

# O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A SUSTENTABILIDADE NO SÉCULO 21: Oportunidades e Desafios

2ª edição

## Contribuições:

Marina Silva

Célio Bermann

Philip M. Fearnside

Brent Millikan

Ricardo Baitelo

Wilson Cabral de Sousa Jr

Oríana Rey

Paula Franco Moreira

Roberto Kishinami

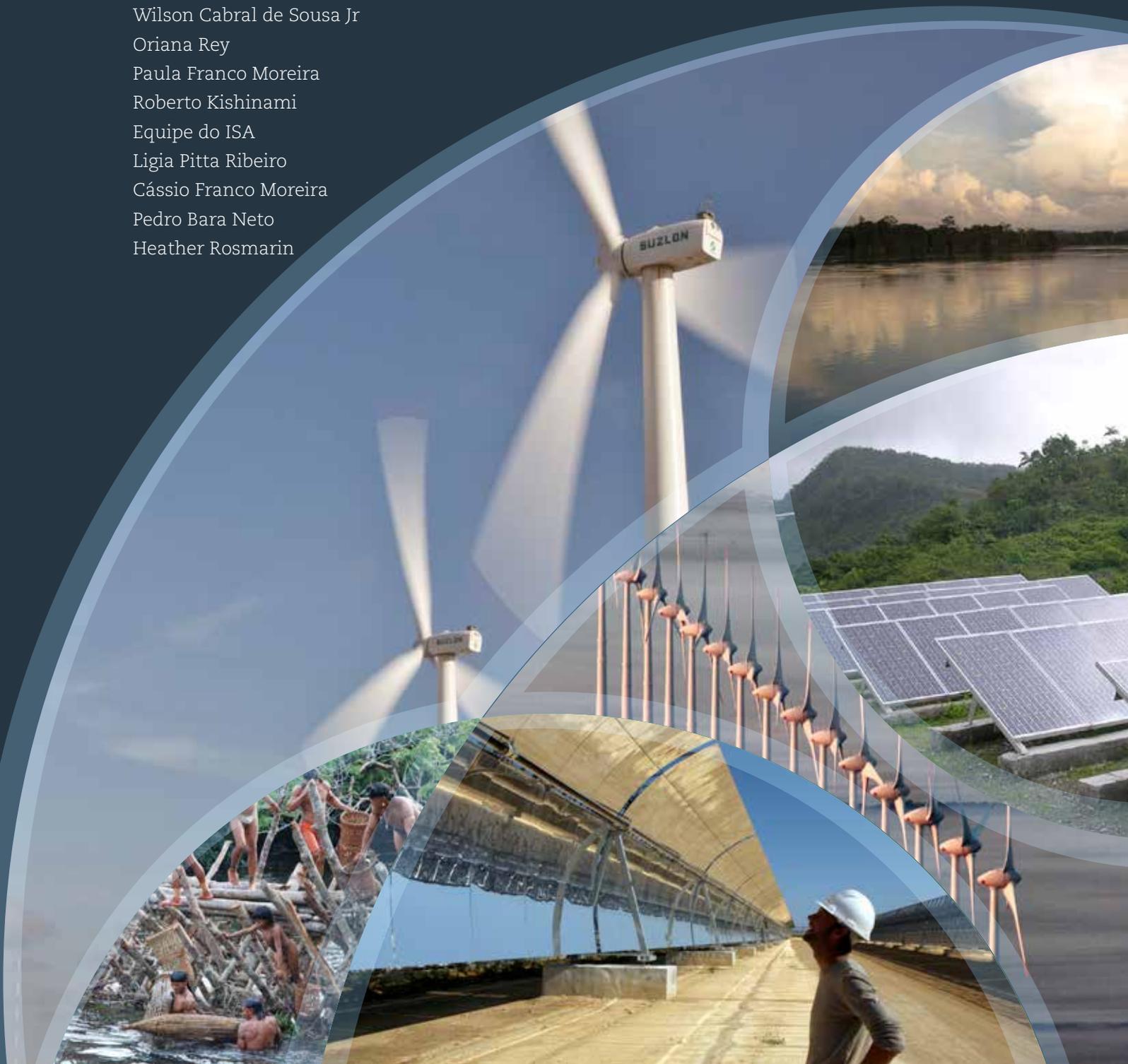
Equipe do ISA

Lígia Pitta Ribeiro

Cássio Franco Moreira

Pedro Bara Neto

Heather Rosmarin



O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A  
SUSTENTABILIDADE NO SÉCULO 21:  
**Oportunidades e Desafios**

2ª edição

Brasília, novembro de 2012

**Organização:**

Paula Franco Moreira  
Brent Millikan

**Editoração:**

International Rivers - Brasil

**Revisão:**

Jaime Gesisky

**Contato:**

International Rivers - Brasil  
Endereço: CLN 214 Bloco D Sala 216, Asa Norte  
Brasília-DF, CEP 70873-540 Tel. (61) 3034.3015.

**Projeto Gráfico e Diagramação:**

André Araújo Poletto  
Guilherme Stival

**Fotos da Capa:**

Greenpeace  
International Rivers - Brasil  
Vicent Carelli - ISA

**Realização:**

Instituto Socioambiental – ISA  
[www.socioambiental.org.br](http://www.socioambiental.org.br)

Amigos da Terra – Amazônia Brasileira  
<http://amazonia.org.br/amigosdaterra/>

Greenpeace Brasil  
[www.greenpeace.org.br](http://www.greenpeace.org.br)

International Rivers – Brasil  
[www.internationalrivers.org](http://www.internationalrivers.org)

Amazon Watch  
[www.amazonwatch.org](http://www.amazonwatch.org)

WWF Brasil  
[www.wwf.org.br](http://www.wwf.org.br)

**Apoiadores:** Fórum Mudança Climática e Justiça Social (FMCJS), Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS), Conservação Internacional – Brasil, Conservation Strategy Fund (CSF), Centro de Pesquisa Jurídica Aplicada da Direção da Fundação Getúlio Vargas (CPJA-FGV), Kendeda Fund e Taupo Fund.

Para acessar a publicação online:

[internationalrivers.org/node/7525](http://internationalrivers.org/node/7525)

**Sobre os autores**

**Célio Bermann** é professor e pesquisador do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP.

**Paula Franco Moreira** é advogada e doutoranda do Instituto de Relações Internacionais da UNB.

**Roberto Kishinami** é consultor em planejamento energético e diretor da NRG Ltda.

**Oriana Rey** é advogada e assessora do Programa Eco-Finanças da Amigos da Terra - Amazônia Brasileira.

**Philip M. Fearnside** é ecólogo e pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

**Brent Millikan** é geógrafo e diretor do Programa Amazônia, International Rivers – Brasil.

**Wilson Cabral de Sousa Jr.** é Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas e professor associado do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

**Ricardo Baitelo** é coordenador da campanha de energias renováveis do Greenpeace Brasil e doutor em planejamento energético.

**Lígia Pitta Ribeiro** é especialista em gerenciamento ambiental e analista de conservação do Programa Mudanças Climáticas e Energia do WWF.

**Cássio Franco Moreira** é engenheiro Agrônomo e Coordenador Programa Agricultura e Meio Ambiente do WWF.

**Pedro Bara Neto** é engenheiro Civil e Líder da estratégia de infraestrutura da Iniciativa Amazônia Viva do WWF.

**Heather Rosmarin** é advogada e consultora em assuntos de energia limpa para várias organizações incluindo a Amazon Watch.

**FICHA CATALOGRÁFICA**

O Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios / 2ª edição, Ed. International Rivers Network – Brasil, Org. Paula Franco Moreira - Brasília: Brasil, 2012.

ISBN: 978-85-99214-03-9

Índice para catálogo sistemático:

1. Alternativas ao setor elétrico 2. Fontes alternativas de energia 3. Impactos socioambientais de hidrelétricas.

O conteúdo desta publicação é de exclusiva responsabilidade de seus autores, não devendo ser tomado como expressão dos pontos de vista das instituições parceiras ou apoiadora financeira.

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	05
PREFÁCIO - <i>Marina Silva</i> .....	07
RESUMO EXECUTIVO.....	09
<b>1 - CONTEXTO E CENÁRIOS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO</b> .....	<b>15</b>
1.1 O Setor Elétrico Brasileiro no Século 21: Cenário Atual e Desafios..... <i>Célio Bermann</i>	17
1.2 Planejamento Energético e o PIB - <i>Paula Franco Moreira</i> .....	23
1.3 O Setor de Eletro-Intensivos - <i>Célio Bermann</i> .....	28
<b>2 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	<b>35</b>
2.1 - A Eficiência Energética como componente da Eficiência Econômica..... <i>Roberto Kishinami</i>	37
2.2 Um olhar para as grandes perdas de energia no sistema de..... transmissão elétrico brasileiro - <i>Oriana Rey</i>	40
<b>3 - ENERGIA HIDRELÉTRICA</b> .....	<b>45</b>
3.1 Hidrelétricas na Amazônia: Fonte de Energia Limpa?..... <i>Philip Fearnside e Brent Millikan</i>	47
3.2 Hidrelétricas na Amazônia: dos riscos econômicos e ambientais..... assumidos em Belo Monte aos impactos socioambientais sinérgicos no Tapajós - <i>Wilson C. S. Junior</i>	55
3.3 Risco de Extinção de Rituais e Civilizações Indígenas por Hidrelétricas:..... O caso dos Enawenê-nawê - <i>Equipe de edição de Povos Indígenas no Brasil</i> 2006/2010 - <i>Instituto Socioambiental (ISA)</i>	61
3.4 Financiamento a Hidrelétricas - Atuação de Bancos e Seguradoras ..... <i>Oriana Rey</i>	65
<b>4 - FONTES ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA</b> .....	<b>69</b>
4.1 Energias Renováveis: Energia Eólica e Solar - <i>Ricardo Baitelo</i> .....	71
4.2 O Potencial da Bioeletricidade na Matriz Elétrica Brasileira - ..... <i>Ligia P. Ribeiro, Cássio F. Moreira e Pedro Bara Neto</i>	80
4.3 Investimento em energia renovável no Brasil em 2011 - <i>Heather Rosmarin</i> .....	83
<b>5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>87</b>
<b>6 - BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>91</b>



# APRESENTAÇÃO

Esta publicação traz o resultado do esforço conjunto de um grupo de pesquisadores e organizações socioambientais voltado para a análise crítica e a elaboração de propostas de políticas públicas para o setor elétrico brasileiro à altura dos desafios do século 21. Esta iniciativa conjunta surgiu originalmente da constatação de que os questionamentos sobre a viabilidade social, econômica e ambiental de barragens controversas como Belo Monte precisavam ser complementados por argumentos convincentes sobre a existência de melhores alternativas de políticas públicas para o setor elétrico<sup>1</sup>.

Após o esgotamento imediato da primeira edição desta publicação, lançada em um simpósio realizado no contexto da Rio +20 em junho de 2012, esta segunda edição, atualizada e ampliada, conta com novos textos sobre o potencial de biomassa para geração de energia elétrica no Brasil, um estudo econômico de integração de custos socioambientais das obras de Belo Monte e Tapajós, e outro texto sobre as tendências para a energia renovável no Brasil e no mundo.

A primeira parte da publicação traz considerações sobre o contexto atual e cenários do setor elétrico brasileiro, com textos de Célio Bermann e Paula Franco Moreira. A segunda parte tem como enfoque a situação atual e desafios para o aumento da eficiência elétrica no Brasil, com artigos de Roberto Kishinami e Oriana Rey.

Na terceira parte da publicação, Phillip Fearnside e Brent Millikan analisam os impactos sociais e ambientais de hidrelétricas na Amazônia brasileira, atual foco da expansão da oferta de energia nos planos governamentais. Wilson C. S. Júnior mostra os resultados e discussões decorrentes do estudo que originou uma nova análise de viabilidade de Belo Monte e Tapajós, incorporando os custos socioambientais. Além disso, Oriana Rey apresenta considerações sobre políticas de análise de risco e salvaguardas socioambientais no financiamento de hidrelétricas, enquanto a equipe do Instituto Socioambiental comenta sobre os impactos socioculturais das hidrelétricas para o Povo Indígena Enawenê-nawê.

A quarta parte da publicação tem como enfoque as fontes renováveis alternativas, trazendo um texto de Ricardo Baitelo sobre o estado atual e oportunidades para a expansão da energia solar e eólica no Brasil, um segundo texto sobre o potencial da bioeletricidade no Brasil, por Ligia P. Ribeiro, Cássio F. Moreira e Pedro Bara Neto e, por último, um texto sobre as perspectivas e atualidades do investimento em energia renovável no Brasil e no mundo por Heather Rosmarin.

---

<sup>1</sup> Os atuais integrantes desse grupo: Instituto Socioambiental (ISA), Greenpeace Brasil, Amigos da Terra – Amazônia Brasileira, International Rivers – Brasil, Amazon Watch, WWF – Brasil, assim como os pesquisadores colaboradores Prof. Célio Bermann do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, Prof. Philip M. Fearnside, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e Prof. Wilson Cabral de Sousa Jr., do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). O grupo tem contado com a colaboração do Fórum Mudanças Climáticas e Justiça Social (FMCJS), do Instituto Democracia e Sustentabilidade (IDS), da Conservação Internacional – Brasil e do Centro de Pesquisa Jurídica Aplicada da Direção da Fundação Getúlio Vargas (CPJA-FGV). O grupo está aberto para explorar possibilidades de colaboração com outros pesquisadores e instituições que compartilham com seus objetivos.

Com o lançamento desta segunda edição, os membros deste grupo esperam fortalecer sua contribuição para o debate entre governo e sociedade sobre oportunidades e desafios para o setor elétrico brasileiro, abordando questões chave como o aumento da eficiência energética, o papel da energia em padrões de produção de consumo, avaliação integrada das dimensões social, econômica e ambiental dos empreendimentos, melhor aproveitamento de fontes renováveis alternativas e a democratização de políticas públicas.

Brasília, novembro de 2012

# PREFÁCIO

*Marina Silva*

Energia é tema central para a sustentabilidade. É quase impossível imaginar qualquer atividade cotidiana sem a presença da eletricidade ou de algum combustível.

Apesar de tamanha dependência, muitos se esquecem de perguntar sobre a origem da energia. Como foi produzida? Qual é o seu custo? Quais são seus impactos? Por quanto tempo irá durar? A quem pertence?

Muitos cidadãos consomem, usam e abusam da energia – a um custo bastante significativo – sem tentar entender muitas dessas questões. Como militantes do desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões, não podemos ignorar os dilemas que cercam a produção energética.

E há alguns bem difíceis. O cidadão moderno tem a ilusão de que pode consumir eletricidade e combustíveis em quantidade ilimitada. A própria ideia de bem-estar, muitas vezes, confunde-se com a disponibilidade infinita desse insumo, responsável por manufaturar, transportar bens e pessoas, iluminar, aquecer, refrescar, fornecer água limpa, cozinhar, limpar, entreter e se comunicar.

Como seria de se esperar, essa sensação de abundância se choca com a realidade. A disponibilidade de energia é regionalmente limitada, fazendo com que nossas grandes concentrações humanas busquem fontes cada vez mais distantes de onde vivem.

A maior parte das emissões de gases de efeito estufa no mundo é proveniente da geração de energia a partir de fontes fósseis. Embora o Brasil tenha uma matriz energética considerada dentre as mais limpas, está sendo necessário buscar energia em locais cada vez mais remotos, justamente onde a diversidade cultural e biodiversidade estão mais preservadas. É o que está acontecendo na Amazônia, onde estão os últimos remanescentes de grandes volumes e quedas d'água que poderão se tornar paredões de concreto e aço para a geração de eletricidade por hidrelétricas.

Esse modelo é gerador de significativos impactos, como por exemplo, a perda de biodiversidade, estímulo à formação de intensos fluxos migratórios e explosão demográfica e artificialização das bacias hidrográficas. Tudo isso gera impactos devastadores sobre Povos Indígenas e populações tradicionais. Essas grandes represas de geração de energia precisam ainda irradiar-se por milhares de quilômetros de linhas de transmissão, pondo abaixo, de forma contínua e permanente, a floresta e a vida que lá existe.

