é de uma economia de 25.194 GWh ao ano, ou aproximadamente 2,8 GW instalados de fonte hidrelétrica.

Considerando-se uma meta de substituição de 50% dos chuveiros elétricos no país em 10 anos, por sistemas de aquecimento solar para a proposta de matriz elétrica sustentável, estima-se uma economia de 12.600 GWh em 2022, fato que geraria uma oferta adicional de cerca de 1,4 GW de energia naquele ano, equivalente a cerca de 25% da energia firme a ser obtida em Belo Monte.



## 3.2.2. Energia solar fotovoltaica: substituição e ou ampliação da oferta de energia elétrica

A possibilidade de instalação de painéis solares nos telhados das casas e nas fachadas dos prédios reduz a necessidade de espaço físico para a geração de energia. Estes sistemas distribuídos, no caso do aproveitamento fotovoltaico, poderiam ser interligados à rede elétrica convencional para atender à demanda energética de edifícios ou de residências. Quando a energia elétrica solar gerada é superior ao consumo, o excedente é injetado na rede e, caso seja inferior, é complementado pelo sistema interligado. A opção de interligação à rede, além de ampliar o conforto e a adesão de usuários – por garantir o provimento quando da ausência de energia solar – reduz os custos com instalações por não necessitar de baterias e outros componentes associados.

O custo dos sistemas solares fotovoltaicos tem sido reduzido com o aumento da escala de produção e da tecnologia aplicada. Segundo Hegedus e Okubo (2005), que analisaram custos de 47 sistemas isolados de 100 a 6600 W, de 1987 à 2004, esses sistemas apresentam uma tendência de redução de preços de aproximadamente 1 U\$/W ao ano, com custos variando, à época, entre 7 e 10 U\$/W. Pesquisa realizada pelo Programa de Sistemas Fotovoltaicos de Potência da Agência Internacional de Energia, confirma que os preços estão reduzindo ano após ano, e indica que os sistemas isolados tendem a custar aproximadamente o dobro quando comparados com sistemas conectados à rede. Para

sistemas conectados à rede os valores chegam à 6 U\$/W (IEA, 2012b).

Keshner & Arya (2004) estimaram a capacidade de produção que seria necessária para que uma fábrica de módulos fotovoltaicos de filme fino atingisse o custo de 1 US\$/Wp para um sistema fotovoltaico instalado. O resultado encontrado foi de 2,1 a 3,6 GWp, em função da tecnologia utilizada, com um investimento em torno de US\$500 milhões para uma geração de energia igual a 750 MW. Este resultado demonstra que o ganho de escala pode reduzir sensivelmente o custo de implantação de sistemas solares fotovoltaicos, e indica boas possibilidades para a adoção de incentivos por meio de políticas públicas de ampliação da participação deste modal na matriz elétrica.

Kamat (2007) aponta a importância da nanotecnologia no desenvolvimento tecnológico do aproveitamento solar, e reforça a ideia de se trabalhar com híbridos de dispositivos convencionais e solares, procurando uma solução economicamente viável. Segundo o autor: *“Embora a comercialização de células solares em larga escala baseadas em estruturas nanocelulares ainda não seja uma realidade, a crescente demanda para alternativas de energia limpa e o aumento de investimento do setor privado deverá trazer incríveis descobertas no desenvolvimento de dispositivos de conversão de energia solar economicamente viáveis”*.

Esta visão é corroborada por Fraidenraich (2012), para o qual o avanço tecnológico contribuirá para a melhoria de eficiência das células de silício mono ou policristalino, e filmes de silício<sup>4</sup>, e redução de preços via aumento da eficiência e fator de escala, contribuindo para um avanço significativo da fatia de mercado dos sistemas de geração fotovoltaicos no mundo.

No Brasil, a despeito da consecução de vários projetos demonstrativos ao longo dos últimos anos, a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica não é objeto dos relatórios do planejamento atual. A primeira iniciativa neste sentido é a contratação de um estudo, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, Chamada 13/2011), intitulado: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”, com prazo de 3 anos para apresentação de resultados. Por outro lado, estudo empreendido pela organização não governamental Greenpeace em conjunto com o GEPEA/USP (GREENPEACE, 2010) projeta a inserção de cerca de 43 GW de potencial solar fotovoltaico, em geração distribuída, instalados em 2050 no país.

Portanto, considerando a existência de iniciativas promissoras, como demonstra Lisita Junior (2005), a redução considerável nos preços das células solares, a existência de regulamentação para a geração descentralizada e conexão à rede elétrica convencional (Resolução ANEEL 482/2012), e a projeção de longo prazo do estudo do Greenpeace, estimou-se um potencial instalado em energia solar fotovoltaica distribuída de 5 GW em 2022.

---

4 As atuais tecnologias de geração solar fotovoltaicas utilizam células de silício amorfo, policristalino, de menor rendimento, monocristalino, de melhor rendimento e maior custo, ou filmes finos de silício, estes últimos com menor rendimento, porém com uma gama maior de aplicações, inclusive como revestimento de paredes e telhados. Há uma gama de novas tecnologias em estudo e desenvolvimento, porém, sem produção em escala comercial (FRAIDENRAICH, 2012).

### 3.3. Energia de biomassa

80

O termo biomassa se refere ao material de constituição dos seres vivos, sintetizado por meio de diferentes processos, para os quais a energia primordial se origina a partir da conversão fotossintética e se propaga ao longo da cadeia trófica (BAJAY e FERREIRA, 2005; GOLDEMBERG, 2008). Do ponto de vista da utilização energética da biomassa, alguns autores procuram separar o tempo de concentração da energia de forma a distinguir o que se estabelece como fonte renovável (oriunda de organismos de vida recente) e não renovável (petróleo e carvão).

No que tange ao aproveitamento da biomassa para fins energéticos, existem várias rotas tecnológicas para gerar eletricidade. Todas preveem a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica. As principais rotas tecnológicas são (MME, 2007):

- Conversão termoquímica: combustão direta, a gaseificação e a pirólise;
- Conversão bioquímica: digestão anaeróbia, a fermentação/destilação e a hidrólise;

- Conversão físico-química: compressão, extração e esterificação.

Atualmente, verifica-se um maior interesse pelas alternativas tecnológicas capazes de produzir energia elétrica a partir da biomassa devido à elevação das quantidades de resíduos resultantes das culturas agrícolas e a necessidade de seu descarte adequado, preferencialmente com aproveitamento econômico, e às pressões sociais por alternativas de geração de energia elétrica que provoquem menores impactos ambientais, em particular no que concerne à emissão de gases de efeito estufa.

Embora o emprego de biomassa sólida combustível para geração termelétrica seja comum, sua viabilidade econômica é altamente influenciada pela proximidade à fonte de produção, custos de transporte e manuseio, teores de umidade e sistemas de processamento e preparação para tecnologias mais eficientes.

As principais fontes de energia de biomassa no Brasil, e suas respectivas potências instaladas, podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3. Matriz de biomassa: empreendimentos em operação (Março/2012).

Combustível	Quantidade	Potência (kW)	%
Bagaço de Cana de Açúcar	348	7.267.988	80,73%
Licor Negro	14	1.245.198	13,88
Resíduos de Madeira	38	319.635	3,55
Biogás	18	76.308	0,85
Casca de Arroz	8	32.608	0,36
Capim Elefante	2	32.700	0,35
Carvão Vegetal	3	25.200	0,28
Óleo de Palmiste	2	4.350	0,05

Fonte: ANEEL (2012).

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

De acordo com Preto e Mortoza (2010), no médio e longo prazos, as melhores perspectivas do uso da biomassa para geração de energia no país envolvem a rota tecnológica que emprega a gaseificação aliada ao uso de turbinas a gás, principalmente em processos baseados na co-geração em ciclos combinados, devido aos altos índices de rendimento e eficiência energética alcançados no ciclo global.

Na Tabela 4 são apresentados valores potenciais para aproveitamento de energia elétrica a partir da biomassa, oriundos de levantamento realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011).

**Tabela 4** - Potencial de geração de bioeletricidade – 2010/11 a 2020/21.

Safra	Cana (t x10 <sup>6</sup> )	Total do bagaço produzido (t x10 <sup>6</sup> )	Potencial (MWh x10 <sup>6</sup> )
2010/11	750,1	187,53	33,8
2011/12	769,3	192,33	34,6
2012/13	788,0	197,00	35,5
2013/14	806,4	201,60	36,3
2014/15	824,7	206,18	37,1
2015/16	843,1	210,78	37,9
2016/17	861,4	215,35	38,8
2017/18	879,7	219,93	39,6
2018/19	898,0	224,50	40,4
2019/20	916,3	229,08	41,2
2020/21	934,6	233,65	42,1

Fonte: MAPA (2011).

O PDE 2022 aponta uma geração de 35 TWh oriunda de bioeletricidade, a partir de projetos existentes e ou contratados. Entretanto, o potencial de geração é maior, conforme apontado pelo MAPA (2010). A partir da disponibilidade da palha da cana de açúcar, além do bagaço, prevê-se potenciais da ordem de até 100 TWh no final dos próximos 10 anos.

Neste trabalho, consideramos um acréscimo de 50% ao valor já contratado de eletricidade da biomassa para o período, ainda que o potencial não termine integralmente aproveitado. Assim, projetamos uma geração de cerca de 80 TWh a partir da implantação de 15 GW médios até 2022.

## 4. Uma nova matriz elétrica para o Brasil: cenário de sustentabilidade

82

De acordo com as estimativas aqui empreendidas, com avanços notáveis na geração de eletricidade pelos modais eólico e solar, acompanhados de redução de consumo a partir de mecanismos de gestão de demanda e substituição de fontes (como a solar térmica em substituição a chuveiros elétricos no país), projeta-se um cenário em que o consumo geral de eletricidade é reduzido, em relação à projeção oficial, em cerca de 29%. Tal projeção se deve essencialmente a uma nova estimativa de consumo, com base numa redução da relação PIB x Consumo, e à inserção da energia solar de aquecimento em substituição a chuveiros elétricos, que contribuiria para uma redução de aproximadamente 4% na projeção de demanda para 2022. Esta iniciativa contribuiria também para uma redução da demanda de pico do sistema, reduzindo a necessidade de investimentos para atendimento a este uso.

O Plano Decenal de Energia para 2022 (EPE, 2013) aponta um crescimento de 57% da potência total instalada, de atuais 113 GW para 178 GW, sendo cerca de 40% em fontes já contratadas<sup>5</sup>, que entrarão em operação ao longo do período (predominantemente até 2018). Considerando apenas o percentual agregado em termos de fontes já contratadas, a potência instalada seria de 149 GW em 2022. De acordo com a EPE, a capacidade projetada (178 GW) atenderia a uma demanda da ordem de 672 TWh em 2022. Com base na projeção elaborada no presente estudo, a demanda poderia ser reduzida a 625 TWh, um valor 7,5% inferior ao projetado pela instituição oficial. Neste contexto, e mantendo-se os fatores de carga projetados pela EPE para 2022, projeta-se uma potência instalada de 162 GW para atendimento à demanda futura, ou seja, uma ampliação de apenas 43% sobre a potência instalada atual.

A nova matriz proposta aponta para uma potência instalada de 162 GW em 2022, o suficiente para atender à demanda projetada e possibilitar ações lastreadas de gestão de demanda e substituição tecnológica por fontes mais eficientes e sustentáveis (Tabela 5).

---

5 Aqueles que já passaram por aprovação de estudos de viabilidade técnica e econômica e licenciamento ambiental prévio, muitos deles já em construção.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



Tabela 5 – Matriz elétrica brasileira: atual, PDE 2022 e NOVA MATRIZ.

Fonte	Atual (MW)	Contratada PDE 2022 (MW)	PDE 2022 (MW)	Nova Matriz 2022 (MW)
Hidrelétrica (UHEs)	78.633	101.357	114.088	101.357
Gás Natural	9.942	13.065	14.065	13.065
Nuclear	2.007	-	3.412	2.007
Carvão mineral	2.125	3.205	3.205	-
Óleo combustível	3.195	-	3.563	-
Óleo diesel + gás de processo	2.111	1.658	1.658	-
Hidrelétrica (PCHs)	4.899	5.955	6.905	5.955
Biomassa (Bagaço de cana)	8.618	10.419	13.769	15.000
Eólica	1.805	13.063	17.463	20.000
Solar (fotovoltaica)	-	-	-	5.000
<b>Total</b>	<b>113.335</b>	<b>148.722</b>	<b>178.128</b>	<b>162.384</b>

Nota: não incluídos a importação (Itaipu) e auto-produção.

Fonte: elaboração própria a partir de dados da EPE (2013).

A matriz proposta contempla o descomissionamento (ou conversão) de todas as usinas a carvão mineral e óleo combustível, além da expansão das fontes eólica e solar fotovoltaica distribuída (ligada à rede). Pela proposta, mantém-se os projetos de ampliação já contratados (com exceção dos cerca de 8 GW previstos em termelétricas a carvão e óleo combustível), e acrescenta-se 30 GW em fontes solar, eólica e biomassa. Neste cômputo não foi considerada a expansão da geração nuclear, mantendo-se esta fonte com os cerca de 2 GW atuais. Desta forma, a energia nuclear operaria como uma reserva estratégica, podendo ser acionada em ocasiões futuras, num contexto de maior segurança deste modal.

Os cenários de oferta e demanda atual, do PDE 2022 (EPE) e da nova matriz proposta, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados comparativos entre projeções de matriz energética.

Cenários de oferta/demanda	Potencial (TW)	Geração média (TWh)	Índice de Perdas (%)	Demanda (TWh)	FCA*
Atual (2012)	113	955	16,1	467	0,58
PDE 2022	178	1.436	16,1	672	0,56
Nova Matriz 2022	162	1.253	10,0	625	0,55

\*Fator de Carga Ajustado

Para fins de comparação, foram calculados fatores de carga ajustados (FCA) de acordo com a Equação 1. A comparação entre os fatores de carga demonstra o potencial da “nova matriz” para o provimento da demanda, sem constrangimento do nível de atividade econômica.

$$FCA = D / O \cdot (1-ip) \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

D = Demanda de energia elétrica (TWh);

O = Oferta de energia elétrica (TWh);

ip = índice de perdas do sistema.

Note que a projeção do índice de perdas é reduzida na matriz proposta, dos atuais 16% para 10%, o que exigiria um investimento sistemático ao longo de toda a cadeia de geração e consumo de energia elétrica, com ênfase na transmissão e distribuição. Boa parte desta redução pode se consolidar a partir da introdução dos sistemas distribuídos e da medição inteligente, os quais aproximam a geração dos pontos de consumo e induzem mudanças de comportamento do usuário.

Na Figura 5 podem ser visualizadas as projeções de composição de matriz elétrica: atual, PDE 2022 (contratada) e a Nova Matriz, proposta neste estudo.

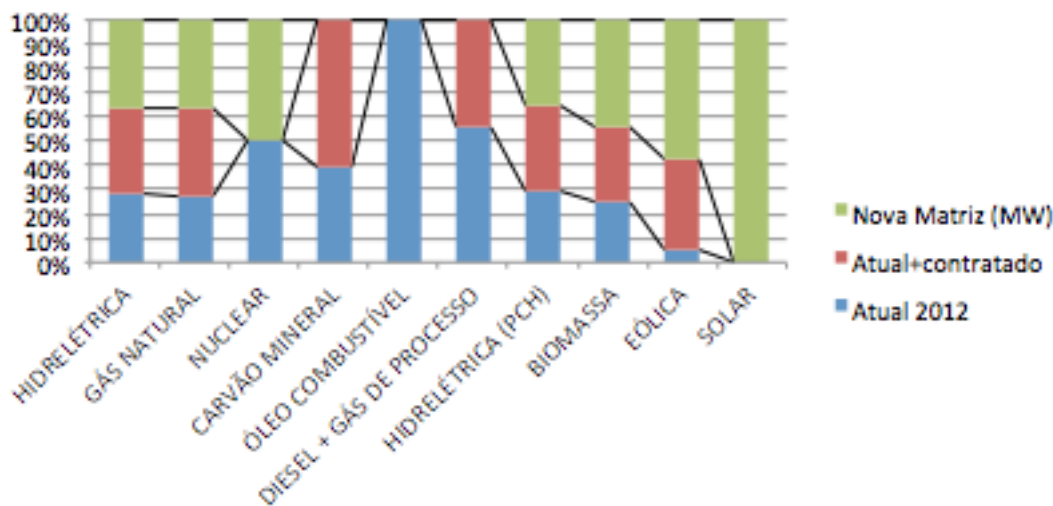


Figura 5 – Participação das fontes de energia elétrica nos cenários estudados.  
Fonte: elaboração própria a partir de dados da EPE (2013).

O gráfico da nova matriz proposta pode ser visualizado em específico na Figura 6.

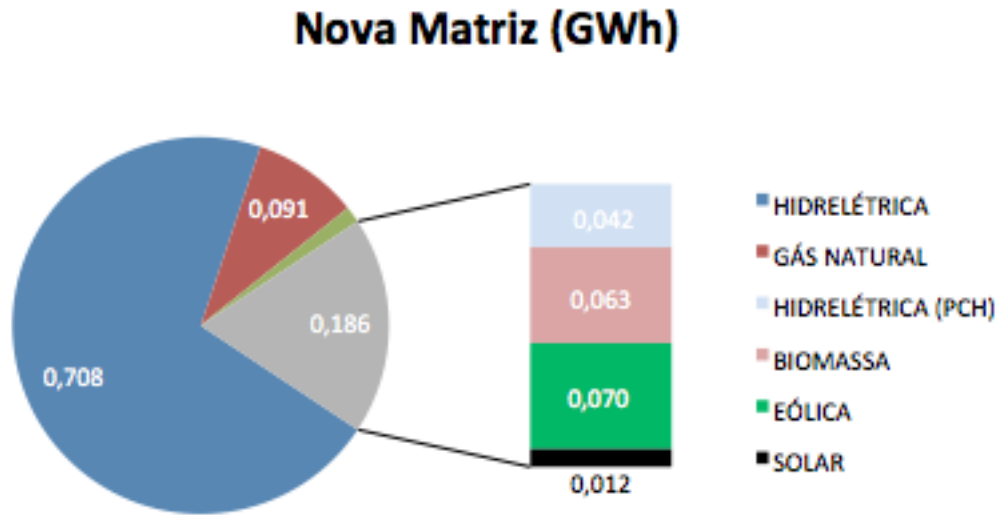


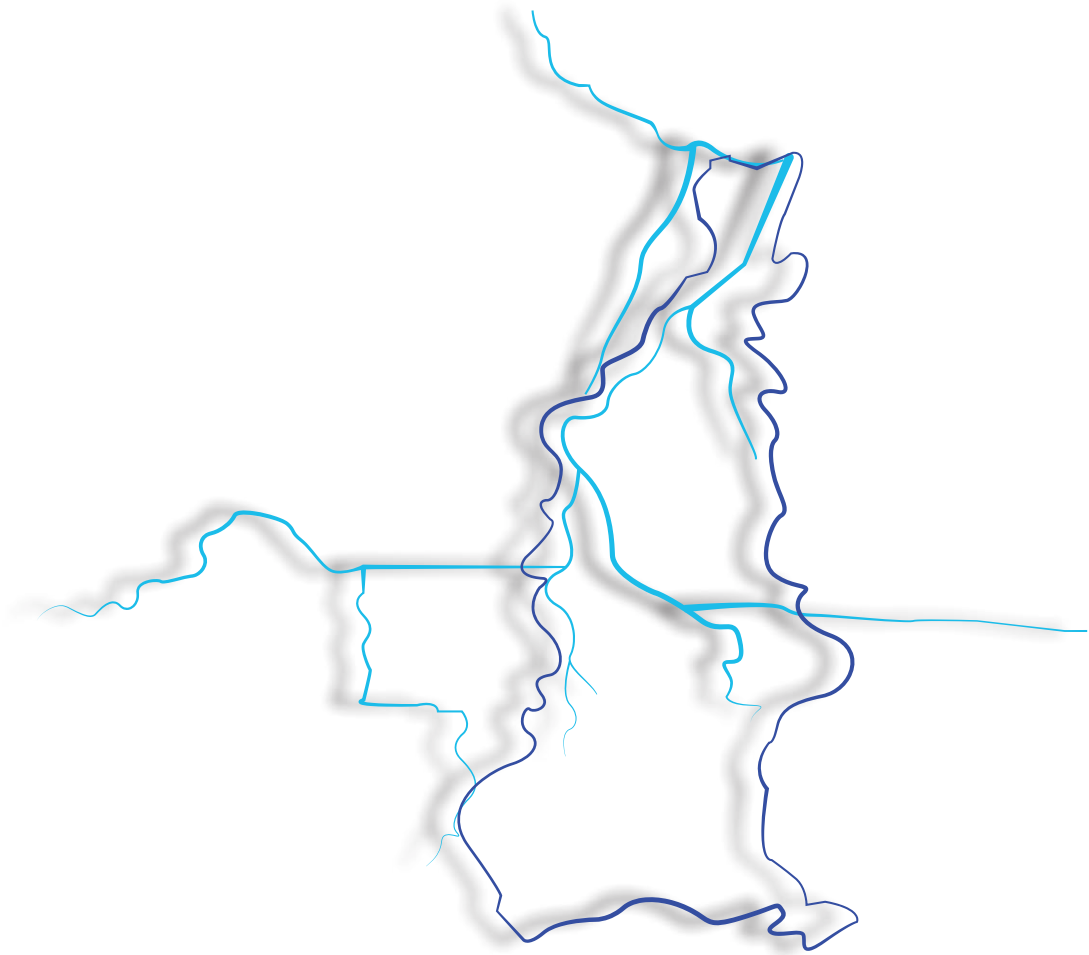
Figura 6. Gráfico ilustrativo da Nova Matriz proposta para 2022.

O exercício ora realizado, de projeção de uma matriz elétrica que caminhe para a sustentabilidade, demonstra a exequibilidade desta mudança, a qual exigiria um esforço do poder público e da sociedade em geral, seja no estabelecimento de políticas públicas que apoiem este modelo, por um lado, seja pela adesão consciente a este, por outro. Ressalta-se aqui o fato de que esta projeção eliminaria a necessidade de construção de algumas grandes obras hidráulicas na Amazônia – com exceção das que já foram contratadas – e postergaria o investimento de outras, permitindo uma avaliação mais criteriosa de projetos como o Complexo Hidrelétrico do Tapajós, à luz de uma análise abrangente e distante da pressão emergente da constrição de oferta.





# Capítulo IV



## Complexo Hidrelétrico do Tapajós: dados, contexto e análise

Thiago Carlos Lopes Ribeiro  
Célio Bermann  
Wilson Cabral de Sousa Júnior





Neste capítulo é apresentado um breve detalhamento do projeto do Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT) e de sua área de inserção, conforme relatório do estudo de viabilidade do empreendimento (ELETRONORTE, 2008), seu levantamento preliminar de impactos ambientais, além de levantamentos realizados em campo e análise de imagens de satélite. Discutem-se também alguns elementos do contexto do projeto, analisando-os à luz de sua efetividade e abrangência.

A justificativa para a implantação do CHT, de acordo com o estudo de viabilidade do empreendimento, se baseia nas projeções de restrição da oferta de energia elétrica no Brasil no médio e longo prazo, tendo em vista as taxas de crescimento econômico do país e os cenários preconizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério das Minas e Energia (EPE, 2012; EPE, 2011).

Nota: como a energia de origem hidráulica representa o modal mais consolidado na matriz elétrica do país, além de possuir um custo relativo inferior aos demais, o investimento em projetos hidrelétricos sempre sobressai no planejamento do setor. Para este planejamento, no entanto, mantém-se a visão do atrelamento da demanda energética ao Produto Interno Bruto (PIB), além de se considerar os índices de custo dos modais elétricos sem incorporar as externalidades de cada um. Uma discussão sobre este assunto encontra-se no Capítulo 3 desta publicação.

## 2. Localização

90

O Complexo Hidrelétrico do Tapajós situa-se na bacia do rio Tapajós, que, conforme a classificação da ANEEL, é integrante da Bacia 1, do rio Amazonas – (Figura 1).

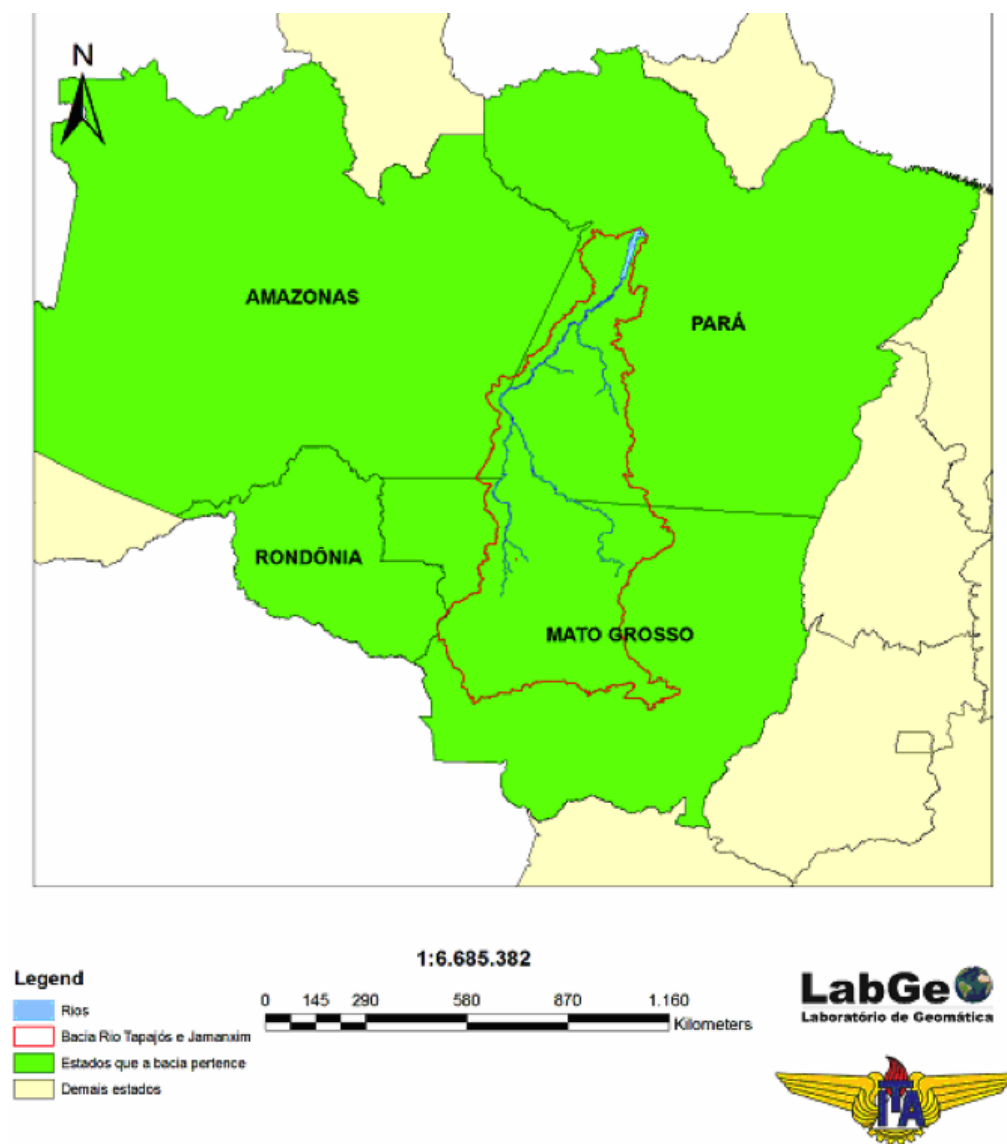


Figura 1 - Localização da Bacia do Tapajós

A bacia do Tapajós está localizada em meio aos estados de Mato Grosso, Pará, Amazonas e Rondônia, na região norte do Brasil. A bacia compreende as sub-bacias do alto, médio e baixo Teles Pires, Juruena e Tapajós, a bacia do rio Jamanxim e a bacia do rio Arinos.

Os aproveitamentos hidrelétricos do CHT estão localizados sobre regiões de alta hidrodinâmica dos rios Tapajós e Jamanxim, caracterizados por corredeiras, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



Figura 2 – Trecho das cachoeiras de São Luís do Tapajós em época de seca.

Foto: Fábio de Novaes Filho

O inventário de potenciais hidrelétricos do rio Tapajós levantou diversos pontos de interesse na bacia, ao longo dos rios Tapajós e Jamanxim. Após análise destes potenciais pontos de aproveitamento hidrelétrico, em que se consideraram fatores como o índice de custo/benefício, as possíveis áreas alagadas e alguns impactos ambientais, foram estabelecidos 7 aproveitamentos hidrelétricos (AHE) a realizar: AHE Chacorão, AHE Jatobá e AHE São Luis do Tapajós, no rio Tapajós; e AHE Cachoeira do Caí, AHE Jamanxim, AHE Cachoeira dos Patos, e AHE Jardim do Ouro, no rio Jamanxim.

A ELETROBRÁS (2012), empresa que participa do planejamento energético brasileiro, após a atualização do inventário do Tapajós, apontou a execução do que passou a chamar de Complexo Hidrelétrico do Tapajós, com a configuração de 5 aproveitamentos: AHE Jatobá e AHE São Luis do Tapajós, no rio Tapajós; e AHE Cachoeira do Caí, AHE Jamanxim, AHE

Cachoeira dos Patos. Este é o arranjo considerado no presente texto.

De acordo com a empresa (ELETROBRÁS, 2012), o CHT seria executado segundo um novo conceito construtivo: o das Usinas Plataforma<sup>1</sup>. O Quadro 1, ao final deste texto, apresenta considerações sobre este conceito.

Os reservatórios ocupariam áreas dos municípios de Itaituba, Jacareacanga, Trairão e Novo Progresso. Os projetos de aproveitamentos localizados no rio Tapajós são o AHE São Luís do Tapajós, com eixo do barramento na localidade de Pimental, próximo às cachoeiras de São Luís do Tapajós, tendo à margem esquerda o Parque Nacional da Amazônia; e o AHE Jatobá situado a cerca de 1 km à jusante da localidade de Jatobá e das ilhas Tureba, imediatamente à montante das ilhas e cachoeiras do Mangabal. Localizados no Jamanxim estão

<sup>1</sup>Complexo hidrelétrico do Tapajós: dados, contexto e análise.

os AHE Cachoeira do Caí, localizado entre a cachoeira do Caí e a corredeira Laje Grande; o AHE Jamanxim, a cerca de 1,5 quilômetros à jusante da corredeira Portão do Inferno; e o AHE Cachoeira dos Patos, localizado imediatamente a montante da cachoeira dos Patos, a montante da foz do Igarapé Cazuo (ELETRONORTE, 2008).

Os pontos dos barramentos e uma ilustração dos reservatórios do CHT podem ser visualizados na Figura 3.