No caso dos Povos Indígenas brasileiros, esses impactos podem até levar à sua extinção. Pois o que os define não é apenas o seu código genético ou nome, mas sua cultura, língua, relações hierárquicas para a transmissão de conhecimentos e a existência com a natureza.

A aproximação dessas grandes obras interfere nas vidas das tribos a ponto de comprometer as suas relações sociais, como o respeito aos mais velhos, afetando a reprodução dos costumes e a transmissão de conhecimentos tradicionais.

Essa situação, longe de hipotética, já está acontecendo, como vêm denunciando profissionais de diferentes órgãos envolvidos com a proteção dos direitos humanos. Nosso governo está colocando em licitação dezenas de novas hidrelétricas na Amazônia para serem construídas até 2030. Pode parecer distante, mas são necessários de sete a dez anos de trabalho contínuo, desde o momento em que se começa uma obra desse porte, até o momento em que ela é ligada aos consumidores através das linhas de transmissão.

É nesse contexto de enfrentamento e denúncia dos danos permanentes à sociobiodiversidade do país, que a redação deste documento por um grupo relevante de organizações da nossa sociedade civil e da academia cumpre um papel importante.

Muito do que foi reunido já foi dito ou escrito antes, mas isso não tira a sua força. Ao contrário. Muitas verdades resistem ao tempo e vão ganhando envergadura para enfrentar o desafio permanente de construir uma sociedade sustentável para nós e para os que virão.

Um conceito que vem evoluindo desde o final da década de 1960 é o de eficiência energética. Hoje, pode-se falar nela como parte da busca de maior eficiência de nossa sociedade no uso de recursos naturais, principalmente da energia. Se aplicada de forma ampla e generosa, significaria investir em transporte de massa, planejamento urbano e inovações no trabalho, de forma que fosse maximizado o uso de transporte não motorizado, por exemplo.

Significaria investir em redes inteligentes para permitir não só as formas conhecidas de conservação de energia, mas que um número maior de consumidores fossem também produtores descentralizados de energia. Para isso contribuem as tecnologias já disponíveis de painéis fotovoltaicos, biodigestores anaeróbicos, torres eólicas e microturbinas.

Um investimento consistente, de grande porte e por longo prazo, em aumento da eficiência energética pode ajudar a resolver a demanda crescente de energia.

Certamente será preciso aumentar a oferta de energia para que a grande parcela da nossa população, hoje excluída do acesso a serviços e confortos propiciados, possa fazer parte plena de nossa sociedade. Entretanto, não só é desejável como necessário que esse aumento da oferta se faça paralelamente à eliminação e redução de desperdícios e usos ineficientes da energia.

Se for feito com critério e planejamento, esse aumento da eficiência energética pode significar também maior justiça social e justiça intergeracional. Mas para que tudo isso possa ocorrer é essencial que a formulação e a gestão da política energética seja democratizada e que os novos olhares e novas abordagens possam dialogar com aqueles que historicamente ditam as regras e as escolhas do Brasil nessa questão vital para nosso futuro. Esta publicação representa um dos passos nessa direção.

# RESUMO EXECUTIVO

Esta é a segunda edição revista e ampliada da publicação: **O Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21 – Oportunidades e Desafios**. O relatório traz novas e contundentes análises sobre a situação do setor elétrico brasileiro, os equívocos da política energética oficial financiada principalmente com recursos públicos e as alternativas e potencialidades do país para geração de energia elétrica.

A iniciativa deste documento surgiu da constatação de que os questionamentos sobre a viabilidade social, econômica e ambiental de barragens controversas, como Belo Monte e outras, necessitam ser complementados por argumentos convincentes sobre a existência de melhores alternativas de políticas públicas para o setor elétrico. E elas existem.

Mas é preciso que haja abertura no governo para a urgente revisão de premissas adotadas ao definir cenários futuros de demanda energética – que não sejam exclusivamente a partir de projeções de crescimento econômico medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), desconsiderando questões essenciais como a eficiência energética e o destino da energia.

Um aspecto relevante nesse contexto destacado no relatório é que, atualmente, cerca de 8% da energia elétrica consumida no Brasil deixa o país incorporada no minério de ferro, em produtos siderúrgicos, nos lingotes de alumínio, nas ligas de ferro e no papel e celulose, que são exportados com baixo valor agregado, pouca geração de empregos e elevado custo socioambiental.

Os autores da publicação alertam que é necessário priorizar o aumento da eficiência energética e reduzir desperdícios. Destacam ainda que a eficiência econômica do setor elétrico é elemento essencial da inovação tecnológica e da competitividade industrial, mas faltam incentivos para isso.

Até 2020, o setor de petróleo e gás receberá R\$ 590 bilhões e a construção de novas hidrelétricas terá R\$ 190 bilhões em investimentos do governo federal, enquanto a eficiência energética sequer tem um valor definido, informam os autores. Este desequilíbrio nos investimentos públicos contribui para a falta de competitividade da produção industrial brasileira, entre outros efeitos negativos.

O Brasil joga fora uma enorme quantidade de energia elétrica que poderia ser aproveitada para o seu desenvolvimento. As perdas no sistema de transmissão de energia elétrica no país são de cerca de 20% – um dos índices mais elevados do mundo. E isso provoca impactos diretos no aumento da tarifa do consumidor, associado à ausência de recolhimento de impostos pela energia não faturada, como demonstram os estudos aqui apresentados.

Essas perdas foram constadas pelo Tribunal de Contas da União, mas não há concordância interna entre os setores que cuidam desse assunto no governo em relação a tais perdas, o que gera

inércia na busca de soluções. Caso houvesse os investimentos necessários no aumento da eficiência do sistema de transmissão de energia elétrica brasileiro, haveria significativa redução nas pressões para construir novas hidrelétricas na região amazônica.

No entanto, o governo segue planos ambiciosos para acelerar a construção de hidrelétricas na Amazônia Legal nos próximos anos. Os autores descrevem aqui os graves impactos socioambientais a jusante e a montante – como emissões de gases de efeito estufa, perdas da biodiversidade e o comprometimento dos meios de vida e direitos de populações locais – associados à atual febre de construção de barragens na Amazônia. Tais consequências são subdimensionadas ou mesmo desconsideradas em estudos de inventário de bacia e Estudos de Impacto Ambiental (EIA) elaborados pelo setor elétrico do governo e empreendedores privados.

Os autores concluem pela necessidade de superar noções equivocadas sobre usinas hidrelétricas como fonte de energia limpa, barata e renovável. Advertem ainda que urge reverter tendências de rebaixamento de salvaguardas socioambientais, inclusive quanto ao cumprimento da legislação brasileira e de normas internacionais sobre direitos humanos e a proteção ambiental, além de eliminar incentivos perversos para a construção de barragens, como a concessão de créditos de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

No caso dos Complexos Hidrelétricos de Belo Monte, no rio Xingu, e do Tapajós, os cenários de risco avaliados nos estudos aqui apresentados demonstram a inviabilidade de ambos os empreendimentos em decorrência da influência de variáveis como: tempo de construção, custos, emissões de carbono e preço de mercado dos créditos de carbono. O resultado serão aportes extraordinários para a implantação dos projetos na forma de renúncia fiscal, subsídios cruzados e participação



de empresas estatais e fundos de pensão cujas orientações de investimento sejam, de alguma maneira, influenciadas pelo Executivo federal, como já ocorre com Belo Monte.

Os estudos sobre financiamento de grandes hidrelétricas também revelam fragilidades nas políticas de análise de risco e salvaguardas socioambientais dos bancos públicos, privados e empresas seguradoras. Destacam que a tomada de decisões das instituições financeiras está sendo orientada pela simples obtenção de licenças ambientais; porém ressaltam que tais licenças são dotadas de vícios jurídicos presentes em seus processos administrativos, além de violarem acordos voluntários, como os Princípios do Equador e Protocolo Verde.

Caso permaneçam tais vícios nos processos de licenciamento, os bancos poderão arcar com os imprevisíveis riscos econômicos dos projetos e, conforme o instituto da responsabilidade objetiva no direito ambiental brasileiro, responderão pelos danos ambientais, independentemente da existência de aparentes licenças ambientais, adverte o relatório.

O gigantesco potencial de energia solar e eólica está gravemente menosprezado nas políticas públicas do setor energético, atesta o relatório. Com base em tecnologias disponíveis para o aproveitamento de energia solar captada em menos de 5% da área urbanizada do Brasil (ou 0,01% da área do país), seria possível atender a 10% de toda a demanda atual de energia elétrica nacional.

No caso da energia eólica, o potencial inexplorado é de 300 GW, quase três vezes o total da capacidade instalada atualmente no país. Entretanto, a ausência de uma política consistente de incentivos para a inovação tecnológica e ampliação de escala, assim como entraves de regulamentação, representam obstáculos para o efetivo aproveitamento das enormes oportunidades para a expansão da energia solar e eólica no Brasil.

Na análise do potencial da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira, os autores afirmam que o aproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar para co-geração de energia elétrica representa para o país uma importante fonte alternativa aos derivados de petróleo e outros combustíveis fósseis. O potencial de geração desta fonte poderia alcançar 14.000 MW médios em 2021, o que corresponde à produção de três usinas de Belo Monte.

Os investimentos privados em energia renovável no Brasil cresceram 8% em 2011, saltando para 7 bilhões de dólares, por conta principalmente da energia eólica. Globalmente, o investimento em energia renovável chegou a 237 bilhões de dólares em 2011, ultrapassando os 223 bilhões de dólares de despesa líquida na construção de novas usinas movidas a combustíveis fósseis, indicando uma tendência crescente e animadora para o setor de energias renováveis, não incluindo as hidrelétricas.

Mas para o aproveitamento das oportunidades e superação de entraves apontados é necessário viabilizar mecanismos de transparência e espaços democráticos de debate e diálogo entre governo e sociedade, o que não está efetivamente ocorrendo por falta de vontade política do governo.

# EXECUTIVE SUMMARY

This is the revised and expanded second edition of the publication: **The Brazilian Electric Sector and Sustainability in the 21st Century- Opportunities and Challenges**. This report brings new and critical analysis about the Brazilian electric sector, which is primarily funded with public resources. The report also investigates the potential for alternative and more sustainable sources of electricity for the country.

The initiative to create this publication emerged from the realization that critiques regarding the social, economic and environmental viability of controversial dam projects, such as Belo Monte, needed to be complemented by arguments regarding the existence of better alternatives for meeting Brazil's energy needs. This publication shows that they do exist.

However, the federal government of Brazil needs to be open to urgently revising assumptions regarding future energy demand. Future growth scenarios should not be estimated exclusively on the basis of economic growth as reflected by Gross Domestic Product (GDP), disregarding essential questions regarding energy efficiency and the destination of electricity that is produced.

One example of this, as outlined in the report, is that currently about 8% of the electricity consumed in Brazil leaves the country in the form of iron ore, steel, aluminum, cast iron, and paper products that are exported with little value-added, scarce generation of jobs and high social and environmental costs.

The authors of this publication warn that it is necessary to give primacy to increasing energy efficiency and reducing energy losses. Furthermore, investing in energy efficiency is an essential contribution to technological innovation and industrial competitiveness, but government incentives for this are sorely lacking.

By 2020, the petroleum and gas sector in Brazil is scheduled to receive R\$590 billion (US\$295 billion) and the hydroelectric sector R\$190 billion (US\$95 billion) in subsidies from the Federal Government, while there are no specific financial commitments to energy efficiency, the authors inform. This imbalance in public investments contributes to the lack of competitiveness of Brazilian industry, amongst other negative impacts.

Brazil throws away an enormous quantity of energy that could be used for the country's development. Transmission losses in the country are close to 20% – one of the highest in the world. And this leads to direct impacts in the form of higher electricity bills for consumers, and a decrease in tax revenues due to the non-collection of electricity tariffs.

These transmission losses were verified by the Federal Accounting Court (*Tribunal de Contas da União*), but there are internal disagreements within the government regarding these losses that contribute to inertia in the search for needed solutions. If the government invested in increasing the efficiency of the transmission system in Brazil, there would be a significant reduction in the

pressure to construct new hydroelectric dams in the Amazon region.

However, the Federal Government continues to pursue ambitious plans to accelerate the construction of hydroelectric dams in the Amazon in the coming years. The authors describe grave social and environmental impacts downstream and upstream - such as greenhouse gas emissions, losses of biodiversity and impacts to the livelihood and rights of local populations - associated with the current fever of dam construction in the Amazon. These impacts are underestimated or ignored in basin inventories and environmental impact assessments conducted by the government's electric sector and private corporations.

The authors emphasize the need to overcome misconceptions regarding hydroelectric dams as a source of clean, cheap and renewable energy. They warn that it is crucial to reverse current trends towards lowering social and environmental safeguards, including compliance with Brazilian legislation and international standards on human rights and environmental protection. They outline the need to eliminate perverse incentives for the construction of dams such as carbon credits under the Clean Development Mechanism.

In the case of the Belo Monte and Tapajós Hydroelectric Complexes, a series of risk scenarios presented in this document demonstrate the lack of feasibility of both projects due to the influence of variables such as construction time, costs, carbon emissions and the market price of carbon credits. The result will be extraordinary public contributions to the development of projects through tax breaks, cross subsidies and the participation of state enterprises and pension funds whose investment portfolios are influenced by the federal government. This has already occurred in the case of Belo Monte.

An examination of the financing of big hydroelectric projects in this report reveals weaknesses in the risk analysis and social and environmental safeguard policies of public and private banks and insurance companies. Financing decisions are made merely on the basis of whether environmental licenses have been granted, yet such licenses typically demonstrate serious legal flaws within administrative procedures, in addition to violations of voluntary agreements, such as the Equator Principles and Brazil's Green Protocol.

If such underlying flaws continue in the licensing processes of dam projects, banks may bear the economic risks of such projects, and, according to the principle of strict liability in Brazilian environmental law, may be responsible for environmental damages, regardless of the formal existence of environmental licenses.

The enormous potential of solar and wind energy in Brazil is being largely ignored within public policies for the energy sector, according to this report. Based on available technologies, if solar energy was captured in less than 5% of Brazil's urban areas (or 0.01% of Brazil's territory), it would be possible to meet 10% of the current national electricity demand.

In the case of wind energy, the unexploited potential is 300 GW, almost three times the total installed capacity in the country today. However, the lack of a consistent set of policies to incentivize and upscale truly renewable energy, as well as regulatory barriers, present obstacles to the enor-

mous opportunities for the expansion of solar and wind energy in Brazil.

In the analysis of the potential for biomass in the Brazilian electric matrix, the authors state that the use of sugar cane residue for the cogeneration of electricity presents an important alternative to petroleum products and other fossil fuels. The generation potential of this source could reach approximately 14,000 MW in 2021, which corresponds to the energy production of three Belo Monte dam projects.

Private investment in renewable energy in Brazil grew by 8% in 2011, reaching US\$7 billion, mainly due to the expansion of wind energy. In global terms, investment in renewable energy reached US\$237 billion dollars in 2011, surpassing the US\$223 billion invested in the construction of new fossil fuel plants, indicating a positive growth trend for the renewable energy sector, which does not include hydropower.

But to take advantage of the opportunities and to overcome the obstacles mentioned above, it is necessary to increase transparency and open up democratic space for debate and dialogue between the government and society, which is not effectively occurring due to a lack of political will on the part of the Brazilian Government.