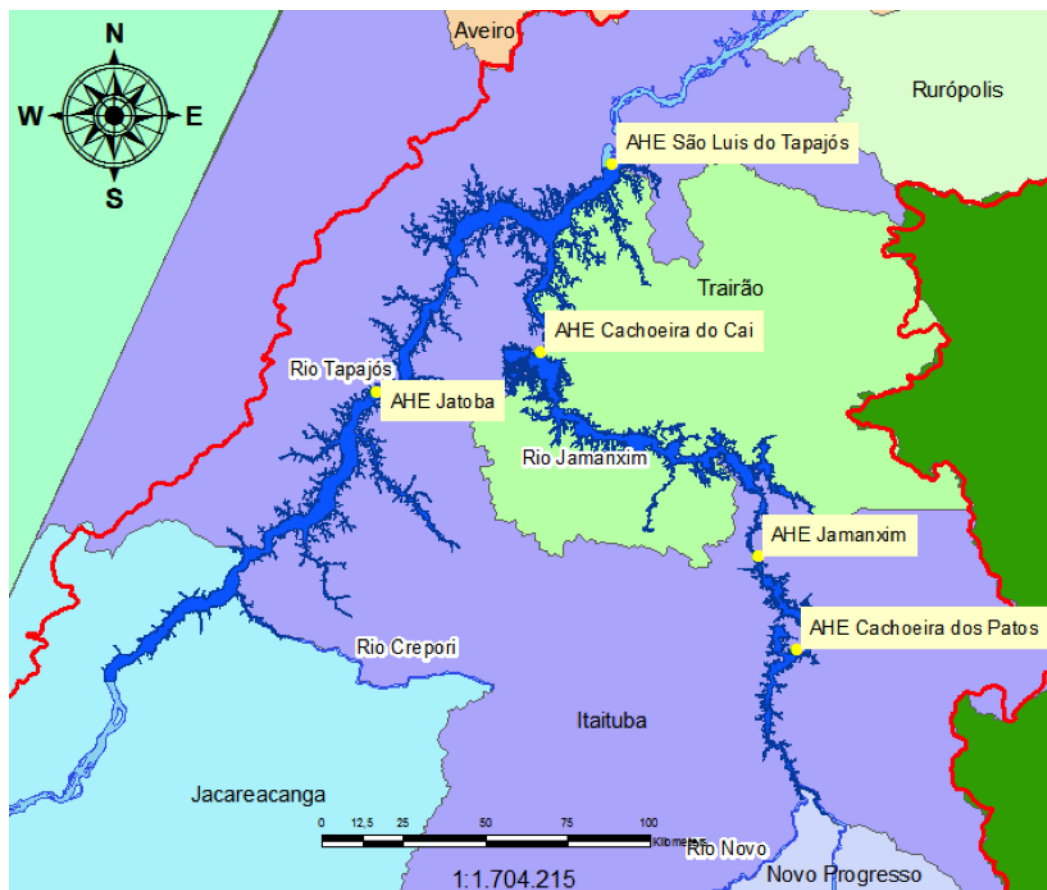


Figura 3 - Localização dos barramentos e reservatórios do CHT.

### 3. Aspectos técnicos do empreendimento

O empreendimento configura-se com 5 barramentos, alagando uma área total de 1979,5 km<sup>2</sup>, localizado em uma região rica em unidades de conservação, que, somadas às terras indígenas, perfazem uma área total de 200.480 km<sup>2</sup>. De acordo com a ELETRONORTE (2008), o **AHE São Luís do Tapajós**, no rio Tapajós, teria 6.133 MW de potência instalada distribuída por 33 turbinas do tipo Kaplan. Este é o maior dos reservatórios a serem construídos e estaria localizado imediatamente a montante das cachoeiras de São Luís do Tapajós. O AHE São Luís do Tapajós teria duas casas de forças: uma principal, alimentada por um canal de adução ligadas a 31 turbinas do tipo Kaplan, aproveitando o desnível natural; e à jusante, seriam utilizadas 2 turbinas de mesmo tipo em um segundo arranjo.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



O reservatório do AHE São Luís do Tapajós teria nível d'água máximo de 50 metros e área de 722,25 km<sup>2</sup>. A energia firme projetada para este aproveitamento é de 3.369 MW.

O AHE **Jatobá**, também no rio Tapajós, teria uma potência instalada de 2.338 MW distribuídos em 40 turbinas do tipo Bulbo. Seu reservatório ocuparia uma área de 646,3 km<sup>2</sup> com nível máximo na cota de 66 m. A energia firme a ser gerada seria de 1.282 MW.

No rio Jamanxim, o AHE **Cachoeira do Caí** contaria com uma potência instalada de 802 MW distribuídos em 5 turbinas Kaplan. Seu reservatório atingiria nível máximo na cota de 85 metros, ocupando uma área de 420 km<sup>2</sup>.

A energia firme do aproveitamento seria de 418 MW. Ainda no rio Jamanxim, o AHE **Jamanxim** teria 881 MW de potência instalada, distribuídos em 3 turbinas do tipo Francis. Seu reservatório atingiria uma área de 74,75 km<sup>2</sup>, em cota de 143 metros e energia firme de 475 MW.

Por fim, o AHE **Cachoeira dos Patos**, também no rio Jamanxim, tem potência projetada de 528 MW distribuída em 3 turbinas do tipo Kaplan. Seu reservatório atingiria nível máximo a uma cota de 176 metros, ocupando uma área de 116,5 km<sup>2</sup>. A energia firme deste empreendimento está projetada em 272 MW.

Uma síntese dos aspectos técnicos dos aproveitamentos do CHT é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Características técnicas dos AHE do Complexo Hidrelétrico do Tapajós

Nome	São Luiz do Tapajós	Jatobá	Cachoeira do Caí	Jamanxim	Cachoeira dos Patos
Rio	Tapajós	Tapajós	Jamanxim	Jamanxim	Jamanxim
Área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	452.783	386.711	56.661	39.888	38.758
Área de alagamento (Km <sup>2</sup> )	722,25	646,3	420	74,45	116,5
Vazão média de longo termo (m <sup>3</sup> /s)	11.890	10.423	1940	1.366	1.327
Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s)	7.553	4.014,15	3.418,00	1.004,76	696,84
Energia Firme (MW)	3.369	1.282	418	475	272
Potência instalada (MW)	6.133	2.338	802	881	528
Custo total (10 <sup>6</sup> R\$)	18.159,93	7.856,36	2.017,22	1.937,79	1.480,15

Obs.: custos em reais no ano de 2008, não corrigidos.

Fonte: adaptado de ELETRONORTE (2008).

## 3.1. Empreendimentos associados ao CHT

A análise ambiental preliminar contida no Inventário da bacia do rio Tapajós menciona a necessidade de construção de alguns empreendimentos, os quais, apesar de parcialmente inseridos no planejamento de custos da obra, não foram totalmente contemplados em termos de seus próprios aspectos ambientais. O estudo deixa clara a não inclusão das linhas de transmissão no orçamento base.

A faixa de passagem de ocupação de uma linha de transmissão em 500 kV pode ter em torno de 65 a 100 metros de largura, por longas extensões. Essas dimensões muitas vezes comprometem sítios arqueológicos, aldeias indíge-

nas, parques florestais ou reservas ecológicas (Borenstein e Camargo, 1997).

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

A Tabela 2 relaciona essas edificações e suas respectivas finalidades.

Tabela 2 – Características técnicas dos AHE do Complexo Hidrelétrico do Tapajós

Empreendimento	Finalidade
Linhas de transmissão das usinas	Interligação ao sistema elétrico nacional.
Portos fluviais de apoio às obras	Abastecimento geral das obras.
Vilas residenciais no entorno dos canteiros de obras ou nas proximidades das cidades da região	Abrigar a mão-de-obra envolvida na construção.
Novas estradas e pontes sobre áreas a serem inundadas, especialmente ao longo da rodovia BR-230.	Atender às necessidades do empreendimento e manutenção das vias de acesso local consolidadas.

A implantação destas obras requer um estudo mais criterioso, visando obter um planejamento com redução máxima dos impactos negativos. Identificação dos impactos socioeconômicos e ambientais, opções de atenuação e acomodação social, consultas públicas e alternativas de melhorias ambientais são alguns dos itens vinculados a esse planejamento. O custo destas atividades não está devidamente incluído no orçamento geral apresentado no Inventário.

Como todo empreendimento hidrelétrico de grande porte localizado na região amazônica, diversos grupos sociais seriam afetados, direta ou indiretamente, promovendo a ocorrência de conflitos locais. Dentre os grupos que seriam afetados, podemos citar: população urbana e rural, comunidades tradicionais ribeirinhas e não ribeirinhas, quilombolas, povos indígenas de diferentes etnias, proprietários e trabalhadores rurais, associações e movimentos sociais, dentre outros.

Os impactos a serem causados por esses empreendimentos podem variar de favoráveis a desfavoráveis, dependendo do ponto a ser discutido dentro de cada grupo social. Comunidades tradicionais se apresentam como sendo mais frágeis aos impactos negativos no que diz respeito à posse da terra, realocação de famílias e indenização. No caso das áreas urbanas, há um receio em relação ao contingente populacional que seria acrescido aos núcleos urbanos, pela precariedade de infraestrutura em todos os segmentos públicos. Por outro lado, há um certo otimismo por parte dos comerciantes desses núcleos em relação ao crescimento do setor, devido ao aumento populacional. Há também, em geral, uma aceitação maior da população urbana em relação ao empreendimento, devido a uma expectativa de melhoria da qualidade de vida nas cidades, induzida por campanhas publicitárias em favor da construção do complexo hidrelétrico.

As populações ribeirinhas se localizam ao longo dos rios Tapajós e Jamanxim e seus afluentes

em ambas as margens. No caso das não ribeirinhas, estas se encontram predominantemente no território da bacia do rio Jamanxim, ao longo da rodovia BR-163. A maioria das famílias destas comunidades não apresenta a posse legal da terra<sup>2</sup>, mas há um movimento de organização das mesmas, na criação de associações que buscam lutar pela posse, dentre outras questões relevantes. Tais comunidades compreendem cerca de 39 núcleos e estão distribuídas entre os municípios de Itaituba, Jacareacanga, Trairão e Novo Progresso.

As bacias do Tapajós e Jamanxim apresentam uma alta pluralidade étnica associada à população indígena que lá vive. Munduruku, Apiaká, Tupinambara, Cumaruara Maytapu, Tapajó, Cara-preta, Arapium, Arara-vermelha e Jaraqui, são algumas designações para grupos étnicos ali encontrados. Em sua grande maioria, os assentamentos indígenas se encontram nas margens de afluentes dos rios Tapajós e Jamanxim. Os assentamentos podem variar de comunidades exclusivamente indígenas, ou comunidades que apresentam uma parcela da sua população de origem indígena, como em São Luís do Tapajós.

Nessa região há predominância da etnia Munduruku. Caracterizada, dentre outros fatores, pela sua grande mobilidade e dispersão territorial, os Munduruku estão principalmente localizados na TI Munduruku, mas diversos assentamentos podem ser encontrados por toda extensão das bacias do Tapajós e Jamanxim.

2 Em 2009 foi instituído o programa Terra Legal Amazônia, com a finalidade de titular a propriedade de terras públicas federais ocupadas por posseiros na Amazônia Legal, além de regularizar terras em meio urbano nos municípios da Amazônia Legal.

Algumas comunidades indígenas isoladas ou em processo de demarcação de terras serão afetadas diretamente pelas usinas do CHT. As TI Munduruku e Sai Cinza, à montante do AHE Jatobá seriam indiretamente afetadas pelo empreendimento. No entanto, seriam diretamente afetadas caso viesse a ser construído o AHE Chacorão, empreendimento previsto para localização à montante do AHE Jatobá.

Os impactos provocados por empreendimento hidrelétrico do porte das usinas do CHT influenciam as populações tradicionais e indígenas de diversas formas. O modo de vida é afetado quando há realocações, porém, mesmo não havendo, a alteração do ambiente aquático, a perda de áreas que representam valores culturais e espirituais, além de impactos negativos na qualidade e quantidade de caça, terras cultiváveis e na manutenção da saúde, são fatores a serem considerados.

### 3.3. Possíveis alterações no projeto do CHT: novo arranjo de usinas?

O projeto do CHT, conforme apresentado pela ELETROBRÁS (2012), compreende, como já mencionado, 5 aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Tapajós: AHE São Luis do Tapajós e AHE Jatobá, no rio Tapajós; e AHE Cachoeira do Caí, AHE Jamanxim e AHE Cachoeira do Caí, no rio Jamanxim. Neste arranjo ficariam de fora outros dois aproveitamentos apontados nos estudos de inventário da bacia, o AHE Chacorão, no rio Tapajós, e o AHE Jardim do Ouro, no rio Jamanxim. No entanto, a Resolução 3/11 do CNPE (2011) aponta como prioritário um outro arranjo, que mantém os aproveitamentos do rio Tapajós, incluindo nestes o AHE Chacorão, e retira os aproveitamentos pré-definidos no rio Jamanxim, além de incluir o AHE Jardim do Ouro naquele rio.

Seriam, portanto, quatro, e não cinco, as usinas do Complexo Hidrelétrico do Tapajós a serem empreendidas prioritariamente. No entanto, este “novo” arranjo aumenta em 21% a área a ser alagada pelos reservatórios e registra um aumento de apenas 13% na energia firme a ser gerada, considerando os dados do Inventário do Tapajós.

Somado a isso, o AHE hacorão inundaria parte de duas Terras Indígenas: as TIs Munduruku e Sai Cinza, no município de Jacareacanga, trazendo um novo elemento de conflito em relação ao arranjo preliminar.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

## 3.4 .O conceito de Usinas-Plataforma

Anunciado como a grande revolução na construção de usinas hidrelétricas na Amazônia, o conceito de “*usinas-plataforma*” foi apresentado como uma inovação em termos de construção e operação de hidrelétricas a ser adotado pela Eletrobrás para tornar esses empreendimentos “*ainda mais sustentáveis*”. Conforme o texto do “Conteúdo especial publicitário”, assim como foi denominado o seu encarte pela Eletrobrás, “(...) *o conceito das usinas-plataforma harmoniza a construção e a operação de hidrelétricas com a conservação do meio ambiente*”. As etapas consideradas no conceito seriam:

1. Desmatamento cirúrgico - A preparação da obra começaria com intervenção mínima na natureza, restrita à área da usina. Não haveria grandes canteiros de obras associados a vilas residenciais para os trabalhadores, como no método tradicional.
2. Trabalho por turnos - Ao longo da construção, as equipes de funcionários se revezariam em turnos longos, a exemplo das plataformas de petróleo. O pessoal que estiver no turno ficaria acomodado em alojamentos temporários no local da obra.
3. Recomposição do local - Na conclusão da hidrelétrica, o canteiro de obras seria totalmente desmontado. Todos os equipamentos, construções e trabalhadores que não forem essenciais e indispensáveis à operação da usina seriam retirados do local.
4. Reflorestamento radical – Paralelamente à construção, seria iniciada a recuperação do ambiente. A área seria reflorestada e, na operação da usina, o trabalho por turnos continuaria, com o transporte do pessoal feito, prioritariamente, por helicóptero.

A respeito deste conceito, o qual foi apresentado com um grau de abstração muito elevado, já que não há um detalhamento das operações necessárias à sua validação, é interessante conhecer algumas ponderações críticas (vide Quadro 1).

Quadro 1: Uma visão crítica do conceito de usinas-plataforma

### Usinas-Plataforma: sustentabilidade ou marketing ?

Anunciadas como a grande revolução na construção de usinas hidrelétricas na Amazônia, as “*usinas-plataforma*” foram apresentadas como um novo conceito de construção e operação de hidrelétricas a ser adotado pela Eletrobrás para tornar esses empreendimentos “*ainda mais sustentáveis*”, conforme o colorido encarte amplamente divulgado na região da bacia do rio Tapajós sob o título “*Hidrelétricas do Bem*”. No entanto, pouco se conhece em seus detalhes, o que se pretende conceituar como Usina-Plataforma. Embora se verifique uma preocupação quanto aos impactos durante o período de construção e operação, o certo é que tal concepção provoca a necessidade de uma profunda e significativa alteração na logística das obras de infraestrutura, numa região de grande fragilidade ecossistêmica. E, por outro lado, os deslocamentos de ma-



teriais de obra e equipamentos eletromecânicos, e de pessoal por via aérea e fluvial, para evitar a construção de estradas de acesso por terra, embora possíveis, certamente incorreriam em altos custos para a implantação dos projetos hidrelétricos. Uma questão a considerar é a pressão de ocupação gerada na região já a partir do anúncio da construção de usinas hidrelétricas como o Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Inicia-se nestes momentos uma corrida oportunista por postos de trabalho e outras frentes de exploração, responsável por parte não desprezível dos impactos quando da ausência ou carência de estruturas de governança. Sobre o aspecto das áreas ocupadas para os canteiros de obras das hidrelétricas na Amazônia, o passado recente nos apresenta lições. O projeto do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no rio Xingu, indicava uma área de 516 km<sup>2</sup> a ser comprometida pela formação do reservatório, conforme preconizava o Estudo de Impacto Ambiental da obra. No entanto, o edital de licitação continha a informação de que o lago da usina abrangeria uma área de 668 km<sup>2</sup>. Posteriormente, em 20 de dezembro de 2011, uma resolução da ANEEL declarava de Utilidade Pública uma área de 2.823,7 km<sup>2</sup>, a título de área necessária para os canteiros de obras, vias de acesso, alojamentos, estações de tratamento de água, outras instalações e reassentamento. Ou seja, a área total para a implantação do complexo foi da ordem de 5,5 vezes a área indicada para ocupação do reservatório, situação que se repete em outros projetos similares. Por fim, a preservação dos ecossistemas amazônicos, e a manutenção dos serviços ambientais que os rios amazônicos possibilitam, não parecem estar sendo considerados no conceito de usinas-plataforma proposto para a implantação das usinas hidrelétricas na bacia do rio Tapajós. A ausência de maiores detalhes com respeito às informações sobre custos e logística acaba por transformar o conceito das usinas-plataforma em mera peça de propaganda, acarretando completo descrédito em relação às suas intenções.

## 4. Considerações acerca do Complexo Hidrelétrico do Tapajós

O planejamento da expansão do setor elétrico brasileiro é tratado em um meio hermético e pouco acessível a questionamentos pela sociedade. A gênese do caso do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, desde sua concepção original até a fase atual, demonstra a falta de transparência e as vicissitudes da tomada de decisão neste setor, simbolizadas pela condução das atividades do Conselho Nacional de Política Energética no que concerne à indicação do arranjo prioritário de investimento em usinas na bacia do rio Tapajós. Assim, ora se trabalha com um arranjo, ora se trabalha com outro, turvando a visão da sociedade sobre os empreendimentos que efetivamente estão sendo considerados nos projetos de expansão da geração de energia no país.

A utilização do conceito de “usinas-plataforma”, sem um detalhamento da operacionalização do mesmo, corrobora o questionamento em torno da proposta: mais parece se tratar de um elemento de publicidade para a divulgação do empreendimento, e arrefecimento da crítica ambiental, do que um conceito balizado cientificamente e socialmente crível.

Os estudos associados ao inventário dos potenciais de geração hidrelétrica na bacia do rio Tapajós foram segmentados (o estudo ora apresentado refere-se à região do médio-baixo Tapajós). Desta forma, perde-se o contexto da análise sistêmica dos eventuais impactos dos projetos e a capacidade de prevenção e ou mitigação dos impactos sinérgicos, associados a outras obras e frentes de infraestrutura projetadas para a região.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



## Parte III

# Elementos para a análise de viabilidade do Complexo Hidrelétrico do Tapajós





# Capítulo V



## Análise econômico-ambiental do complexo hidrelétrico do Tapajós

Wilson Cabral de Sousa Júnior  
Thiago Carlos Ribeiro





# 1. Introdução

A exploração de seu potencial hidrelétrico foi um grande diferencial na política energética brasileira a partir da década de 1960. Entretanto, alcançado o aproveitamento da maior parte do potencial hidrelétrico das regiões sul, sudeste e centro-oeste, o planejamento com foco quase exclusivo no modal hidráulico mostra sinais de anacronismo. Neste contexto, os planos decenais de energia têm apontado para a exploração da última fronteira da geração hidrelétrica, a partir da retomada de grandes projetos na região amazônica.

Assim, sob pressões e questionamentos, o Governo Federal estabeleceu arranjo com predominância de recursos estatais para garantir a execução do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no Rio Xingu (PA). E diante de um cenário de restrição de oferta de energia elétrica, catalisado por situações climáticas atípicas, com baixos índices de precipitação, e consequente baixa acumulação para geração hidrelétrica, investe no projeto do Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT). O empreendimento, que vem sendo estudado há

vários anos, compreende a geração hidrelétrica a partir de um arranjo de 5 usinas na parte mais baixa da bacia do rio Tapajós, com reservatórios cobrindo cerca de 2.000 km<sup>2</sup>, e potência instalada de aproximadamente 4.555 MW.

A cena da implantação do CHT envolve uma grande área associada a Unidades de Conservação e Terras Indígenas, em uma região de reconhecida importância ecológica, fatores que permitem antever a dimensão dos impactos do empreendimento.

Neste contexto, o presente trabalho procura avaliar o projeto de implantação do CHT, trazendo informações sobre aspectos econômicos, de produção e consumo energético, levando em consideração alguns fatores de custos socioambientais. A análise realizada procurou identificar os custos e os benefícios reais que a construção do Complexo poderia trazer, além de estabelecer cenários de risco ao investimento no projeto, incorporando aspectos não considerados nas projeções oficiais.

## 2. Concepção metodológica

A partir da identificação dos dados e informações socioeconômicas e ambientais existentes, inclusive as levantadas nos estudos oficiais de inventário do Tapajós, foi elaborada uma avaliação sócio-econômico-ambiental do projeto, baseada em uma análise ampliada de custos e benefícios, à qual se incorporam algumas das externalidades socioambientais associadas ao empreendimento.

Na perspectiva adotada neste trabalho, o empreendimento é avaliado a partir de seus custos e benefícios privados acrescidos das estimativas de externalidades sociais, expandindo o universo reduzido do empresário e evitando a perspectiva meramente arrecadadora do Estado. Assim, busca-se atribuir valor aos custos sociais não computados na análise privada, de forma a interiorizar estes custos, ou, ao menos, explicitá-los, deixando claro para a sociedade quem usufrui dos benefícios e quem paga (ou pagará) os custos do empreendimento. Na abordagem utilizada neste trabalho, o custo social será determinado a partir dos valores associados ao aumento de gastos públicos e privados com tratamento da água, perdas de atividades econômicas, perdas de ictiofauna, perdas de qualidade ambiental, dentre outros.

A ACB a ser empreendida neste estudo é sintetizada pela Equação 1.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t - CS_t)}{(1+r)^t} \quad (\text{eq. 1})$$

Em que,

**VPL** = Valor Presente Líquido, resultante da análise. Valores de  $VPL > 0$  indicam viabilidade do empreendimento;

**n** = total de tempo da análise (no caso, a unidade de tempo são os anos de vida útil econômica do empreendimento);

**t** = tempo presente em análise;

$B_t$  = soma dos benefícios no ano “t”;

$C_t$  = soma dos custos do empreendimento no ano “t”;

$CS_t$  = soma dos custos socioambientais no ano “t”;

**r** = taxa de desconto adotada na análise.

Adicionalmente será utilizada na análise a Taxa Interna de Retorno (TIR) do empreendimento, obtida a partir de um conjunto de iterações da Equação 2, para definir a taxa de retorno “r”, quando se atribui ao VPL o valor “zero”. A TIR pode ser interpretada como sendo igual à taxa de retorno que torna o VPL nulo.

Tanto o VPL da análise de custos e benefícios, quanto a TIR, são os objetos da análise de viabilidade econômica para os projetos de usinas hidrelétricas desenvolvidos no país, justificando assim sua escolha.

## 2.1. Valoração

Podemos distinguir três grupos de valores que irão compor a análise custo-benefício (ACB) do empreendimento em questão. O custo total associado ao empreendimento, conforme apontado pelo Inventário da bacia do Tapajós, compõe o primeiro grupo. O segundo é constituído pelos benefícios auferidos pelos empreendedores com a venda da energia, a partir da operação efetiva das usinas hidrelétricas. O terceiro grupo está associado ao custo social, ou às externalidades socioambientais do empreendimento (perdas de qualidade ambiental, ictiofauna, emissões de carbono, etc.).

Para a valoração dos custos socioambientais foram utilizados mecanismos apropriados a cada caso. As perdas cujos valores são passíveis de mensuração pelo mercado serão determinadas a partir de pesquisa local e de referências regionais. É o caso da pesca (ornamental

e artesanal), dos produtos madeireiros e não madeireiros, dentre outros. As emissões de carbono, oriundas dos insumos da obra (ex.: concreto), ou da biomassa retirada da área alagada, foram estimadas a partir de levantamentos sistemáticos e referências secundárias, e valoradas por meio de mercado de carbono.

No caso de bens ou serviços para os quais não há mercado, porém estejam associados a funções do tipo dose-resposta, foram determinadas estas funções para estimar os valores. Nesta categoria se enquadram alguns serviços ecossistêmicos e impactos ao ambiente natural, como a liberação de metais (mercúrio) do solo, após episódios de desmatamento. Para os valores associados às perdas para as quais não há mercado ou parâmetro indireto de mensuração, foram utilizados valores de referência levantados em pesquisa bibliográfica.

### 2.1.1. Custos do empreendimento

De acordo com os dados do inventário de potenciais hidrelétricos da bacia do Tapajós (ELETRONORTE, 2008), o custo global estimado para a implantação do CHT é de US\$ 19,8 bilhões. Os custos de operação e manutenção são estimados em US\$ 62 milhões ao ano, ao longo da vida útil das usinas.

Os custos do sistema de transmissão, os quais deveriam compor uma análise compreensiva

dos empreendimentos, não foram inseridos neste estudo, uma vez que o inventário do potencial hidrelétrico não os considerou. Uma análise posterior deve ser estabelecida, com a inserção destes custos, tão logo haja referências para estes valores. A incerteza existente sobre o traçado do sistema de transmissão, e, conseqüentemente, sobre seus custos, é, possivelmente, uma explicação para a ausência destes valores nos estudos do inventário.

## 2.1.2. Custos socioambientais

Os fatores de custo a seguir relacionados correspondem a custos que não constam da estimativa apresentada pelo inventário de potencial hidrelétrico, mas que são importantes na caracterização global do empreendimento e devem ser considerados na análise de viabilidade econômica. Tratam-se das externalidades do empreendimento e foram consideradas na análise.

(a) Custos de perdas na atividade pesqueira – A pesca caracteriza-se por ser uma atividade de importância social e econômica para a região. Com a construção e operação da usina, tanto a pesca de peixes ornamentais como a artesanal e a pesca profissional serão afetadas. A formação do reservatório altera o ambiente hídrico e suas características físico-químicas. Além disso, a interrupção da migração de peixes e da mobilidade de pescadores é outro fator que afetará a produção deste setor. Levantamento realizado na região, no âmbito deste trabalho, apontou a existência de 18 pescadores de peixes ornamentais, os quais praticam preço médio de US\$2,45 por unidade, com produção de aproximadamente 6.700 unidades/ano. Para o comércio de pescado, os números divergem entre os dados levantados em campo (495 pescadores artesanais, com rendimento médio de 6.400 Kg de pescado por pescador/ano, resultando em uma captura da ordem de 3.168 t/ano) e os números da última estatística pesqueira existente para a região (1.161 toneladas desembarcadas em Santarém, em 2008). Como os dados da estatística pesqueira foram validados pela Secretaria de Pesca e Aquicultura do Estado do Pará, SEAPq, decidimos por utilizá-los, estimando um percentual de

40% de contribuição da pesca na região do CHT para o total desembarcado em Santarém. A pesca de subsistência também foi estimada para o estudo, considerando a existência de 1 pescador por domicílio rural e as projeções de alimentação por peixe nas famílias ribeirinhas (1,05 Kg/pessoa/semana).

(b) Custos de perdas na qualidade da água – Neste item temos os aspectos relacionados ao potencial de eutrofização no caso de formação de lagos em alguns locais e o índice de qualidade da água em diferentes trechos do rio. A qualidade da água é um grande responsável pelo equilíbrio biótico dos ecossistemas aquáticos, além de subsidiar outros usos. Eventual perda na qualidade da água será sentida sobremaneira nas cidades de Itaituba e Trairão, em virtude da maior concentração populacional e foco de atividades econômicas. O represamento das águas contribui para a perda de qualidade em níveis maiores aos já observados atualmente, em decorrência da alteração do regime hidrológico de ambiente lótico para lêntico, de menor hidrodinâmica. Uma consequência indireta destas alterações é o aumento do custo de tratamento da água para fins de potabilidade (abastecimento doméstico). Desta forma, o custo observado está relacionado ao aumento do custo de tratamento da água para fins de potabilidade, estimando-se que a formação do reservatório represente uma mudança de qualidade equivalente a alteração de uma classe (conforme tabela de classificação de corpos d'água – Resolução CONAMA 430/2011). O custo aqui levantado é limitado ao consumo de água para abastecimento na bacia.

(c) Custos por inundação de remanescentes de floresta – Trata-se de um custo de oportunidade associado à perda de potencial de exploração da floresta em pé, em função do alagamento. Este valor pode ser acrescido, no futuro, a um valor de opção por conservação da floresta, seja para fins de reserva biotecnológica ou para manutenção de bancos de germoplasma. As áreas de exploração florestal foram obtidas a partir do mapeamento participativo realizado pelo Instituto de Pesquisas da Amazônia – IPAM (2008) na região e sobrepostas às áreas de alagamento dos reservatórios hidrelétricos. O valor de exploração sustentável da floresta – US\$ 445,90/ha – foi obtido de Gama et al. (2005).

(d) Perda de atividades agropecuárias – com relação à inundação de áreas rurais desenvolvidas, devemos considerar também as perdas provenientes de atividades produtivas locais, como a agricultura e a pecuária, como custos de oportunidade. Para a estimativa das áreas objeto destes custos de oportunidade, foram utilizadas informações do mapeamento participativo realizado pelo Instituto de Pesquisas da Amazônia – IPAM (2008). As áreas produtivas consideradas foram aquelas sujeitas ao alagamento das hidrelétricas. Os valores de rentabilidade da pecuária foram obtidos a partir de estudos de Barros et al. (2002), os quais apontaram o valor médio de US\$39,05/ha na região. Para a agricultura foram utilizados dados do IBGE (2007), para as principais culturas, cujo rendimento médio foi de US\$ 569,51/ha, considerando uma ponderação entre culturas perenes, anuais e ou mecanizadas.

(e) Custos de perdas por atividades turísticas – Embora essa atividade na região em estudo apresente grande potencial, este ainda é

pouco explorado. A mensuração da atividade turística é bastante complexa, devido à limitação de dados: atualmente não há uma infraestrutura totalmente organizada do sistema turístico nesta região. O levantamento do potencial imediato agregado representaria o custo de oportunidade do turismo. Neste estudo, o custo de oportunidade do turismo está relacionado à perda de ambientes naturais de interesse, e consequente empobrecimento do perfil turístico, para um patamar de menor agregação de valores. A valoração foi realizada a partir de uma comparação do Produto Interno Bruto (PIB) do município de Itaituba, principal estrutura urbana no eixo dos empreendimentos, com o do estado do Pará, para o qual já há um estudo sobre o faturamento do turismo, além de projeções futuras da atividade. Estimou-se a razão entre os PIBs do município e do estado (IBGE, 2009) e utilizou-se esta razão como multiplicador dos valores associados ao faturamento turístico no estado, como proxy dos valores de turismo potenciais no município. Este potencial foi lançado ao longo do período de análise, iniciando-se com uma parcela correspondente a 20% deste valor, culminando no valor total nos anos finais da ACB.

(f) Custo de expansão da infraestrutura urbana – Estima-se um contingente de cerca de 45.000 trabalhadores para as obras do CHT, ao longo do período de construção. Junto a estes, boa parte vinda de outros estados, projeta-se um aumento populacional de dimensões equivalentes ao contingente trabalhador. Estas pessoas passam a demandar infraestrutura local, pressionando o aporte de recursos públicos. O investimento em esgotamento sanitário é, neste contexto, elementar, e os custos de provimento destes serviços são geralmente absorvidos pela sociedade.