Foto: Tomas Munita / 2011

1

# CONTEXTO E CENÁRIOS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO



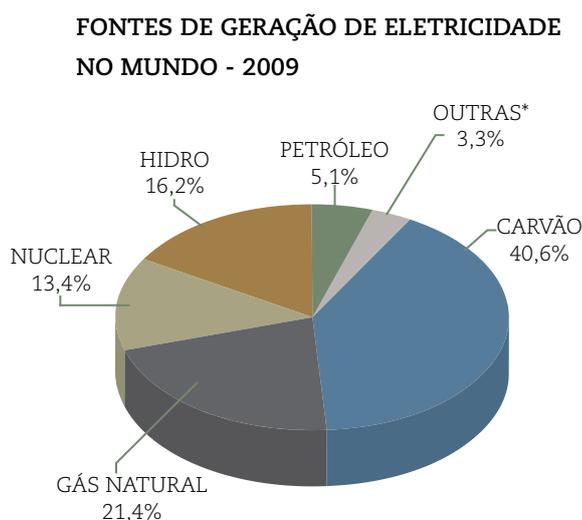
# 1.1 O setor elétrico brasileiro no século 21: cenário atual e desafios

Célio Bermann

## Tendências globais: a dependência em combustíveis fósseis e o desafio da transição para fontes renováveis

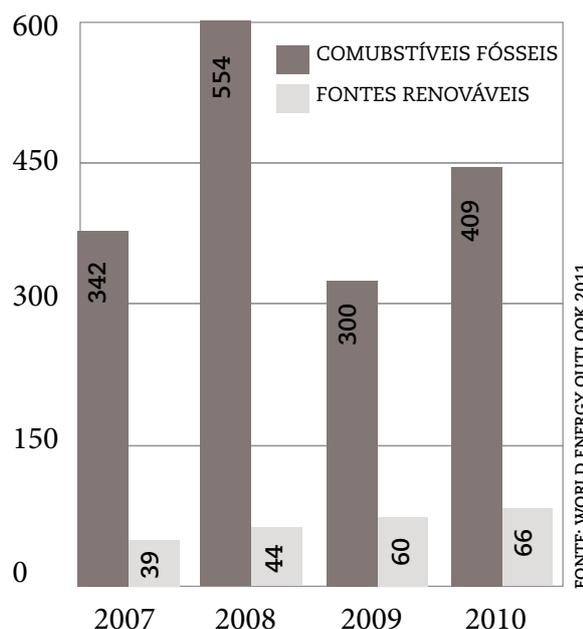
Atualmente, a humanidade vive uma extrema dependência em relação a combustíveis fósseis para a produção de eletricidade. Conforme dados da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency - IEA (2011) apresentados na Figura 1, para uma produção total de energia elétrica no mundo, da ordem de 20.055 TWh (ou 20,055 trilhões de kWh), 80,5% deste total teve como origem os combustíveis fósseis (incluindo a nuclear obtida a partir do urânio). As denominadas energias renováveis (incluindo aqui a hidreletricidade), responderam por apenas 19,5% da geração de eletricidade no mundo, sendo que a eletricidade obtida a partir do sol, dos ventos, da biomassa e do calor da terra não passaram, no seu conjunto, de 3,3% do total da geração de energia elétrica mundial em 2009.

Ainda a este respeito, a tabela abaixo da *World Energy Outlook 2011*, demonstra o volume de subsídios, em bilhões de dólares, direcionados à produção e ao consumo de energia no mundo no período de 2007 a 2010 entre combustíveis fósseis e renováveis. A tabela evidencia que, ao contrário da necessidade do planeta, não houve incremento de incentivos ao consumo de energia de fontes renováveis se comparado aos incentivos para a produção de combustíveis fósseis. Desta forma, os subsídios ao consumo de combustíveis fósseis no mundo continuam a disparar em relação aos exíguos incentivos ao uso de fontes renováveis.



\* Outras fontes inclui geotérmica, solar, eólica, biocombustíveis e resíduos.  
Fonte: Agência Internacional de Energia. Key World Energy Statistics, 2011.

**SUBSÍDIOS AO CONSUMO DE ENERGIA NO MUNDO ( EM US\$ BILHÕES)**



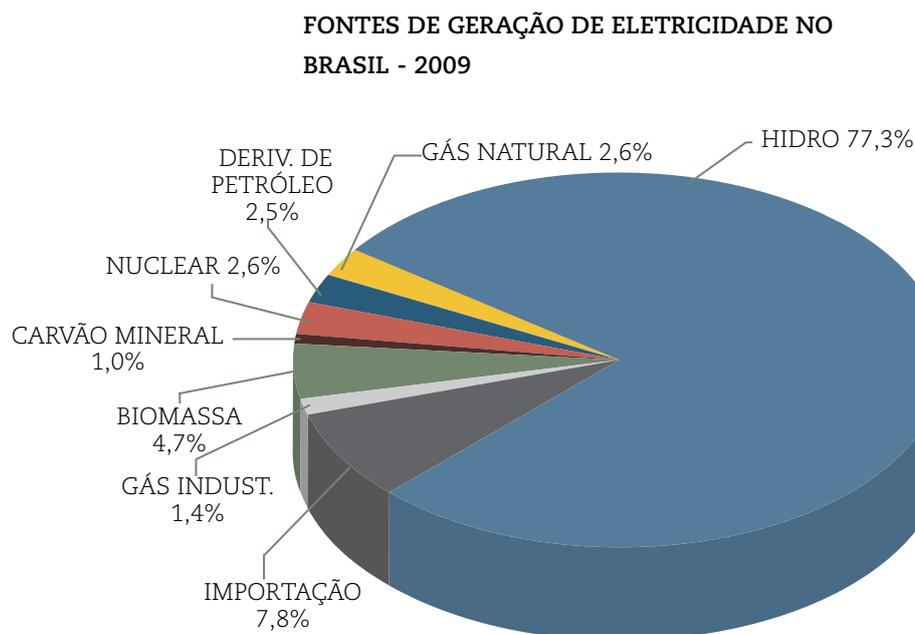
Pode-se concluir por estes dados que a humanidade tenderá a manter uma dependência extrema em relação aos combustíveis fósseis nas próximas décadas. Os esforços para sua substituição no curto e médio prazo por “fontes energéticas sustentáveis” são incipientes em termos da escala exigida. Ou seja, levando estes números em consideração, a perspectiva de transição efetiva para um mundo com menos uso de combustíveis fósseis e maior consumo de fontes renováveis ainda permanece distante, considerando o atual quadro político-institucional.

O enfrentamento desse desafio passa, necessariamente, pela reorientação do perfil de produção e consumo que marca os atuais paradigmas de desenvolvimento econômico que predominam na escala global, de forma a reduzir as necessidades de ampliação da oferta de energia elétrica. Trata-se de uma questão central no contexto internacional e também no Brasil.

### 1.1.2 O setor elétrico no Brasil: cenário atual, obstáculos e desafios

O governo brasileiro tem ressaltado que o quadro de oferta de energia elétrica, em função da forte presença da hidreletricidade, caracteriza-se como fortemente pautado em fontes renováveis (Figura 2). Com efeito, o fato de mais de 3/4 da energia elétrica no Brasil ser produzida a partir das águas (hidreletricidade), em conjunto com a biomassa (cogeração a partir do bagaço da cana-de-açúcar) e em menor medida, do gás metano biológico obtido nos aterros, confere ao país uma singular participação das energias renováveis em relação ao contexto internacional, se comparado com os dados da Figura 1.

Entretanto, observa-se que nem a energia eólica nem a solar aparecem no quadro de oferta de eletricidade. A presença da energia eólica só assumiu maior escala nos últimos dois anos, muito embora ela ainda não alcance 1% da oferta.



Fonte: MME. Resenha Energética Brasileira, 2010.

Apesar de sua forte predominância sobre outras fontes no quadro atual de oferta de energia elétrica, a hidreletricidade tem sido apresentada nos planos governamentais (Plano Nacional de Energia - PNE, Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE) como uma alternativa de energia renovável a ser ampliada. O forte viés para a construção de hidrelétricas deve ser motivo de preocupação e debate público, considerando que as mega obras hidrelétricas projetadas provocam impactos devastadores e irreversíveis para o meio ambiente e grande injustiça social (vide capítulo 3). Além disso, num cenário de mudanças climáticas marcado por tendências de acirramento de estiagens nas regiões Norte e Nordeste, a redução da dependência em relação à hidreletricidade, com a diversificação de fontes renováveis, torna-se ainda mais aconselhável.

Os rios amazônicos (Madeira, Tocantins, Araguaia, Xingu e Tapajós) respondem por cerca de 63% do assim chamado “potencial hidrelétrico” não aproveitado no Brasil, ou quase dois terços desse total, estimado em 243.362 MW (SIPOT/ELB, 2010). O Plano Decenal de Energia 2011-2020 (MME/EPE, 2011) indica a intenção do governo brasileiro de construir 12 usinas hidrelétricas com uma potência instalada total de 22.287 MW, que representa 65% do total que o governo pretende implantar no país até 2016 (34.268 MW). Além destas, outras 10 usinas com uma potência total de 15.506 MW estão planejadas e o governo deseja viabilizar as licenças para sua construção até 2020. Por sua vez, o Plano Nacional de Energia 2030 (MME/EPE, 2007) indica um total de 14.000 MW na bacia amazônica com a pretensão de serem instalados até 2015, e mais 43.700 MW até o ano 2030, quando o governo pretende atingir um total 156.300 MW de energia hidrelétrica instalada, dobrando a capacidade atual de energia hidrelétrica no Brasil (78.200 MW em Dezembro de 2011).

Em termos geográficos, estes planos materializa-se na promoção e construção de mais de 40 grandes hidrelétricas (UHEs) e mais de 170 hidrelétri-

cas menores (PCHs) nos próximos anos na região amazônica, com destaque dos planos de expansão da produção de energia elétrica. Somente na bacia do Tapajós, são previstas 12 grandes hidrelétricas no eixo principal do rio e nos afluentes Jamaxim e Teles Pires, além de uma série de UHEs e PCHs em outros afluentes, como o Juruena e Apiacás.

Os Planos Decenais de Energia que sucedem-se ano a ano restringem-se à visão “ofertista” sem entrar no mérito do necessário questionamento de suas previsões de demanda. Utilizando o jargão dos planejadores, isto poderia ser chamado de “planejamento” do lado da oferta, mas que na realidade é o atendimento das cargas futuras projetadas.

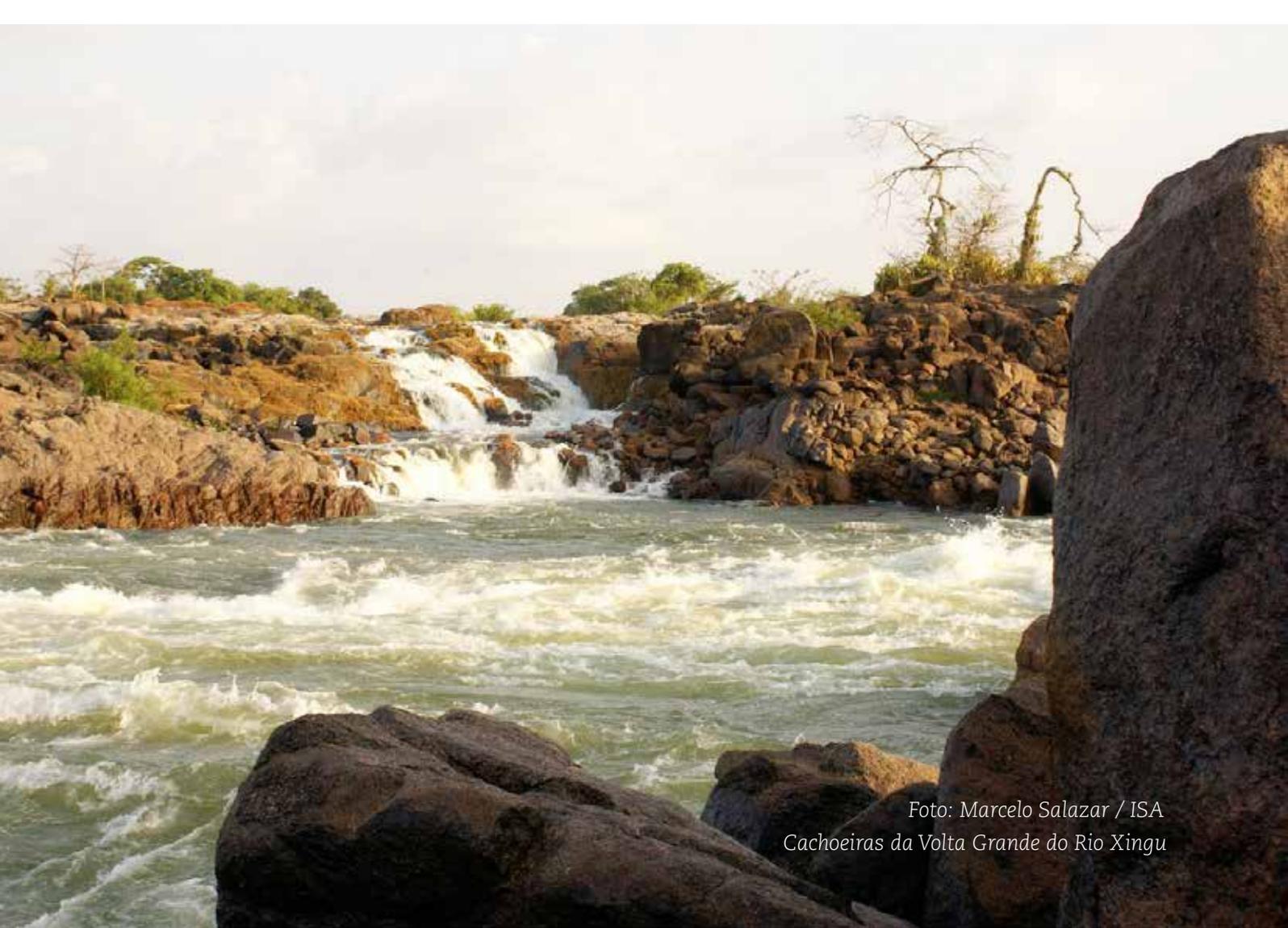
Sob a influência de grandes grupos econômicos nacionais e internacionais e seus aliados políticos, que formam a base da “indústria das barragens” (*dam industry*) no Brasil, o governo federal construiu um sistema elétrico que prioriza fortemente a geração hidrelétrica, estimulando subsectores industriais e atendendo ao suprimento a determinados setores em detrimento de outros. Devido a esse desenvolvimento histórico, criou-se um emaranhado de interesses que não nos permite afirmar que possa existir uma capacidade previsível de planejamento, além de um viés concentrado em hidrelétricas no lado da geração, menosprezando a eficiência energética e outras fontes, com a utilização de cenários de crescimento de demanda, sem o questionamento de seus pressupostos.

Pelo contrário, apenas um atendimento de cargas futuras, multiplicando o cenário presente para o futuro, muito incerto diante da complexidade do arranjo de interesses que estão em jogo. Dentro deste campo estão empreiteiras, indústrias de equipamentos, geradoras, comercializadoras, agências reguladoras, grupos políticos e econômicos que conflitam entre si e disputam com governos a utilização do discurso da energia para angariar votos.

Assim desenha-se cada Plano Decenal de Energia, como uma tentativa de costura no atendimento desse mosaico de interesses em que a oferta corre atrás das cargas projetadas: alguns querem vender energia e outros tantos irão comprar em um arranjo no qual a *Dam Industry* aperfeiçoa métodos de sua influência política sobre espaços de poder do Estado, atua sobre os processos de licenciamento ambiental, sobre os mecanismos de financiamento e, de maneira ramificada, influencia propostas de reforma do Estado, inclusive como alterações de papéis institucionais no Ministério Público.

O atendimento da demanda através da fonte hídrica é apregoado como uma vantagem comparativa brasileira que, em tese, poderia ser estendida através de conexões físicas a outros países fronteiriços, por intercâmbios nos quais os sentidos de transmissão de energia poderiam se alternar. É neste contexto que se insere o “*Acuerdo entre el gobierno de la República Federativa del Brasil y el gobierno de la República del Perú para el suministro de electricidad al Perú y exportación de excedentes al Brasil*”, assinado pelos presidentes Lula e Alan Garcia em 16 de junho de 2010, que amparará a construção de diversas hidrelétricas na Amazônia peruana.

Verifica-se que é efetivamente o território da bacia amazônica que vai sofrer a pressão do capital internacional e brasileiro para transformar seus rios em jazidas de megawatts. A usina Belo Monte, obra gigantesca, com custos enormes, consequências ambientais e sociais seríssimas, ao lado das usinas Jirau e Santo Antônio, no rio Madeira, são exemplos desta obsessão pelo gigantismo e, claro, em detrimen-



to de preocupações ambientais e sociais. São os três exemplos de plantão da opção hidrelétrica na Amazônia como panaceia do “progresso”, da distribuição de renda, do crescer o bolo para depois distribuir, da universalização do acesso à energia e da redenção das comunidades “pouco desenvolvidas” moradoras de longa data ao longo destes rios.

O planejamento do setor elétrico brasileiro tem consequências além de nossas fronteiras. No contexto deste planejamento, é urgente a discussão específica, da contradição entre, por um lado, a situação da existência de grandes extensões territoriais cobertas de florestas, habitadas por populações tradicionais e indígenas, muitas mantidas em isolamento voluntário, servindo-se de rios e florestas que são cobiçados para outros fins tais como infraestrutura para gerar energia, extração de minerais e extração de hidrocarbonetos e, por outro lado, a manutenção de um mero discurso de intenção em que são ressaltados os valores de pluralidade de manifestações culturais, modos de vida, organização social.

Os fatos recentes da condução política e dos processos de licenciamento e construção de obras de infraestrutura desde o início do período de redemocratização até os dias de hoje não nos oferece elementos de evidência de que os desafios políticos de transparência e legalidade estejam no trilho seguro de sua superação.

Os desdobramentos da realidade nos mostram uma retração dos espaços de discussão de políticas ambientais quando o assunto se refere a megaprojetos hidrelétricos, uma vez que poucos se arriscam a questioná-los e por consequência, questionar os interesses econômicos e políticos dominantes. Há restrita circulação das ideias e um constrangimento e intimidação daqueles que se posicionam contrários aos projetos governamentais, sejam eles cientistas, ativistas, ribeirinhos, analistas ambientais, indígenas, procuradores, juízes. Os recentes posicionamentos da Advocacia

Geral da União, que diz que tomará a iniciativa de processar quem dispare ações civis públicas e concede liminares contra projetos e processos governamentais, deve ser entendido como elemento decisivo para essa retração do espaço público.

Ao colocar a crise de suprimento energético como ameaça permanente (apagão), o que falar do planejamento? E se é a tecnocracia governamental quem planeja, há governança democrática possível? Não se pode falar mais de um planejamento centralizado, mas sim em atendimentos a metas de crescimento de determinados setores, ou mesmo agregados em estimativas de crescimento do PIB influenciados por uma complexa rede de interesses.

Os planos decenais dos últimos tempos acabam criando um “ambiente” no qual não há escapatória: quem planeja, coloca-se como vítima e avalista de seu próprio plano que é o de acompanhar a expectativa de demanda sem tentar refletir e gerenciar sobre ela, fortalecendo a visão de que o mercado é o encontro e balizador das relações sociais que estabelecem o que deve ou não ser produzido; que subsetores devem ser atendidos e que chancelas devem ser operacionalizadas sob a égide um “Plano Nacional”. De fato, a Empresa de Planejamento Energético (EPE) vê-se diante de inúmeras demandas de venda de energia, tendo que arbitrar entre esses “vendedores” de energia, para a escolha da suposta “melhor opção para o país”.

O chamado debate público sobre os Planos Decenais não passa de encaminhamentos ao sítio governamental na web de comentários e as contribuições encaminhadas não são disponibilizadas para debate e consulta pública. O planejamento pauta-se em acordos setoriais não necessariamente fruto de uma compilação e mediação de interesses mais amplos da sociedade.

A esse quadro autoritário, deve-se acrescentar que uma das instâncias de participação da sociedade

civil na proposição da política energética à Presidência da República, em articulação com as demais políticas públicas, é o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), criado pela Lei no 9.478 de 06/08/1997. Trata-se de um órgão de assessoramento direto da Presidência composto por dez membros: sete Ministros (Minas e Energia; Ciência e Tecnologia; Planejamento, Orçamento e Gestão; Fazenda; Meio Ambiente; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; e o Ministro Chefe da Casa Civil da Presidência da República); um representante dos Estados e Distrito Federal; um cidadão brasileiro especialista em matéria de energia, designado pelo Presidente da República, por indicação do Ministro de Minas e Energia; e um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia.

Dentre suas principais atribuições inclui-se a promoção do aproveitamento racional dos recursos energéticos do país, segundo alguns princípios como a proteção dos interesses do consumidor, a proteção do meio ambiente e a promoção da conservação de energia.

No entanto, desde o primeiro mandato do governo Lula, a representação da sociedade civil e da academia no CNPE está ausente. Esta ausência, num governo que se autoproclama como “Social, Popular e Democrático”, apenas confirma que vivemos uma autocracia energética, com a negação da democracia no nosso país.

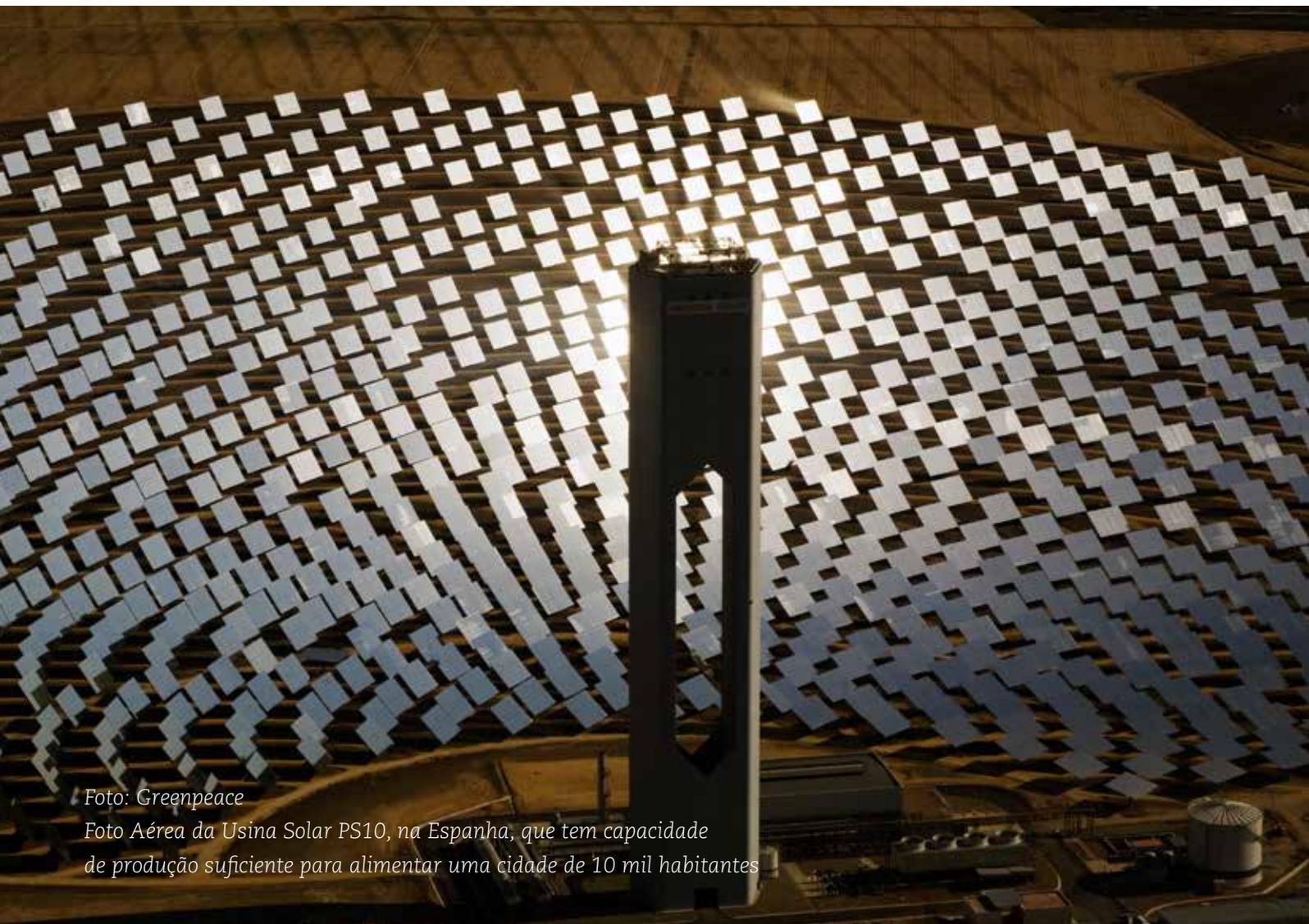


Foto: Greenpeace

Foto Aérea da Usina Solar PS10, na Espanha, que tem capacidade de produção suficiente para alimentar uma cidade de 10 mil habitantes

## 1.2 Planejamento Energético e o PIB

*Paula Franco Moreira*

### Indicador de um sistema finito

Num mundo em que ficam cada vez mais claros os limites planetários para o sustento da humanidade e das futuras gerações, é evidente a inadequação da atual métrica econômica utilizada para medir as “riquezas” de um país, o PIB – Produto Interno Bruto. O grande problema do PIB é que ele não registra a quantidade de riquezas não renováveis que estamos retirando das futuras gerações e, por consequência, não registra as perdas irreversíveis decorrentes do esgotamento do uso de recursos não renováveis.

No último meio século, a economia global, medida pelo somatório do PIB dos países, cresceu cinco vezes. Em contrapartida, aproximadamente 60% dos ecossistemas mundiais foram degradados. Este fato é reflexo de uma regra bastante óbvia: a economia é um subsistema de um sistema ecológico finito, o planeta. Logo, se um subsistema está em expansão contínua dentro de um sistema limitado, pode-se concluir que é apenas uma questão de tempo para que o subsistema entre em colapso.

### A superação do PIB como indicador de progresso

O PIB representa a soma de todos os valores monetários dos bens e serviços finais, produzidos numa determinada região, durante um período, excluindo da conta todos os bens de consumo de intermediário. Assim, o PIB considera a produção de riqueza constante em bens e serviços finais, porém não contabiliza as condições em que estes foram criados. Ou seja, o PIB não registra o quanto de energia, água, ar, solo, floresta, minerais, biodiversidade e vidas foram gastos, nem contabiliza monetariamente a deterioração de recursos naturais e de comunidades afetadas pela atividade da produção de tais bens e serviços.

Paradoxalmente, de acordo com esta sistemática, se um país está em guerra e milhares de soldados e civis inocentes morrem, isso é considerado “progresso” e “desenvolvimento” e ainda crescimento econômico, porque as armas produzidas aumentam o PIB, enquanto as mortes das pessoas elevam a renda per capita. Na mesma linha, os motoristas que utilizam seus veículos sem outros passageiros e ficam parados no congestionamento, colaboram para aumentar o PIB porque sobe o consumo de gasolina per capita.

A fixação pelo PIB desloca a atenção exclusivamente para os bens e serviços de consumo finais, distanciando cada vez mais da natureza os seres humanos os produzem. O distanciamento do ser humano do meio ambiente acaba provocando o uso ilimitado dos recursos naturais do planeta e aumenta a desigualdade social decorrente do acesso desigual a bens de consumo.

Contraditoriamente, o aumento no investimento em mais hospitais, escolas, transporte coletivo, saneamento, eficiência energética, que se traduzem em inegável melhora na qualidade de vida da sociedade, não alteram o PIB de um país. A projeção de crescimento do PIB, além de ser frequentemente superesti-

mada pelo governo, retrata uma situação fictícia ao público uma vez que oculta o fato de que aumentos sucessivos do PIB isoladamente provocarão na realidade tremendas perdas em termos sociais e ambientais para as futuras gerações.

Diante da precariedade do PIB e inadequação desta métrica para um planeta cujos limites de recursos naturais e diversidade cultural são cada vez mais evidentes, vale a pena destacar outras métricas que podem ser mais realistas para medir a riqueza de um país.

## Indicadores alternativos ao PIB

Entre os *Índices Alternativos já desenvolvidos*, podemos mencionar o *Índice de Felicidade Bruta*, que foi desenvolvido em 1972 no Butão (Ásia) para medir a felicidade de um país ao invés de sua produção. Ele é composto pelos seguintes eixos: (i) saúde (ii) educação, (iii) boa governança (iv) uso do tempo, (v) diversidade cultural, (vi) vitalidade comunitária, (vii) padrão de vida, (viii) bem estar psicológico e (ix) diversidade ecológica. Os nove eixos se desdobram em mais 33 indicadores.

O IDH - *Índice de Desenvolvimento Humano* desenvolvido em 1990, por orientação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, é a primeira tentativa para medir o progresso de um país aco-  
plando ao PIB os aspectos sociais, especialmente educação e saúde.



Foto: Marcelo Salazar / ISA  
Riozinho do Anfrísio, Pará

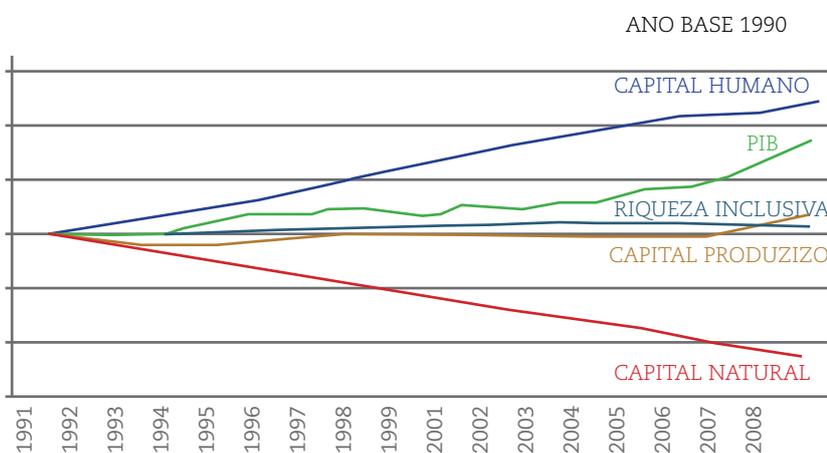
A *Economia Verde* propõe a substituição dos insumos não renováveis por renováveis e procurando, no máximo possível, reciclar o lixo, por exemplo. Trata-se porém, de uma proposta que não rompe com os objetivos do progresso tradicional do crescimento econômico.

A *Prosperidade sem Crescimento*, é defendida por Tim Jackson, advogando que o bem estar pode crescer sem necessidade de aumento da produção. Assim, o conceito do progresso pelo crescimento econômico, seria substituído pela prosperidade geral do bem-estar.

Além deles, podemos mencionar o Crescimento Zero, o Decrescimento para um mundo mais feliz, o Ócio Criativo, o medidor “MIS – Medindo Nossas Vidas”, Produto Econológico – ético, econômico e ecológico, entre outros.

Entre os *Índices Alternativos em Desenvolvimento*, existe o índice de Felicidade Interna Bruta adaptado à realidade brasileira, que pesquisadores da FGV estão desenvolvendo; as contas econômicas-ambientais que a Agência Nacional da Água e o IBGE estão preparando. Entre outros, também merece destaque o indicador de *Riqueza Inclusiva* que está sendo desenvolvido pelo Programa Internacional das Dimensões Humanas em Mudança Ambiental Global da ONU (International Human Dimensions Programme on Global Environment Change) (UNU-IHDP), ligado à Universidade das Nações Unidas. O indicador de Riqueza Inclusiva é calculado através da média entre a combinação de (i) capital humano, (ii) capital natural, (iii) PIB e (iv) capital produzido. O gráfico abaixo ilustra o cálculo de Riqueza Inclusiva feito para o Brasil:

#### O INDICADOR DE RIQUEZA INCLUSIVA - BRASIL



Este gráfico ilustra o cálculo da Riqueza Inclusiva para o Brasil

Crédito: UNU - IHPD (Universidade da ONU - Programa internacional das Dimensões Humanas em Mudança Ambiental Global da ONU)

Como resultado, a evolução da “riqueza inclusiva” brasileira no período entre 1990 a 2008 foi apenas 3%. O país consumiu sua “riqueza natural” nestes 18 anos praticamente no mesmo ritmo em que aumentou sua riqueza humana e econômica. A conclusão implícita é que o crescimento do PIB brasileiro nas últimas duas décadas se deu à custa da diminuição de seu estoque de florestas, reservas minerais e de

combustíveis fósseis. Desta forma, os resultados mostram que PIB é inadequado e enganador enquanto indicador de progresso que reconheça a realidade de limites planetários a longo prazo, pois um país poderia exaurir completamente todos seus recursos naturais ao mesmo tempo em que seu PIB cresce.