Sendo assim, sua contabilização é necessária para a redução das externalidades negativas do empreendimento. No caso, considerou-se o custo de tratamento de esgoto com tecnologia adequada para o contingente populacional ampliado (estimado em 96.000 pessoas). A tecnologia projetada foi a de Reator Anaeróbico de Manto de Lodo e Fluxo Ascendente (RALF/UASB) seguido de lagoa facultativa, a um custo de US\$ 24,06/pessoa.

(g) Custos de emissão de CO<sup>2</sup> e metano (CH<sub>4</sub>) – O processo de decomposição biológica da matéria orgânica dos ambientes aquáticos é de grande importância no que diz respeito à qualidade das águas. Além disso, as emissões de dióxido de carbono e metano, decorrentes da decomposição de biomassa alagada (ou liberação quando da retirada de vegetação) e das oscilações anuais de nível dos reservatórios – fato que gera um aporte contínuo de biomassa e, conseqüentemente, nova entrada de gases de decomposição – devem ser contabilizadas. Para esta contabilidade, foram consideradas estimativas realizadas para o reservatório da futura hidrelétrica de Belo Monte, de 48 Kg/km<sup>2</sup>.dia (Mesquita e Milazzo, 2007), as quais projetam um volume de aproximadamente 270 mil toneladas de carbono por ano, na forma de metano para os reservatórios do CHT<sup>1</sup>. Estas emissões foram parametrizadas para carbono equivalente e valoradas por preços de mercado de créditos de carbono.

(h) Custos de emissões de CO<sup>2</sup> por insumos da construção – A construção das barragens previstas no CHT envolvem grandes quantidades de insumos intensivos na emissão de CO<sup>2</sup>, como é o caso do cimento utilizado na concretagem das obras. A partir de um estudo de ciclo de vida da UHE Itaipu (Ribeiro, 2003), foram levantados fatores de emissão atmosférica para cimento, areia e brita. Com os valores de concreto a serem utilizados no CHT, foram estimadas as emissões de carbono originadas da construção das barragens, e valoradas conforme dados do mercado de carbono.

(i) Custos de perdas de água por evaporação – Este custo está relacionado às perdas de água no espelho d'água formado pelo reservatório, levando-se em consideração a evaporação na lâmina d'água. Esses dados são relacionados à área do reservatório e ao comportamento climático regional. Segundo estudos da EPE (2010), na região do Tapajós, a evaporação líquida anual é da ordem de 296 mm. Isso determina uma perda de água por evaporação em lâmina d'água para os reservatórios projetados. A valoração destas perdas será realizada a partir do preço público unitário da cobrança pelo uso consuntivo da água em rios de domínio federal (PPU = US\$ 0,01/m<sup>3</sup>).

---

1 Estimativas de Fearnside (2004) e Galy Lacaux (1997) apontam valores de emissões de metano muito superiores para reservatórios amazônicos. No entanto, para o propósito deste trabalho, optou-se por adotar valores conservadores, oriundos de estudos do próprio setor elétrico.

Os métodos de valoração dos custos socioambientais do empreendimento estão sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1. Elementos de custo e métodos de valoração utilizados.

Elemento de custo	Método	Valoração
Perdas na atividade pesqueira	Função de produção: valor de mercado	Preços de mercado de pescado na região balizados por pesquisa local
Perdas na qualidade da água	Função de produção: custos de mitigação	Custos de mitigação: tratamento de água p/ atingir qualidade anterior
Inundação de remanescentes de floresta	Função de produção	Rentabilidade do manejo sustentável da floresta
Perda de atividades agropecuárias	Função de produção: custos de oportunidade	Estimativas de rentabilidade da atividade
Perda de atividades turísticas	Função de produção: custos de oportunidade	Estimativas de produtividade potencial
Custos de infraestrutura urbana	Função de produção: custos de mitigação	Custos de implantação de infraestrutura urbana adicional
Emissões de carbono dos insumos construtivos	Função de produção: dose resposta	Fatores de emissão e preços de mercado de carbono
Emissões de carbono: CO <sub>2</sub> e CH <sub>4</sub>	Função de produção	Preços de mercado de créditos de carbono
Perdas de água por evaporação	Função de produção: custos de mitigação	Preço público da cobrança pelo uso da água
Liberação e bioacumulação de mercúrio	Função de produção: custos de mitigação	Estimativas de bioacumulação em habitantes e custo de tratamento de saúde

### 2.1.3. Benefícios

Dada a perspectiva econômica adotada para esta análise, o benefício do projeto reside basicamente na geração de energia elétrica. O valor dessa energia é medido a partir de referências ao custo de se produzir a mesma quantidade utilizando outras fontes, expresso nos valores máximos dos leilões de energia do esquema de concessões no Brasil. Tais referências, após leilão, dão origem ao valor normativo que será contratado pelo órgão gestor para compra de energia elétrica e repasse às empresas distribuidoras.

Há possibilidades de comercialização da energia em volumes contratados previamente com o órgão gestor (ACR – Ambiente de Contratação Regulada) e em volumes comercializados livremente (ACL – Ambiente de Contratação Livre). Um balanço entre energia elétrica passível de ACR e ACL é estabelecido em cada concessão.

Em geral, quanto maior a participação pública no financiamento de usinas hidrelétricas, maior o percentual de energia a ser comercializado em ACR, e vice-versa. Nas concessões das usinas do rio Madeira (AHEs Santo Antônio e Jirau), adotou-se percentuais de 70% e 30%, para contratos em ACR e ACL, respectivamente. No caso da concessão do AHE Belo Monte, o arranjo foi de 90% e 10% em ACR e ACL, respectivamente. Em geral, a energia comercializada em mercado livre possui valores flutuantes, em função da relação oferta/demanda, podendo atingir valores menores que os dos valores normativos de contrato, quando a oferta é maior que a demanda, ou maiores, quando há constrição na oferta. Em síntese, quanto maior a margem possível para contratação em ACL, mais liberdade tem o empreendedor, inclusive para arranjos que envolvem a inserção de auto-produtores<sup>2</sup> no consórcio (neste caso, limitada a participação destes a 10% do volume de geração de energia elétrica).

A análise apontou valores de benefícios da ordem de US\$ 13,4 a US\$ 15,7 bilhões ao longo da vida útil econômica do CHT (em valor presente), considerando arranjos ACR/ACL de 90/10 e 70/30, respectivamente. Neste caso, foram considerados os valores de US\$ 44,55/MWh (valor obtido no leilão do AHE Belo Monte, corrigido) para comercialização em ACR; e US\$ 69,72/MWh (média de preços de contratação livre, em 2012, da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE<sup>3</sup>).

## 2.2. Cenários e parâmetros de avaliação

Para fins de análise, foram elaborados 2 cenários para o empreendimento. No primeiro cenário, foram considerados os benefícios e custos do empreendedor, acrescentadas as externalidades socioambientais descritas anteriormente. No segundo cenário, além das externalidades, foram consideradas as possíveis extrapolações de prazo e custo da obra.

No que concerne às externalidades, nem todas foram consideradas no cálculo, como o caso de perda de sítios arqueológicos e de biodiversidade. **Estas limitações tornam a análise conservadora e apontam para uma subestimação dos valores de impacto socioambiental do empreendimento.** Também não estão aqui considerados os valores culturais, associados às comunidades tradicionais e povos indígenas, nem as perdas diretas destas mesmas comunidades (recursos pesqueiros, acesso à água de qualidade, terras exploráveis, etc.), dada a dificuldade de obtenção de dados.

---

<sup>2</sup>Auto-produtores são, geralmente, grandes consumidores que produzem sua própria energia. No caso, grandes empresas de mineração da região norte (que são grandes consumidoras) poderiam entrar no consórcio, garantindo geração para si, a preços inferiores aos que pagam para aquisição convencional.

<sup>3</sup>A CCEE tem por finalidade viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional nos Ambientes de Contratação Regulada e Contratação Livre, além de efetuar a contabilização e a liquidação financeira das operações realizadas no mercado de curto prazo (CCEE, 2012).

Para cada cenário, foram calculados o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), indicadores de viabilidade econômica. A partir dos dados utilizados foi realizada uma análise da sensibilidade dos resultados em relação às mudanças nas premissas sobre o prazo de construção, o custo total da obra, a geração anual de energia, o preço da energia gerada, dentre outros fatores.

Na Tabela 2 podem ser visualizados os parâmetros principais da ACB.

Tabela 2 – Principais parâmetros da ACB

Parâmetros	Unidades	Cenário 1	Cenário 2
Energia firme	MW	6.428	
Rendimento das turbinas	%	93	
Tempo de construção	anos	5	7
Área alagada - reservatórios	km <sup>2</sup>	1.980	
Custos de construção	US\$ milhões	19.780	24.726 <sup>a</sup>
Custos de O&M - anual	US\$ milhões	641	
Preço da energia (cfe leilão - ACR)	US\$/MWh	44,55 <sup>b</sup>	43,01 <sup>c</sup>
Preço da energia (mercado livre)	US\$/MWh	69,72 <sup>d</sup>	55,65 <sup>e</sup>
Energia sob contrato - ACR	%	70	90
Energia livre	%	30	10
Taxa anual de desconto	%	10	
Fator de carga - região Norte	%	85	75
Tempo de análise econômica	anos	50	
Nota: (a) Aditivo de 25%; (b) Ref.: leilão de Belo Monte; (c) Ref.: leilão de Jirau; (d) média 2012 - ACL, CCEE; (e) Ref.: leilão eólica, 12/2011.			

Na Tabela 3 encontram-se os parâmetros das externalidades socioambientais inseridas na análise de custos e benefícios.

Tabela 3 – Parâmetros socioambientais da ACB

Itens	Unidade	Valor
Perdas por evaporação	mm/ano	296
Cobrança pelo uso da água	US\$/m <sup>3</sup>	0,01
Custo diferença tratamento água	US\$/m <sup>3</sup>	0,17
Consumo abastecimento na bacia	m <sup>3</sup> /dia	37.906
Produção da pesca	t/ano	464
Valor do pescado (média mercado local)	US\$/Kg	3,02
Pesca ornamental	Un/mês	26.800

Continua...

Itens	Unidade	Valor
Valor de espécies ornamentais	US\$/Un	2,45
Área de floresta alagada	hectares	103.331
Carbono na biomassa	t/ha	384
Preço do carbono	US\$/t	7,20

### 3. Resultados e análise

Os resultados, em termos de VPL, TIR e custos socioambientais podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da análise: VPL, TIR e custos socioambientais

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Valor Presente Líquido - VPL (US\$ x 10 <sup>6</sup> )	-1.586	-9.882
Taxa Interna de Retorno - TIR (%)	9,17%	5,15%
Custos Socioambientais (US\$ x 10 <sup>6</sup> )	391	

Como se pode notar, a análise apontou a inviabilidade do empreendimento CHT em ambos os cenários, com taxas de retorno abaixo da taxa de desconto utilizada no estudo. No Cenário 1, mais otimista para a ótica do empreendedor, o prejuízo seria da ordem de US\$ 1,6 bilhões. No Cenário 2, mais realista, em razão dos indicadores de atraso e extrapolação de custos de obras na Amazônia, o prejuízo chegaria a cerca de US\$ 10 bilhões. A partir do Cenário 1, foi calculado o custo global de construção que poderia tornar viável o empreendimento, mantidos fixos os demais parâmetros: a viabilidade seria atingida com uma redução da ordem de 11% do valor previsto.

Os custos socioambientais analisados atingem um total de US\$ 391 milhões, com predomínio dos valores associados às emissões de carbono e aos custos de oportunidade do uso da terra.

Os valores associados aos custos socioambientais considerados podem ser visualizados na Tabela 5.



Tabela 5 – Valores da análise de custos socioambientais (em Valor Presente)

Item de análise	Valor (US\$ $\times 10^6$ )
Carbono (biomassa aérea alagada)	195.130.126,16
Oportunidade uso da terra	72.900.740,89
Perdas hídricas - qtde	39.679.032,05
Perdas hídricas - qlde	15.615.778,98
Pesca profissional	13.720.898,64
Perdas turismo	13.627.343,36
Carbono (emissões da usina - metano)	13.316.390,64
Emissões de CO <sub>2</sub> - concreto da usina	10.602.346,00
Pesca subsistência	8.634.059,39
Tratamento esgoto p/ agregados	7.747.362,97
Pesca ornamental	179.681,80
Total	391.153.760,87

### 3.1. Análise de Sensibilidade e Risco

De maneira a permitir uma análise avançada sobre os indicadores econômicos, foi realizada uma análise de sensibilidade e risco, envolvendo os principais parâmetros da ACB. Para cada parâmetro selecionado, definiram-se critérios de variação conforme o perfil esperado. Após definidos os critérios, foi executada uma simulação de variação dos parâmetros a partir de 10.000 iterações, pelo método Monte Carlo, utilizando-se o programa Oracle Crystal Ball. Os parâmetros selecionados e seus critérios de variação podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros e seus critérios para análise de sensibilidade e risco

Parâmetro	Critérios
Custos construção	Distribuição GAMA com fator de forma = 2, iniciando com os custos previstos no inventário
Custos O&M	Distribuição NORMAL com media igual aos custos previstos no inventário e desvio padrão de US\$2 milhões
Energia firme	Distribuição NORMAL com media igual aos custos previstos no inventário e desvio padrão de 80 MW
Prazo construção	Valores fixos (5; 6 e 7 anos), com probabilidades de 0,5, 0,3 e 0,2, respectivamente
Preço leilão	Distribuição WEIBULL com fator de forma = 1,5; fator de escala = 3; iniciando em US\$44,55/MWh

Continua..

Parâmetro	Critérios
Preço energia livre	Distribuição logística com média de US\$69,72/MWh e fator de escala = 5
Fator carga	Distribuição NORMAL com media em 80% e desvio padrão de 7%
Regime contratação	Valores fixos (0,7; 0,8; 0,9 para ACR), com probabilidades iguais
Preço carbono	Distribuição NORMAL com media de US\$15,00 e desvio padrão de US\$5
PPU água	Distribuição GAMA com início em US\$0,01/m <sup>3</sup> ; fator de escala = 0,01 e fator de forma = 1
Evaporação líquida	Distribuição NORMAL com média em 296 mm/ano e desvio padrão de 30 mm/ano
Área alagada	Distribuição NORMAL com média de 103.331 hectares e desvio padrão de 10.333 hectares
Custos oportunidade uso da terra	Distribuição NORMAL com média em US\$8,8 milhões/ano e desvio padrão de US\$500.000,00/ano
Custos oportunidade turismo	Distribuição NORMAL com média em US\$12 milhões/ano e desvio padrão de US\$1.000.000,00/ano
Custos oportunidade pesca comercial	Distribuição NORMAL com média em US\$1,36 milhões/ano e desvio padrão de US\$136.134,00/ano
Custos oportunidade pesca subsistência	Distribuição GAMA com início em US\$1.003.251,18; fator de escala = US\$100.325,12 e fator de forma = 2
Custos oportunidade pesca ornamental	Distribuição GAMA com início em US\$16.421,57; fator de escala = US\$1.642,15 e fator de forma = 2
Custo tratamento água	Distribuição NORMAL com média em US\$0,17/m <sup>3</sup> e desvio padrão de US\$0,02/m <sup>3</sup>
Custo tratamento esgoto	Distribuição NORMAL com média em US\$0,12/m <sup>3</sup> e desvio padrão de US\$0,02/m <sup>3</sup>
	Distribuição WEIBULL com fator de forma = 2; fator de escala = US\$1.060.235; iniciando em US\$10,6 milhões/ano
Emissões CO <sub>2</sub> e CH <sub>4</sub> - reservatório	Distribuição GAMA com início em 273.112 t/ano; fator de escala = 100.000 t; e fator de forma = 2

A análise de sensibilidade apontou os custos de construção e o fator de carga como as principais variáveis a afetar a viabilidade do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, considerando os termos utilizados. Considerando que os custos de construção tendem a se ampliar com o avanço do detalhamento do projeto básico, e o fator de carga tende a diminuir no médio prazo, em virtude da entrada em operação das fontes geradoras planejadas para os próximos 10 anos, estes parâmetros influenciam a viabilidade e o risco do empreendimento.

Outros parâmetros importantes apontados na análise de sensibilidade foram: o regime de contratação – quanto menos flexível o arranjo para comercialização de energia, menor o VPL do empreendimento –; o preço de comercialização da energia no mercado livre – quanto maior o preço auferido, maior o VPL do empreendimento –; o prazo de construção – quanto maior o prazo, menor o VPL –; o valor normativo, a ser determinado a partir do valor da concessão obtido em eventual leilão do empreendimento; e a energia firme a ser gerada nas usinas.

Os parâmetros dos custos socioambientais, dada a magnitude da valoração – em ordens de grandeza bastante inferiores aos custos diretos

do empreendimento –, apresentaram menor significância sobre o resultado da ACB. Por ordem de importância, salientamos: i) o preço do carbono no mercado global de créditos – demonstrando a importância das emissões de metano dos reservatórios –; ii) a área alagada – refletindo o estoque de biomassa a ser liberado em carbono, nas formas de CO<sub>2</sub> e ou CH<sub>4</sub> –; iii) o preço da cobrança pelo uso consuntivo da água e o valor de evaporação líquida dos reservatórios, refletindo as perdas de água na bacia com a construção e operação do empreendimento.

O gráfico de sensibilidade, com os parâmetros de maior importância na análise, pode ser visualizado na Figura 1.

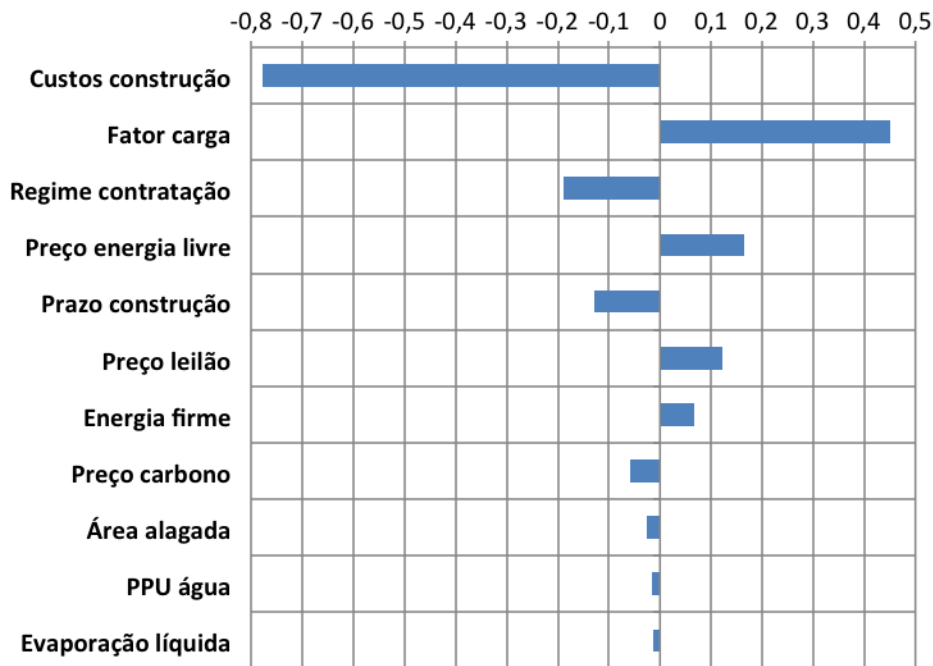


Figura 1 – Gráfico de sensibilidade da ACB

A análise de risco realizada a partir dos parâmetros da Tabela 12 apontou risco de inviabilidade de 99,45% para o empreendimento.

A conjunção extrema de fatores favoráveis (ex.: redução dos custos, cumprimento dos prazos, contratação em regime com maior participação no mercado livre, preços de leilão maiores que as projeções atuais, maior geração firme, maior pressão futura da demanda sobre a oferta de energia elétrica, dentre outros) conduziria à viabilidade, numa probabilidade menor que 0,5% (Figura 2).

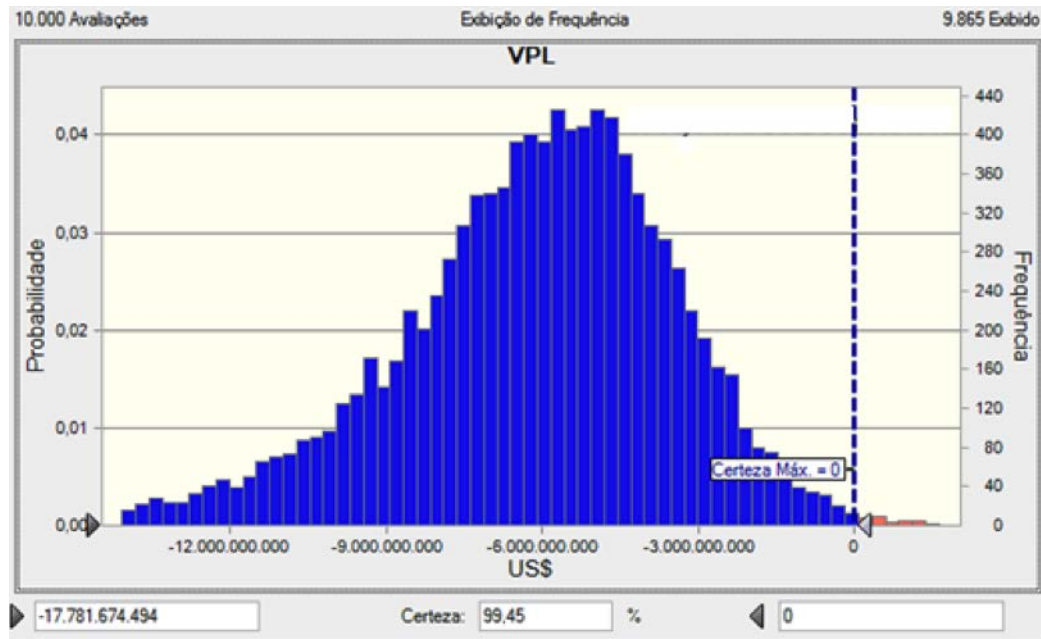


Figura 2 – Gráfico de probabilidades do VPL sob as condições analisadas

## 4. Considerações Finais

No que concerne à análise sócio-econômico-ambiental do empreendimento do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, para os parâmetros analisados, pode-se apontar as seguintes constatações:

- Caso se confirmem os dados de projeto apresentados no estudo de inventário hidrelétrico da bacia do Tapajós (Eletronorte, 2008), e à luz dos valores complementares considerados no presente estudo, o projeto é economicamente inviável;
- A análise de risco apresentada demonstrou a existência de uma hipótese de viabilidade, ainda que em margem muito estreita (0,5%), condicionada à conjunção simultânea de diversos fatores favoráveis ao empreendimento (ex.: redução dos custos, cumprimento dos prazos, contratação em regime com maior participação no mercado livre, preços de leilão maiores que as projeções atuais, maior geração firme, maior pressão futura da demanda sobre a oferta de energia elétrica, dentre outros);
- O valor das externalidades socioambientais consideradas no presente estudo soma cerca de US\$391 milhões, número que pode balizar negociações em torno de compensações a estes impactos considerados;
- As variáveis de maior impacto sobre a viabilidade do empreendimento foram o custo total de implantação, o fator de carga, o regime de contratação da energia excedente, o preço da energia no mercado livre futuro e o prazo de construção da obra;
- As variáveis socioambientais mais representativas, dentre as analisadas, foram o valor do carbono no mercado, a área de alagamento, o preço público associado ao uso consuntivo da água - perdas de água por evaporação -, e as taxas de evaporação líquida nos reservatórios.

Há que se ressaltar que este estudo tem caráter conservador, se considerados os valores socioambientais envolvidos nas análises. Assim, recomenda-se o investimento na valoração de outros impactos não considerados, o que poderia apontar mudanças nos números apresentados. Tais investigações deveriam incorporar a possível perda de biodiversidade, possíveis alterações no modus vivendi de comunidades tradicionais e grupos indígenas direta ou indiretamente afetados, alterações na ictiofauna e seus reflexos a jusante, a acumulação de mercúrios nos reservatórios e valores de existência dos recursos naturais impactados.

## Agradecimentos

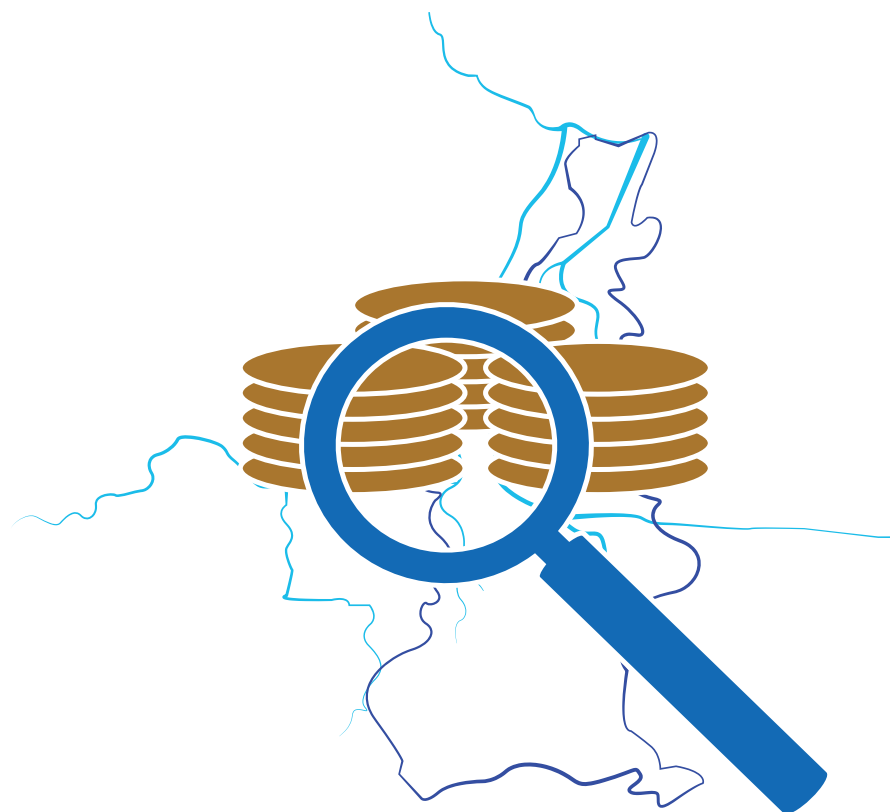
Os autores agradecem o apoio da Conservação Internacional Brasil, o qual permitiu o bom desenvolvimento deste trabalho.







# Capítulo VI



## **Análise de custos e benefícios do Complexo Hidrelétrico do Tapajós sob a ótica ecológica e econômica da eMergia**

**Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli  
Camila Jericó-Daminello**



# 1. Introdução

Segundo Martinez-Alier (1994), as descobertas da ciência do final do século XIX, tais como as leis da termodinâmica - desenvolvidas para propiciar o entendimento do funcionamento da máquina a vapor - e a teoria evolucionista, proposta por Charles Darwin, contribuíram de forma definitiva para o desenvolvimento de linhas de pesquisa, tanto na física como na biologia, alicerçadas na questão energética, preocupadas tanto com a sua disponibilidade quanto com sua aplicação.

Diversos cientistas têm procurado analisar o sistema econômico com base em pressupostos físicos e biológicos, cujo expoente foi o economista romeno Nicolas Georgescu-Roegen e seu livro seminal “The Entropy Law and the Economic Process” (1971). De acordo com Amazonas (2001), a esta abordagem deu-se a denominação de bioeconomia, que posteriormente desembocou na Economia Ecológica.

As relações entre o processo econômico e as leis da física, sob o ponto de vista desta última, reduzem-se à noção entre a entrada de recursos naturais que são transformados, via uso de energia, em produtos, gerando rejeitos e calor. Pode-se entender que o processo econômico tem um sentido único: da transformação de recursos naturais de baixa entropia em produtos e resíduos de alta entropia. Segundo Amazonas (2001:92), “a entropia é um conceito integrador da análise da interação entre a dinâmica ambiental e a econômica”.

A valoração eMergética parte de princípios físicos e biológicos para o estabelecimento de uma moeda comum, capaz de ser aplicada na avaliação tanto de sistemas naturais como de sistemas construídos. Esta metodologia de valoração ambiental alicerça-se na Ecologia de Sistemas, que pode ser considerada uma linha de pesquisa vinculada à economia ecológica. Através de uma conceituação própria, procura valorar os recursos naturais na forma de eMergia, buscando uma forma de integração entre a ecologia e a economia. É uma alternativa à valoração baseada em princípios da economia neoclássica. Essa abordagem possibilita o ordenamento das informações e fluxos de um sistema, através da linguagem energética e materiais, de modo a vislumbrar os elementos e suas interações e, principalmente, quantificá-los (em unidades eMergéticas).

Os estudos de valoração existentes não são capazes de analisar todos os elementos presentes num quadro situacional específico, e em relação à empreendimento hidrelétrico isso não é diferentes. Quando se pretende valorar os impactos de hidrelétricas, comumente desenvolvem-se estudos de valoração através de funções de produção e ou demanda. No entanto, pelo próprio foco dessas análises, importantes impactos desses empreendimentos são subestimados ou mesmo não avaliados, como por exemplo, em relação às perdas associadas às mudanças no regime hídrico. Como se sabe, a construção de um reservatório em um curso d'água altera significativamente o regime natural de vazões, a depender de sua regra operacional: acumulação ou operação à fio d'água.

Os reservatórios de acumulação provocam maiores impactos sobre os regimes naturais de vazão do que aqueles considerados de operação à fio d'água<sup>1</sup>. Este impacto em relação ao regime hídrico, bem como a sua valoração, tende a se manter fora das análises tradicionais de avaliação de hidrelétricas.

Se, por um lado, a regulação do fluxo hídrico representa um ganho adicional na construção e operação de barragens associado ao controle de enchentes, por exemplo, do ponto de vista ecológico, este amortecimento da amplitude da vazão representa um importante custo ambiental. O amortecimento restringe a variabilidade do fluxo sazonal do rio à jusante, afetando o chamado “hidrograma ecológico”. Tal restrição afeta o potencial químico do rio (variação da vazão do rio, ao longo do ano), que é representado pela contribuição do fluxo da água na transpiração das plantas e, conseqüentemente, na fotossíntese (uma vez que o oxigênio liberado no processo fotossintético é proveniente da molécula da água).

Indicadores como o potencial químico do rio, ou mesmo a regra operacional de uma

hidrelétrica, são, dentre outros, passíveis de serem incluídos numa abordagem ecológica de valoração denominada Análise EMergética. Por ser baseada na unidade de eMergia (Odum, 1988), esta análise permite compreender os fluxos de energia investida na gênese de cada material e ou elemento utilizados no desenvolvimento de um empreendimento, permitindo valorar e comparar diferentes investimentos de infraestrutura à luz de fatores biofísicos e ecológicos.

No intuito de valorar o Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT) de forma que fosse possível abarcar e discutir os prováveis impactos biofísicos e ecológicos, realizou-se uma análise eMergética do projeto das cinco hidrelétricas que compõe tal complexo.

Desta forma, a proposta deste capítulo é apresentar e discutir os resultados da análise eMergética realizada, apresentando os custos e benefícios da implantação e operação do Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT). Toda a análise se baseou em dados secundários, conforme arranjo de usinas proposto pela Eletrobrás (2012)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Reservatórios a fio d'água são represamentos de menor área e volume que, devido à sua baixa capacidade de armazenamento, trabalham de acordo com o regime de vazões naturais.

<sup>2</sup> Vide explanação sobre este arranjo no Capítulo 5 deste livro.