## Proposta da Rosquinha

Desenvolvido pela OxFaM no contexto dos preparativos da Rio+20, a proposta da “rosquinha” defende que a economia, que deve distribuir os recursos na sociedade, tem que estar a serviço dos direitos humanos e respeitando os limites ambientais, propondo a implantação de um piso social com uma pluralidade de indicadores sociais e ambientais que possam ser medidos.

Nesse sentido, estamos roubando das futuras gerações a oportunidade de conhecer um ritual indígena, uma língua, uma civilização.

## Planejamento Energético infinito em um planeta finito

Atualmente a oferta de energia é calculada em função do crescimento previsto do hegemônico PIB. É evidente que o planejamento energético precisa apoiar-se em um indicador mais plural que não o PIB, sob pena do planejamento energético ocorrer dentro de um subsistema econômico falsamente infinito, posto que limitado pela finitude do planeta.

## Medindo riquezas e custos reais na geração de energia elétrica

Assim como o aumento do PIB gera uma falsa impressão de progresso e de riquezas para uma região, é também ilusório o sucesso de alguns empreendimentos energéticos a longo prazo e para uma sociedade como um todo. Vejamos como exemplo o planejamento e construção de algumas hidrelétricas.

Independentemente dos impactos ecológicos e planetários como os gases de efeito estufa decorrentes das hidrelétricas, são evidentes os graves impactos sociais às populações que tiram seu sustento e têm seu modo de vida, rituais e costumes estritamente dependentes dos rios que as agüam, que por sua vez são barrados nestas obras. Porém, para calcular os custos e viabilidade econômica de um projeto hidrelétrico não é contabilizada a maior parte das externalidades negativas relativas aos custos dos impactos sociais, culturais e ambientais irreversíveis que pagarão as comunidades locais e a sociedade em geral, inclusive as gerações futuras. Pelo contrário, apenas considera-se, através da ótica do empreendedor, os custos para construção física da hidrelétrica e para os programas de compensação para reduzir os seus efeitos adversos, impactos frequentemente subdimensionados na fase de seus estudos porque, de acordo com a lei brasileira, são elaborados pelos próprios empreendedores.

O desenvolvimento de indicadores de sucesso para hidrelétricas e qualquer empreendimento de geração energética deve considerar uma combinação de fatores além da mera capacidade instalada de *gigawatts* para atender a uma pretensa previsão de aumento do questionado PIB.

Questões como o respeito aos direitos humanos (inclusive o direito à consulta livre, prévia e informada de Povos Indígenas e comunidades tradicionais), impactos sobre os meios de vida de populações no meio rural (especulação fundiária e violência gerada, impactos sobre a pesca, agricultura de várzea, extrativismo), impactos sobre ecossistemas (várzeas, igapós), impactos sobre a biodiversidade (inclusive espécies endêmicas e ameaçadas), impactos em áreas urbanas (especulação imobiliária, saneamento básico, saúde e educação, assaltos e crimes violentos, prostituição infantil etc.) e impactos cumulativos entre empreendimentos, como “cascatas” de barragens, hidrovias e expansão de indústrias de mineração eletro-intensivas. E principalmente, a decisão de tocar um empreendimento deve considerar o fato que, a título de geração de energia para as gerações atuais, estamos provocando extinção de costumes de comunidades tradicionais e portanto, roubando das futuras gerações a oportunidade de conhecer um ritual indígena, uma língua, uma civilização.

No contexto atual, isso passará despercebido porque não está sendo deduzido do hegemônico PIB. Se, através do uso de métricas alternativas internalizássemos esses custos na geração de cada tipo de energia, talvez tais empreendimentos nunca fossem construídos ou seriam preteridos em função de outras fontes de energia e/ou investimento em eficiência energética.

Desta forma, é necessário o conhecimento e transparência de dados como os custos sociais e ambientais de cada fonte de energia assim como os diversos tipos de geração possíveis. Outros índices mais adequados como os acima citados poderiam fornecer estes dados com transparência à sociedade. Isso possibilitará uma avaliação crítica pela sociedade a ponto de ser possível responder à seguinte questão: é este tipo de geração de energia que queremos ou existem outras opções com menos custos socioambientais e portanto, garantidoras de mais riquezas sociais e ambientais para as futuras gerações? Além disso, tais índices alternativos seguramente possuem o condão de auxiliar o governo na formulação de políticas públicas em um contexto de evidentes limites planetários.

## 1.3. O Setor de Eletro-intensivos

*Célio Bermann*

### Definição

São consideradas como atividades industriais eletro-intensivas as indústrias de cimento, siderúrgica (ferro-gusa e aço), ferro-ligas, não ferrosos (alumínio e silício), química, papel e celulose. Tratam-se de setores produtivos que caracterizam-se por consumir uma quantidade muito grande de energia elétrica para cada unidade física produzida.

Em função da sua escala de produção, podemos acrescentar a atividade de extração e beneficiamento do minério de ferro. Nesta avaliação, a presença da mineração também se justifica por ser uma atividade voltada à exportação.

Deve-se também observar que a produção de cimento e a indústria química no Brasil estão voltadas de forma significativa para o mercado interno, sendo praticamente desprezível a produção voltada para a exportação, razão pela qual não serão consideradas nesta avaliação.

### Contexto da produção eletro-intensiva

É notável a crescente participação dos ramos industriais de natureza eletro-intensiva no consumo total de energia elétrica no Brasil.

Este cenário tem sido aclamado pelas empresas e associações do setor, assim como pelo governo, como uma expressão da capacidade produtiva destas atividades em contribuir para que o Brasil consiga alcançar um saldo positivo em sua balança comercial ao apropriar-se das chamadas “vantagens comparativas” que o país oferece: a existência de bens minerais (bauxita, minério de ferro, manganês, cromo, níquel, silício, magnésio, nióbio); grandes áreas para o plantio (em especial de eucalipto, matéria-prima para a produção de celulose<sup>1</sup>); possibilidades de produção integrada (bauxita e alumina para a produção de alumínio;

minério de ferro/ferro-gusa para a produção de aço; fábricas integradas de produção de papel e celulose) e, acima de tudo, a disponibilidade de energia elétrica, artificialmente a baixo custo a partir dos aproveitamentos hidrelétricos.

É neste contexto que multiplicam-se os grandes projetos hidrelétricos no país, particularmente na região amazônica. Para os olhos dos fabricantes de eletro-intensivos, a bacia amazônica passou a ser identificada única e exclusivamente pelo seu potencial hidrelétrico. Nela, estão dadas as pré-condições para a apropriação dos recursos naturais: por um lado, a disponibilidade de minérios, e por outro, os recursos hídricos monopolizados para a produção de energia elétrica, somados à baixa governança e população da região.

<sup>1</sup> As fábricas de celulose utilizam o licor negro como fonte para a autoprodução de energia elétrica. Os dados da Nota Técnica DEA 03/11 da EPE/MME - Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020) superestimam a participação da autoprodução no setor celulose (estimativa preliminar de 84% do consumo total) enquanto dados do BIG da Aneel apontavam uma capacidade instalada total de 1.240 MW em 14 fábricas de celulose (dados para 2010), o que permite reduzir a participação da autoprodução neste setor a não mais que 60%.

Dessa forma, a região insere-se no abastecimento internacional de eletro-intensivos como fornecedora de bens primários de origem mineral (notadamente minério de ferro, bauxita, manganês, zinco, cobre, chumbo), exportados na forma bruta ou transformados em metais primários (lingotes de alumínio, ligas de ferro, aço) de alto conteúdo energético, baixo valor agregado por incorporar pouca mão de obra, e cujas atividades são altamente degradadoras do meio ambiente.

## Consumo de energia dos setores eletro-intensivos e a energia incorporada na exportação

A tabela 1 apresenta a distribuição dos dados de consumo de eletricidade no período 2000-2008 de acordo com cada setor de consumo:

**Tabela 1: Evolução da distribuição do consumo de eletricidade no Brasil: 2000 - 2008**

SETORES	Consumo de Eletricidade (em %)	
	2000	2008
Energético	3,1	4,3
Mineração	2,2	2,6
Agropecuário	3,9	4,3
Indústria Pesada*	27,5	28,6
Indústria Leve	16,7	17,4
Transporte	0,4	0,4
Residencial	25,2	22,3
Comércio/Serviços	14,3	14,6
Público	8,8	8,0
Total Geral (em TWh <sup>1</sup> )	331,6	428,3

Fonte: MME. Balanço Energético Nacional, 2001 e 2010.

\* O setor da indústria pesada inclui as indústrias de cimento, ferro-gusa e aço (siderurgia), ferro-ligas, não ferrosos (alumínio), química, papel e celulose. <sup>1</sup>TWh: bilhão de kWh.

Verifica-se que consumo total de eletricidade cresceu 29,1% durante o período de 2000 a 2009, enquanto que o consumo industrial (incluindo os setores de energia, mineração, indústria leve e pesada) alcançou um crescimento de 37,8%. Estes setores, que representavam 49,5% do consumo total de energia elétrica em 2000, atingiram 52,9% em 2008. Isso significa que a economia brasileira é caracterizada por uma crescente participação do setor industrial no consumo de energia, contrariamente ao que está acontecendo com os países com economias avançadas. Estes dados também confirmam a tendência de que o aumento do consumo de energia elétrica no Brasil é puxado, principalmente, pela expansão da produção industrial.

Com relação à exportação, foram selecionados para avaliação seis produtos primários ou semi-primários: minério de ferro, aço, ferro-ligas, alumínio, celulose e papel. Os dados de produção e exportação são apresentados na tabela 2:

**Tabela 2: Evolução da produção e exportação de produtos primários selecionados no Brasil: 2000 - 2008**

PRODUTOS	Produção	(mil toneladas)	Exportação	(mil toneladas)
	2000	2008	2000	2008
Minério de Ferro	212.576	319.000	116.630	232.000
Aço	27.865	33.716	9.617	9.290
Ferro-ligas	903	984	534	358
Alumínio	1.277	1.661	760	748
Celulose	7.463	12.697	3.155	6.892
Papel	7.200	9.410	1.332	1.757

Fonte: MME/SGM. Anuário estatístico do setor metalúrgico, 2009.

BRACELPA-Associação Brasileira de Celulose e Papel. Informe Anual 2008/2009.

Os dados mostram um aumento significativo na produção destes produtos. Em particular, a extração de minério de ferro, que apresentou um crescimento de 50,1%, enquanto que as exportações duplicaram no mesmo período, alcançando 72,7% da produção em 2008, contra 54,8% em 2000.



Com respeito à produção de aço, o aumento de 21% foi acompanhado por um volume de exportação que se manteve estável. O mesmo aconteceu com a produção de alumínio, com um aumento de 30,1%, enquanto que a exportação também permaneceu com volumes estáveis. Só a exportação de ligas de ferro registou uma diminuição de volume, enquanto a produção cresceu 9%.

Por seu turno, a produção de celulose cresceu 70,1%, enquanto que as exportações cresceram mais do que o dobro, com 118,5% de aumento. A exportação de celulose representou 54,3% da produção em 2008, contra 42,3% em 2000. Também o papel apresentou um aumento de 30,7% enquanto que sua exportação alcançou 32%.

Para o cálculo da energia incorporada na produção destes produtos selecionados, foram considerados os seguintes valores médios de consumo específico de energia elétrica por tonelada de produto:

- minério de ferro: 50 kWh/t.
- aço: 550 kWh/t.
- ferro-ligas: 7.260 kWh/t.
- alumínio: 15.200 kWh/t.
- celulose: 890 kWh/t.
- papel: 700 kWh/t.

A tabela 3 apresenta os resultados desta avaliação:

**Tabela 3: Energia elétrica incorporada na produção e exportação de produtos primários selecionados no Brasil - 2008**

PRODUTOS	Produção (em GWh <sup>1</sup> )	Exportação (em GWh)
Minério de Ferro	8.870,0	7.140,0
Aço	18.543,8	5.109,5
Ferro-ligas	7.143,8	2.599,1
Alumínio	25.247,2	11.369,6
Celulose	11.300,3	6.133,9
Papel	6.587,0	1.230,0
<b>Total</b>	<b>77.692,1</b>	<b>33.582,2</b>

<sup>1</sup>GWh: milhão de kWh / 0,001 TWh.

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados obtidos nesta avaliação, verifica-se que o consumo de eletricidade destes produtos representou 18,1% do consumo total de eletricidade em 2008 e 34,3% do consumo de eletricidade industrial deste ano. São dados bastante expressivos sobre a importância da escala do consumo de eletricidade desta produção.

Com respeito à energia elétrica incorporada na exportação destes produtos, observa-se que este consumo corresponde a 43,2% do consumo de eletricidade na produção desses produtos. Estes dados indicam uma participação excessiva, em termos energéticos, uma vez que quase a metade da energia consumida na produção destes produtos acaba sendo exportada em forma de produtos eletro-intensivos.

No que diz respeito à participação do consumo de eletricidade incorporada nas exportações em relação ao consumo total do país, os resultados também são impressionantes, na medida em que este consumo corresponde a 7,8% do consumo total de eletricidade.

Ou seja, quase 8% da energia elétrica consumida no Brasil deixa o país incorporada no minério de ferro, em produtos siderúrgicos, nos lingotes de alumínio, nas ligas de ferro, e no papel e celulose que são exportados.

Nesse sentido, vale lembrar que, além de uma quantidade de energia gerada no país destina-se a produção de materiais a serem exportados, em torno de 70% desta eletricidade é gerada através de hidrelétrica, com a consequente expulsão (ou deslocamento compulsório) das populações que habitavam anteriormente os territórios tomados pelos reservatórios, além da perda de biodiversidade, determinando ao mesmo tempo injustiças sociais e prejuízos ambientais, como se verá adiante no capítulo de hidrelétricas.

Além de hidrelétricas, a geração de eletricidade também envolve usinas termelétricas poluentes. Considerando ainda a necessidade de produção de calor para os processos de produção dos produtos exportados, foram utilizados enormes quantidades de óleo combustível, óleo diesel, querosene, LPG, gasolina, carvão, coque e gás natural, dentre as principais fontes de energia utilizadas.

Esta energia não é vista. Mas exige cada vez mais centrais elétricas, usinas hidrelétricas, refinarias, e demais instalações de conversão de energia para assegurar a expansão desta produção e consequente exportação.

Ou seja, quase 8% da energia elétrica consumida no Brasil deixa o país incorporada no minério de ferro, em produtos siderúrgicos, nos lingotes de alumínio, nas ligas de ferro, e no papel e celulose que são exportados.

---

<sup>2</sup> A respeito do PIB, veja no capítulo 1, item 1.2 o texto de Paula Moreira sobre propostas de indicadores alternativos ao PIB que consideram entre outras coisas, as riquezas naturais de um país, segundo a sustentabilidade a longo prazo e a possibilidade de acesso pelas futuras gerações.

## As previsões de aumento da escala de produção eletro-intensiva: um futuro sombrio que nos espera

### Retirada crescente de recursos naturais e energia do território nacional

No Brasil, os dados que estão presentes nos documentos de previsão da demanda de energia para os próximos anos são impressionantes.

A produção de minério de ferro, que em 2008 foi de 319Mt (milhões de toneladas), crescerá para 585Mt em 2015, para 795Mt em 2022, até chegar a escala impressionante de 1.098Mt em 2030 (cf. Plano Nacional de Mineração 2030).

Por sua vez, o Plano Decenal de Energia 2019 (elaborado em 2010) indica que a produção de aço, que foi de 33.716mt (mil toneladas) em 2008, aumentará sua produção para 52.550mt em 2014 e atingirá 72.312mt em 2019.