## 2. Questões conceituais

A análise eMergética é fruto da teoria de Ecologia de Sistemas, formulada por H. T. Odum, que tem sua linha de pensamento e metodologias baseada nas leis da termodinâmica e análises sistêmicas. Desta forma, a análise eMergética foi criada buscando estabelecer valor aos recursos naturais, tanto aos que possuem ou não valor econômico de mercado. Esta metodologia de quantificação materiais e energia, e aspectos econômico, de forma integrada, permite uma análise de custos e benefícios mais abrangente. Ou seja, esta análise permite que elementos dos sistemas econômicos e ecológicos possam ser analisados dentro de um mesmo arcabouço e valorados.

No Quadro 1 encontra-se uma breve explanação sobre valoração eMergética.

### Quadro 1 – Análise emergética

A metodologia básica empregada na análise emergética é denominada de Ecologia de Sistemas (Odum, 1994), que possui princípios da ecologia associados a conceitos de análise de sistemas, como elementos, fluxos, hierarquia entre outros. Existem diversos trabalhos publicados que procuram avaliar de forma integrada o meio ambiente e os processos econômicos com base nesta abordagem. Um dos casos refere-se à avaliação de duas propostas de construção de duas barragens no rio Mekong na Tailândia (Brown, 1996). Segundo Huang (1991), a análise emergética pode estabelecer a estrutura de entendimento para a compreensão dos sistemas ecológicos e econômicos, permitindo que informações, sem valor de mercado, sejam incorporadas na análise de custo benefício. Segundo este mesmo autor, a teoria unificada da Ecologia de Sistema, baseada na análise sistêmica e nas leis da termodinâmica, pode provocar mudança na valoração da sociedade com relação aos sistemas naturais. É uma alternativa à valoração baseada em princípios da economia neoclássica. De forma simplificada, esta metodologia procura obter a história energética de cada elemento que entra na composição do empreendimento, traduzindo os diversos componentes como materiais e energia em uma mesma linguagem, possibilitando sua comparação e integração.

Para comparar diferentes formas de energia e matéria são necessários cálculos de transformação, que convertem estes elementos em uma “moeda comum”. Para fins da análise eMergética, esta moeda foi definida com base na fonte primária de energia, a luz solar, e denominada como Joules de Energia Solar (em inglês Solar Energy). Utiliza-se o termo **eMergia** para expressar a quantidade de energia solar utilizada para gerar um produto, quantidade esta expressa em eMjoules. A título de exemplo, são necessários 40.000 Joules de luz solar para produzir 1 Joule de carvão. Assim, a eMergia de um joule de carvão é 40.000 eMjoules solar (sej). Ou seja, eMergia é a energia requerida na transformação que gera um fluxo ou armazenamento.

A energia solar requerida para fazer um joule de algum tipo de energia é a Transformidade solar daquele tipo de energia. Em outras palavras, Transformidade é definida como a taxa requerida de um tipo de energia para produzir a unidade de outro tipo de energia. Quanto maior a qualidade de energia, maior é a Transformidade. Esta também tem uma unidade específica, definida como eMjoules solares por joule (sej/J).

Se pensarmos nos consumidores primários, eles apresentam uma energia 10.000 vezes mais concentrada que a luz solar. Isto porque, o incremento direcionado ao longo do fluxo produz o aumento da Transformidade na cadeia produtiva.

Estes dois conceitos - eMergia e Transformidade - possibilitam a análise adequada e mais abrangente do funcionamento da economia e do ambiente (Huang, 1991; Odum, 1988). Valores associados a alterações do ambiente aquático, como perdas de capacidade hidrodinâmica e química da água, são exemplos de resultados cuja determinação pode ser objeto de uma análise eMergética.

### 3. Os estudos de eMergia para as hidrelétricas do CHT

Como dito anteriormente, a análise de custo-benefício eMergética foi empreendida para cada uma das cinco usinas do CHT, utilizando como base dados de energia e matéria disponíveis nos estudos existentes.

Em um sistema, os elementos que propiciam o seu funcionamento, bem como os que são frutos de sua atividade, podem ser avaliados de acordo com as contribuições primárias de cada fonte de energia e matéria (Ulgiatti et alii, 1994). Estes elementos são descritos a seguir.

- **Energia Não-Renovável (N):** estoque de energia e matéria como os minerais, solo e combustíveis fósseis, que são consumidos em uma razão que excede o processo de produção geológica;
- **Energia Renovável (I):** fluxo de energia que é praticamente constante e recorrente e que conduz os processos biológicos e químicos da Terra, e contribui para os processos geológicos;

A soma das entradas descritas como Energia Renovável (I) e Energia Não-Renovável (N), representa o total de entrada do ambiente natural.

- **Retorno energético (F)**: refere-se à energia proveniente de um nível hierárquico superior e que influencia o fluxo no sistema energético. Normalmente é representado por combustível, bens e serviços provenientes das atividades humanas;
- **Produto (Y)**: energia final do sistema, somatória das energias dos recursos naturais e da energia introduzida.

A Figura 1 contém uma ilustração dos termos descritos acima.

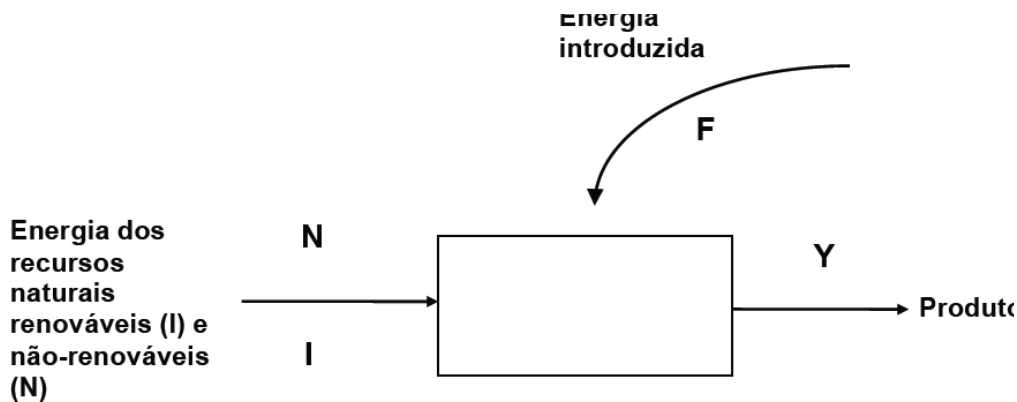


Figura 1. Esquema das entradas e saídas de um sistema

O processo de estudo energético é dividido em três etapas: a) identificação e organização dos principais componentes existentes no sistema e os seus relacionamentos existentes; b) construção da tabela de avaliação energética, com os fluxos quantitativos de cada um dos elementos identificados; c) cálculo dos índices energéticos, que permitirão avaliar a situação econômica e ambiental do sistema.

Após a identificação e organização dos principais componentes, a construção da tabela de avaliação energética se constitui pela transformação de cada fluxo destes componentes em uma linha de cálculo na tabela de avaliação. Nessa linha de cálculo estarão presentes as contribuições de cada fluxo, os valores, suas unidades e transformidades, permitindo assim o cálculo da energia total de cada componente e do sistema como um todo.

Para esta análise, foram computadas as entradas de **energia renovável (R)** ao sistema - a energia solar, as chuvas, a energia química do rio (com base na vazão firme), a energia potencial do rio (associada à queda d'água no local da barragem), as produções sacrificadas associadas às pastagens, bem como a produção florestal e a contribuição da floresta para a manutenção do recurso hídrico. As **entradas não renováveis (N)** utilizadas para esta avaliação foram: perdas de solo por erosão, perda da vegetação natural e da biodiversidade, e os materiais utilizados na construção da barragem (solo e rocha). Estas informações foram estabelecidas com base em dados obtidos do inventário hidrelétrico do Tapajós (ELETRONORTE, 2008).

As contribuições da **economia (F)** foram os equipamentos (M) e a mão de obra (S), com todas as informações trabalhadas em termos de energia ou matéria.

Todas estas entradas foram comparadas com a geração de **energia elétrica transformada (Y)** de cada uma das hidrelétricas que compõem o Complexo Hidrelétrico do Tapajós, em um cálculo hipotético de trinta anos de operação.

O cálculo do valor eMergético do custo ambiental (que representam perdas do sistema natural em função da formação do reservatório) dos aspectos como 'biomassa' e 'produtividade primária' que correspondem aos recursos madeireiros e não-madeireiros, foi realizado a partir da quantificação dos valores, em biomassa, sob dois aspectos: a vegetação natural afetada pelo reservatório de cada usina e a produtividade perdida em função do seu alagamento/remoção.

A partir das informações de uso e ocupação do solo, onde foram quantificadas as porções de vegetação natural existentes na área a ser alagada pelo reservatório, os dados coletados foram multiplicadas pelos valores levantados sobre a biomassa e produtividade primária de cada tipo de formação. A partir deste dado bruto, pôde-se quantificar a energia, em termos calóricos, da biomassa afetada. Para obter o valor eMergético, os valores calóricos foram multiplicados pela Transformidade característica de cada componente.

Os resultados das análises eMergéticas realizadas neste estudo se encontram nas Tabelas 1

à 5, cada uma referente a uma hidrelétrica do CHT. Nestas tabelas estão indicados os recursos renováveis (R), os recursos não renováveis (N) e a sua soma (I); os recursos provenientes da mão de obra (M) e os equipamentos e materiais da construção (S), que compõem a contribuição da economia (F). O valor total dos insumos necessários à construção e operação das usinas hidrelétricas, ou seja, a eMergia total do sistema é representada por Y. A **transformidade (Tr)** é dada pela razão entre **eMergia total (Y)** e a produção de energia para cada usina, ou seja, o fator de transformação de cada usina específica em termos de eMergia solar.

A partir da eMergia total do sistema (Y), em eMergia solar, que representa os principais componentes para a construção e operação da usina, ou seja, os custos (C), incluindo as variáveis ambientais relatadas acima, é comparada com o benefício (B) da geração de energia, transformada também em eMergia solar. Os números em representação científica ( $E = 10^x$ ) mostram o quanto de eMergia solar é necessária para a construção e operação de uma usina, ou seja, a memória energética, em termos de unidade solar de energia, da soma de seus componentes.

Há também a relação custo-benefício (B/C), de onde se depreende que, nas situações em que as relações são menores que a unidade, os custos eMergéticos são maiores que os benefícios, indicando a inviabilidade do empreendimento. As tabelas apresentam uma primeira coluna em que se considera o efeito da perda da energia química e uma segunda coluna na qual os resultados suprimem este efeito.

Tabela 1 – Variáveis eMergéticas para o AHE São Luís do Tapajós  
(valores em solar eMjoules)

Fluxos	Geral	Sem energia química
R =	5,55E+24	9,00E+23
N =	4,46E+18	4,46E+18
<b>I =</b>	<b>5,55E+24</b>	<b>9,00E+23</b>
M =	5,54E+21	5,54E+21
S =	6,15E+18	6,15E+18
<b>F =</b>	<b>5,55E+21</b>	<b>5,55E+21</b>
<b>Y =</b>	<b>5,56E+24</b>	<b>9,06E+23</b>
Tr =	5,28E+06	8,60E+05
<b>B/C=</b>	<b>0,9374</b>	<b>5,7525</b>

Tabela 2 – Variáveis eMergéticas para o AHE Jatobá  
(valores em solar eMjoules)

Fluxos	Geral	Sem energia química
R =	4,90E+24	4,33E+23
N =	1,52E+18	1,52E+18
<b>I =</b>	<b>4,90E+24</b>	<b>4,33E+23</b>
M =	2,75E+21	2,75E+21
S =	6,15E+18	6,15E+18
<b>F =</b>	<b>2,76E+21</b>	<b>2,76E+21</b>
<b>Y =</b>	<b>4,91E+24</b>	<b>4,35E+23</b>
Tr =	1,21E+08	1,08E+07
<b>B/C=</b>	<b>0,0408</b>	<b>0,4596</b>

Tabela 3 – Variáveis eMergéticas para o AHE Cachoeira do Cai  
(valores em solar eMjoules)

Fluxos	Geral	Sem energia química
R =	5,38E+24	4,05E+23
N =	2,35E+18	2,35E+18
<b>I =</b>	<b>5,38E+24</b>	<b>4,05E+23</b>
M =	8,12E+20	8,12E+20
S =	1,02E+18	1,02E+18
<b>F =</b>	<b>8,13E+20</b>	<b>8,13E+20</b>
<b>Y =</b>	<b>5,39E+24</b>	<b>4,06E+23</b>
Tr =	4,09E+08	3,08E+07
<b>B/C=</b>	<b>0,0121</b>	<b>0,1607</b>



Tabela 4 – Variáveis eMergéticas para o AHE Jamanxim  
(valores em solar eMjoules)

Fluxos	Geral	Sem energia química
R =	3,93E+23	4,23E+22
N =	1,76E+17	1,76E+17
<b>I =</b>	<b>3,93E+23</b>	<b>4,23E+22</b>
M =	5,18E+20	5,18E+20
S =	7,62E+17	7,62E+17
<b>F =</b>	<b>5,18E+20</b>	<b>5,18E+20</b>
Y =	3,93E+23	4,28E+22
Tr =	2,63E+07	2,86E+06
<b>B/C=</b>	<b>0,1885</b>	<b>1,7322</b>

Tabela 5 – Variáveis emergéticas para o AHE Cachoeira dos Patos  
(valores em solar eMjoules)

Fluxos	Geral	Sem energia química
R =	5,12E+23	1,81E+23
N =	4,18E+17	3,96E+17
<b>I =</b>	<b>5,12E+23</b>	<b>1,81E+23</b>
M =	7,36E+20	7,36E+20
S =	7,62E+17	7,62E+17
<b>F =</b>	<b>7,37E+20</b>	<b>7,37E+20</b>
Y =	5,12E+23	1,82E+23
Tr =	5,97E+07	2,12E+07
<b>B/C=</b>	<b>0,0829</b>	<b>0,2336</b>

Analisando os resultados das Tabelas 1 a 5, observa-se que os recursos renováveis e não renováveis são as principais contribuições em termos eMergéticos em todas as hidrelétricas. Ou seja, em termos de energia e matéria transformada, os elementos naturais representam os principais custos. Neste sentido, o produto final (Y) é basicamente composto pela biomassa, biodiversidade e energia química do rio. Este resultado reforça a importância das perdas florestais como um elemento importante do custo da construção e operação de uma usina hidrelétrica.

Os valores encontrados estão em consonância com outros estudos realizados em barramentos similares no mundo (Sinisgalli, 2006). O resultado obtido em termos do valor eMergético dos custos ambientais com resultados dos impactos ambientais da construção e operação das usinas hidrelétricas que compõem o CHT se concentrou em três aspectos, dois deles relacionados, direta ou indiretamente, à biodiversidade:

- A **biomassa**, representada pela densidade em termos de volume de biomassa por área para cada segmento de vegetação natural a ser afetada pela formação do reservatório da hidrelétrica;
- A **biodiversidade**, calculada através da perda da produtividade primária do ecossistema, ou seja, partindo do conceito de que, quanto maior a diversidade biológica existente em um ecossistema, maior será a sua produtividade primária bruta, e maior será a entrada de energia via fotossíntese, conforme os princípios reformulados por Odum e Pinkerton (1955) e Margalef (1991).
- A **energia química do rio**, calculada pela vazão média do rio associada à energia livre de Gibbs. A energia química da água do rio representa a sua contribuição no processo de transpiração e fotossíntese das plantas. É importante observar que a água, a partir de suas características químicas, proporciona as condições necessárias para a produtividade da vegetação, uma vez que atua na transformação do gás carbônico em biomassa, tendo como fonte de energia a radiação solar, e na liberação de oxigênio (Odum, 1994).

De acordo com os resultados, há uma variação bastante importante das eficiências entre as hidrelétricas estudadas, associada principalmente às perdas da biomassa florestal (e biodiversidade, direta e indiretamente) e da energia química do rio. O valor encontrado para a energia química do rio representa a maior contribuição de energia para o sistema.

Além disso, se incluirmos a energia química da água na avaliação de custo – benefício das usinas propostas, não há viabilidade em nenhuma dos barramentos em termos de avaliação eMergética. Ou seja, os custos serão superiores aos benefícios da geração de energia elétrica. No entanto, se o regime de operação das usinas for a “fio d’água”, o que reduz o impacto na energia química do rio, teríamos viabilidade “emergética”, sob a ótica restrita desta análise, nas usinas São Luiz do Tapajós e Jamanxim.

## 4. Considerações finais

130

Foram realizados estudos para valorar e avaliar o Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT) sob o ponto de vista da Análise eMergética, tomando como base as informações disponíveis nos estudos já realizados para a região. Neste cálculo foram computados a contribuição da natureza em termos de recursos renováveis e não renováveis que serão, direta ou indiretamente, utilizados e/ou impactados para a construção e operação das usinas. Da mesma forma, foram avaliadas as contribuições da economia na implantação e operação das mesmas. Todos estes componentes formam os elementos que constituem as usinas. Neste sentido, a utilização desta metodologia possibilitou avaliar e discutir os prováveis impactos biofísicos e ecológicos das cinco hidrelétricas que compõe tal complexo, tomando como base estes diversos aspectos, transformados em uma linguagem comum.

A análise de custo-benefício em termos eMergéticos, apontou para um importante fato: a energia renovável do potencial químico do rio associado à energia renovável da produção primária da vegetação natural a ser submergida pelos reservatórios, é superior à geração de energia hidrelétrica em todos os empreendimentos hidrelétricos do CHT. Ou seja, há uma contribuição maior da natureza em termos de recursos renováveis e não renováveis do que a geração de energia elétrica de cada uma das usinas, caso as hidrelétricas do CHT adotem regra operacional baseada em reservatórios de acumulação.

Mesmo quando se desconsidera o impacto da perda da energia potencial química, caso estas operem a fio d'água, somente as hidrelétricas de São Luís do Tapajós e São Luís do Tapajós possuem viabilidade em termos de custo-benefício eMergético. Ou seja, os AHE Jatobá, Cachoeira dos Patos e Cachoeira do Caí incorreriam em custos eMergéticos maiores que os benefícios de energia gerada.

Há necessidade de serem aprofundadas as informações e estudos referentes ao Complexo Hidrelétrico do Tapajós para compor um quadro melhor de análise. Este estudo, que apenas utilizou as informações disponíveis até o momento, mostrou que existe uma indicação relevante de inviabilidade das usinas, tomando como base a metodologia aqui apresentada. A importância da floresta amazônica como o elemento preponderante nos custos ambientais associados à implantação e operação de uma usina hidrelétrica reforça a necessidade de rever os procedimentos analíticos de custo-benefício, que não incorporam normalmente esta variável fundamental.

Cabe lembrar que os impactos foram quantificados com base apenas em informações físicas de massa e energia disponíveis. Caso sejam incorporados aspectos como a importância social e econômica nesta abordagem, há uma forte tendência para a manutenção ou mesmo aprofundamento da inviabilidade do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.





## Parte IV

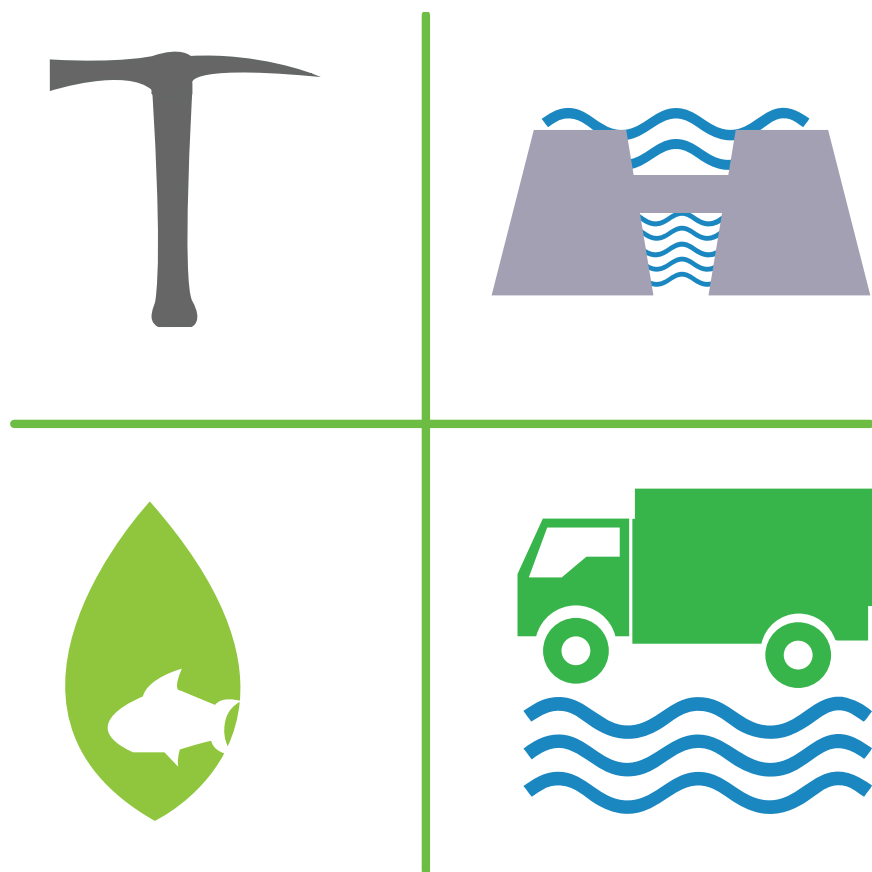
**O Tapajós e as frentes de infraestrutura:  
impactos cumulativos e sinérgicos**







# Capítulo VII



**Energia, estradas, mineração: efeitos sinérgicos de projetos de infraestrutura na região do médio e baixo Tapajós**

**Carlos Eduardo Nakao Inouye  
Wilson Cabral de Sousa Júnior  
Bruna Fatiche Pavani**



# 1. Efeitos sinérgicos de frentes de pressão antrópica na região do Tapajós

Num contexto regional, os impactos da implantação das hidrelétricas do Complexo Hidrelétrico do Tapajós se somam a diversos outros, oriundos de projetos complementares e ou beneficiários destas obras, gerando um efeito sinérgico em termos de pressão ambiental. A seguir são apresentados e discutidos alguns destes projetos e elementos de infraestrutura para a região.

## 1.1. Projetos hidrelétricos à montante

O projeto do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, independente de sua configuração, não é um projeto isolado. A região à montante, na porção sul da bacia do Tapajós, que engloba os rios Teles Pires e Juruena, tem sido objeto de diversos projetos de geração hidrelétrica. Tal fato já subsidia demandas da sociedade por construção de eclusas ao longo dos reservatórios, de forma a tornar navegável estes trechos dos rios. Certamente haverá influências dos aproveitamentos nas bacias dos rios Teles Pires e Juruena sobre as hidrelétricas do Tapajós, até mesmo considerando as diferenças de pluviosidade entre as regiões. Um efeito previsível é o aumento da regulação de água à montante, fazendo com que se amplie a energia firme a ser produzida nos aproveitamentos de jusante; por outro lado se ampliam os riscos associados à segurança de barragens, cujos impactos se refletem à jusante, bem como à própria regra de operação dos aproveitamentos hidrelétricos.

## 1.2. Exploração mineral

A bacia hidrográfica do Tapajós se situa sobre uma extensa área de ocorrência de ouro e outros minerais de alto valor no mercado. Trata-se da Província Mineral do Tapajós, sobre a qual foi criada a Reserva Garimpeira do Tapajós, pela Portaria Ministerial 882 do Ministério das Minas e Energia, em 1983. A atividade garimpeira se consolidou a partir dos anos 1950, atingindo um auge na década seguinte. No entanto, a queda do preço do ouro no mercado internacional, após o final da década de 1970, contribuiu para uma redução gradativa da atividade de garimpo até o início dos anos 2000. A cotação do ouro, crescente desde 2001, atraiu um contingente de garimpeiros e fez com que se abrissem novas frentes de exploração, boa parte destas ilícitas.

A exploração de ouro na região utiliza mercúrio em taxas razoáveis – ainda que as novas frentes busquem reciclar parcela do mercúrio utilizado. Relatos colhidos em depoimentos em campo apontam também o uso de cianeto de sódio para solubilização do ouro, quando as frações não são recuperáveis a partir de extração convencional (gravítica). Embora o cianeto de sódio não seja cumulativo ao longo de cadeia trófica, seus efeitos imediatos são de mais alta toxicidade.

Mais recentemente surgiram frentes de exploração de diamante e outras pedras de alto valor comercial, ampliando a exploração mineral na região. Estas frentes de exploração podem ser ampliadas sobremaneira, caso a prospecção mineral venha a ser permitida no interior das terras indígenas, como pretende o Projeto de Lei 1610/96, que regulamenta a mineração naquelas áreas.

### 1.3. BR-163 e infraestrutura de escoamento de produção

A consolidação da pavimentação da rodovia BR-163 representa um importante eixo de ocupação para a bacia do Tapajós. As cidades da região tendem a um incremento populacional associado a este eixo de expansão, além das outras obras de infraestrutura previstas, como a nova área portuária de Miritituba, em Itaituba. Já estão sendo construídos 9 terminais portuários nesta nova estrutura, de demanda de grandes empresas produtoras e exportadoras de commodities agrícolas e montadoras industriais que atuam na Zona Franca de Manaus.

## 2. Análise dinâmica espacial e cenários de uso e ocupação

De maneira a permitir uma análise mais abrangente das perdas associadas às mudanças no padrão de uso e ocupação das terras em função da dinâmica econômica trazida pelos empreendimentos de infraestrutura em projeto ou em implantação na região, foi desenvolvida, no âmbito deste estudo, uma análise de dinâmica espacial, cujos resultados foram projetados para um cenário futuro em 2030 anos.

A análise dinâmica espacial empreendida neste trabalho foi estabelecida a partir da criação de um modelo computacional de predição de alteração de cobertura da terra para a bacia hidrográfica do rio Tapajós, a fim de gerar cenários de ocupação e análises que promovam a discussão sobre a inserção de elementos ou agentes de infraestrutura com potencial de alteração sistemática da ocupação na região (vide no Quadro 1 um texto explicativo sobre a técnica da análise dinâmica espacial).

O estudo avaliou o perfil de desmatamento a partir de dados pretéritos do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES (2012) –, a influência de diferentes variáveis indutoras do desmatamento da região, bem como a pressão sobre as florestas, causada pela implantação de novas obras de infraestrutura.

Para o estudo, foi utilizado o ambiente de simulação Dinâmica EGO, versão 1.8.9. Trata-se de um ambiente computacional de modelagem LUCC (Land Use and Cover Changes) para desenvolvimento de modelos espacialmente explícitos.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

O resultado é apresentado na forma de cenários futuros de ocupação territorial, em formato de mapa, a partir dos quais é possível realizar inferências sobre variações no ambiente associadas a perdas de serviços ou bens ambientais. Para a modelagem da dinâmica espacial proposta, foi utilizado o software DINAMICA EGO, versão 1.8.9, criado e mantido pelo Centro de Sensoriamento Remoto (CSR), da Universidade Federal de Minas Gerais. O software é um ambiente de modelagem, com possibilidades para a construção de modelos de diversos tipos: desde os mais simples modelos espaciais estáticos até modelos dinâmicos bem complexos (SOARES-FILHO, 2010).

De posse das projeções, a emissão de carbono de cada cenário foi quantificada e valorada, para subsidiar discussões sobre o modelo de ocupação na bacia.

#### Quadro 1. Modelagem dinâmica espacial: instrumento para tomada de decisões

A modelagem dinâmica espacial e a utilização de ferramentas computacionais podem vir a auxiliar os tomadores de decisão na gestão ambiental para lidar com os possíveis impactos de novos empreendimentos, por meio de cenários futuros demonstrando tendências de ocupação do uso e cobertura do solo. A utilização adequada de tais recursos dependerá da correta manipulação de seus parâmetros, e da disponibilidade e qualidade dos dados de entrada. Com o auxílio de ferramentas computacionais, a área do conhecimento denominada land change visa a entender as causas e consequências das mudanças de uso e ocupação do solo. Segundo Turner II et al. (2007), esta ciência tornou-se um componente fundamental para estudos de mudanças ambientais e sustentabilidade. O monitoramento e observação das modificações da paisagem, o entendimento das dinâmicas de mudanças de uso e cobertura da terra como um sistema homem-ambiente, a análise geoespacial, o sensoriamento remoto e a modelagem espacial são ferramentas para o conhecimento das causas e consequências das mudanças de uso e cobertura do solo. A modelagem dinâmica espacial é usada, entre outras finalidades, para o entendimento das alterações do uso e cobertura da terra. Em seu conceito, um modelo é uma simplificação e adaptação, ou abstração do mundo real. Modelos têm sido, portanto, utilizados como ferramentas de aprendizagem. Deste modo, os modelos são úteis para atividades de comunicação (usados em educação, treinamento, negociação e jogos) e para auxílio na redução da incerteza (usados como ferramenta de planejamento e suporte nas decisões). Os modelos de redução da incerteza podem servir para previsão de cenários (forecasting) ou para descrever processos que já ocorreram (backcasting).



## 2.1. Os cenários para a região do Complexo Hidrelétrico do Tapajós

Na modelagem espacial, Singh (2003) aponta cinco diferentes tipos de análises: autômatos celulares, rede neural artificial, multi-agentes, estatísticas e por fractais. Para o presente trabalho, a geração de cenários futuros foi feita a partir da modelagem baseada em autômatos celulares. Autômatos celulares (“cellular automata” - CA) são abstrações matemáticas de sistemas naturais que consistem em uma grade discreta de células idênticas, e cada “situação” ou “estado” de uma célula evolui em passos discretos de tempo, de acordo com regras determinísticas que especificam cada valor da célula baseado nos valores das células vizinhas.

As variáveis estáticas elencadas para o modelo foram “distância aos centros urbanos”, “distância às rodovias” e “unidades de conservação”. Foram calculados os pesos de evidência para as variáveis, e também foi verificada a independência espacial entre elas. A geração de cenários futuros foi feita após o processo de validação. Esta etapa utilizou o mapa de uso e cobertura da região, para o ano de 2000 (PRODES); as variáveis “distância aos centros urbanos”, “distância às rodovias”, e “unidades de conservação”; e simulou o cenário para 2011. Este cenário simulado foi validado a partir do mapa de uso e cobertura PRODES 2011, e passou a ser utilizado para a construção dos cenários futuros.

Para a simulação futura para o ano de 2030, foram elaborados três cenários, descritos a seguir.

Cenário 1: cenário status quo. A projeção é feita a partir do mapa original do PRODES de 2011, com a dinâmica observada no período anterior (2000-2011). Em síntese, sua projeção seria o cenário esperado, com base na dinâmica do período anterior, sobre o qual são acrescentados os reservatórios projetados do CHT<sup>1</sup>, estruturas de barramento e estradas de acesso.

Cenário 2: trata-se de projeção de uso e ocupação na bacia do Tapajós, baseada na dinâmica ocorrida no entorno do empreendimento de Belo Monte. Um círculo de 225,7 km de raio<sup>2</sup> foi projetado sobre a cena de Belo Monte (tendo o ponto da barragem como centro) e a taxa de expansão da atividade antrópica (medida pelo desmatamento) foi obtida a partir de análise de dinâmica espacial na região (mapas PRODES, 2000 e 2011). Esta taxa foi então projetada para a cena do Tapajós.

Os resultados podem ser visualizados na Figura 1, com ilustrações nas Figuras 2 e 3.

---

1 Conforme arranjo de usinas proposto pela ELETROBRÁS (2012) e áreas de alagamento constantes no Inventário Hidrelétrico do Tapajós (ELETRONORTE, 2008).