O mesmo Plano prevê para a produção de alumínio primário, que foi de 1.661mt em 2008, um aumento para 2.070mt em 2019. O PDE 2020 (elaborado em 2011), traz a previsão mais recente de 2.537mt em 2020.

A expansão da produção de ferro-ligas também é notável, de 984mt em 2008 para 1.490mt em 2014 e 1.870mt em 2019. O PDE 2020 traz a previsão mais recente de 2.060mt em 2020.

Para a expansão da produção de celulose, que foi de 12.697mt em 2008, a previsão chega a 19.420mt em 2014 e 28.000mt em 2019. Para a produção de papel, que foi de 9.410mt em 2008, é previsto o aumento para 13.100mt em 2014 e 18.300mt em 2019.

O que dizem estas previsões e planos do governo brasileiro? O governo federal acredita que está cumprindo sua missão ao quantificar as previsões de demanda, criar as condições para garantir o fornecimento de energia. A sucessão de mega obras hidrelétricas previstas para serem construídas na Amazônia nos próximos anos é uma evidência da atuação do planejamento energético governamental para atender a essa demanda. Por sua vez, tal demanda é sinalizada pelas grandes empresas exportadoras de eletro-intensivos. A exportação destes bens contribui para aumentar nosso Produto Interno Bruto (PIB)<sup>2</sup> e nosso saldo da balança comercial positivo.

Desta forma, o governo torna-se refém das exigências estabelecidas pelos setores produtivos – as indústrias eletro-intensivas – sem abrir um espaço para o necessário debate público sobre o perfil de produção industrial mais adequado para a criação de emprego e renda, e de menor intensidade energética. O país acaba destinando nossas riquezas minerais e energéticas para o exterior, com a exploração não sustentável a longo prazo de nossos recursos naturais e com alta emissão de gases de efeito estufa no processo<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Vide capítulo 1, item 1.1 sobre *Desafios para uma política energética do século 21* e sub-item 1.2 sobre *Desafios do setor*.

## Considerações finais

O aumento da intensidade energética da indústria pode ser explicada pelo crescimento das exportações dos produtos analisados, devido ao peso destes no consumo de energia uma vez que qualquer aumento na escala de produção desse grupo de indústrias determina um aumento significativo no consumo de energia do setor industrial e do país.

Essa trajetória parece difícil de ser revertida a curto e médio prazo devido à ausência de políticas industriais de longo prazo capazes de reorientar as rotas tecnológicas e a construção de cadeias produtivas onde seja possível adicionar mais tecnologia e valor agregado e menos conteúdo de energia aos produtos exportados.

Em se mantendo este perfil industrial, os danos e impactos ambientais tendem a ser crescentes devido à necessidade de grandes projetos hidrelétricos para suprirem a demanda de energia destes setores.

Há a necessidade da implementação de políticas públicas que estabeleçam metas objetivas de redução do consumo de energia a este grupo de indústrias por meio de medidas que incentivem a modernização das plantas produtoras e o surgimento de inovações que possam reduzir o consumo energético no processo de produção.

Os setores eletro-intensivos devem interromper os investimentos no aumento da sua capacidade de produção para, em seguida, reduzir a atual escala de produção ou reorientá-la para o mercado interno, não estando descartada, em alguns situações, o próprio encerramento das atividades.

Mas o essencial é que se abra um debate público sobre a política energética e da política industrial no país. Este debate deve procurar reorientar o modelo de desenvolvimento para torná-lo menos intensivo no consumo de energia, com uma maior justiça social e ambiental.



Foto: Tomas Munita / 2011

2

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Foto: Tomas Munita / 2011

## 2.1 A Eficiência Energética como componente da Eficiência Econômica

Roberto Kishinami

A eficiência energética deve deixar o seu nicho nas estatísticas sobre energia para fazer parte do mundo da economia. Vejamos aqui algumas das razões para essa mudança.

A primeira e mais importante razão é que o Brasil, tanto pela sua história quanto pelas circunstâncias internacionais, precisa urgentemente planejar o aumento de sua eficiência econômica. Essa necessidade está presente tanto na falta de competitividade de boa parte de sua produção industrial frente à concorrência de outros países emergentes como, de outro lado, na perda da qualidade de vida para as populações que vivem em seus maiores e principais centros urbanos.

O déficit de transporte público de massa e de qualidade tem levado ao aumento do número de automóveis particulares nas ruas das cidades, provocando congestionamentos com desperdício de tempo e consumo de combustíveis. A contabilidade econômica, entretanto, registra o aumento do consumo de combustíveis como algo positivo. É uma contribuição para o aumento do PIB. Não importa que esse aumento do consumo de combustíveis seja improdutivo e resulte da ineficiência do sistema de transporte. Ao contrário, esse aumento do PIB alimenta uma projeção de aumento da demanda futura, levando o sistema atual de planejamento a ofertar mais energia para o futuro<sup>1</sup>. É a ineficiência planejando a oferta futura e, com isso, sua própria reprodução e crescimento.

Do lado da eletricidade não é diferente. A ausência de programas governamentais estruturados para promover a eficiência energética nas indústrias, juntamente ao ambiente de juros altos, tornaram pouco atraente o investimento privado no aumento da eficiência industrial que, por sua vez, seria parte estrutural da busca de maior competitividade nos mercados doméstico e internacional. Um indicador do espaço existente para esse aumento da eficiência energética é dado pelos motores elétricos de uso predominantemente industrial que, nos últimos vinte anos aumentaram sua eficiência de 39,8% em 1984, para 44,4% em 1994 e 47,1% em 2004.<sup>2</sup>

Sequer é preciso comparar esses rendimentos dos motores elétricos com os de países com maior competitividade industrial. Basta ver que um programa nacional que reunisse os fabricantes nacionais de motores de todos os portes, instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, além dos órgãos de normatização e controle poderia, em curto prazo, promover a troca dos equipamentos antigos existentes por outros de melhor qualidade, maior produtividade, maior eficiência energética e menor custo para as indústrias e para o país ao longo do seu ciclo de vida. E a verdade é que não faltariam recursos para isso. Só nas empresas de distribuição de eletricidade, o recolhimento compulsório de 0,25% do valor da conta, destinado a programas de eficiência energética pela Lei da Eficiência Energética<sup>3</sup>, deixou

<sup>1</sup> Vide item 1.2 desta publicação.

<sup>2</sup> Balanço de Energia Útil, Balanço Energético Nacional 2011, MME/EPE, 2012.

<sup>3</sup> Lei n 10.295, de 17 de outubro de 2001

represados mais de R\$ 5 bilhões no caixa dessas empresas, aguardando utilização que possa ser convalidada pela ANEEL. Além desses recursos, os disponíveis em programas de modernização do parque industrial e mesmo de combate às mudanças climáticas poderiam ser bem empregadas num programa dessa natureza.

A segunda razão para colocar a eficiência energética no âmbito da economia é que, ao persistir a situação atual em que ela é gerenciada como “coisa do setor energético”, persistirá a desproporção de investimentos mostrada no PDE 2020, em que o setor de petróleo e gás recebe R\$ 590 bilhões, a construção de novas hidrelétricas na sua maior parte na Amazônia recebe R\$ 190 bilhões e a eficiência energética sequer tem um valor definido, podendo alcançar, no máximo, em torno de R\$ 10 bilhões para todo o período<sup>4</sup>.

Essa desproporção de recursos, por sua vez, tem a ver com o papel que tem cumprido a eficiência energética no conjunto do planejamento energético. Recordando: a demanda de energia ao longo da próxima década é projetada com base nas previsões do PIB. Para relacionar as duas grandezas utiliza-se de um fator denominado “elasticidade renda” que, para a eletricidade tem valores próximos de 1. Isso significa que para um crescimento do PIB de 5% a.a., previsto no PDEE 2020, a demanda de energia tem um crescimento projetado muito próximo a 5% a.a.. Essa taxa leva a demanda futura a valores muito altos, o que, por sua vez, justifica o planejamento das dezenas de hidrelétricas na Amazônia para o período. A eficiência energética estaria presente se na redução da elasticidade renda para eletricidade de 1,02 no período 2010 a 2015 para um índice de 0,93 no período 2015 a 2020<sup>5</sup>.

Uma terceira razão para essa mudança, ligada às razões anteriores, é o conflito de interesses existente na obrigação de empresas que planejam e operam o setor energético, particularmente o elétrico, realizarem ações de conservação e redução da demanda de energia. Um exemplo desse conflito está na gestão e destinação dos recursos para o aumento da eficiência nos usos finais de eletricidade. Embora esses recursos sejam gerados na cobrança de todos os consumidores através das contas mensais de eletricidade, a sua aplicação é feita pelas empresas concessionárias de distribuição de eletricidade a partir de regulamentações pela ANEEL. Um dos entraves ainda existentes para a aplicação dos recursos é que, ao utilizar esses recursos em consumidores de grande porte, a distribuidora se vê na situação de ter seu faturamento diminuído, ao mesmo tempo em que, no caso do projeto ser rentável do ponto de vista do investidor – nesse caso, a própria concessionária – a redução do faturamento é contabilizada como receita extraordinária<sup>6</sup> que, ao final das contas, contribui para a redução do reajuste anual da tarifa de eletricidade daquela concessionária. Assim, a distribuidora perde receita por mais de uma forma, motivo mais que suficiente para que ela – em nome da proteção do interesse do acionista (que não raras vezes tem o BNDES como parte) – use com muita parcimônia esse recurso.

A maneira correta de corrigir a distorção é destinar os recursos para ações de conservação e redução da demanda de energia através de empresas, órgãos ou entidades não subordinadas ao setor energético. Preferencialmente, esses meios de execução do que deveria ser um ousado programa de aumento da eficiência energética, seria parte estruturante das ações de busca de uma economia

<sup>4</sup> Estimativa considerando a soma dos recursos da Lei da Eficiência Energética e da RGR

<sup>5</sup> PDEE 2020, p 30.

<sup>6</sup> Receita de outras fontes, que não o fornecimento de eletricidade.

em bases sustentáveis, de forma que os investimentos em aumento da eficiência energética maximizassem os resultados nas áreas da educação, da saúde pública, da inovação tecnológica e da eficiência e maior competitividade econômica.

Por fim, uma quarta razão para essa redefinição da eficiência energética para o eixo da economia como tal é que, somente quando for realizada em todo seu potencial, ela poderá trazer o planejamento energético ao seu lugar de maior equilíbrio. Como mostrado no item destinado ao PIB – Produto Interno Bruto, todo sistema energético é um subsistema do planeta, cuja finitude está mais que expressa<sup>7</sup>. A demanda futura de eletricidade não precisa ser cada vez maior para que o atendimento a necessidades básicas e conforto sejam garantidas para todos num futuro próximo. Reduzir a curva de crescimento da demanda e, por consequência, da oferta de energia é questão chave para a economia brasileira. Alcançar índices de elasticidade renda ou outro equivalente para valores menores que os atuais, em torno de 1, significa fazer e viver mais e melhor que atualmente. Um desejo e um direito, justo e possível.



Foto: Greenpeace

<sup>7</sup> Ver item 1.2 desta publicação.

## 2.2 Um olhar para as grandes perdas de energia no sistema de transmissão elétrico brasileiro

Oriana Rey

O descaso com a manutenção e a ausência de investimentos no sistema de transmissão de energia elétrica brasileiro provocam vulnerabilidades que têm prejudicado seriamente toda a sociedade brasileira. Ocorre que, com a atual estratégia do governo federal em focar na geração de energia elétrica na Amazônia, esse problema tende a se agravar, afinal, cada vez mais as linhas de transmissão para longas distâncias serão demandadas, uma vez que o Brasil planeja gerar energia elétrica longe dos principais polos consumidores. Além dos grandes projetos de hidrelétricas na Amazônia que estão em andamento, como os Complexos rio Madeira e Belo Monte, vale destacar que, entre os anos 2016 e 2020, o governo prevê viabilizar mais dez hidrelétricas na região Norte<sup>1</sup>.

O tema das linhas de transmissão pode não despertar um interesse direto na sociedade brasileira, mas as consequências da transmissão de longa distância, que ainda carecem de manutenção, são claramente perceptíveis pela população, afinal, as falhas nas linhas de transmissão, muitas vezes, acarretam nos denominados “apagões” que se tornaram recorrentes na realidade da população brasileira nos últimos anos. Por exemplo, em fevereiro de 2011, 33 milhões de habitantes de oito estados ficaram sem luz por um período de aproximadamente quatro horas. Em 2010, os 91 casos de interrupção de fornecimento de energia representaram mais de 100 megawatts (MW), quantidade que poderia atender a um município de 400 mil habitantes. Outro exemplo foi o mega apagão, no dia 10 de novembro de 2009, provocado por problemas nas

linhas de transmissão de Itaipu, atingindo 70 milhões de habitantes de 18 estados brasileiros.

Diante da recorrência desses eventos, é imprescindível a atuação firme da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL para determinar providências para sanar as falhas na manutenção do sistema de energia elétrica brasileiro. O artigo 2º da Estrutura Regimental da ANEEL, prevista no Decreto nº 2.335/1997, dispõe claramente sobre a função dessa agência reguladora: “a ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação e em conformidade com as diretrizes e as políticas do governo federal”.

Ocorre que um problema ainda mais grave está ocorrendo no sistema de energia elétrica brasileiro e este, diferentemente dos apagões, não é perceptível diretamente para a população brasileira. Trata-se de significantes perdas de energia nas linhas de transmissão, agravadas ainda mais com a estratégia do governo em realizar a geração de energia cada vez mais distante de grandes cidades.

O papel da ANEEL no combate das perdas também está muito claro, afinal, o artigo 4º, inciso IX, da Estrutura Regimental mencionada, dispõe que compete à ANEEL incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia elétrica.

Diante de indícios de perdas de energia no sistema elétrico, bem como de que estas perdas acarreta-

<sup>1</sup> Plano Decenal de Energia 2020

vam a majoração de tarifas para o consumidor final, o Tribunal de Contas da União – TCU realizou em 2007 uma Auditoria Operacional para apurar tais irregularidades.

Ciente da importância e riquezas de informações contidas nesta auditoria e, percebendo a falta de providências da ANEEL a este respeito, a Amigos da Terra – Amazônia Brasileira, uma Organização de Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP, analisou os relatórios do TCU, elaborou e protocolou uma Representação junto ao Ministério Público Federal para que fossem apuradas as irregularidades e omissões no desempenho das funções da ANEEL no tocante à manutenção e ao investimento no sistema de energia elétrica brasileiro. Em 2011, esta Representação tornou-se um inquérito civil público<sup>2</sup> e, atualmente, tramita no Ministério Público Federal (MPF) do Estado de São Paulo. O MPF deverá apurar as irregularidades e omissões por parte da ANEEL, e também poderá propor uma ação civil pública para obrigar a ANEEL a implementar projetos eficientes que reduzam, efetivamente, as perdas energéticas.

O envolvimento do Ministério Público Federal, outro ente fiscalizador neste tema, além do TCU, torna-se muito importante, uma vez que, apesar dos importantes dados técnicos levantados no relatório do TCU, os desdobramentos da auditoria do TCU não nos permitem entender, com clareza, quais foram as providências e o plano de ação criado por parte da ANEEL após sua conclusão.

Sem prejuízos de não termos clareza do real efeito provocado pelo relatório do TCU, as informações contidas em seus documentos merecem destaques e preocupações. O Relatório de Auditoria e suas recomendações tiveram a finalidade de avaliar o impacto das perdas no sistema elétrico brasileiro. Vale destacar que esse relatório dispõe tanto sobre as perdas técnicas, quanto as perdas comerciais. As primeiras advêm da dissipação de energia nos condutores e estão relacionadas às características físicas das instalações, à manutenção e à qualidade dos equipamentos. Já as perdas comerciais decorrem de fraude, furto ou falta de medição<sup>3</sup>.

Dentre os diversos aspectos levantados no relatório, destacamos os seguintes: (i) inobservância de normas emitidas pela própria agência reguladora; (ii) alto percentual de perdas de energia e falta de investimento na eficiência das linhas de transmissão; e (iii) impacto no aumento da tarifa do consumidor em razão das perdas.