2 O raio foi calculado para projetar uma área com tamanho equivalente à bacia do rio Tapajós, na seção analisada (160.061 km<sup>2</sup>).

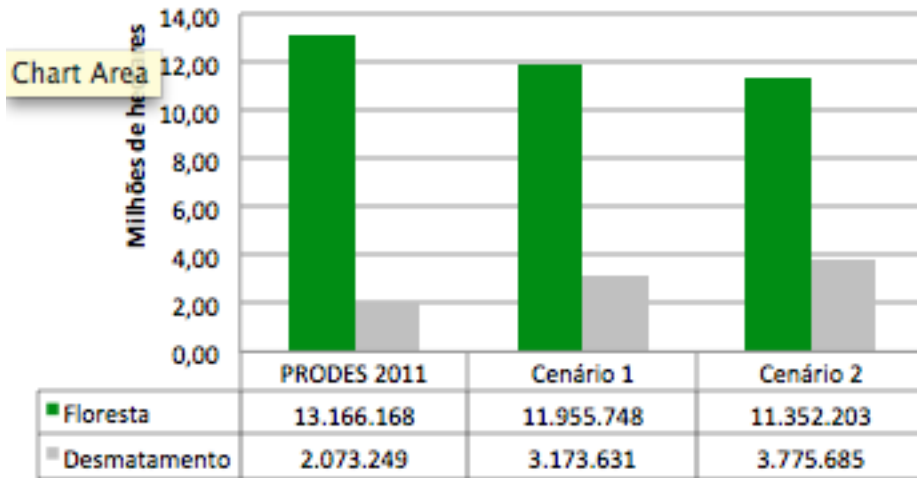


Figura 1. Comparação entre os cenários de cobertura do solo na bacia do Tapajós para o ano de 2030.

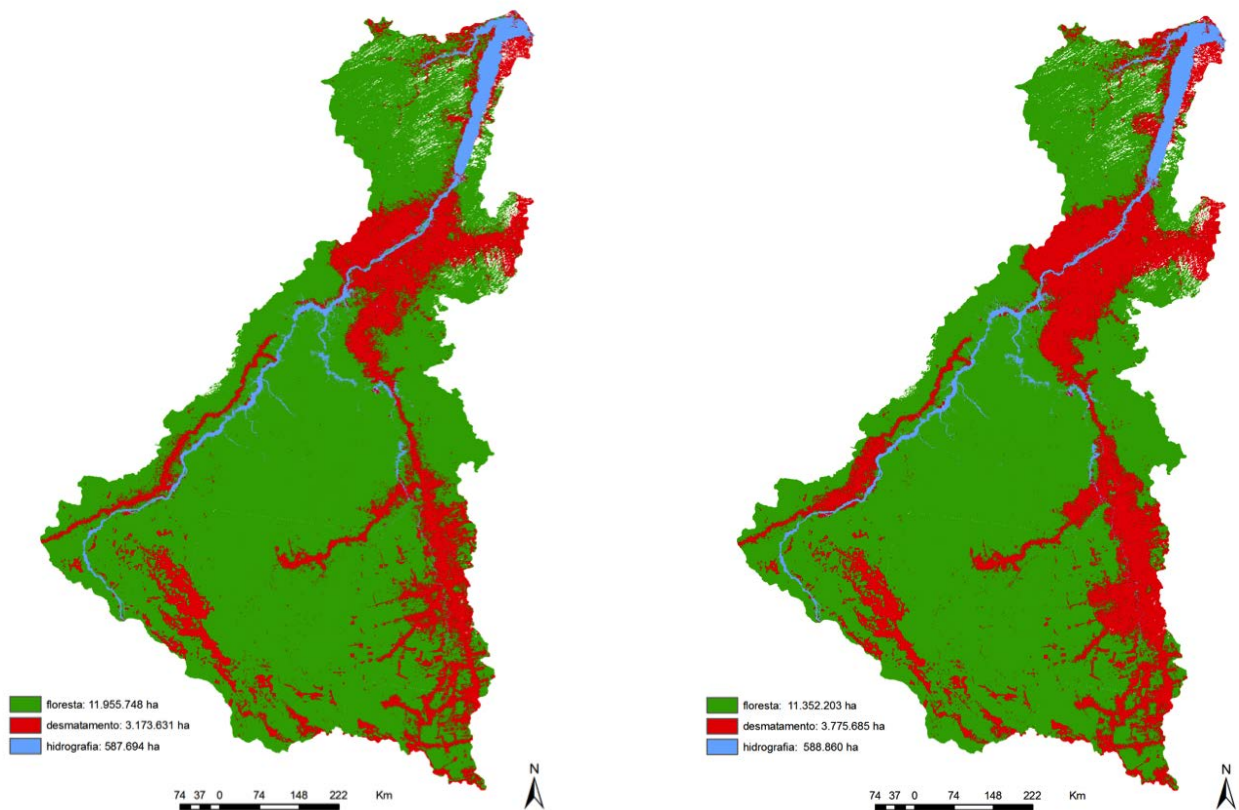


Figura 2 – Projeções de desmatamento: Cenário 1.

Figura 3 – Projeções de desmatamento: Cenário 2.

### 3. Hidrelétricas no Tapajós, efeitos sinérgicos e emissões de carbono

Para incentivar o desenvolvimento de ações e colaborar com o esforço mundial de pesquisa e iniciativas em relação às mudanças climáticas, o Brasil lançou seu Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Pretende-se criar condições internas para enfrentar as consequências sociais e econômicas das mudanças climáticas e define as ações e medidas que visam à adaptação à mudança do clima e a suas mitigações. Suas principais metas são a redução do desmatamento na Amazônia, aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética e a ampliação de iniciativas de reciclagem (PINTO, 2010).

Entretanto, no sentido oposto do preconizado pela PNMC, diversos projetos de infraestrutura para a região amazônica estimulam a ocupação de áreas pristinas e o avanço da atividade antrópica sobre as áreas ainda conservadas. O CHT, em conjunção com outros projetos, pode estimular a perda de cerca de 17 mil km<sup>2</sup> de floresta, conforme já apontado neste estudo, nos próximos 30 anos, na região do baixo rio Tapajós.

Estes cenários de degradação ensejarão diversas consequências, dentre elas a liberação de grande quantidade de carbono, com possível impacto sobre os acordos assinados pelo Brasil e suas metas de conservação.

Com o uso do conjunto de ferramentas InVest (*Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs*), no âmbito deste estudo, foi realizada uma valoração da perda do serviço ecossistêmico de conservação do carbono, a partir dos cenários apresentados na seção anterior.

O módulo *Carbon Storage and Sequestration* do modelo INVEST 2.4.2 agrega a quantidade de carbono armazenado nos quatro estoques (biomassa viva acima do solo, biomassa viva subterrânea, biomassa no solo e matéria orgânica morta) aos mapas de uso e ocupação da terra. Estima a quantidade líquida de carbono armazenado em uma parcela de terra ao longo do tempo e os valores de mercado do carbono sequestrado e em estoque. A unidade de medida da biomassa em cada reservatório é a quantidade de carbono elementar em um hectare (Mg/ha) (TALLIS ET AL., 2012).

O modelo funciona em um mapa em grade de células (formato raster). Para cada célula é atribuído um uso ou uma cobertura do solo, tais como florestas, pastos, terras agrícolas, áreas urbanas, dentre outros. Para cada uso ou cobertura da terra, o modelo exige uma estimativa da quantidade de carbono nos quatro estoques fundamentais. O modelo aplica essas estimativas para o mapa de uso e cobertura do solo, produzindo um mapa de armazenamento de carbono nos reservatórios de carbono inseridos naquela parcela de terra, fornecendo estimativa de armazenamento de carbono em cada grade celular e em toda a parcela de terra. Introduzindo mapas de diferentes

períodos - pretérito, atual e/ou futuro, o modelo fornece a biomassa sequestrada ao longo do tempo e seu valor econômico. Para estimar esse sequestro de carbono, o modelo calcula a diferença de armazenamento entre o panorama atual e a paisagem projetada, dividindo o valor por unidade de mapeamento. As saídas do modelo são expressas em quantidade de carbono (Mg) e em valor de mercado ou social (USD), para cada célula da grade. O valor de uma tonelada de carbono sequestrado seria equivalente ao dano social evitado por não liberar a tonelada de carbono na atmosfera.

Esse valor deve ser trazido a um valor presente econômico, calculado através de uma taxa de desconto social que mediria à taxa a qual uma sociedade estaria disposta a trocar consumo presente por consumo futuro.

### 3.1. Os cenários para o Tapajós e as emissões de carbono

Para este trabalho, a resolução espacial utilizada foi de 90m x 90m por célula. Os dados de armazenamento de carbono para a região da bacia hidrográfica do Tapajós, foram obtidos dos seguintes autores:

- Carbono da biomassa viva acima do solo - Pyle et al. (2008);
- Carbono da biomassa morta acima do solo - Pyle et al. (2008);
- Carbono da biomassa viva abaixo do solo - Malhi et al. (1999);
- Carbono da biomassa do solo (0 a 1 metro) - Quesada et al. (2011).

Para o desflorestamento, considerou-se que os valores de carbono são nulos para os reservatórios de biomassa viva acima e abaixo do solo e de biomassa morta acima do solo. Entretanto, considera-se que o carbono contido no solo permanece após a retirada da vegetação.

Os compartimentos de carbono para a classe “hidrografia” foram considerados nulos (Andrade, 2011; Tallis et al, 2012).

Com base nas classes descritas, foi confeccionada uma tabela com os valores de armazenamento de carbono em cada tipo de reservatório (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de carbono armazenada (Mg/ha) por tipo de reservatório

Cobertura do solo	Carbono vivo acima do solo	Carbono vivo subterrâneo	Carbono no solo	Carbono morto acima do solo
Floresta	148	30	120	47
Desmatamento	0	0	120	0
Hidrografia	0	0	0	0

Agregando os dados da Tabela 1 ao mapa de classificação 2011 do PRODES, foram calculadas as quantidades de carbono armazenadas na área de estudo. No ano de 2011, a quantidade de carbono armazenado foi de 4.795.850.240 Mg (toneladas) para a área total do bacia hidrográfica do Tapajós. O alto valor estimado é proporcionado pela grande cobertura de floresta amazônica na região, sendo o principal estoque de carbono local.

Adicionando as intervenções de infraestrutura do CHT - barragens, estradas de acesso e reservatórios – foi calculada a perda de armazenamento de carbono 41.980.416 Mg, justificada pelo desmatamento necessário para construir as obras previstas e pela inundação de áreas florestais pelo reservatório de água.

Posteriormente, foram calculadas as quantidades de carbono armazenadas em cada cenário futuro (ano 2030) estabelecido anteriormente e as respectivas liberações de carbono em relação ao ano de 2011, cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de carbono armazenado (Mg) em cada cenário de 2030 e suas respectivas liberações de carbono para a atmosfera (Mg) entre os anos de 2011 e 2030

Cenário	Carbono armazenado (Mg)	Carbono liberado (Mg)
Cenário 1	4.505.390.080	248.474.000
Cenário 2	4.369.670.144	384.192.000



## 3.2. Valores envolvidos no estoque/emissão de carbono nos cenários do CHT

Para a valoração dos estoques e emissões de carbono, utilizou-se o valor de US\$ 12 por tonelada métrica de CO<sub>2</sub>e, que corresponde a média ponderada das transações do mecanismo de REDD no mercado de carbono voluntário durante o ano de 2011, segundo o relatório anual Estado do Mercado Voluntário de Carbono (WORLD BANK, 2012).

Como a valoração no InVEST é calculada através das quantidades estocadas de carbono nas diferentes coberturas do solo, os idealizadores do modelo sugerem que os valores monetários sejam aplicados ao preço por tonelada métrica de carbono equivalente, e não de dióxido de carbono. Para o cálculo, portanto, foi realizada a conversão dos valores de CO<sub>2</sub>e em C, baseada nas massas atômicas dos elementos químicos, resultando num valor de US\$3,27 por tonelada de Carbono.

Adotou-se a taxa de desconto para o mercado financeiro no valor de 10% ao ano para a ótica pública no cálculo do valor presente líquido, segundo recomendação do Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (CENTROCLIMA), criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (NOVAES et al., 2002).

O resultado final da valoração do carbono é apresentado na Tabela 3 e ilustrado nas Figuras 4 e 5, para os cenários 1 e 2, respectivamente.

Tabela 3. Perda monetária (US\$) em cada cenário, entre os anos de 2011 e 2030.

Cenário	Valor (US\$)
Cenário 1	393.486.543,71
Cenário 2	608.411.015,56

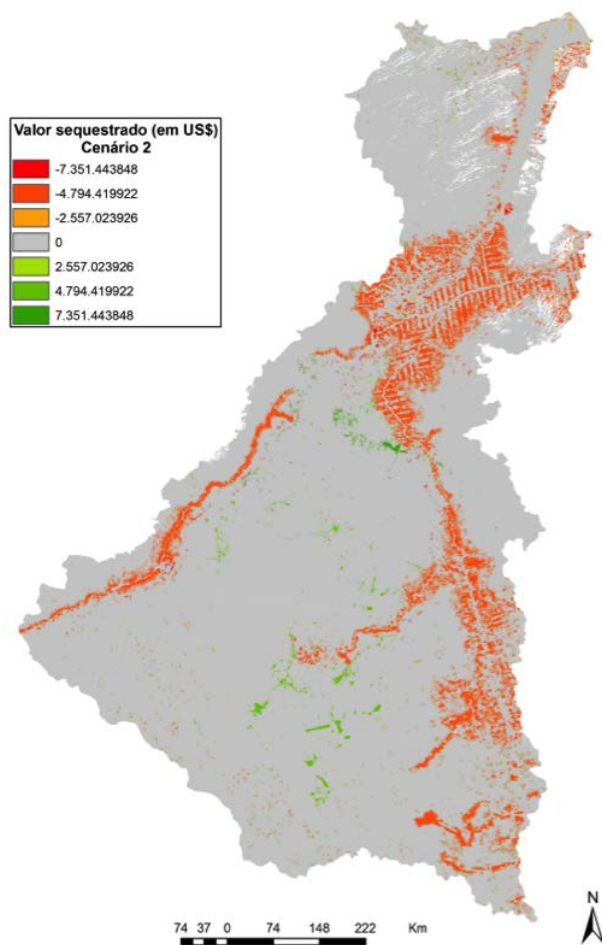


Figura 4. Mapa de valores de emissão de carbono (US\$) para o Cenário 2, em cada célula da bacia hidrográfica do Tapajós, no Pará.

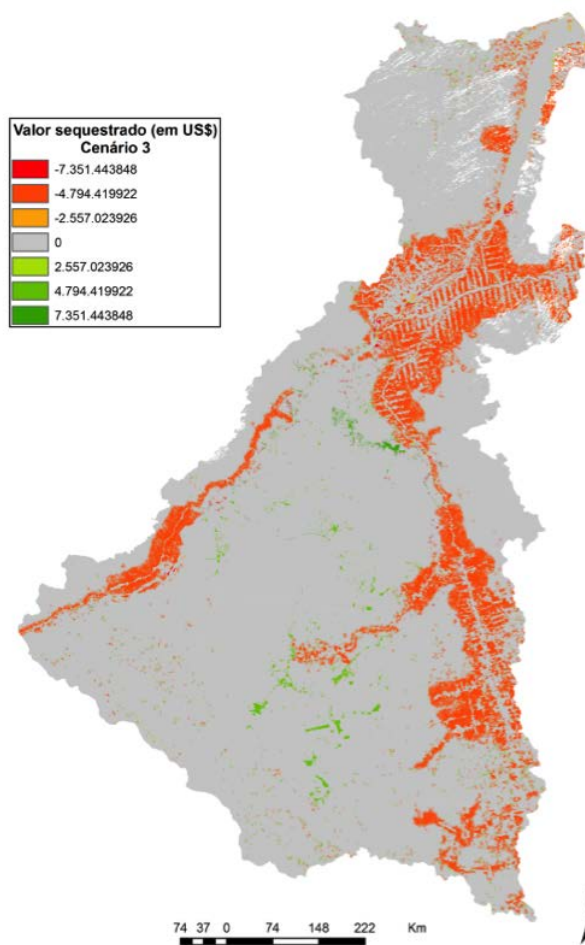


Figura 5. Mapa de valores de emissão de carbono (US\$) para o para o Cenário 3, em cada célula da bacia hidrográfica do Tapajós, no Pará.

## 4. Pressões de uso e ocupação sobre Unidades de Conservação na região.

A pressão de desmatamento na região será dirigida, em parte, ao domínio das Unidades de Conservação (UC). Estas já sofreram redução de suas áreas originais, para acomodação das áreas dos reservatórios. Há ainda dois outros fatores que geram expectativas de pressões de desmatamento sobre as UC da região: a transferência dos processos de licenciamento ambiental da União para os Estados e Municípios; e a baixa densidade dos quadros locais do órgão federal responsável pela gestão das UC, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

De forma a analisar estas pressões, as projeções espaciais do Cenário 3 foram sobrepostas às áreas das UC federais da região, resultando nos números da Tabela 4.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

Tabela 4. Projeção de pressões de desmatamento sobre UC do Tapajós

Área	Classificação da Área	Área afetada no Cenário 3 (km <sup>2</sup> )	Área afetada no Cenário 3 (% da UC)
APA do Tapajós	Desafetada	92,85	0,46
Flona Itaituba 1	Desafetada	0,46	0,02
Flona de Itaituba 2	Desafetada	49,64	1,25
Flona do Crepori	Desafetada	4,80	0,06
Parna da Amazônia	Desafetada	54,72	0,51
Flona Altamira	Não desafetada	84,92	1,17
Flona do Amanã	Não desafetada	15,55	0,29
Flona do Jamaxim	Não desafetada	3.145,29	24,17
Flona do Tapajós	Não desafetada	865,89	15,76
Flona do Trairão	Não desafetada	107,30	4,17
Parna do Jamanxim	Não desafetada	901,99	10,49
Parna do Juruena	Não desafetada	15,22	0,08
Parna do Rio Novo	Não desafetada	384,92	7,16
Resex Riozinho do Anfriso	Não desafetada	0,94	0,01
Resex Tapajós-Arapiuns	Não desafetada	1.070,80	15,88
Kayabi	Terras Indigenas	11,87	0,10
Munduruku	Terras Indigenas	3.796,10	15,92
Sai-Cinza	Terras Indigenas	194,69	15,59
<b>Total</b>		<b>6.807,17</b>	

Projeta-se, portanto, um desmatamento da ordem de 6.800 km<sup>2</sup> em áreas de Unidades de Conservação, a partir da pressão exercida pelas forças consideradas no Cenário 3. Tal número é representativo, embora tenha caráter especulativo: trata-se da projeção de desmatamento em condições em que as áreas de UC não seriam respeitadas. Entretanto, os números e a indicação das áreas sob maior pressão podem balizar ações estratégicas de conservação, no caso da implantação da infraestrutura projetada.

## 5. Considerações Finais

146

O empreendimento do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, assim como os outros grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia, tende a alavancar as pressões antrópicas sobre os ambientes conservados da região. Somando-se seus efeitos sinérgicos aos demais empreendimentos projetados (mineração, estradas, portos, dentre outros) para a região, as perdas se multiplicam em passivos cujos ônus recairão sobre a sociedade de modo geral.

A análise de dinâmica espacial na bacia e projeções de cenários futuros de degradação – mensurada aqui como desmatamento – demonstram que, a repetição, na bacia do Tapajós, dos efeitos sinérgicos da infraestrutura sobre o desmatamento na região de Altamira no rio Xingu, onde está sendo construído o Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, poderá representar a perda de cerca de 17.000 km<sup>2</sup> de floresta, e a consequente liberação de mais de 130 milhões de toneladas de carbono para a atmosfera, até 2030 anos.

A pressão de desmatamento, projetada sob este mesmo cenário, poderia impactar cerca de 6.800 km<sup>2</sup> de áreas de Unidades de Conservação federal na região, caso persista o quadro de baixa capacidade fiscalizatória e de gestão da União sobre estas unidades.



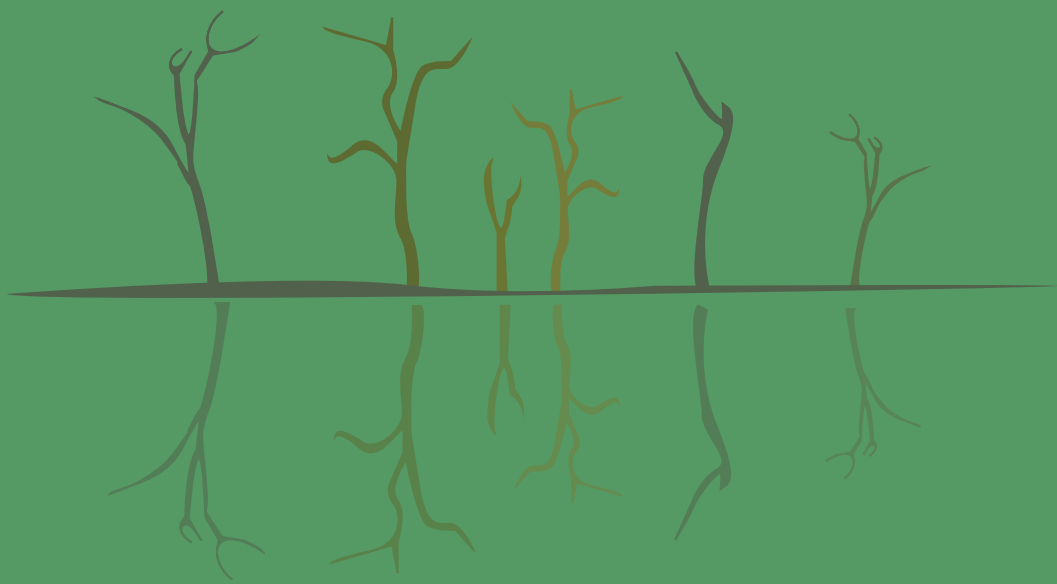
# Capítulo VIII



## O risco de desmatamento associado a doze hidrelétricas na Amazônia

Paulo Barreto  
Amintas Brandão Jr.  
Sara Baima Silva  
Carlos Souza Jr.





# 1. Introdução

O governo brasileiro está executando um ambicioso plano de expansão de produção de energia que inclui a construção de 30 hidrelétricas (UHE) na Amazônia até 2023 (Inesc, 2012; MME, 2013). Este plano e sua execução têm sido questionados em vários aspectos. Especialistas têm argumentado que parte da expansão é desnecessária, pois parte da demanda poderia ser reduzida com o aumento de eficiência energética e a demanda restante poderia ser suprida pelo aumento de geração de outras fontes como energia solar, biomassa e eólica (Moreira, 2012). Outros estudos argumentam, ainda, sobre a inviabilidade econômica de algumas das obras (Bermann, 2012; Moreira, 2012). E especialistas, sociedade civil e Ministério Público têm apontado a falta de análises adequadas dos impactos socioambientais dos empreendimentos na Amazônia (Moreira, 2012; Bermann, 2011; Bermann, 2012).

Além disso, o Ibama, órgão do executivo federal, reportou, em julho de 2013, que a construtora da hidrelétrica de Belo Monte, no Pará, deixara de executar 19 (83%) de 23 das condicionantes estabelecidas para a obtenção da licença ambiental de instalação (O Eco, 2013). Até novembro de 2013, o governo federal também não havia executado a recomendação feita em 2011 de criar cinco Unidades de Conservação para reduzir o risco de desmatamento no entorno da hidrelétrica de Belo Monte no Pará (Ver recomendações em Barreto et al., 2011). Por fim, o poder público federal e de Rondônia reduziram Unidades de Conservação para facilitar a construção de hidrelétricas (Araújo et al., 2012). Por causa dessas e outras falhas, entre 2008 e 2012, o Ministério Público iniciou

48 ações judiciais contra oito hidrelétricas na região (Fonseca & Mota, 2013).

Dentre os riscos ambientais da implantação das hidrelétricas, o aumento de desmatamento é um dos mais importantes, pois contribui para perdas de biodiversidade e emissões de gases do efeito estufa (GEE). As emissões de GEE decorrentes do desmatamento e de processos químicos no reservatório (Fearnside, 2013) confrontam o argumento governamental de que as hidrelétricas são prioritárias porque são fontes de energia limpa. De fato, o agravamento das mudanças climáticas poria em risco a própria geração de energia por meio da redução das chuvas (Marengo et al., 2007; CEBDS, 2013; Stickler et al., 2013).

Alguns defensores das hidrelétricas argumentam que a área de desmatamento direto decorrente da instalação do reservatório e infraestrutura de construção é relativamente pequena. Entretanto, a construção também estimula o desmatamento indireto. Por exemplo, o aumento de imigrantes para trabalhar na obra e para aproveitar outras oportunidades aumenta a demanda local por produtos agropecuários. Da mesma forma, a promessa de novos investimentos gera expectativa de valorização das terras. Para aproveitar este potencial, especuladores ocupam as terras e usam o desmatamento para sinalizar sua posse. O risco de desmatamento indireto deve ser minimizado tanto pelos construtores quanto pelo poder público. Isto envolveria, por exemplo, intensificar a fiscalização e aumentar sua eficácia e criar Unidades de Conservação. Os custos para reduzir este risco também deveriam ser considerados no planejamento geral das obras.

Para ajudar nas discussões sobre a pertinência e os custos para compensar e prevenir o risco de aumento de desmatamento na Amazônia, neste capítulo apresentamos uma estimativa do desmatamento indireto associado a 12 UHEs do complexo Tapajós. Focamos nestas áreas porque teriam um efeito agregado em uma região e porque várias dessas UHEs foram consideradas prioritárias pelo governo.

A estimativa do risco compreende dois resultados principais conforme abordagem de Barreto et al. (2011) para o caso da hidrelétrica de Belo Monte. O primeiro é a área total adicional que seria desmatada por causa do projeto. Para estimá-la, projetamos a área desmatada sem e com os projetos em função do aumento da população nos dois cenários no período de 20 anos (2012 a 2032). Esta abordagem considerou a forte associação entre a população total da Amazônia e a área total desmatada entre 2000 e 2011 encontrada por Barreto et al. (2011). A estimativa do aumento populacional sem o projeto considerou as projeções do IBGE. No cenário com os projetos adicionamos a população imigrante que se tornaria residente, que, segundo os estudos de impactos ambientais de hidrelétricas, é cerca de 20% dos imigrantes totais. Os imigrantes totais somariam 314.952, dessa forma, 62.990 (20%) ficariam na região após as obras<sup>1</sup>.

O segundo resultado é a distribuição espacial do risco de desmatamento. Para projetá-la

usamos modelador de mudança da cobertura do solo (LCM) disponível no programa Idrisi Taiga. Este modelador considera os fatores que historicamente afetaram a distribuição do desmatamento e projeta a distribuição considerando a distribuição dos fatores no futuro. Neste caso, identificamos as variáveis que mais se correlacionaram com o incremento de desmatamento ocorrido entre 2004 e 2006 na área de análise. Após os testes realizados automaticamente pelo LCM, selecionamos as sete variáveis que resultaram em maior acurácia da estimativa do risco: distância de estradas, distância de rios, elevação do terreno, declividade do terreno, distância até um desmatamento antigo, Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Área militar e a probabilidade histórica de ocorrência de desmatamento em áreas especiais.

Com base na estimativa do risco de desmatamento estimamos inicialmente o potencial de emissões de carbono pela decomposição e queimada da biomassa da floresta e, em seguida, o impacto potencial sobre componentes da fauna e flora. Para estimar as emissões multiplicamos a área sob risco de desmatamento pela estimativa de emissões de gás carbônico equivalente por quilômetro quadrado de floresta, com base no Sistema de Alerta do Desmatamento<sup>2</sup> (SAD).

---

1 Nesta análise desconsideramos a declaração do governo de que a construção das hidrelétricas no Tapajós se baseará num modelo inédito de plataforma para evitar o desmatamento excessivo. Neste modelo os funcionários seriam transportados por helicópteros para a região da construção e, no final, o entorno da obra seria fechado. Entretanto, o próprio governo afirma, em propaganda do complexo do Tapajós, que a sua construção gerará 75 mil empregos, dos quais 25 mil são indiretos. Essa população inevitavelmente ocuparia as cidades no entorno das obras, o que elevaria o risco de desmatamento. A propaganda da obra está disponível em: <<http://bit.ly/1hbxZQ1>>

2 Os relatórios do SAD estão disponíveis em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal>>

Para estimar uma ordem de grandeza do impacto sobre a biodiversidade multiplicamos a área sob risco de desmatamento pela densidade média de árvores, aves e primatas em floresta da Amazônia compilado por Vieira et al. (2005).

Na parte final do estudo, fazemos uma análise sobre como mitigar os riscos do desmatamento associados às UHEs. Para tanto, primeiramente revisamos as propostas de mitigação dos empreendedores no caso das UHEs que já possuíam estudos de impacto ambiental. Depois, resumimos os avanços e falhas das políticas contra o desmatamento na Amazônia nos últimos anos. Finalmente, consideramos estas lições para sugerir as medidas que deveriam ser adotadas para mitigar o risco de desmatamento.

Essas análises se tornam ainda mais pertinentes após o anúncio de que o desmatamento aumentou em 28% entre 2012 e 2013. É provável que os investimentos em infraestrutura na Amazônia sem a necessária gestão ambiental juntamente com outros fatores como a mudança do Código Florestal em 2012 tenham contribuído para este resultado (Barreto, 2013).

## 2. O complexo do Tapajós e a área de estudo

O estudo foca a região do chamado complexo do Tapajós, nos Estados do Pará e Mato Grosso, onde seriam construídas 12 UHEs entre 2011 e 2023 (Quadro 1 e Figura 1). O investimento projetado soma R\$ 48 bilhões e pretende gerar em torno de 18 mil megawatts (Quadro 1).

Três das obras do complexo, que somam 15% da energia projetada, já estão em construção<sup>3</sup>. A maioria (67%) está entre as fases de planejamento e de execução de ações preparatórias, que envolvem estudos e preparação dos relatórios de impacto ambiental. Os leilões para construção dessas UHEs ocorreriam em 2014.

A situação da UHE Chacorão, no Pará e Amazonas, está incerta. Em julho de 2012, a Empresa de Planejamento Energético (EPE) do governo federal suspendeu os estudos de viabilidade desta obra porque ela atingiria Terras Indígenas. Segundo a EPE, os estudos não seriam realizados enquanto o artigo 231 da Constituição, que trata dos direitos indígenas, não for regulamentado (Agência CanalEnergia, 2013). Como há forte movimentação no Congresso e lobby para regulamentar os direitos indígenas (Vide em Chagas, 2013; Sales, 2012), mantivemos esta UHE na análise.

---

3 A UHE Teles Pires, no Mato Grosso, esteve paralisada por uma decisão judicial liminar. A obra só poderia recomeçar depois de realizado o estudo sobre o impacto aos indígenas. Entretanto, a liminar foi cassada em setembro de 2013 (Notícias STF, 2013).

Quadro 1. Características das 12 UHEs do complexo do Tapajós.

UF	Municípios Polos	UHE	Tamanho dos reservatórios projetados (Km <sup>2</sup> )	MW a ser gerado	Custo projetado da obra (Bilhões de R\$)	Anos previstos para início e término da obra	Data prevista para leilão de construção	Situação	Existência de EIA - Rima
PA		São Luiz do Tapajós	722	6.133	18,2	2011 - 2016	2014	Em ação preparatória	Não
PA	Itaituba	Jatobá	646	2.338	5,1	2015 - 2019	2014	Em ação preparatória	Não
PA		Cachoeira do Cai	420	802	2,0	2015 - 2020	2014	Em estudo de viabilidade	Não
PA		Jamanxim	74	881	2,0	2015 - 2022	2014	Em estudo de viabilidade	Não
PA	Novo Progresso	Cachoeira dos Patos	117	528	1,5	2015 - 2021	2014	Em estudo de viabilidade, mas com licenciamento suspenso	Não
PA		Jardim do Ouro	426	227	1,0	2015 - 2023	2014	Em estudo de viabilidade	Não
AM e PA	Jacareacanga	Chacorão	616	3.336	8,6			Estudo de viabilidade suspenso	Não
PA e MT		Teles Pires	137	1.820	4,0	2011 - 2015	Já ocorreu	Em construção	Sim
PA e MT	Alta Floresta	São Manoel	53	746	2,2	2011 - 2015		Planejada	Sim
MT		Foz do Apia-cás	70	275	0,8	2011 - 2015		Planejada	Sim
MT		Colíder	123	342	1,3	2011 - 2015	Já ocorreu	Em construção	Sim
MT	Sinop	Sinop	330	461	1,4	2011 - 2015	Já ocorreu	Em construção	Sim
Total			3.734	17.889	48				

Fontes: MME (2010); MME (2011); MME (2012); MME (2013); International Rivers (2012).



## 2.1. Delimitação da área de estudo

Estimamos o risco de desmatamento em uma região de 563.861 quilômetros quadrados no sudoeste do Estado do Pará, norte do Mato Grosso e sudeste do Amazonas (Figura 1). Delimitamos esta área considerando que o aumento populacional ocorre em uma região ampla no entorno de grandes projetos conforme demonstram vários estudos (Becker, 1996; Biery-Hamilton, 1996; Fearnside, 2002; Barreto et al., 2011). Por exemplo, no caso da hidrelétrica de Tucuruí, Barreto et al. (2011) estimaram que nos municípios com sede até um raio de 150 quilômetros a partir da UHE o crescimento populacional foi 50% maior do que no restante do Pará e que as sedes num raio de até 230 quilômetros tiveram aumento populacional maior do que no restante do estado. Ademais, consideramos que a ocupação tenderia a ocorrer em torno das vias de transporte (rios navegáveis e estradas) já existentes em torno dos projetos. Dentro desta região, identificamos três sub-regiões principais ao redor das principais cidades próximas das UHEs (Figura 1).

A situação dos estudos ambientais dos projetos será detalhada na seção 4.

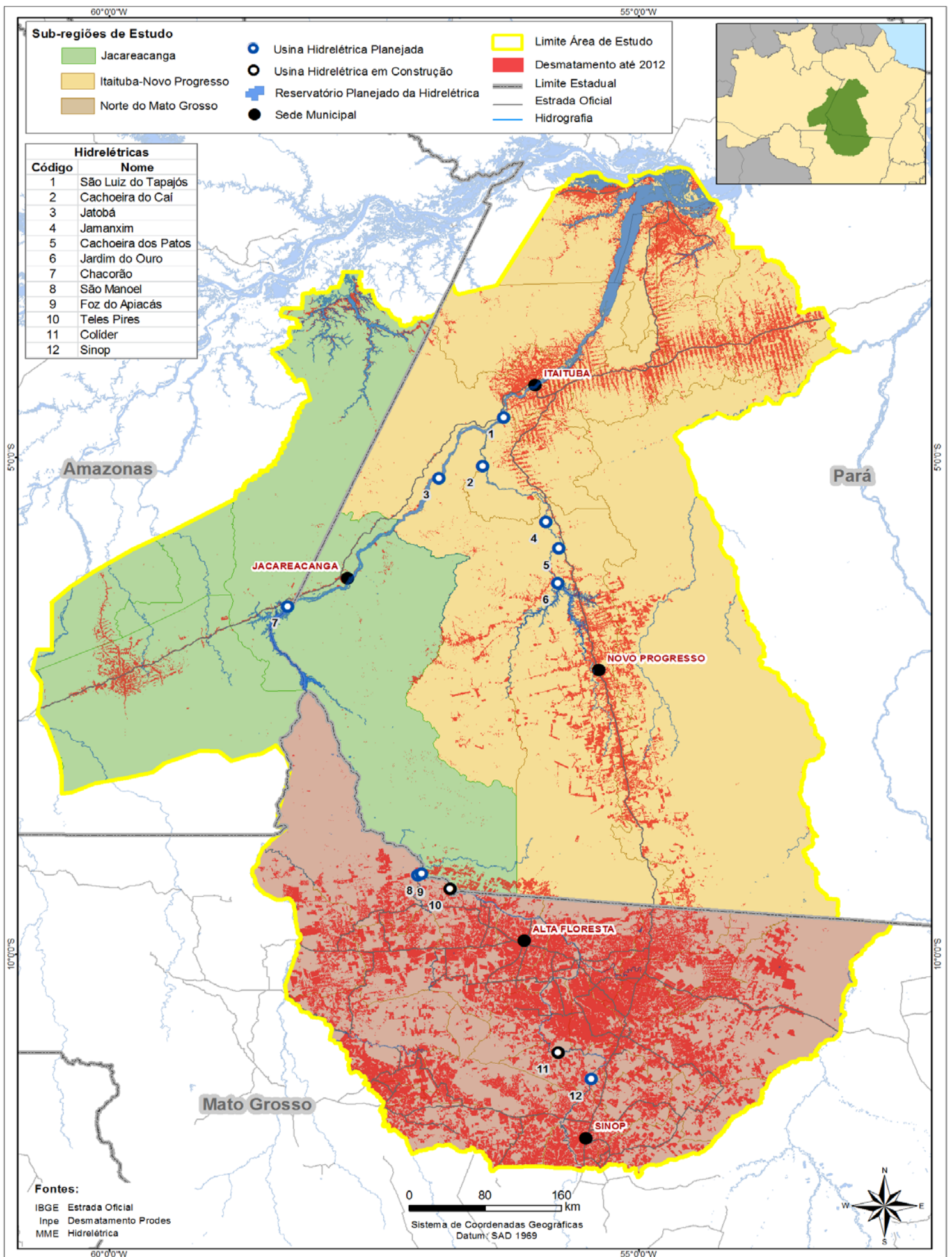


Figura 1. Localização das UHEs em construção e planejadas para o complexo Tapajós.

Aproximadamente 47% da superfície da região de estudo eram Áreas Protegidas, incluindo Terras Indígenas e Unidades de Conservação (Figura 2 e Quadro 2). O restante eram áreas privadas ou terras devolutas. A área desmatada fora das Áreas Protegidas somava 31% até 2012, e dentro, somava apenas 2%. No total da região de estudo, 18% da floresta original foram desmatados. Cinquenta e seis por cento da floresta remanescente em 2012 estavam nas Áreas Protegidas na região de estudo.

Quadro 2. Cobertura do solo na região de estudo do complexo Tapajós.

Itens	Total de floresta original	Floresta remanescente em 2012	Desmatado até 2012	Vegetação não florestal	Água	Total da superfície
Total (km <sup>2</sup> )	530.237	437.400	92.837	24.175	9.449	563.861
Fora de Área Protegida (km <sup>2</sup> )	278.981	191.794	87.188	13.618	8.324	300.924
Dentro de Área Protegida (km <sup>2</sup> )	251.256	245.607	5.649	10.556	1.125	262.937
% do total de floresta original	100	82	18			
% do total de floresta original fora de Áreas Protegidas	100	69	31			
% do total original de floresta em Área Protegida	100	98	2			



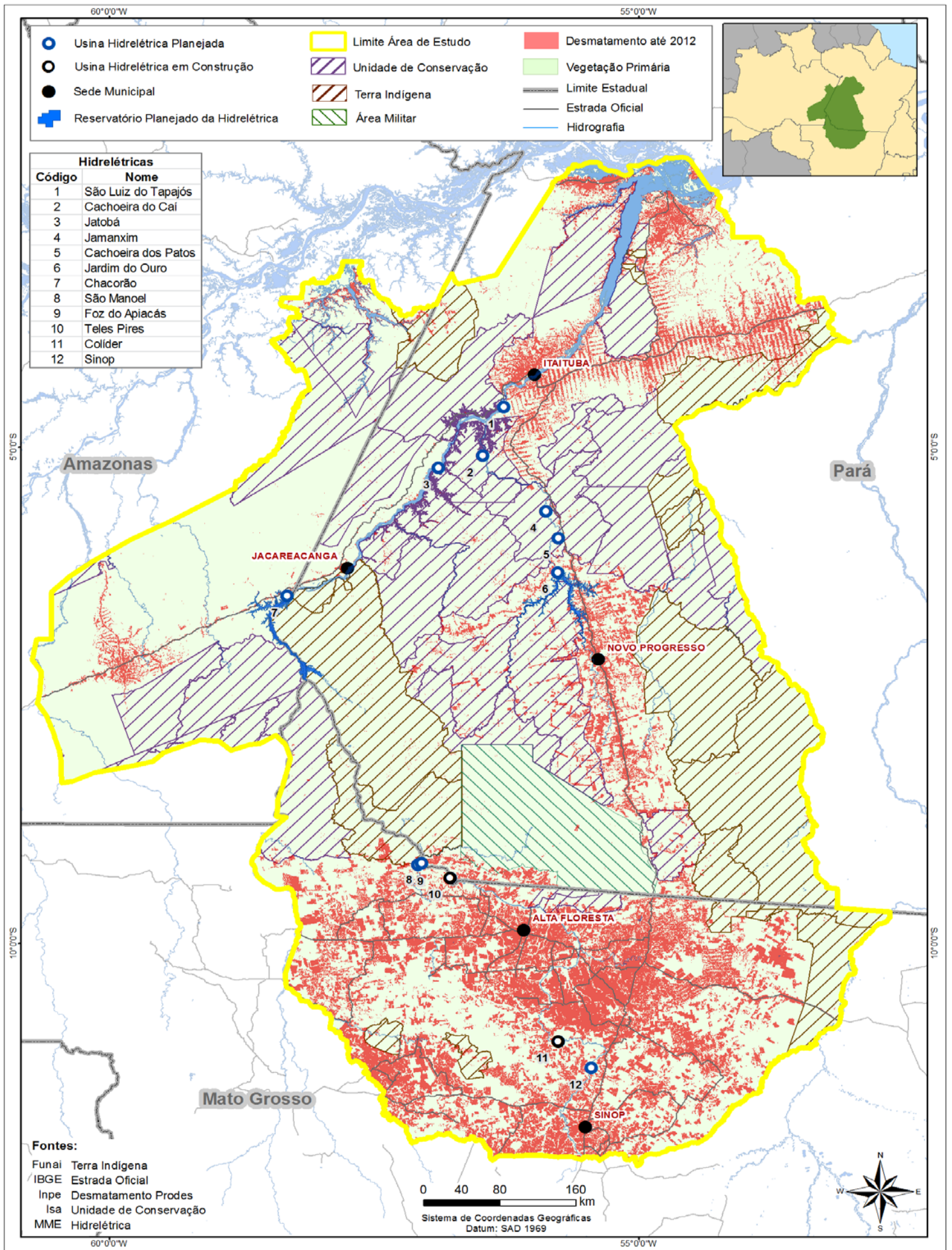


Figura 2. Áreas Protegidas na região de estudo.

## 3. O risco de desmatamento

### 3.1. A taxa de desmatamento e as emissões de carbono

Projetamos que o desmatamento considerando o crescimento tendencial da população até 2031 sem as obras seria de 113.972 quilômetros quadrados, enquanto com o aumento populacional associado às hidrelétricas seria de 123.481 quilômetros quadrados. Assim, o aumento do desmatamento com a implantação das UHEs seria de 9.509 quilômetros quadrados em 20 anos, o que equivaleria a um aumento de 8,3% em relação ao cenário sem os projetos.

A taxa média do desmatamento indireto anual adicional nos 20 anos (475 km<sup>2</sup>/ano) representaria 12% da meta estabelecida no plano de redução de desmatamento para 2020 para toda a Amazônia (3.800 km<sup>2</sup>/ano).

As emissões de GEE por causa do desmatamento médio anual adicional chegariam a cerca de 24 milhões de toneladas equivalente de gás carbônico. Tais emissões representariam um aumento de 5% das emissões decorrentes das mudanças do uso do solo e de 5,5% das decorrentes do setor de energia em comparação com as emissões de 2012 estimadas pelo Sistema de Estimativa de Emissões de GEE<sup>4</sup>.

Somando a área dos reservatórios que seria alagada ao desmatamento indireto, a perda de floresta por causa das obras atingiria 13 mil quilômetros quadrados. Destes, 72% seriam desmatamento indireto e 28% por causa dos reservatórios. Cada obra demandaria desmatamento adicional para construir alojamentos, estradas e outras obras acessórias.

### 3.2. Distribuição espacial do risco do desmatamento

Para visualizar a distribuição do risco adicional de desmatamento calculamos a diferença entre os mapas dos cenários com e sem as UHEs (Figura 3). O risco aumentaria mais nas regiões em torno das hidrelétricas projetadas e das principais cidades em cada região, onde os imigrantes tenderiam a se concentrar.

---

4 A estimativa das emissões por setor está disponível em: <http://bit.ly/1ecX60I>



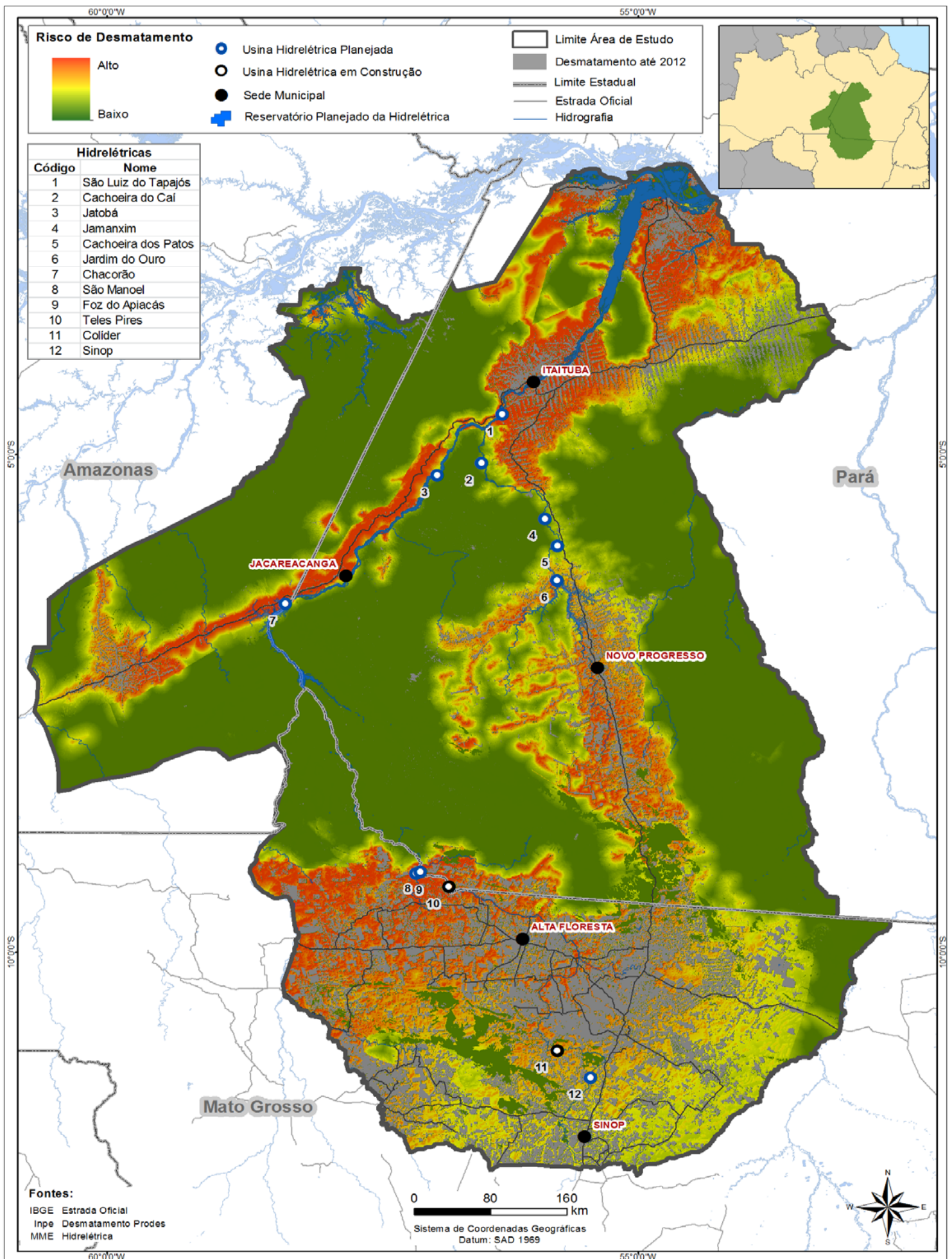


Figura 3. Distribuição do risco adicional de desmatamento até 2032 com a construção das 12 UHEs na bacia do rio Tapajós.

A maioria do risco de desmatamento adicional (57%) até 2031 seria na zona de Itaituba e Novo Progresso, associado a seis hidrelétricas. Em seguida está a região norte do Mato Grosso, cujo risco seria de 38%, associado a cinco hidrelétricas; e a região de Jacareacanga com 5% do risco, associado a uma hidrelétrica (Figura 3 e Figura 4).

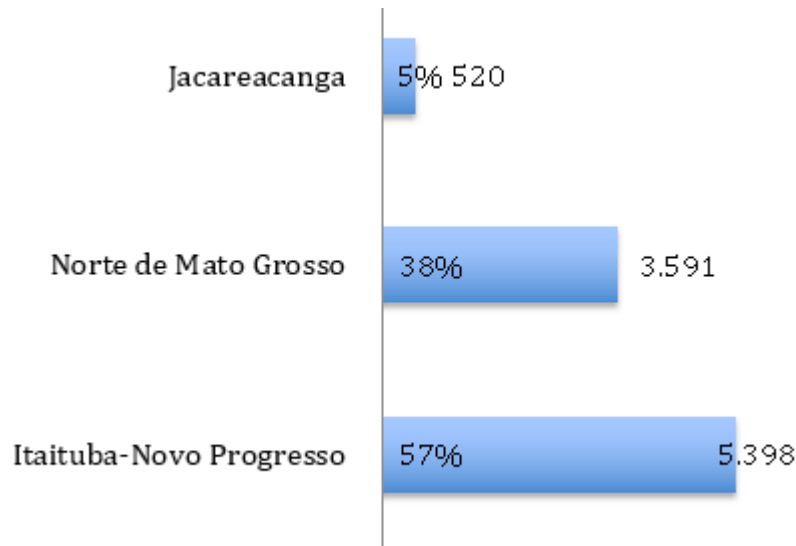


Figura 4. Distribuição do risco de desmatamento indireto nas sub-regiões da área do estudo (% e Km<sup>2</sup> desmatados).

As maiores hidrelétricas seriam responsáveis pela maior área desmatada considerando o tamanho dos seus reservatórios e o maior número de imigrantes permanentes (Figura 5). Até 2031, algumas hidrelétricas teriam a maior porção do desmatamento decorrente do reservatório em comparação com o desmatamento indireto. A construção destas UHEs começaria mais tarde e, portanto, sofreria um impacto menor do efeito da imigração no desmatamento até 2031. Entretanto, o desmatamento tenderia a continuar depois do período estimado.

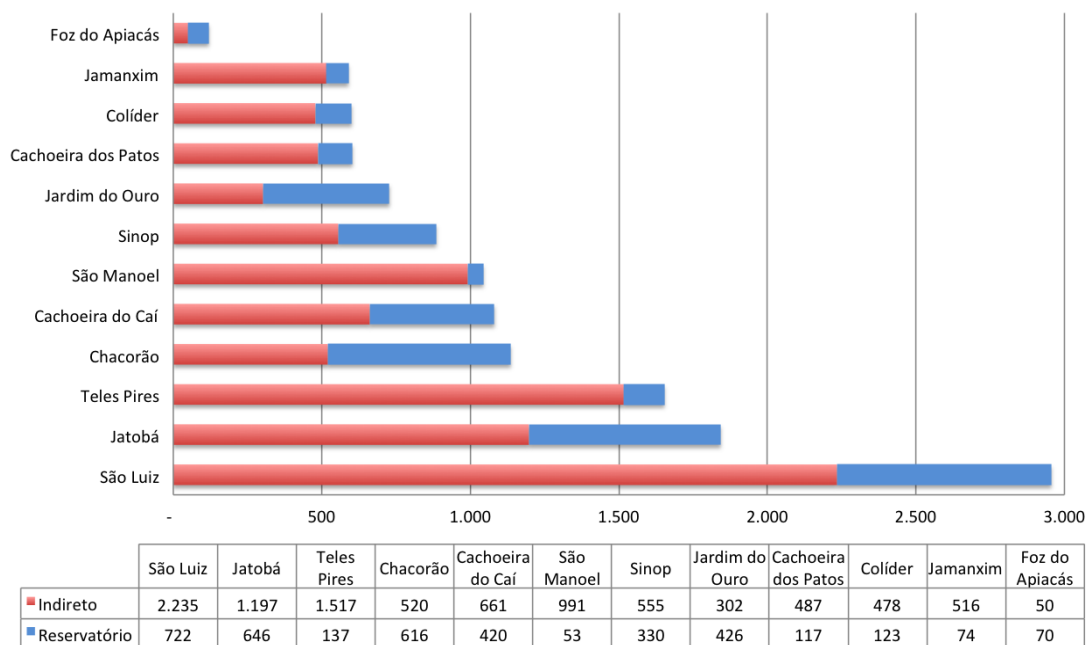


Figura 5. Perda florestal (km<sup>2</sup>) projetada considerando o desmatamento indireto e a área do reservatório de cada UHE.

### 3.2.1. Impacto sobre a biodiversidade

O risco de impactos do desmatamento sobre a biodiversidade seria considerável. Quase 690 milhões de indivíduos seriam atingidos pelo alagamento e desmatamento indireto considerando apenas as árvores com tronco a partir de 10 centímetros de diâmetro, os primatas e as aves. Desse total, seriam aproximadamente 662 milhões de árvores, 23,6 milhões de aves e 768 mil primatas. Aproximadamente 72% destes seriam afetados pelo desmatamento indireto.

Ressaltamos que o impacto seria ainda maior considerando as árvores com tronco menor do que 10 cm de diâmetro e os outros componentes da fauna (como grandes mamíferos e insetos) e da flora (tais como cipós e epífitas). Ademais, destacamos que estudos específicos em cada região seriam necessários para identificar as espécies e grupos que seriam afetados.

Grosso modo, a distribuição do risco de cada obra sobre a biodiversidade seria proporcional ao risco do desmatamento na Figura 5. Porém, o impacto agregado provavelmente seria mais severo na região norte de Mato Grosso onde a floresta já está bastante fragmentada e existem apenas duas Áreas Protegidas pequenas (Figura 6).

A construção das UHE aumentaria o risco de desmatamento em 44 das 53 Áreas Protegidas existentes na região de estudo (Figuras 6 e 7). A extensão das áreas sob risco indica que os plano de prevenção do desmatamento devem ir bem além da vizinhança próxima das obras.

As áreas sob maior risco são aquelas que já vêm sofrendo pressões, incluindo ocupantes ilegais, como a Floresta Nacional de Jamanxim (Figura 7). O fato de que o poder público tem reduzido Unidades de Conservação para facilitar o licenciamento de UHEs provavelmente aumentará a pressão por novas reduções dessas áreas. As Unidades de Conservação mais desmatadas recentemente estão próximas de grandes obras de infraestrutura (Araújo et al., 2013).



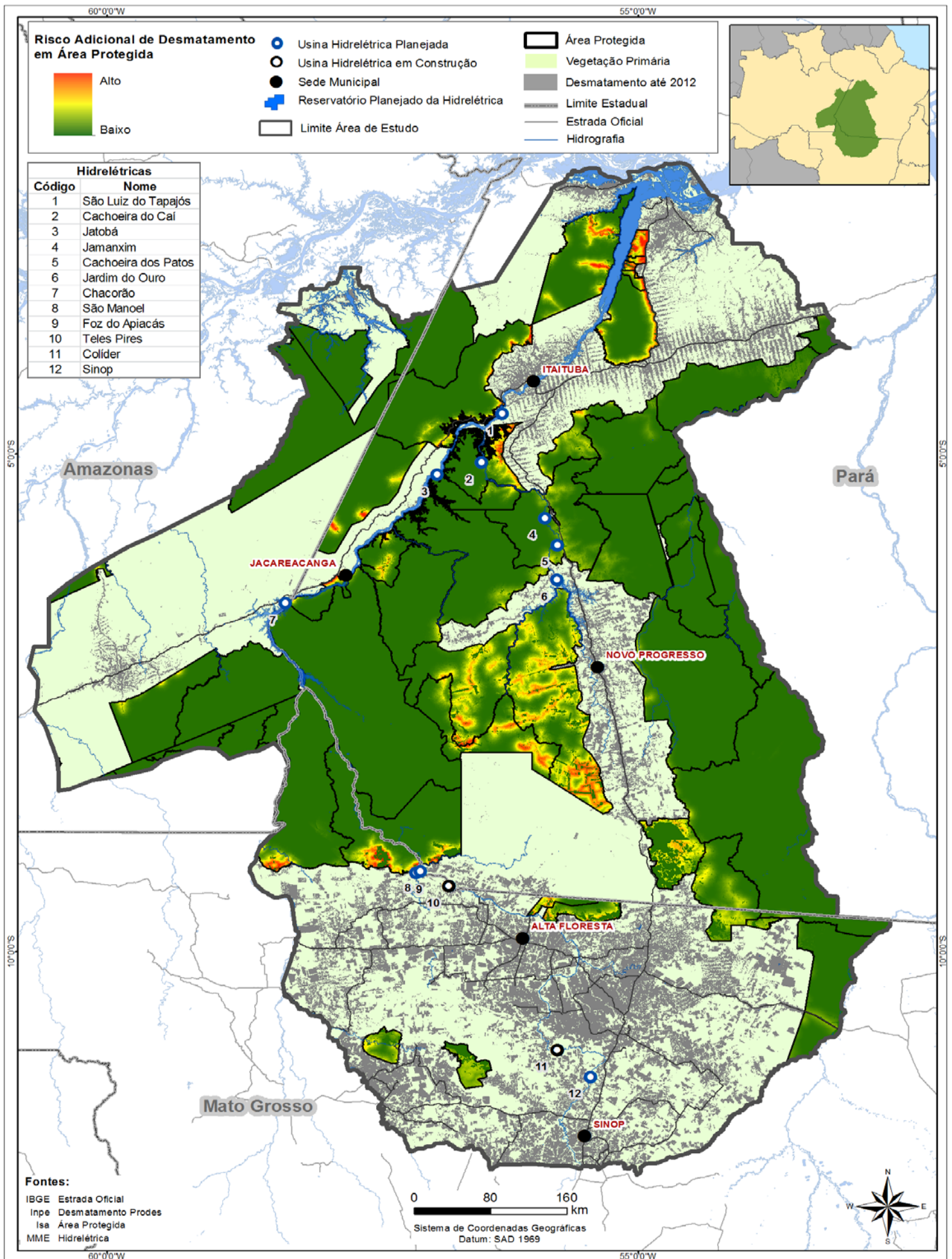


Figura 6. Distribuição do risco adicional de desmatamento em Áreas Protegidas até 2032 com a construção das 12 UHEs na bacia do rio Tapajós.

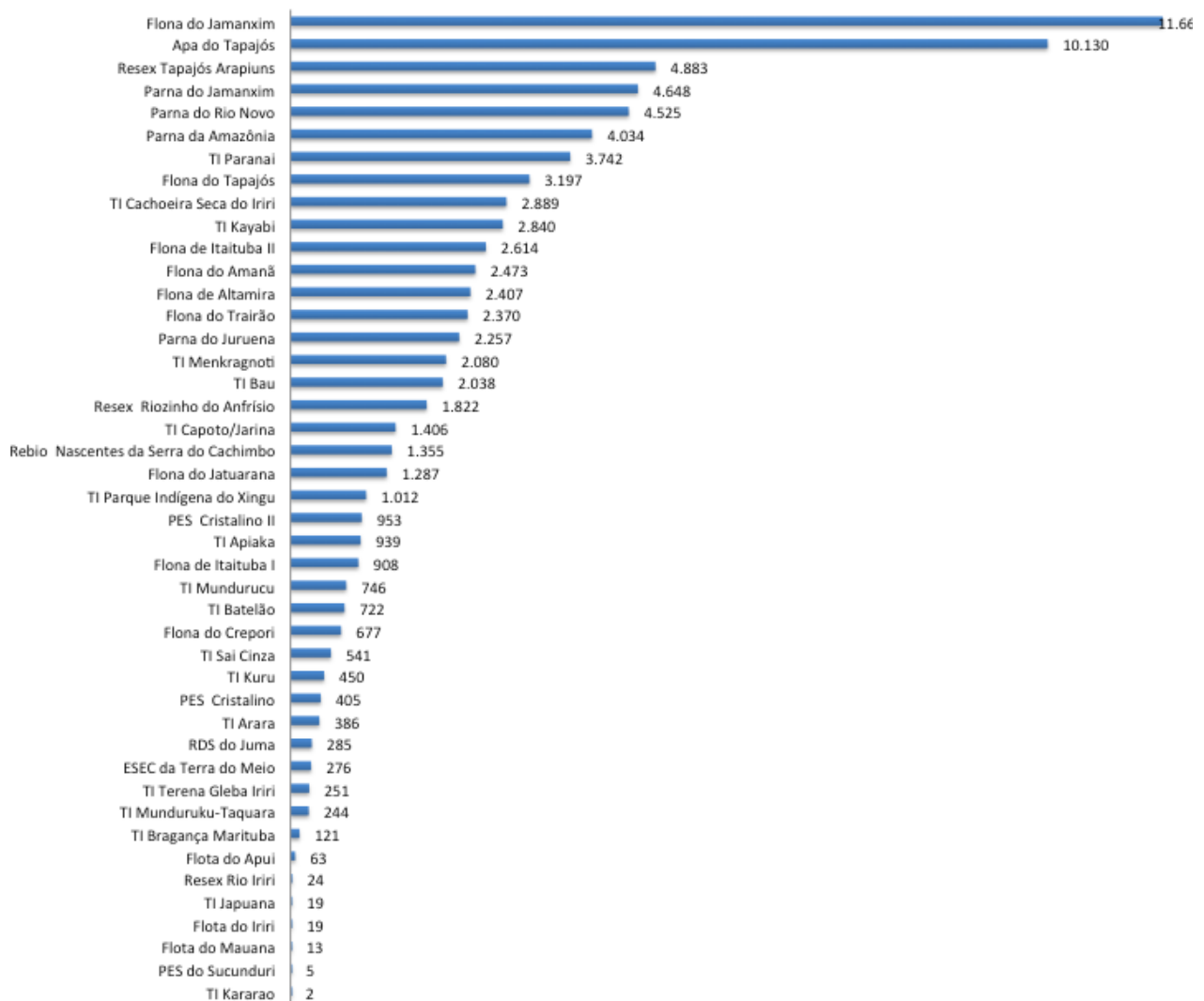


Figura 7. Áreas Protegidas com risco adicional de desmatamento até 2032 com a construção das 12 UHEs na bacia do rio Tapajós.

Siglas das Áreas Protegidas: APA – Área de Proteção Ambiental; Flona – Floresta Nacional; Flota – Floresta Estadual; PES – Parque Estadual; Parna – Parque Nacional; Rebio – Reserva Biológica; RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Resex – Reserva Extrativista; TI – Terra Indígena.