O alto percentual de perdas de energia (20%) brasileiro de transmissão de energia elétrica provoca impacto direto no aumento da tarifa do consumidor.

<sup>2</sup> A Representação recebeu o número 1.16.000.001199/2011-39 e foi juntado ao inquérito nº 1.34.001.006043/2010-35 que, em maio de 2012, tramitava no MPF do Estado de São Paulo.

<sup>3</sup> Integra do relatório disponível no acórdão nº 2211/2008 – Plenário, processo TCU nº 025.619/2007-2.

## Inobservância de normas emitidas pela própria agência reguladora

Resolução Normativa ANEEL nº 234/2006, item II.1 do Anexo VIII, dispõe que “o nível de perdas técnicas deve ser obtido por comparação entre as distribuidoras, com base nos indicadores apurados para cada segmento de rede”. Todavia, a auditoria do TCU constatou que as três medidas necessárias para o cumprimento desta resolução ainda não tinham sido implementadas pela ANEEL: mapeamento das trajetórias de perdas, comparação entre as concessionárias, e estudo do custo-benefício da redução das perdas.

## Alto percentual de perdas de energia e falta de investimento na eficiência das linhas de transmissão

Outro aspecto relevante diagnosticado na auditoria refere-se às comparações de dados de perda de energia elétrica entre Brasil, Europa e países da América do Sul que demonstram, claramente, como as perdas no Brasil estão muito superiores aos demais países.

Segundo as fontes utilizadas pelo TCU, já em 2004, a ANEEL estava ciente de que as perdas (técnicas + comerciais) do Brasil eram muito superiores aos demais países da América do Sul, conforme pode ser verificado na tabela abaixo, apresentada num workshop pela própria ANEEL. Enquanto o Brasil teve uma perda de 20,28% na distribuição no sistema elétrico (perdas técnicas + comerciais), outros países apresentam perdas muito menores: Chile 5,6%, Colômbia 11,5%, Peru 9,3% e Argentina 9,9%.

Tabela 1 - Perdas elétricas em países da América do Sul<sup>4</sup>

Empresa	Perdas Técnicas	Perdas Comerciais	Perdas Totais
Chilectra – CHILE	4,6%	1,0%	5,6%
Condensa – COLÔMBIA	8,3%	3,2%	11,5%
Eldenor – PERU	7,8%	1,5%	9,3%
Edesur – ARGENTINA	6,8%	3,1%	9,9%
BRASIL	12,70%	7,58%	20,28%

Fonte: USAID/BETOP citada no I Workshop sobre furtos e fraudes de energia, apresentado pela Aneel em Curitiba no dia 9/11/ 2004.

O Relatório do TCU também destaca estudo realizado pelo Professor Cipoli<sup>5</sup> constatando que “a perda total na União Européia atingia 6,5% em 1996 e atualmente está estabilizada em 7%”, e que “a perda total na União Europeia atingia 6,5% em 1996 e atualmente está estabilizada em 7%”, e que “a Alemanha tem o menor nível de perda (3,84%). Nos maiores consumidores de energia da União Europeia, que são a França, a Itália e o Reino Unido, o nível de perda total atinge 7%”.

<sup>4</sup> Tabela disponível no acórdão nº 2211/2008 . Processo TCU nº 025.619/2007-2.

<sup>5</sup> CIPOLI, José Adolfo. Regulamentação das Perdas Técnicas. Apresentado em Brasília/DF em 2/9/2005

Diante dos dados comparativos acima mencionados, pode-se concluir que o percentual de perda de energia elétrica no Brasil está 100% superior em relação aos demais países da América do Sul e da Europa.

Os dados supramencionados, além de demonstrarem o cenário alarmante de desperdício de energia elétrica no Brasil, torna questionável a estratégia da atual matriz energética que, em vez de priorizar programas de combate de perda de energia elétrica nas linhas de transmissão, busca sanar a demanda de energia por meio da construção de outras fontes de geração, como novas hidrelétricas que, além de absorverem significativo montante de recursos públicos, dinheiro dos contribuintes, implicam em significativos impactos socioambientais.

Esta é uma situação que a sociedade está vivenciando com o projeto da Usina Belo Monte, no Pará, estimado em mais de R\$ 20 bilhões, e com diversos impactos sociais e ambientais apontados pela sociedade civil e pelo Ministério Público.

## Impacto no aumento da tarifa do consumidor em razão das perdas

O cidadão brasileiro, infelizmente, não é prejudicado apenas com os fatores acima mencionados. Em razão da ineficiência do sistema de energia elétrica brasileiro para a mitigação efetiva das perdas de energia elétrica, sua conta de luz no final do mês também fica mais cara. O relatório do TCU também estimou que, em termos percentuais, o impacto desse valor das perdas sobre a tarifa média é da ordem de 5%, e ao considerarmos a ener-

gia não faturada e o imposto que não está sendo recolhido, conclui-se que não foi recolhido para os cofres públicos, cerca de R\$ 10 bilhões, somente em 2007<sup>6</sup>.

Neste sentido, resta claro que a atual estratégia e prioridades do sistema elétrico **prejudicam duplamente o cidadão brasileiro:** (a) seja no seu papel de consumidor de energia elétrica; (b) seja no seu papel de contribuinte, que terá que suportar a decisão do governo de, ao invés de investir na eficiência das linhas de transmissão, vai ver a destinação do seu tributo para mais projetos de geração de energia elétrica, como Belo Monte, que contam com altos subsídios governamentais na taxa de juros do BNDES, principal financiador destes projetos.

Finalizando esta reflexão sobre as oportunidades existentes no combate a perda no sistema elétrico brasileiro, ao buscarmos informação no site do TCU sobre o processo nº 025.619/2007-2, que deu ensejo a auditoria na ANEEL, a última informação que podemos identificar, em maio de 2012, é acórdão nº 2378/2010 que, em 15 de setembro de 2010, decidiu-se pelo **arquivamento do processo** e a constituição de processo específico de monitoramento acerca das recomendações proferidas no Acórdão 2211/2008-Plenário. Aparentemente a decisão do TCU em arquivar o processo principal, sem que o processo de monitoramento esteja concluído, carece de uma explicação lógica. De qualquer forma, mesmo que o TCU tenha decidido pelo arquivamento do processo principal, vale destacar um trecho do próprio acórdão que fundamentou tal decisão:

*“Mesmo diante da definição de nova metodologia para mensuração e tratamento regulatório das perdas de energia nos sistemas de distribuição, as recomendações*

<sup>6</sup> Conforme acórdão TCU 2378/2010: “Constatou-se que os valores embutidos nas tarifas por contas das perdas de energia alcançaram, em termos nominais, R\$ 3,8 bilhões em 2003 e R\$ 4,7 bilhões em 2007. Em termos percentuais, o impacto desse valor sobre a tarifa média é da ordem de 5%. Ao considerar a energia não faturada e o total de impostos que não está sendo recolhido pelo Estado, esse valor representa o montante de R\$ 6,7 bilhões em 2003 e R\$ 10 bilhões em 2007.”

*exaradas pelo Acórdão n° 2.211/2008-P não foram implementadas na sua integralidade, conforme os pontos apresentados no Ofício 305/2009 TCU/Sefid. De fato, observou-se um esforço da Agência para estabelecer resoluções que padronizassem os critérios para mensurar as perdas de energia, no entanto, de acordo com as informações prestadas pela Agência, a nova metodologia proposta ainda não apresentou resultados.” (grifos nossos).*

Por fim, tendo em vista o relatório do TCU, atuação do MPF e a entidade signatária deste texto, chamamos a atenção da sociedade em geral sobre a precariedade em que se encontra o sistema de transmissão de energia elétrica brasileiro, o que provoca o encarecimento de nossas tarifas entre outras consequências acima relatadas. Tendo em vista a ausência de investimento governamental na eficiência deste sistema, resultando em evidentes prejuízos ao cidadão brasileiro, convidamos a toda sociedade para somar esforços na fiscalização da ANEEL, em especial suas ações para mitigação das perdas nas linhas de transmissão, bem como para acompanhar a atual estratégia do governo brasileiro em focar na geração de energia elétrica na Amazônia, forçando ainda mais a transmissão de longa distância para os principais polos consumidores.



Foto: Tomas Munita / 2011

3

## ENERGIA HIDRELÉTRICA



Foto: Greenpeace  
Usina Solar Andasol 1, na Espanha,  
economiza a emissão de 149 mil  
toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)  
a cada ano.

## 3.1 HIDRELÉTRICAS NA AMAZÔNIA: FONTE DE ENERGIA LIMPA?

*Philip Fearnside e Brent Millikan*

### Introdução

Atualmente, existe uma tendência de aceleração da construção de barragens para projetos hidrelétricos, especialmente nos chamados países em desenvolvimento da América Latina, do sudeste da Ásia e da África. No caso do Brasil, o governo Dilma pretende promover a construção de mais de 40 grandes hidrelétricas (UHEs) e mais de 170 hidrelétricas menores (PCHs) nos próximos anos na região amazônica, como destaque dos planos de expansão da produção de energia elétrica. Somente na bacia do rio Tapajós, são previstas 12 grandes hidrelétricas no eixo principal do rio e nos afluentes Jamanxim e Teles Pires, além de uma série de UHEs e PCHs em outros afluentes, como o Juruena e Apicás. Várias grandes hidrelétricas na Amazônia inseridas no PAC – Programa de Aceleração de Crescimento já se encontram processo de construção acelerada, como as usinas de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, Estreito, no rio Tocantins e Belo Monte, no rio Xingu.

As hidrelétricas têm sido caracterizadas por seus defensores como fonte de “energia limpa” para estimular o “crescimento econômico sustentável” ou – para usar um termo atualmente na moda – de acordo com a “Economia Verde”. No Brasil, essa caracterização de hidrelétricas, reforçada através de bem-financiadas campanhas publicitárias, está

vinculada a tentativas de convencer a opinião pública da necessidade de construir uma quantidade sem precedentes de barragens na Amazônia, pagas com dinheiro público. A caracterização desses empreendimentos como energia limpa também é útil para facilitar o acesso a créditos de carbono (p.ex. via o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL) por seus empreendedores e outros incentivos econômicos.

Entretanto, as hidrelétricas têm enormes impactos, muitos dos quais não são amplamente conhecidos pelo público em geral, não são considerados no planejamento e na viabilidade econômica, ou não são devidamente avaliados no atual sistema de licenciamento ambiental no Brasil e em muitos outros países. A discussão, transparência e demonstração dos reais impactos das hidrelétricas que minimizam seus benefícios, em comparação com a imagem que a indústria hidrelétrica e o governo têm promovido, e em comparação com muitas outras opções de geração de energia, fornecem uma forte razão para uma mudança no setor de energia do Brasil, incluindo a eliminação das exportações de produtos intensivos em energia, o incentivo à eficiência, e o investimento em fontes eólica e solar. Este texto procura elucidar esta questão.

### Perdas por Inundação e Descaracterização de Atingidos

O evidente fato de que a terra é inundada por reservatórios é quase o único foco de consideração nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para barragens no Brasil. A perda de terra, e do que poderia ser produzido no local se uma barragem não tivesse sido construída, é, muitas vezes, substancial. Outras

riquezas naturais também podem ser perdidas. O alagamento do Parque Nacional de Sete Quedas pelo reservatório de Itaipu é o caso mais conhecido no Brasil. Um exemplo atual é fornecido pela iniciativa do governo de reduzir cerca de 150.000 hectares de cinco unidades federais de conservação existentes, e ainda 18.700 hectares da Terra Indígena Mundurucu, para abrir caminho para sete barragens propostas no rio Tapajós e seu afluente, o rio Jamanxim no estado do Pará [1].

O deslocamento de populações humanas que vivem na área inundada representa um impacto muito maior do que monetário. A barragem de Tucuruí fornece um exemplo onde 23.000 pessoas foram deslocadas pelo reservatório e onde áreas de assentamento experimentaram problemas dramáticos relacionados com a agricultura, a saúde e a falta de infraestrutura [2]. O número de pessoas que seria deslocado por Belo Monte é muito maior do que aquelas que são reconhecidas pelas autoridades elétricas, em parte devido à prática da ELETROBRÁS de definir a população afetada usando critérios que consistentemente minimizam o número de pessoas identificadas como afetadas, apesar de uma literatura internacional substancial que contradiz os critérios da ELETROBRÁS [3].

## Impactos a Jusante

Os impactos das barragens vão muito além da área diretamente alagada pelo reservatório. Impactos a jusante são ignorados. No caso de Belo Monte, as pessoas que vivem a jusante não foram consideradas “diretamente” afetadas e, portanto, não têm os mesmos direitos à consultas e indenização como aquelas na área a ser inundada. O chamado “trecho seco” abaixo de Belo Monte é resultado do desenho da barragem, que desvia a maior parte da água para o lado através de um grande canal, para retornar ao rio em um ponto mais de 100 km a jusante. Duas áreas indígenas são localizadas no longo trecho do rio conhecido como Volta Grande do Xingu, que terá seu fluxo de água reduzido a uma quantidade mínima, privando os Povos Indígenas e outros moradores dos peixes que são a sua fonte principal de alimento, bem como o papel do rio para transporte.

Mesmo quando as barragens têm um desenho mais comum, com água lançada por uma casa de força localizada diretamente abaixo da represa, impactos a jusante são consideráveis. A água que passa através das turbinas é tirada perto do fundo do reservatório, a uma profundidade onde a água contém quase nenhum oxigênio. Esta água precisa fluir uma grande distância (centenas de km) abai-

xo da represa antes que ela recupere a quantidade de oxigênio que seria encontrada no rio natural. A água sem oxigênio mata muitos peixes e evita que outros peixes subam o rio, como no caso dos peixes ascendendo os afluentes do rio Amazonas. Desta forma, a consequência para a subsistência dos moradores a jusante é dramática em termos de acesso à alimentação, e estes impactos ficam completamente sem reconhecimento ou indenização. A barragem de Tucuruí fornece um exemplo claro. Em Cametá, a maior das cinco cidades ribeirinhas do baixo Tocantins (180 km abaixo de Tucuruí), a captura de peixes diminuiu em 82% e a captura de camarão de água doce diminuiu em 65% entre 1985 e 1987 [4; ver 5]. Os desembarques de pescado em Cametá, que eram 4.726 t/ano em 1985 [4] continuaram a decair, estabilizando em uma média de 284 t/ano para o período 2001-2006 [6, p. 97], ou uma perda de 94%. Apenas a perda de pescado em Cametá é maior que todo o desembarque de peixe no reservatório de Tucuruí, que era 4.078 t/ano, em média, no ano 2001 [6, p. 97]. A maior parte da frota pesqueira em Cametá simplesmente desapareceu depois que o rio foi represado. O mesmo ocorreu com a frota pesqueira em São Sebastião do Uatumã, abaixo da barragem de Balbina [7].

O pulso natural de inundação em rios amazônicos sem barragens é uma característica essencial para quase todos os aspectos dos ecossistemas naturais de várzea, bem como da agricultura, que depende da renovação anual da fertilidade do solo por sedimentos depositados pelas inundações [8]. Esse pulso também é essencial para fornecer nutrientes para lagos de várzea, onde muitas espécies de

peixes se reproduzem (incluindo espécies comercialmente importantes). Esta é uma preocupação, por exemplo, para lagos de várzea ao longo do rio Madeira a jusante das barragens de Santo Antônio e Jirau [9]. O rio abaixo dessas barragens não foi considerado como sendo parte da área de influência das barragens e foi completamente omitido dos estudos de impacto ambiental (EIAs) [10].