## 4. As propostas das empresas para recompor áreas desmatadas e o risco do desmatamento

Das 12 UHEs analisadas, apenas cinco concluíram os seus EIA-Rimas. As outras ainda estão em fase de estudos de viabilidade ou apenas planejadas. Todos os EIA-Rimas das cinco UHEs desconsideraram o risco do desmatamento indireto e tratam como direto apenas o desmatamento da área do reservatório e de obras acessórias da construção.

Da mesma forma, o Plano Básico Ambiental (PBA) dos projetos propõe apenas medidas para restaurar ou compensar as áreas desmatadas diretamente (Quadro 3). As propostas de restauração envolvem o reflorestamento ou condução da regeneração natural da área de preservação em torno dos reservatórios e de áreas para infraestrutura temporária (que será desativada após o fim das obras como, por exemplo, alojamentos).

Todos os PBAs das UHEs, com exceção o da Foz do Apicás, propuseram a compensação ambiental por meio da criação de Unidades de

Conservação ou contribuição para sua gestão (Quadro 3). Neste caso os empreendedores propõem repassar recursos aos órgãos gestores das UCs para que estes executem a proteção. Entretanto, nenhum PBA especificou valores a serem repassados; especificou apenas as UCs nas quais a compensação ocorreria. Nenhum PBA tampouco propôs apoiar a fiscalização contra o desmatamento na região do projeto, a qual poderia reduzir o risco do desmatamento indireto.

O fato de os EIA-Rimas desconsiderarem o desmatamento indireto indica uma inconsistência dos órgãos licenciadores, pois no caso da UHE de Belo Monte, esta avaliação foi exigida pelo Ibama. A desconsideração do desmatamento indireto indica que tanto os órgãos ambientais como as empresas subestimam o impacto das obras. Como consequência, ambos estão sujeitos às pressões do Ministério Público e da sociedade para que mitiguem impactos desconsiderados.

Objetivos e atividades	
UHE	Programa, projeto ou ação
	Implantação da Área de Preservação Permanente do reservatório
	Recomposição florestal
<b>Teles Pires</b>	Compensação ambiental - Unidade de Conservação
	Programa de desmatamento e limpeza da represa e das áreas associadas à implantação do empreendimento
<b>São Manoel</b>	Programa de compensação ambiental
	Programa de recomposição florestal
<b>Foz do Apiacás</b>	Programa de reposição florestal
<b>Colíder</b>	Programa de compensação ambiental
<b>Sinop</b>	Programa de implantação de Unidade de Conservação

Proteção do solo, preservação dos recursos hídricos, da fauna e flora.

Recomposição da vegetação com o plantio de espécies nativas, possibilitando sua regeneração natural no canteiro de obras e alojamentos, áreas de empréstimo e acessos auxiliares às obras, que poderão ser desativados.

O empreendedor deverá repassar os recursos financeiros ao poder público para que sejam destinados à criação ou manutenção de Unidades de Conservação. São indicadas áreas localizadas na bacia de drenagem do futuro reservatório, além de trechos ao norte, na Serra do Cachimbo, de forma a garantir a implementação de corredores ecológicos.

O desmatamento será feito de forma planejada para que os animais possam se deslocar para áreas seguras. O programa deverá prever o aproveitamento do potencial madeireiro da área de inundação e respeitando a APP da represa.

Apointa áreas onde poderiam ser criadas Unidades de Conservação e as unidades que poderiam receber os recursos e compensação: Parques Estaduais do Cristalino I e II e a Reserva Ecológica Estadual Apiacás.

Plantio de espécies nativas ou regeneração natural da vegetação nas áreas desmatadas para implantação da infraestrutura do empreendimento como o canteiro de obras e o alojamento.

A princípio, propõe a recuperação das margens do reservatório e das áreas sujeitas a deslizamento

Investimentos em Unidades de Conservação de proteção integral existentes ou na criação de novas Unidades de Conservação.

Diminuir o risco de desmatamento nessas áreas.

**Quadro 3.** Programas e objetivos dos Planos Básicos Ambientais de cinco UHEs na bacia do rio Tapajós.

Fontes: Andrade Gutierrez Construtora S.A (2009); Leme Engenharia Ltda (2010); PCE (2010); EPE (2010); EPE (2011).

## 5. As lições sobre o combate ao desmatamento

Nesta seção resumimos as lições sobre o combate ao desmatamento aprendidas nos anos recentes. Estas lições servirão para orientar as recomendações sobre como combater o desmatamento na região de entorno dos projetos de hidrelétricas na região.

Entre 2005 e 2012, a taxa de desmatamento na Amazônia caiu cerca de 80% por causa da combinação de várias políticas e iniciativas da sociedade civil (Britaldo et al., 2010; Barreto & Araújo 2012; Assunção et al., 2012.). Entretanto, em 2013, o desmatamento subiu 28% por causa de condições favoráveis do mercado de produtos agropecuários e do enfraquecimento de políticas ambientais.

### 5.1. As políticas que funcionaram contra o desmatamento

#### 5.1.1. A criação de Áreas Protegidas

Os governos estaduais e federal ampliaram as Áreas Protegidas na região, incluindo Unidades de Conservação e Terras Indígenas (reconhecidas pelo governo federal). Em 2012, aproximadamente 43% do território da região estavam protegidos. Vários estudos demonstram que estas áreas têm sido em geral efetivas contra o desmatamento (Britaldo et al., 2010; Nolte et al., 2013).

#### 5.1.2. Inspeções de campo mais intensivas e focadas

A partir de 2008, o governo federal priorizou a inspeção de campo no combate ao desmatamento em 36 municípios (de 760) responsáveis por 50% do desmatamento total da Amazônia. As operações de campo resultaram em multas, confisco de equipamentos e de bens associados a crimes ambientais e embargos de áreas desmatadas. Em 2008, o governo federal aumentou o número de áreas embargadas e os bens confiscados em 53% nos 36 municípios críticos em relação a 2007<sup>5</sup>, enquanto que nos outros municípios o aumento da repressão foi equivalente a 11%. A operação mais espetacular aconteceu em junho de 2008, quando, pela primeira vez, o governo federal apreendeu 3 mil cabeças de gado em uma Estação Ecológica no Pará. Dois meses depois, o governo leiloou o gado (Barreto & Silva, 2009). Após o confisco de gado, o desmatamento caiu rapidamente nesta e em outras regiões onde foi aplicado e em seu entorno (Análise PPCDAM).

---

5 Estimativa realizada pelos autores com dados fornecidos pelo Ibama.

### 5.1.3. O embargo econômico das áreas ilegalmente desmatadas e a responsabilização da cadeia produtiva

A partir de 2008, os fiscais do Ibama foram obrigados a embargar as áreas ilegalmente desmatadas autuadas em vez de apenas multá-las como faziam em muitos casos no passado. Os infratores ficam proibidos de vender os produtos originários de áreas desmatadas ilegalmente. Os fiscais também geraram um mapa da área embargada que posteriormente o Ibama publicou na internet<sup>6</sup>. Os compradores dos produtos dessas áreas - por exemplo, frigoríficos - tornaram-se passíveis de sanções contra os crimes ambientais (Brasil, 2007).

### 5.1.4. A restrição de crédito a proprietários rurais violadores da legislação ambiental e fundiária

Em fevereiro de 2008, o Conselho Monetário Nacional emitiu uma norma que exige dos bancos públicos e privados a interrupção do fornecimento de crédito rural a agricultores não cumpridores da legislação ambiental e fundiária. A partir de julho de 2008, antes de conceder crédito a propriedades rurais a partir de 400 hectares, os bancos começaram a requerer a comprovação de que seus proprietários haviam iniciado os procedimentos para a obtenção de um título de propriedade válido e uma licença ambiental (Brasil, 2008). O primeiro passo nessa direção seria registrar o imóvel no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

### 5.1.5. Ações do Ministério Público Federal contra a pecuária ilegal

Baseado nas ações de embargo realizadas pelo Ibama, o MPF propôs ações judiciais contra 21 fazendas e 13 frigoríficos que adquiriram gado dessas fazendas. Ademais, o MPF recomendou a 69 empresas consumidoras de produtos oriundos desses frigoríficos que deixassem de adquiri-los para evitar outras ações.

Para evitar a continuação das ações legais e para voltar a operar, em agosto de 2009 três frigoríficos e o representante dos pecuaristas assinaram com o MPF um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com compromissos de regularização ambiental e fundiária do setor<sup>7</sup>.

---

6 A lista está disponível em: <[http://siscom.ibama.gov.br/geo\\_sicafi/](http://siscom.ibama.gov.br/geo_sicafi/)>

7 Ver documentos completos em: <<http://tinyurl.com/y9fy2y>>.

Os frigoríficos se comprometeram, a partir da data de assinatura do TAC, a não adquirir gado de fazendas inseridas nas listas de áreas embargadas do Ibama e de trabalho escravo do Ministério do Trabalho<sup>8</sup> ou que realizarem novos desmatamentos nos próximos dois anos. Os frigoríficos se comprometeram também, a partir de janeiro de 2010, a só comprar gado de fornecedores que apresentassem o comprovante de solicitação do CAR da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (Sema) do Estado do Pará e que a partir de julho de 2010 apresentassem o pedido de licenciamento ambiental na Sema.

Para cumprir o TAC, os frigoríficos e exportadores de boi vivo começaram a cobrar o CAR dos seus fornecedores. O número de imóveis registrados no CAR cresceu de cerca de 400 antes de junho de 2009 para cerca de 30 mil em 4 de fevereiro de 2011<sup>9</sup>, e chegou a cerca de 80 mil na metade de 2013.

A ação do MPF no Pará ajudou o desmatamento a cair mais fortemente no próprio estado. Enquanto o desmatamento caiu 43% no Pará entre 2010 e 2012, em Mato Grosso caiu apenas 13% e em Rondônia aumentou 34%, segundo dados do Inpe.

## 5.2. As falhas no combate ao desmatamento

O fato de o desmatamento ilegal continuar na região apesar das medidas citadas acima indicam que o controle ainda é falho e que os incentivos continuam. Ademais, o desmatamento continua mesmo havendo uma enorme área desmatada subutilizada, o que indica que a derrubada de floresta é estimulada por expectativas de ganhos não associados imediatamente à produção agropecuária (Barreto & Silva, 2013). A seguir descrevemos as principais falhas do controle do desmatamento e fatores de incentivos que persistem.

### 5.2.1. Implementação parcial de Terras Indígenas e Unidades de Conservação

Embora o governo tenha criado Unidades de Conservação e reconhecido Terras Indígenas, o desmatamento ainda continua em várias dessas áreas. As Áreas Protegidas mais desmatadas na Amazônia entre agosto de 2012 e março de 2013 estavam em regiões de influência de obras de infraestrutura e fragilizadas pela falta de regularização fundiária e da preparação e execução de planos de gestão (Araújo et al., 2013).

---

<sup>8</sup> Consulta das listas nos endereços eletrônicos do Ibama: <[http://siscom.ibama.gov.br/geo\\_sicafi/](http://siscom.ibama.gov.br/geo_sicafi/)> e do Ministério do Trabalho: <[http://www.mte.gov.br/trab\\_escravo/default.asp](http://www.mte.gov.br/trab_escravo/default.asp)>.

<sup>9</sup> Informação coletada no portal de monitoramento da Sema: <<http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>>



A ocupação em algumas destas áreas permanece, mesmo depois que a justiça ordenou a retirada de posseiros ilegais. Em outras áreas, posseiros buscam a indenização via ações judiciais antes de saírem das áreas. Os governos alegam que não possuem recursos para retirar os posseiros de Áreas Protegidas e/ou que são escassas as terras pra realocar os ocupantes (Araújo et al., 2013).

## 5.2.2. Ineficácia da aplicação das penas contra crimes ambientais

**Baixa arrecadação de multas.** O Ibama arrecadou apenas 0,3% do valor das multas ambientais aplicadas entre 2008 e 2010 (Mariz, 2011). Os procedimentos administrativos e judiciais são muito lentos, o que leva à prescrição dos crimes e infrações (Vide análise em Barreto et al., 2009).

**Monitoramento insuficiente das áreas embargadas.** Alguns produtores de áreas embargadas continuam vendendo seus produtos sem que os compradores sejam responsabilizados (Feitosa, 2011). Por exemplo, ouvimos relatos de que fazendeiros com imóveis embargados estariam arrendando suas áreas para, assim, poderem

comercializar o gado sem restrições; isto é, usando um documento de identificação (CNPJ ou CPF) diferente daquele na lista de imóveis embargados (Comunicação pessoal de um fazendeiro para um dos autores desta análise).

**Corrupção.** O próprio governo reconhece que fiscais corruptos têm colaborado para a impunidade. Por exemplo, em Mato Grosso, o governo afastou todos os funcionários da superintendência regional do Ibama após denúncias de corrupção. O governo também estaria investigando servidores públicos que venderam o “desembargo” de áreas embargadas pelo Ibama (Fariello, 2013).

## 5.2.3. Ausência de combate ao desmatamento especulativo

Segundo o Inpe e a Embrapa (2012), em 2010 existiam cerca de 12 milhões de hectares de pastos subutilizados na Amazônia. O fato de o desmatamento continuar apesar de existir enorme área subutilizada, indica que o desmatamento especulativo continua (Brasil, 2002; Barreto et al., 2008); ou seja, há pessoas que desmatam para sinalizar que são posseiros de terras públicas que poderão ser utilizadas ou vendidas no futuro.

Vários fatores têm facilitado o desmatamento especulativo de terras públicas, incluindo: i) a frequente instituição de regras que facilitem a regularização de terras apropriadas ilegalmente (popularmente chamadas de grilagem), inclusive por meio de doação e venda de terras públicas abaixo do preço de mercado (Barreto et al., 2008); ii) a demora para a titulação de terras permite que especuladores ocupem áreas enormes sem desembolsar capital<sup>10</sup>;

10 Por exemplo, o Programa Terra Legal, criado para regularizar posses em terras federais, havia atingido apenas 4% de sua meta de 2013 até junho do mesmo ano conforme dados fornecidos pelo Sistema de Gestão do Programa Terra Legal.

iii) a demora de processos judiciais e administrativos para a retomada de terras públicas dos grileiros; e iv) a baixa cobrança do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), que foi estabelecido para inibir a ocupação especulativa da terra.

## 6. Sugestões para reduzir o risco de desmatamento indireto

Com base nas lições sobre os avanços e falhas no combate ao desmatamento recomendamos a seguir várias abordagens para reduzir o risco de desmatamento indireto associado à construção das UHEs.

Antes, é relevante considerar que a mitigação do desmatamento indireto depende, em grande medida, de regras e medidas a serem aplicadas pelas instituições públicas. Assim, o grau e o tipo de apoio do empreendedor para a mitigação do desmatamento indireto seriam objetos de negociação com os órgãos públicos responsáveis. As estimativas dos custos das alternativas devem também ser tratadas entre o empreendedor e os órgãos públicos que detêm os dados específicos para o orçamento necessário.

### 6.1. Aumentar a fiscalização e ampliar as penas

Para garantir a mitigação seria prioritário aumentar a eficiência da aplicação das penas para evitar a necessidade de aumentar significativamente o investimento na fiscalização. Os órgãos licenciadores poderiam demandar que os empreendedores custeassem (pelo menos parcialmente) medidas realizadas pelo poder público contra o desmatamento como as sugeridas abaixo.

#### 6.1.1. Apoiar operações de julgamento rápido dos infratores

O modelo da Operação Justiça Rápida do Tribunal de Justiça de Rondônia poderia ser utilizado para acelerar a aplicação de penas contra crimes ambientais nas regiões em torno dos projetos. Este programa consiste em levar, de forma integrada e itinerante, juízes, advogados e servidores de apoio e equipamentos às localidades distantes e desprovidas da presença de órgão do Poder Judiciário. Em 2008, a presença da fiscalização ambiental federal combinada com a Operação Justiça Rápida no município de Ariquemes conseguiu concluir o julgamento de 85% dos casos de crimes ambientais (Barreto et al., 2009).

## 6.1.2. Aumentar o monitoramento das áreas sob embargo econômico

Este trabalho envolveria vistoriar em campo, por amostragem, se as áreas embargadas estão sendo utilizadas. As equipes dos órgãos ambientais deveriam ter meios para apreender bens e produtos (por exemplo, gado) oriundos de áreas que estivessem desrespeitando o embargo.

Finalmente, destaca-se que essas medidas deveriam ser aplicadas na escala regional (isto é, em toda a área de análise de risco) para evitar que ocorra o vazamento da pressão de desmatamento dentro de sub-regiões em torno do projeto.

## 6.2. Implementar as Áreas Protegidas existentes

Além de melhorar a fiscalização, será necessário promover a regularização fundiária das Áreas Protegidas. As iniciativas governamentais para reduzir essas áreas por causa de pressões de ocupantes ilegais validam a apropriação ilegal de terras públicas. Para quebrar este ciclo, o poder público deveria remover tais ocupantes de Áreas Protegidas. No caso de ocupantes com perfil de clientes da reforma agrária, o governo deveria realocá-los para áreas improdutivas arrecadadas de grandes posseiros ilegais de terras públicas fora das Áreas Protegidas. Como argumentamos na seção 6.4.1, vários municípios na região de construção das hidrelétricas estão no topo da lista daqueles que possuem áreas improdutivas. Portanto, parte dessas áreas poderia ser arrecadada para reforma agrária fora das Áreas Protegidas.

## 6.3. Criar Áreas Protegidas

A criação de Áreas Protegidas reduziria as áreas disponíveis para futuras ocupações seja no entorno das estradas já existentes, seja no entorno de novas estradas que poderiam ser abertas por madeireiros e novos ocupantes no entorno dos projetos.

Por exemplo, a região no entorno da rodovia Transamazônica entre os municípios de Apuí, no Amazonas, e Jacareacanga, no Pará, apresenta uma vasta área de floresta que pode ser alvo de novas ocupações (Figura 8). Esta área seria recomendada para criação de Unidades de Conservação. De fato, o Ministério do Meio Ambiente e o ICMBio sugeriram criar uma Estação Ecológica de 663.517 hectares nesta região para compensar as áreas que já foram reduzidas para facilitar a construção das hidrelétricas. Entretanto, a criação das áreas enfrenta resistência do governo do Amazonas.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.

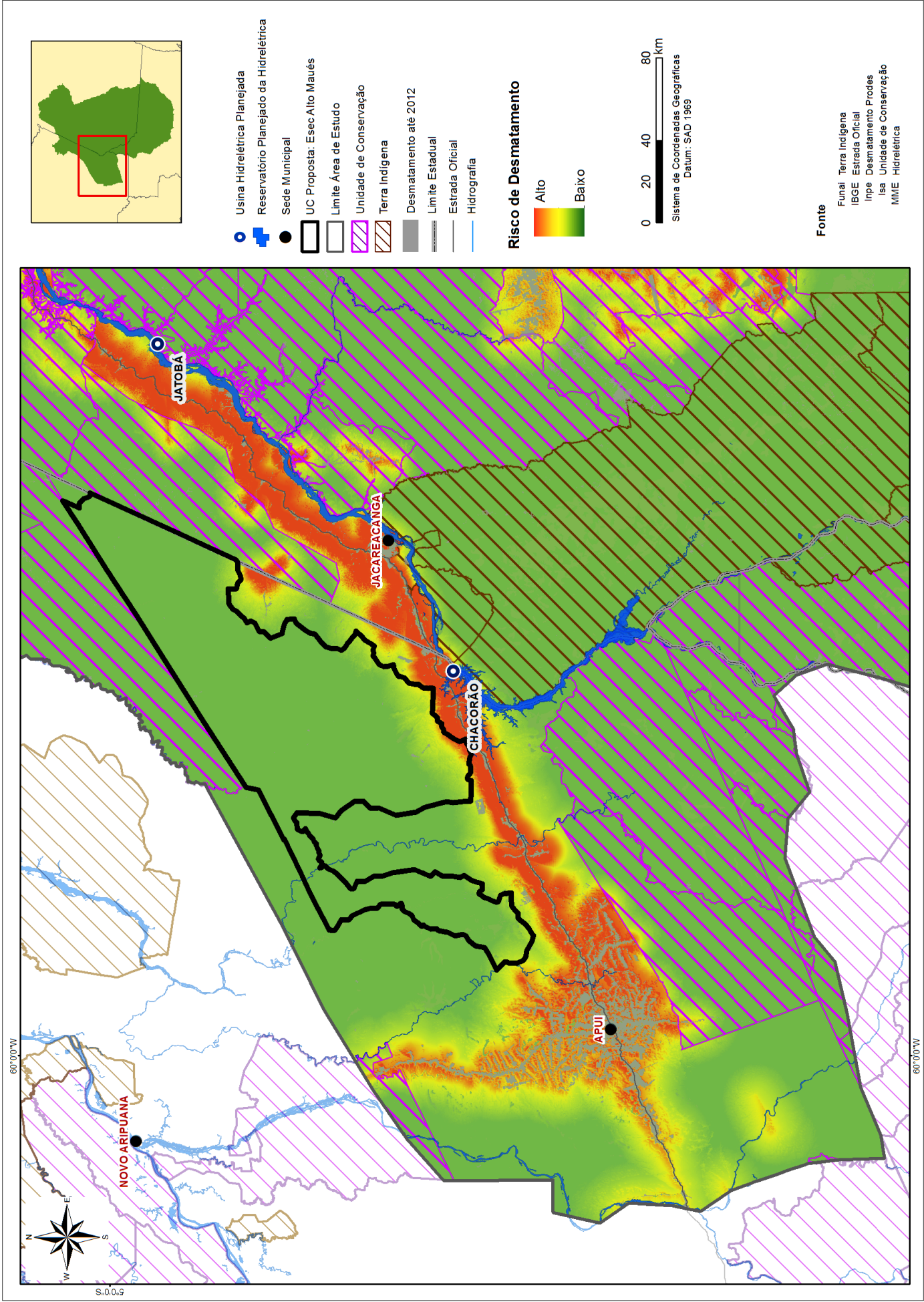


Figura 8. Região com potencial para criação de Unidades de Conservação no entorno da UHE de Chacorão.



## 6.4. Coibir o desmatamento especulativo

### 6.4.1. Aumentar a arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural

Para aumentar a arrecadação do ITR seria necessário coibir os vários mecanismos de fraude usados pelos detentores de imóveis rurais, incluindo: i) a subdeclaração do valor da terra e a declaração excessiva de áreas florestadas no imóvel (que são usadas para reduzir a área de incidência do imposto). Para tanto seria necessário integrar várias informações, como imagens de satélite, preço de terra e mapas dos imóveis rurais. Para tornar este trabalho mais efetivo, a Receita Federal (responsável pela arrecadação) e o Ibama (responsável por certificar a cobertura florestal do imóvel) deveriam concentrar o trabalho naqueles municípios com maiores indícios de que há especulação; ou seja, onde há grande porção de terras com pastos sujos nas regiões no entorno dos projetos. Vários municípios no entorno dos projetos estão entre aqueles com maiores áreas desmatadas subaproveitadas na Amazônia, como Juara, no Mato Grosso, e Novo Progresso, no Pará (Vide a lista completa em Barreto e Silva, 2013).

### 6.4.2. Regularização fundiária

Para prevenir novas ocupações o governo deveria parar a doação e a venda de terras públicas abaixo do preço de mercado, medida que foi recomendada pela Comissão Parlamentar de Inquérito sobre ocupação de terras na Amazônia (Brasil, 2002).

Para desestimular as ocupações, a titulação das posses deveria ser feita por meio da cobrança de preço de mercado das terras. O procedimento de titulação deveria ser rápido para evitar que o posseiro pudesse especular gratuitamente por vários anos. Para acelerar a regularização fundiária, o poder público deveria considerar a titulação expedita seguindo o modelo do Programa Poupa Tempo, que tem sido eficaz em melhorar a prestação de vários serviços públicos (Ver análise em Prado & Chasin, 2011). Este programa consiste em prover serviços rapidamente por meio da concentração de instituições em um mesmo local. Escritórios de Poupa Tempo fundiário poderiam ser instalados nas regiões dos projetos. Seria necessário reunir as várias instituições administrativas e jurídicas ligadas à regularização fundiária. Ademais, para estimular a lisura do processo, recomendamos incluir a participação de órgãos revisores como os Tribunais de Contas e o Ministério Público.

---

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



## Epílogo

Enquanto concluíamos este capítulo, o presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) anunciou uma mudança no plano para 2013 (Valor Econômico, 2013). Foram excluídas três UHEs no Rio Jamanxim por dificuldades de obter licenciamento ambiental já que as mesmas são próximas de Terras Indígenas e pela alta conservação ambiental associada à área. Estas foram substituídas pelo plano de duas UHEs no rio Juruena, na divisa entre os Estados de Mato Grosso e Amazonas.

Segundo o presidente da EPE, seria necessário desafetar parte do Parque Nacional do Juruena, uma Unidade de Conservação de proteção integral ao longo do rio Juruena. Assim, as medidas recentes não indicam uma mudança significativa do plano em termos de consideração ambiental.

## Agradecimentos

Este trabalho foi possível por meio de uma doação da Fundação Gordon & Betty Moore ao Imazon. Glucia Barreto revisou o manuscrito.





Foto: Wilson Cabral



**Referências Bibliográficas**

## Capítulo I: “A bacia do rio Tapajós: caracterização e contexto socioambiental”

**Autores:** Telma Monteiro, Camila Jericó-Daminello, Wilson Cabral de Sousa Júnior.

- COUDREAU, H. Viagem ao Tapajós. Tradução: BASTOS, A. M. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1940.
- ELETRONORTE. Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim. Rio de Janeiro: ELETRONORTE, CAMARGO CORREA e CNEC, 2008.
- MACROLOGÍSTICA. Projeto Norte Competitivo 2011. Disponível em <http://macrologistica.web427.uni5.net/>. Acesso em 14 FEV 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. Dados TerraClass 2010. Disponível em [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2010.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php). Acesso em 18 MAIO 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Cidades. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 26 DEZ 2013.
- LIMA, F. Diversidade, endemismo e biogeografia. In: BUCKUP, P. A.; SANTOS, G. M. Ictiofauna da Ecorregião Xingu-Tapajós: fatos e perspectivas. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 98, 2010.
- RAMOS, A. R. F. Entre a cruz e a riscadeira: catequese e empresa extrativista entre os Mundurukú (1910-1957). Dissertação de Mestrado. Faculdade de História, Universidade Federal de Goiás. Goiânia: UFG, 2000.
- ROBAZZINI, A. T. Dinâmica da ocupação territorial indígena no Vale do Rio Tapajós. Dissertação de Mestrado. Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2013.
- ROSA, R. S. & LIMA, F. C. T. Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção. Belo Horizonte : Fundação Biodiversitas, 2005.
- SANTOS, E. C. O.; JESUS, I. M.; CÂMARA, V. M.; BRABO, E. S.; LOUREIRO, E. C. B.; MASCARENHAS, A. S.; WEIRICH, J.; LUIZ, R. R.; CLEARY, D. Exposição ao mercúrio em índios Mundurukus da comunidade de Sai Cinza, Estado do Pará, Brasil. Relatório Técnico. Belém: Instituto Evandro Chagas, 2001.



## Capítulo II: “De seringais, gateiros e garimpos: o Alto Tapajós e a resistência de suas gentes”

**Autor:** Mauricio Torres.

- ABDALA, V. Hidrelétricas-plataforma da Amazônia devem ser licitadas até 2014. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-05-08/hidreletricas-plataforma-da-amazonia-devem-ser-licitadas-ate-2014>. Acesso em: abr. 2013.
- AÇÃO CIVIL PÚBLICA, ACP. Ação Civil Pública n. 2006.39.02.000512-0. Vara Única, Subseção Judiciária de Santarém, 2006.
- AÇÃO CIVIL PÚBLICA, ACP. Ação Civil Pública n. 2009.39.02.001530-0. Vara Única, Subseção Judiciária de Santarém, 2009.
- ALMEIDA, C. M. 1874. Memórias para a história do extinto Estado do Maranhão cujo território compreende hoje as Províncias do Maranhão, Piauí, Grao-Para e Amazonas. Rio de Janeiro: Typographia do Commercio de Britto & Braga, 1860. 554p.

Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos.

Elementos para a governança da sustentabilidade em uma região singular.



- BRASIL, R. P. O rio Tapajós na Exposição Nacional da Borracha de 1913 no Rio de Janeiro. Paris: Paiva Laurent & Cia, 1913. 105p.
- CASTELNAU, F. Expedições às regiões centrais da América do Sul. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1949. 383p.
- CASTROVALVAS, P. O rio Tapajós, os capuchinhos e os índios mundurucus: 1871-1883: a cura de Frei Rogério Beltrami / Frei Pelino de Castrovalvas. São Luís: Lithograf, 2000. 241p.
- COUDREAU, H. Viagem ao Tapajós: 28 de julho de 1895 – 7 de janeiro de 1896. Tradução de A. De Miranda Bastos. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1897. 288p.
- CHANDLESS, W. Notes on the River Arinos, Juruena, and Tapajós. The Journal of the Royal Geographical Society, Londres, n. 32, p. 268-280, jan. 1862.
- CUNHA, C. Para governo e Agência Brasil, moradores do Alto Tapajós não existem. 9 maio. Disponível em: <http://candidoneto.blogspot.com.br/2012/05/para-governo-e-agencia-brasil-moradores.html>. Acesso em: abr. 2013.
- DADÉN, L. A guerra dos Mundurucus. Disponível em: [http://www.istoe.com.br/reportagens/313130\\_A+GUERRA+DOS+MUNDURUKUS](http://www.istoe.com.br/reportagens/313130_A+GUERRA+DOS+MUNDURUKUS). Acesso: dez. 2013.
- EDWARDS, W. H. A Voyage up the River Amazon. Londres: John Murray, 1861. 210p.
- EVANS, C.; MEGGERS, B. J. Archaeological Investigations in British Guiana. Washington, DC: U.S. Govt. Print. Off., 1960. 353p.
- FONSECA, J. S. Viagem ao redor do Brasil, 1875-1878. 2. vol. Rio de Janeiro: Typographia de Pinheiro & C., 1880. 857 p.
- FURTADO, C. Formação econômica do Brasil. São Paulo: Publifolha, 2000. 212 p.
- GALVÃO, E. 1960. Áreas culturais indígenas do Brasil: 1900-1959. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, n.s., Antropologia, n.8, p. 1-41, 1960.
- GALVÃO, E. E. Encontros de sociedades tribal e nacional. Manaus: Editora do Estado do Amazonas, 1966. 24 p.
- GUERRERO, N.; TORRES, M. Ribeirinhos têm conquista histórica em área de barragens do Tapajós. Disponível em: <http://blogdosakamoto.blogosfera.uol.com.br/2013/10/31/ribeirinhos-tem-conquista-historica-em-area-de-barragens-do-tapajos/>. Acesso em: dez. 2013.
- HILBERT, K. Early holocene lithic projectile points from the Amazon. Fundamentos, São Raimundo Nonato, v. 7, p. 365-378, 2006.
- HILBERT, P.P. Archäologische Untersuchungen am mittleren Amazonas: Beiträge zur Vorgeschichte des südamerikanischen Tieflandes. Berlin: Dietrich Reimer, 1968. 337p.
- HORTON, D. The Mundurucu. In: Steward, J. (ed.), Handbook of South American Indians. The Tropical Forest Tribes. Vol. 3. Bulletin n. 143, Bureau of American ethnology. Washington D.C.: Smithsonian Institution, 1948. p. 271-283.
- IANNI, O. A luta pela terra: história social da terra e da luta pela terra numa área da Amazônia. 2. ed., Petrópolis: Vozes, 1979. 235p.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, ICMBio. MP 558 foi publicada no Diário Oficial da União na sexta-feira. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/20-geral/2474-a-reducao-de-limites-em-cinco-uc-representacao-conciliacao-de-interesses>. Acesso em: mar. 2012.



- LANGSDORFF, G. H. Expedição científica de G. I. Langsdorff ao Brasil, 1821-1829: catálogo completo do material existente nos arquivos da União Soviética. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Fundação Nacional Pró-Memória, 1981. 230p.
- LIMA, I. J. S. Cantinas Garimpeiras: um estudo das relações sociais nos garimpos de ouro no tapajós. Belém: Governo do Estado do Pará, Secretaria do Estado de Indústria, Comércio e Mineração, 1994. 157p.
- MPF, Ministério Público Federal. Recomendação. 2º Ofício da Procuradoria da República no município de Santarém, 01 nov. 2013.
- MARTINS, J. S. Os camponeses e a política no Brasil. Petrópolis: Vozes, 1981. 185p.
- MARTINS, J. S. Fronteira: a degradação do Outro nos confins do humano. São Paulo: Hucitec, 1997. 192p.
- MEGGERS, B.J.; EVANS, C. An experimental formulation of horizon styles in the Tropical Forest Area of South America. In: Lothrop, S. K. (ed.), *Essays in Pre-Columbian Art and Archaeology*. Cambridge: Harvard University Press, 1961. p. 372-288.
- MORAN, E. F. A ecologia humana das populações da Amazônia. Petrópolis: Vozes, 1990. 367p.
- NASSIF, L. As usinas-plataforma do rio Tapajós. 10 dez. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/economia/as-usinas-plataforma-do-rio-tapajos-2087.html>. Acesso em: dez. 2013.
- NORONHA, J.M. Roteiro da Viagem da Cidade do Pará até as Últimas Colônias do Sertão da Província: 1768. São Paulo: Edusp, 2006. 111p.
- OLIVEIRA, A. U. 2005. "BR-163 Cuiabá-Santarém: geopolítica, grilagem, violência e mundialização." In: TORRES, M. (org.). *Amazônia Revelada*. Brasília: CNPq, 2005. 496p.
- PANTOJA, M. C. Os Milton: cem anos de história nos seringais. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2004. 388p.
- ROBAZZINI, A. Dinâmica da Ocupação Territorial Indígena no Vale do Tapajós. 2013. 283f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.
- ROCHA, B. C. What can ceramic decoration tell us about the pre- and post- colonial past on the Upper Tapajós River?. 2012. 61f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Institute of Archaeology, University College London, Londres. 2012.
- RODRIGUES, J. B. Exploração e estudos do Vale do Amazonas: Rio Tapajós. Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1875.
- JOSÉ, J. S. Viagem de visita do sertão em o bispado do Gran Pará em 1762 e 1763. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, Rio de Janeiro, v. 9, p. 43-107, 1847.
- SANTOS, S. E. B.; RODRIGUES, J. D.; RIBEIRO-DOS-SANTOS, A. K.; ZAGO, M. A. Differential contribution of indigenous men and women to the formation of an urban population in the Amazon region as revealed by mtDNA and Y-DNA. *Am J Phys Anthropol.*, n. 109, p. 175-180, jun. 1999.
- SIMÕES, M. F. Nota sobre duas pontas-de-projétil da Bacia do Tapajós (Pará). *Nova Série Antropologia*, n. 62, p. 1-15, jan. 1976.
- TORRES, M. Fronteira, um eco sem fim. In: \_\_\_\_\_ (org.). *Amazônia Revelada: os descaminhos ao longo da BR-163*. Brasília: CNPq, 2005. p. 271-319.

TORRES, M. A beiradeira e o grilador: ocupação e conflito do oeste do Pará. 2008. 330f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

TORRES, M. 2011. A despensa viva: o banco de germoplasma dos roçados da floresta amazônica. *Geografia em questão*, v. 04, n. 02, p. 113-138, 2011.

TORRES, M. Terra privada, vida devoluta: ordenamento fundiário e destinação de terras públicas no oeste do Pará. 2012. 878f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012(a).

TORRES, M. (coord.). Floresta Nacional do Crepori: Atividade de complementação ao censo e caracterização socioeconômica de seus ocupantes. Relatório referente às atividades de análise, revisão e complementação do plano de manejo e do censo da Flona, bem como de georreferenciamento dos assentamentos rurais nela existentes, visando suprir lacunas relativas à caracterização da ocupação humana em seu interior, particularmente na identificação de beneficiários da UC. Itaituba: ICMBIO, 2012(b).

TORRES, M.; GUERRERO, N. O pior cego é o que não vê direitos. Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia – PNCSA. No prelo.

TORRES, M.; GUERRERO, N.; DOBLAS, J. A sobreposição de áreas em licitação para exploração madeireira e territórios ocupados por povos e comunidades tradicionais na Flona do Crepori. Laudo pericial com respostas de quesitos formulados acerca da concessão florestal pretendida pelo Serviço Florestal Brasileiro em áreas de ocupação tradicional na Floresta Nacional do Crepori. Peças de Informação nº 1.23.002.000352/2013-18, em trâmite na Procuradoria da República em Santarém. 2013.

VALLE, R. Operação Tapajós: os Munduruku não querem guerra. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/519047-operacao-tapajos-os-munduruku-nao-querem-guerra-entrevista-especial-com-roani-valle>. Acesso em: dez. 2013.

WAGLEY, C. Uma comunidade amazônica. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977. 401p.

WEINSTEIN, B. A borracha na Amazônia: expansão e decadência (1850-1920). São Paulo: Hucitec, 1993. 371p.

WOLFF, C. S. 1988. Marias, Franciscas e Raimundas: uma história das mulheres da floresta Alto Juruá, Acre – 1870-1945. Tese (Doutorado em História Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1988.

WOODROFFE, J. The Rubber Industry of the Amazon: and how its supremacy can be maintained. Londres: T. Fisher Unwin Ltd.; Bale, Sons & Danielsson Ltd., 1916. 544p.



### Capítulo III: “Desafios e proposições para a sustentabilidade da matriz elétrica brasileira”

**Autores: Wilson Cabral de Sousa Júnior, Vitor Baccarin Zanetti, Bruna Costa Vieira, Lydia Beatriz dos Santos, Gabriele Vanessa Tschöke, Gabriel Vaz Pacher, Carolina Lopes Oliveira Ramos e Marcio Antonio da Silva Pimentel.**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos da Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 10 jul. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução ANEEL 482/2012. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 10 jul. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução ANEEL 652/2003. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 10 jul. 2012.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: MME, 2001. 45p.

ANDRADE, T. A.; LOBÃO, W. J. A. Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil. Texto para discussão 489. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. 20p.

ARAÚJO, J. E.; BELCHIOR, F. N. Custos associados à substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares. O Setor Elétrico, Ed. 62, 2011. Disponível em: [www.osetoelettrico.com.br](http://www.osetoelettrico.com.br). Acesso em: maio de 2012.

BAJAY, S. V.; FERREIRA, A. A Energia da Biomassa no Brasil. In: ROSILLO-CALE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. (Org.). Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005

BASSO, L. H.; SOUZA, S. N. M.; SIQUEIRA, J. A.; NOGUEIRA, C. E. C.; SANTOS, R. F. Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 1, p. 14-21, jan./fev. 2010.

BORENSTEIN, R. C.; CAMARGO, B. C. C. O Setor Elétrico no Brasil: dos Desafios do Passado às Alternativas do Futuro. 1. ed. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1997. 318p.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CBIEE. Resultados do PROCEL. Disponível em: [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br). Acesso em: 10 jul. 2012.

COSTA, A.; CRESPO, A.; NAVARRO, J. A review on the young history of the wind power short-term prediction. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 12, n. 6, p. 1725-1744, ago. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano Decenal de Energia 2019. EPE, 2010. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 5 maio 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano Decenal de Energia 2020. EPE, 2011. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 5 maio 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano Decenal de Energia 2022. EPE, 2013. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 5 fev. 2013.

- FRAIDENRAICH, N. Tecnologia solar no Brasil: os próximos 20 anos. Disponível em: [www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper\\_Fraidenraich.pdf](http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Fraidenraich.pdf). Acesso em: 22 jun. 2012.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL, GWEC. Global Wind 2011 Report. Disponível em: [www.gwec.net](http://www.gwec.net). Acesso em: 9 maio 2012.
- GOLDEMBERG J.; COELHO, S.T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy*, v. 36, p. 2086– 2097, jun. 2008.
- GREENPEACE. Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo, edição 2010. Disponível em: [www.greenpeace.org.br](http://www.greenpeace.org.br). Acesso em: 5 ago. 2012.
- HEGEDUS, S.; OKUBO, N. Real BOS and system costs of off-grid PV installations in the US: 1987-2004. In: Photovoltaic Specialists Conference, 2005. Proceedings. Conference Record of the Thirty-first IEEE, 2005, p. 1651- 1654.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Projeção da População do Brasil. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 5 jul. 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, IPEA. Dados macroeconômicos. Disponível em: [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br). Acesso em: 8 maio 2012.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. World energy outlook. (2012a). Disponível em [www.iea.org](http://www.iea.org). Acesso em: 15 maio 2012.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. Photovoltaic power systems programme - international statistics - System prices - Trends in photovoltaic applications. (2012b). Disponível em: [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org). Acesso em: 25 abr. 2012.
- KAMAT, P. V. Meeting the clean energy demand: nanostructure architectures for solar energy conversion. *J. Phys. Chem. C.*, v. 111, n. 7, p. 2834-2860, fev. 2007.
- KESHNER, M. S.; ARYA, R. Study of potential cost reductions resulting from super-Large-scale manufacturing of PV modules. Golden: National Renewable Energy Laboratory, 2004. 50 p.
- LISITA JÚNIOR, O. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: estudo de caso – 3 kWp instalados no estacionamento do IEE-USP. 2005. 81f. Dissertação (Mestrado em Energia). Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA. 2011. Projeções do Agronegócio 2010/2011. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Acesso em: 10 maio 2012.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, MME. 2012. Programa Luz para Todos. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Acesso em: 10 maio 2012.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, MME. 2007. Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Acesso em: 10 maio 2012.
- MÜLLER, A. C. Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo: Makron Books, 1996. 412p.
- NASPOLINI, H.F.; MILITÃO, H.S.G.; RÜTHER, R. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. *Energy Conversion and Management*, v. 51, n. 12, p. 2835-2845, dez. 2010.
- PEREIRA, E. B.; LIMA, J. Solar and Wind Energy Resource Assessment. São José dos Campos: INPE, 2008.
- PHILIBERT, C.; FRANKL, P.; DOBROTKOVA, Z. Technology roadmap: Concentrating Solar Power. International Energy Agency (IEA), 2010. Disponível em: [http://www.iea.org/papers/2010/csp\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/csp_roadmap.pdf). Acesso em: 22 abr. 2012.



- PRETO, E. V.; MORTOZA, G. L. Conversão de energia elétrica utilizando biomassa. 2010. Trabalho de Graduação. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília. 2010.
- SALINO, P. J. Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. 2011. 110f. Monografia (Bacharelado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- SEVÁ FILHO, O. A. (Org.). Tenotã-Mô: Alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no Rio Xingu. São Paulo: IRN, 2005. 344p.
- SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. Estimações e previsões da demanda por energia elétrica no Brasil. Documento de Trabalho 16. Brasília: SEAE, 2002.
- SIMAS, M.; PACCA, S. Windpower contribution to sustainable development in Brazil. In: World Renewable Energy Congress 2011. Proceedings, 2011. p. 8-13.
- SOUSA JUNIOR, W. C.; REID, J.; LEITÃO, N. C. S. Custos e benefícios do complexo hidrelétrico de Belo Monte, uma abordagem econômico-ambiental. 1. ed. Brasília: IEB/CSF, 2006. v. 1. 90p.
- SOUSA JUNIOR, W. C.; BERMANN, C. Hydropower: The sustainability dilemma. In: Samadi-Boroujeni, H. (Ed.) Hydropower - Practice and Application. Rijeka: Intech, 2012. p. 23-41.
- STALEY, B. C.; GOODWARD, J.; RIGDON, C.; MACBRIDE, A. Juice from concentrate: reducing emissions with concentrating solar thermal power. World Resources Institute, 2009. Disponível em: <[http://pdf.wri.org/juice\\_from\\_concentrate.pdf](http://pdf.wri.org/juice_from_concentrate.pdf)> Acesso em: 22 abr. 2012.
- TOTTEN, M. P.; KILLEEN, T. J.; FARRELL, T. A. Non-dam alternatives for delivering water services at least cost and risk. Water Alternatives, v. 3, n. 2, p. 207-230, 2010.
- WANG, Y.; GU, A.; ZHANG, A. Recent development of energy supply and demand in China, and energy sector prospects through 2030. Energy Policy, v. 39, p. 6745-6759, nov. 2011.
- WORLD WILDLIFE FUND, WWF. Agenda Elétrica Sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Brasília: WWF Brasil, 2006. 80 p.





BORENSTEIN, R. C.; CAMARGO, B. C. C. O Setor Elétrico no Brasil: dos Desafios do Passado às Alternativas do Futuro. 1. ed., Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1997. 318p.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA, CNPE. Resolução 3. Disponível em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Acesso em: 10 fev. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano Decenal de Energia 2020. EPE, 2011. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 5 maio 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. Plano Decenal de Energia 2021. EPE, 2012. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2012.

ELETRONORTE. Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim. Rio de Janeiro: ELETRONORTE, CAMARGO CORREA e CNEC, 2008.

ELETROBRÁS. Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Disponível em: [www.eletronorte.com.br](http://www.eletronorte.com.br). Acesso em: 1 fev. 2012.

VELOSO, R. B.; SOUSA JUNIOR, W. C. Análise preliminar de impactos socioambientais de usinas plataforma (UHEs) na Amazônia. 2011. In: XVII Encontro de Iniciação Científica do ITA. Anais. São José dos Campos, 2011.



## Capítulo V: “Análise econômico-ambiental do Complexo Hidrelétrico do Tapajós”

**Autores: Wilson Cabral de Sousa Júnior, Thiago Carlos Ribeiro.**

- BARROS, G.S.C.; DE ZEN, S.; BACCHI, M.R.P.; ICHIHARA, S.M.; OSAKI, M.; PONCHIO, L.A. Economia da pecuária de corte na região norte do Brasil. Piracicaba: CEPEA, 2002.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. CCEE. Preços de energia elétrica em regime de contratação livre. 2012. Disponível em <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em 12 nov. 2012.
- COMPANHIA PARAENSE DE TURISMO. PARATUR. Diagnóstico da área e das atividades turísticas do Pólo Tapajós. Belém: PRODETUR/ PARATUR, 2011.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução 430/2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 06 mar. 2012.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. Usina Hidrelétrica Teles Pires – Estudos de Viabilidade. EPE, 2010. Disponível em <<http://epe.gov.br>>. Acesso em 06 out. 2012.
- ELETRONORTE. Estudos de inventário hidrelétrico das bacias dos rios Tapajós e Jamanxim. Rio de Janeiro: ELETRONORTE, CAMARGO CORREA e CNEC, 2008.
- ELETOBRÁS. Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Disponível em <<http://www.eletobras.com.br>>. Acesso em 01 fev. 2012.
- FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change*, v. 66(1-2), p. 1-8, 2004.
- GALY LACAUX, C.; DELMAS, R.; JAMBERT, C.; DUMESTRE, J.F.; LABROURE, L.; RICHARD, S.; GOSSE, P. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guiana. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 11 (4), p. 471–483, 1997.
- GAMA, J.R.A.; BENTES-GAMA, M.M.; SCOLFORO, J.R.S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Economia dos municípios brasileiros – PIB Agropecuário 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 out. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Economia dos municípios brasileiros – PIB 2009. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 out. 2012.
- MESQUITA, E.; MILAZZO, M.L. Emissão de gases de efeito estufa de reservatórios de usinas hidrelétricas. SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, XXVII, 2007, Belém. Anais. 2007.
- RIBEIRO, F.M. Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil - Usina de Itaipu: primeira aproximação. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo (PIPGE/ USP). São Paulo: USP, 2003.



## Capítulo VI: “Análise de custos e benefícios do Complexo Hidrelétrico do Tapajós sob a ótica ecológica e econômica da eMergia”.

**Autores: Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli, Camila Jericó Daminello.**

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

ELETRORÁS. Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Disponível em <<http://www.eletroras.com.br>>. Acesso em 01 fev. 2012.

ELETRONORTE. Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim. Rio de Janeiro: ELETRONORTE, CAMARGO CORREA e CNEC, 2008.

HUANG, S.L.; ODUM, H.T. Ecology and economy: emergy synthesis and public policy in Taiwan. *Journal of Environmental Management*, v. 32, p. 313-333, 1991.

MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona: Omega, 1991.  
ODUM, H.T. Self-Organization, Transformity, and Information. *Science*, v. 242, p. 1132-1139, 1988.

ODUM, H.T. *Ecological and General Systems: an introduction to systems ecology*. Colorado: University Press of Colorado, 644p, 1994.

ODUM, H.T.; PINKERTON, R.C. Time's Speed Regulator: the optimum efficiency for maximum power output in physical and biological systems. *American Scientist*, v. 43, p. 331-343, 1955.

SINISGALLI, P.A.A.; SOUSA JÚNIOR, W.C.; TORRES, A. Análise eMergética e econômico-ambiental aplicada a estudos de viabilidade de usinas hidrelétricas no corredor ecológico Cerrado-Pantanal. *Megadiversidade*, v. 2, n. 1-2, p. 102-121, 2006.



## Capítulo VII: “Energia, estradas, mineração... Efeitos sinérgicos de projetos de infraestrutura na região do médio e baixo Tapajós”.

**Autores: Carlos Eduardo Nakao Inouye, Wilson Cabral de S. Júnior, Bruna Fatiche Pavani.**

- ANDRADE, T.M.; CAMARGO, P.B.; SILVA, D.M.; PICCOLO, M.C.; VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Dynamics of dissolved forms of carbon and inorganic nitrogen in small watersheds on the coastal atlantic forest in the Southeast Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 214, n 1-4, p. 393-408, 2011.
- ELETRORBRÁS. Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Disponível em <<http://www.eletrabras.com.br>>. Acesso em 01 fev. 2012.
- ELETRONORTE. Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim. Rio de Janeiro: ELETRONORTE, CAMARGO CORREA e CNEC, 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. PRODES. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em 23 mai. 2012.
- MALHI, Y., BALDOCCHI, D.D. & JARVIS, P.G. The Carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant Cell Environ*, v. 22(6), p. 715-740, 1999.
- NOVAES, E.S.; ROVERE, E.L.R.; OLIVEIRA, A.S.; RIBEIRO, L.S.; PEREIRA, A.S.; DUBEUX, A.S.; COSTA, C.V.; OLIVEIRA, L.B.; MUylaERTE, M.S. Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: MMA/CENTROCLIMA, 2002.
- PINTO, E.P.P.; MOUTINHO, P.; STELLA, O.; CASTRO, I.; MAZZER, S.; RETTMANN, R.; MOREIRA, P. Perguntas e respostas sobre aquecimento global. Belém: IPAM, 2010. 65p.
- PYLE, E.H.; SANTONI, G.W.; NASCIMENTO, H.E.M.; HUTYRA, L.R.; VIEIRA, S.; CURRAN, D.J.; VAN HAREN, J.; SALESKA, S.R.; CHOW, V.Y.; CAMARGO, P.B.; LAURANCE, W.F.; WOFsy, S.C. Dynamics of carbon, biomass, and structure in two Amazonian forests. *Journal of Geophysical Research*, v. 113, p. 1-20, 2008.
- QUESADA, C.A., LLOYD, J., SCHWARZ, M., CZIMCZIK, C. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, v. 8, p. 1415-1440, 2011.
- SINGH, A.K. Modelling Land Use Land Cover Changes Using Cellular Automata in a Geo-Spatial Environment. Netherlands: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, 2003.
- SOARES-FILHO, B.S. DINAMICA Project. Disponível em: <<http://www.cr.ufmg.br/dinamica/>>. Acesso em: 21 nov. 2010.
- TALLIS, H.T.; RICKETTS, T.; GUERRY, A.D.; WOOD, S.A.; SHARP, R.; NELSON, E.; ENNAANAY, D.; WOLNY, S.; OLWERO, N.; VIGERSTOL, K.; PENNINGTON, D.; MENDOZA, G.; AUKEMA, J.; FOSTER, J.; FORREST, J.; CAMERON, D.; ARKEMA, K.; LONSDORF, E.; KENNEDY, C.; VERUTES, G.; KIM, C.K.; GUANNEL, G.; PAPENFUS, M.; TOFT, J.; MARSIK, M.; BERNHARDT, J.; GRIFIN, R.; GLOWINSKI, K.; CHAUMONT, N.; PERELMAN, A.; LACAYO, M. In VEST 2.1 user's guide: Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs. Stanford: The Natural Capital Project, 2012

TURNER II, B.L.; LAMBIN, E.F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. National Academy of Sciences of the United States of America. Proceedings, v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.

WORLD BANK. Carbon Finance Unit. State Of The Voluntary Carbon Market 2011. Washington, DC: World Bank, 2012..



## Capítulo VIII: “O risco de desmatamento associado a doze hidrelétricas na Amazônia” Autores: Paulo Barreto, Amintas Brandão Júnior, Sara Baima Silva, Carlos Souza Júnior.

AGÊNCIA CANALENERGIA. EPE desiste de estudos de viabilidade da UHE Chacorão com 3.336 MW. 2013. Disponível em: <<http://www.nuca.ie.ufrj.br/blogs/gesel-ufrj/index.php?/archives/28550-EPE-desiste-de-estudos-de-viabilidade-da-UHE-Chacoro-com-3.336-MW.html>>. Acesso em 27 de nov. 2013.

ANDRADE GUTIERREZ, CONSTRUTORA S.A. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Aproveitamento Hidrelétrico Colíder. 2009. Disponível em <[http://www.copel.com/uhecolider/sitearquivos2.nsf/arquivos/rima/\\$FILE/RIMA.pdf](http://www.copel.com/uhecolider/sitearquivos2.nsf/arquivos/rima/$FILE/RIMA.pdf)>. Acesso em 23 jul. 2012.

ARAÚJO, E.; MARTINS, H.; BARRETO, P.; LIMA, A.C. Áreas protegidas da Amazônia Legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013. Belém: Imazon, 32p, 2013.

ARAÚJO, E.; MARTINS, H.; BARRETO, P.; VEDOVETO, M.; SOUZA JR., C.; VERÍSSIMO, A. Redução de Áreas Protegidas para a Produção de Energia. Belém: Imazon, 14p, 2012.

ASSUNÇÃO, J.; CLARISSA C.; GANDOUR, R.R. Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies? CPI Working Paper. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative/PUC. 2012. Disponível em <<http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf>>. Acesso em 24 nov. 2013.

AZENHA, M. Bermann: “A energia hidrelétrica não é limpa, nem barata”. Viomundo. 2010. Disponível em <<http://www.viomundo.com.br/entrevistas/bermann-a-energia-hidreletrica-nao-e-limpa-nem-barata.html>>. Acesso em 22 nov. 2013.

BARRETO, P. Desmatamento na Amazônia: o governo perdeu a disciplina. O Eco. 2013. Disponível em <<http://www.oeco.org.br/paulo-barreto/27785-desmatamento-na-amazonia-o-governo-perdeu-a-disciplina>>. Acesso em 24 nov. 2013.

BARRETO, P.; ARAÚJO, E. O Brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento? Belém: Imazon, ed. 1, 52p, 2012.

BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; BRITO, B. A Impunidade de Crimes Ambientais em Áreas Protegidas Federais na Amazônia. Belém: Imazon, 56p, 2009.

BARRETO, P.; BRANDÃO JR. A; MARTINS, H.; SILVA, D.; SOUZA JR. C.; SALES, M.; FEITOSA, T. Risco de Desmatamento Associado à Hidrelétrica de Belo Monte. Belém: Imazon, 98p, 2011.

BARRETO, P.; PINTO, A.; BRITO, B.; HAYASHI, S. Quem é dono da Amazônia: Uma análise do cadastramento de imóveis rurais. Belém: Imazon, 72p, 2008.



- BERMANN, C. . Belo Monte e a gênese do fim. Scientific American Brasil, Edição Especial, v. 44, p. 64-67, 2011.
- BERMANN, C. O projeto da usina hidrelétrica Belo Monte: a autocracia energética como paradigma. Novos Cadernos NAEA, v. 15, p. 5-23, 2012.
- CHAGAS, P.V. Governo diz a ruralistas que é necessário regulamentar artigo da Constituição que trata de terras indígenas. Agencia Brasil, 2013. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-09-11/governo-diz-ruralistas-que-e-necessario-regulamentar-artigo-da-constituicao-que-trata-de-terras-indig>>. Acesso em 27 de nov. 2013.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. CEBDS. Estudo sobre adaptação e vulnerabilidade à mudança do clima: o caso do setor elétrico brasileiro. 2013. Disponível em <[http://www.pbmccoppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos/item/estudo-sobre-adaptacao-e-vulnerabilidade-a-mudanca-do-clima-o-caso-do-setor-eletrico-brasileiro?category\\_id=7](http://www.pbmccoppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos/item/estudo-sobre-adaptacao-e-vulnerabilidade-a-mudanca-do-clima-o-caso-do-setor-eletrico-brasileiro?category_id=7)>. Acesso em 22 nov. 2013.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Hidrelétrica Sinop. 2010. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/Rimas/Rima%20-%20UHE%20Sinop.pdf>>. Acesso em 23 jul. 2012.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Hidrelétrica São Manoel. 2011. Disponível em <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Sao%20Manoel/RIMA%20Final.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2012.
- FARIELLO, D. Devastação da Amazônia deve crescer 20% este ano. O Globo, 2013. Disponível em <<http://oglobo.globo.com/pais/devastacao-da-amazonia-deve-crescer-20-este-ano-10751538>>. Acesso em 24 nov. 2013.
- FEARNSIDE, P.M. Climate change and the Amazon: Tropical dams emit greenhouse gases. ReVista, Harvard Review of Latin America, v. 12(2), p. 30-31, 2013.
- FEITOSA, N. Operação Harpia multa fazendas em R\$ 155 milhões por quebra de embargo no sul e sudeste do Pará. 2011. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/archives/14441>>. Acesso em 11 fev. 2011.
- FONSECA, B.; MOTA, J. BNDES na Amazônia: 17 dos 20 maiores investimentos têm ações de MPs. Agência de Reportagem e Jornalismo Investigativo, 2013. Disponível em <<http://www.apublica.org/2013/10/bndes-na-amazonia-17-dos-20-maiores-investimentos-tem-acoes-ministerio-publico/>>. Acesso em 22 nov. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. IBAMA. Licenciamento Ambiental. 2012. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento>>. Acesso em 15 set. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Contagem da População 2007. 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 30 ago. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Censo Demográfico 2010. 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em 30 ago. 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Estimativas Populacionais para os Municípios Brasileiros em julho 2012. 2012. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa_dou.shtm)>. Acesso em 30 ago. 2012.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. INESC. A Corrida por Megawatts: 30 hidrelétricas na Amazônia Legal. Observatório de investimentos na Amazônia, nota técnica 8, 2012. Disponível em <<http://bit.ly/1drCSnH>>. Acesso em 22 nov. 2013.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. INESC. Observatório de Investimentos na Amazônia. 2012. Disponível em <<http://www.inesc.org.br/biblioteca/noticias/biblioteca/textos/obras-do-pac-e-povos-indigenas>>. Acesso em 20 fev. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. Desflorestamento nos Municípios da Amazônia Legal desde 2000 até 2011. 2011. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> Acesso em 5 mai. 2012.

INTERNATIONAL RIVERS. Dams in Amazônia. 2012. Disponível em <<http://www.dams-info.org/en>>. Acesso em 28 Jul. 2012.

LEME ENGENHARIA LTDA. Usina Hidrelétrica (UHE) Teles Pires: Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). 2010. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/Rimas/Rima%20-%20UHE%20Teles%20Pires.pdf>>. Acesso em 28. jul. 2012.

MARENGO, J.A; NOBRE, C.A; SALATI, E; AMBRIZZI, T. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Sumário Técnico. Ministério do Meio Ambiente do Brasil. 2007. Disponível em <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod\\_probio/Sumario.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Sumario.pdf)>. Acesso em 23 nov. 2013.

MARIZ, R. Ibama é o órgão que mais aplica punições e o que menos recolhe. Correio Braziliense. 2011. Disponível em <<http://bit.ly/vcgGCC>>. Acesso em 26 nov. 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MME; EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019. 2010. Disponível em <[http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129_1.pdf)>. Acesso em 20 set. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MME; EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020. 2011. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2011/SUMARIO-PDEE2020.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MME; EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. 2012. Disponível em <[http://www.epe.gov.br/PDEE/20130326\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20130326_1.pdf)>. Acesso em 20 set. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MME; EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022. 2013. Disponível em <[http://www.epe.gov.br/PDEE/24102013\\_2.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/24102013_2.pdf)>. Acesso em 20 jul. 2013.

MOREIRA, P.F. O setor elétrico brasileiro e a sustentabilidade no Século 21: oportunidades e desafios. Org. Paulo Franco Moreira. Brasília-DF: International Rivers Network – Brasil, 2012.

NOLTE, C.; AGRAWAL, A.; BARRETO, P. Setting priorities to avoid deforestation in Amazon protected areas: Are we choosing the right indicators? Environmental Research Letters, v. 8(1), p. 015039, 2012.

NOTÍCIAS STF. STF suspende decisão que determinou paralisação das obras da hidrelétrica em MT. 2013. Disponível em <<http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=249462>>. Acesso em 27 nov. 2013.

O ECO. Ibama: consórcio não cumpre condicionantes de Belo Monte. 2013. Disponível em <<http://www.oeco.org.br/noticias/27431-ibama-consorcio-nao-cumpra-condicionantes-de-belo-monte>>. Acesso em 22 de nov. 2013.

PRADO, M.M.; MATTA-CHASIN, A.C.D. How Innovative Was the Poupatempo Experience in Brazil? Institutional Bypass as a New Form of Institutional Change. *Brazilian Political Science Review*, v. 5(1), p. 11-34, 2012.

PROJETOS E CONSULTORIAS DE ENGENHARIA LTDA. PCE. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Hidrelétrica Foz do Apiacás. 2010. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/Rimas/Rima%20-%20UHE%20Foz%20do%20Apiac%C3%A1s.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2012.

SALES, C.J.D. Povos indígenas e o setor elétrico. O Estado de São Paulo. Disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,povos-indigenas-e-o-setor-eletrico,-959493,0.htm>>. Acesso em 27 nov. 2013.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA,

R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MARETTI, C. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc Natl Acad Sci USA*, v. 107(24), p. 10821–10826, 2010.

STICKLER, C.M.; COE, M.T.; COSTA, M.H.; NEPSTAD, D.C.; MCGRATH, D.G.; DIAS, L.C.; RODRIGUES, H.O.; SOARES-FILHO, B.S. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *Proc Natl Acad Sci USA*, v. 110(23), p. 9601-9606, 2013.

VALOR ECONÔMICO. Governo vai reduzir mais unidades de conservação. 2013. Disponível em <<http://amazonia.org.br/2013/11/governo-vai-reduzir-mais-unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em 24 nov. 2013.

VIEIRA, I.C.G.; SILVA, J.M.C.; TOLEDO, P.M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19(54), p. 153-164, 2005.