## Impactos a Montante

Barragens também impedem a migração de peixes, tanto subindo como descendo o rio. Muitas espécies de peixes na Amazônia têm uma “piracema”, ou uma migração em massa subindo os afluentes no início da temporada de inundação. Após a reprodução nas nascentes do rio, os peixes recém-nascidos descem os afluentes à deriva e depois crescem até a idade adulta na calha principal do Amazonas. Este é o caso de grandes bagres como a dourada (*Brachyplatystoma rouxeauxii*) e a piramutaba (*B. vaillantii*), que sobem o rio Madeira para desovar na Bolívia e no Peru [11, 12]. O rio Madeira é um dos rios mais ricos em peixes no Brasil e no mundo. Os bagres gigantes do Madeira representavam um recurso econômico e alimentar



significativo na parte brasileira do rio, com mais de 23.000 t pescados anualmente. Eles também sustentam a pesca na Bolívia e no Peru, incluindo a frota de pesca em Puerto Maldonado, Peru.

Peru e Bolívia não foram nem consultados sobre as barragens do rio Madeira, muito menos compensados pelo impacto de cortar a migração de peixes. O plano para construir passagens em torno das barragens para os peixes não tem praticamente nenhuma chance de manter essa migração de peixes ascendente do rio, nem de prevenção da mortalidade dos peixes recém-nascidos descendo o rio [13]. Além das passagens em si serem de funcionalidade desconhecida para estes tipos de peixes, os bagres teriam que nadar por mais de 200 km dentro dos reservatórios das primeiras duas barragens (Santo Antônio e Jirau). Por ser um peixe que nada no fundo do rio, ao longo deste percurso os bagres encontrariam trechos sem oxigênio, uma deficiência a que estes peixes não sobrevivem, como foi evidente na grande mortandade de bagres na inauguração de Tucuruí [5]. No caso das larvas de peixes recém nascidas descendo o rio Madeira à deriva, teriam a tendência de se afundar na água de velocidade muito baixa dentro dos reservatórios, assim atingindo a camada de água profunda sem oxigênio. Também teriam que passar por dois conjuntos de turbinas, causando mortalidade adicional.

Impactos a montante de reservatórios hidrelétricos também incluem aumento do nível do rio no que é conhecido como “remanso superior”. Quando um rio entra em um reservatório na sua extremidade superior, a velocidade do fluxo da água cai imediatamente para um ritmo muito mais lento, causando sedimentação de partículas que estavam sendo carregadas pela água. As partículas grandes, tais como a areia, depositam-se no fundo do reservatório imediatamente, enquanto o silte fino tende a ser depositado perto da barragem no extremo inferior do reservatório. Isto é especialmente importante em um rio como o Madeira, que tem uma das mais altas cargas de sedimentos no mundo. O grande depósito na extremidade superior do reservatório faz um montículo que age como uma segunda barragem, retendo a água a montante dela e elevando o nível da água no remanso superior, ou seja, fora daquilo que é oficialmente considerado como parte do reservatório. Isto é crítico no caso das barragens do rio Madeira porque o reservatório da barragem de Jirau oficialmente estende-se exatamente até a fronteira com a Bolívia, mas o remanso superior iria inundar terras dentro da Bolívia, incluindo parte de uma unidade de conservação [9, 14]. O remanso superior não está incluído nos estudos de impacto ambiental (EIA-RIMA) para as represas do rio Madeira [10].

## Mercúrio

A contaminação por mercúrio é um dos custos ambientais e sociais do desenvolvimento hidrelétrico. Os sedimentos no fundo de um reservatório ficam sem oxigênio e fornecem um ambiente ideal para a metilização do mercúrio, ou seja, para adicionar um grupo metil ( $\text{CH}_3$ ) ao mercúrio metálico, tornando-o um produto altamente venenoso. Quimicamente, o processo é similar ao metanogênese, ou a formação do metano ( $\text{CH}_4$ ), que ocorre também sob as mesmas condições anóxicas.

A fonte do mercúrio nos ecossistemas aquáticos pode ser a mineração de ouro (garimpagem) feita diretamente na área do reservatório, tal como aquela que ocorreu na área a ser inundada pelas represas do rio Madeira e nas áreas das represas planejadas no rio Tapajós e em seus afluentes. O ouro garimpado na bacia hidrográfica do reservatório pode também ser uma fonte em potencial de mercúrio, tal como a mina Serra Pelada, localizada na área rio acima de Tucuruí.

Entretanto, o mercúrio da mineração do ouro não é a única fonte para essa contaminação. Os solos na Amazônia são muito antigos e tem acumulado, ao longo de milhões de anos, o mercúrio presente na poeira das erupções vulcânicas de todo o mundo e que cai com a chuva sobre a paisagem [15, 16]. Esse mercúrio encontra-se no solo em uma forma inofensiva, mas esta situação muda imediatamente quando o solo é inundado por um reservatório. Os reservatórios nas áreas sem uma história de mineração de ouro também têm níveis elevados de mercúrio, como em Balbina [17-19]. O mercúrio se concentra nos peixes, com a quantidade aumentando em aproximadamente dez vezes a cada etapa na cadeia alimentar. O tucunaré (*Cichla ocellaris* e *C. temensis*), um predador, é a espécie dominante de peixes em reservatórios amazônicos, e foi encontrado com níveis de mercúrio que frequentemente excedem em muito os padrões internacionais de saúde para o consumo humano em Tucuruí [20, 21] e na represa de Samuel [22]. Os seres humanos representam o elo seguinte na cadeia alimentar. Em Tucuruí, os residentes da margem do lago que consomem peixes tiveram níveis de mercúrio bem maiores do que os níveis em mineiros de ouro nos garimpos amazônicos, que são notórios pela contaminação de mercúrio [23]. O fator principal que evita que a contaminação de mercúrio tenha um impacto mais difundido no Brasil é a produção muito baixa dos peixes nos reservatórios. A contaminação, conseqüentemente, é concentrada nas populações locais perto dos reservatórios, longe dos centros do poder político do País [2, 24].

## Cascatas de Barragens

Outro aspecto das represas com grandes impactos, e que escapam do atual processo de licenciamento ambiental, é a interconexão com outras barragens existentes ou previstas no mesmo rio. Esta é uma diferença importante de outros tipos de produção de energia elétrica, onde cada usina é independente das outras. A geração de energia pelas barragens

a jusante é aumentada pela regulação das vazões de água de um rio, armazenando água durante o período de enchente e liberando a água durante o período de vazante. Essa água armazenada gera eletricidade várias vezes – uma vez na barragem a montante e novamente em cada barragem a jusante. Isso cria uma tentação embutida para construir mais barragens a montante de qualquer barragem que esteja sendo avaliada para o licenciamento.

*Inatividade de Belo Monte 4 meses ao ano: cascata de barragens a montante em seguida?*

O caso extremo é Belo Monte, onde a barragem em si tem uma capacidade de armazenamento muito pequena (praticamente zero em armazenamento ativo) relativa à sua capacidade instalada de 11.233 MW. No rio Xingu, o volume de água varia tanto ao longo do ciclo anual que os 11.000 MW de potência da usina principal serão completamente inativos durante cerca de quatro meses por ano, e apenas parcialmente utilizados para a maior parte do ano. Esta é a raiz do maior perigo que representa Belo Monte, já que por si só é insustentável sem a água armazenada nas barragens a montante que eram publicamente propostas até 2008, quando a política declarada mudou para afirmar que Belo Monte seria a única barragem no rio Xingu.

Esta alegação foi feita em uma decisão do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é composto por ministros que mudam a cada administração presidencial. Diversos indícios sugerem fortemente que os investidores de Belo Monte (e funcionários chaves do governo no setor elétrico) não têm nenhuma intenção de seguir a política do CNPE. Acredita-se que a falta de viabilidade econômica de Belo Monte sem barragens a montante seja a chave para uma “crise planejada”, onde a necessidade de mais água seria de repente “descoberta” depois de Belo Monte ser construída, proporcionando assim uma justificativa para a aprovação de outras barragens [25, 26].

Outra indicação é que, quando Marina Silva, então ministra do Meio Ambiente, propôs a criação de uma Reserva Extrativista em parte da área a ser inundada por represas a montante, a proposta foi bloqueada pela Dilma Rousseff [então Chefe da Casa Civil], alegando que a reserva iria dificultar a construção de barragens a montante de Belo Monte [27]. As barragens que foram planejadas a montante de Belo Monte de 1975 até 2008 inundariam

vastas áreas de terras indígenas, quase tudo isso sob floresta tropical [28, 29]. A primeira destas barragens (Babaquara, renomeada de Altamira) iria inundar 6.140 km<sup>2</sup>, ou mais de duas vezes a área da notória represa de Balbina. Nada disso foi considerado no EIA-RIMA de Belo Monte concluído em 2009 [30] e também foi excluído da versão anterior preparada em 2002 [31].

## Conclusão

Nas discussões recentes sobre “energia limpa” e a “economia verde”, inclusive no âmbito da Rio+20, tem faltado um debate aprofundado sobre a pegada social e ambiental dos projetos de barragens existentes e as possíveis implicações de uma onda sem precedentes de construção de barragens na Amazônia, e em outros lugares em todo o mundo. Nesse sentido, questões fundamentais sobre as promessas não cumpridas das barragens como motores do “crescimento sustentado”, a vulnerabilidade de barragens em relação às mudanças climáticas globais e os custos de oportunidade vis-à-vis as estratégias alternativas de energia têm sido negligenciadas.

As hidrelétricas amazônicas têm impactos que são muito mais graves e abrangentes do que o que vem sendo retratado pelos proponentes de barragens. Impactos sociais são devastadores para as pessoas que vivem na área da represa, incluindo não apenas aquelas na área inundada, mas também aquelas a jusante e a montante da barragem que perdem recursos vitais, tais como peixes. Os Povos Indígenas e moradores tradicionais (ribeirinhos, entre outros) frequentemente são as vítimas. Impactos ambientais estendem para a bacia hidrográfica como um todo, incluindo alterações de fluxos de sedimentos e de água, bem como a perda da fauna aquática e a perda ou perturbação de vastas áreas de florestas, várzeas e outros ecossistemas. Barragens também emitem quantidades substanciais de gases de efeito estufa, muitas vezes ultrapassando as emissões cumulativas da geração a partir de combustíveis fósseis durante décadas. O valor do tempo é especialmente crítico para a Amazônia, onde as mudanças climáticas previstas colocam a floresta em risco na escala de tempo em que as mega barragens planejadas criariam um impacto líquido sobre o aquecimento global.

Por todos estes motivos, a geração hidrelétrica está longe de ser energia “limpa”, e o Brasil precisa fazer mudanças rápidas na política energética para reduzir a expansão anunciada de barragens amazônicas [32]. Além disso, a energia gerada através das hidrelétricas não é verdadeiramente renovável, uma vez que cada usina tem um tempo útil de vida por conta da sedimentação.

Em nível global, é preciso reverter as atuais tendências de rebaixamento de salvaguardas sociais e ambientais, incluindo o abandono gradual das diretrizes norteadas por direitos humanos do relatório da Comissão Mundial de Barragens de 2000, e a sua substituição por “boas práticas” voluntárias definidas pelo setor privado, a exemplo do Protocolo de Avaliação de Sustentabilidade de Hidrelétricas (*Hydropower Sustainability Assessment Protocolo (HSAP)* da *International Hydropower Association (IHA)*). Também, incentivos perversos para a construção de barragens, como a concessão de créditos de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), devem ser imediatamente revistos e eliminados.

## Hidrelétricas como geradores de gases de efeito estufa – O Metano

Corpo Editorial

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é um poderoso gás de efeito estufa (GEE) formado quando a matéria orgânica se decompõe sem a presença de oxigênio, por exemplo, no fundo de um reservatório. Alguns pesquisadores, como Fearnside, têm se esforçado para produzir pesquisas registrando os GEEs decorrentes da implantação de barragens. Apesar de não receberem atenção pelo governo brasileiro, as inúmeras publicações deste autor não foram refutadas cientificamente por nenhuma outra publicação até o momento.

### Pesquisadores da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Outros autores que escrevem sobre o assunto vêm da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Segundo o geógrafo Marco Aurélio dos Santos, um dos autores do grupo, três fatores são responsáveis pela produção desses chamados gases quentes numa hidrelétrica: a decomposição da vegetação pré-existente, ou seja, das árvores atingidas pela inundação de áreas usadas na construção dos reservatórios; a ação de algas primárias que emitem  $\text{CO}_2$  nos lagos das usinas; e o acúmulo nas barragens de nutrientes orgânicos trazidos por rios e pela chuva. Tal pesquisador concluiu sua tese de doutorado no ano de 2000 intitulada “*Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas*”<sup>1</sup>.

### Pesquisas de Philip Fearnside - INPA

Tais emissões têm sido ignoradas pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, responsável pela produção do inventário nacional de gases de efeito estufa. Por exemplo, as estimativas das emissões de barragens na primeira comunicação nacional do Brasil no âmbito da Convenção do Clima [37, 38] usaram resultados mais de dez vezes inferiores aos resultados de Fearnside no caso de barragens como Tucuruí e Samuel [18, 22]. Os números entregues à Convenção do Clima omitiram as emissões de  $\text{CO}_2$  das árvores deixadas em pé nas represas e do metano da água que passa pelos vertedouros e turbinas.

<sup>1</sup> SANTOS, M.A. 2000. Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 148p. <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/masantos.pdf>>.

## Tempo para comparar o impacto do aquecimento global de hidrelétricas e combustíveis fósseis

Segundo Fearnside, o tempo é crucial para comparar o impacto do aquecimento global de hidrelétricas e combustíveis fósseis ou outras fontes de energia. As hidrelétricas têm uma grande emissão nos primeiros anos. Nos anos seguintes, esta emissão cairá para um nível inferior, mas que irá ser mantido indefinidamente. O pico das emissões nos primeiros anos cria uma “dívida” que vai lentamente ser paga, na medida em que a geração de energia pela barragem substitua a geração a partir de combustíveis fósseis nos anos subsequentes. O tempo decorrido pode ser substancial. Por exemplo, no caso de Belo Monte mais a primeira barragem a montante (Babaquara/Altamira), o tempo necessário para saldar a dívida de emissão inicial é estimado em 41 anos [20]. Um período de 41 anos tem uma enorme importância para a Amazônia, onde a floresta está sob ameaça das mudanças climáticas projetadas sobre esta escala de tempo [por exemplo, 50 anos]. Segundo o pesquisador, uma fonte de energia que leva 41 anos ou mais apenas para chegar ao ponto zero em termos de aquecimento global dificilmente pode ser considerada como energia “limpa”. Segundo ele, a grande expansão de hidrelétricas planejada na Amazônia terá seu enorme pico de emissão justamente na janela de tempo quando o mundo precisa controlar o efeito estufa para evitar as consequências mais graves.

O tema é complexo e por isso merece uma atenção destacada. É imperativo que seja dada mais atenção à pesquisa da emissão de metano nos reservatórios. Além de colaborar para a transparência e registro adequado de emissões do país que contribuem para o aquecimento global, é imprescindível que a sociedade tenha ciência dos precisos impactos desta fonte de energia, tida hoje pelo governo e a maioria da sociedade brasileira, como uma fonte de energia verdadeiramente limpa.

No final desta publicação, há uma coleta de publicações e fontes para este assunto que merecem atenção do leitor.



Foto: Rios Internacionais - Brasil

## 3.2 Hidrelétricas na Amazônia: dos riscos econômicos e ambientais assumidos em Belo Monte aos impactos socioambientais sinérgicos no Tapajós

Wilson Cabral de Sousa Junior

### INTRODUÇÃO

Num cenário de dúvidas, pressões e questionamentos, o governo federal iniciou a implantação do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, no rio Xingu (PA). Este trabalho apresenta uma avaliação do projeto do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, trazendo informações sobre aspectos econômicos e considerando questões sociais e ambientais. A análise realizada procurou identificar os custos e os benefícios reais que a construção do Complexo poderá trazer, além de estabelecer cenários de risco ao investimento no projeto, incorporando aspectos não considerados nas projeções oficiais. A análise pretende identificar elementos que subsidiem uma ampliação do debate em torno de projetos hidrelétricos na Amazônia, em especial o do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, cujos impactos sinérgicos – da associação de diversas obras de infraestrutura com a exploração mineral – podem ampliar de maneira significativa o desmatamento e a degradação ambiental na região.

### VIABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL

A partir da identificação dos dados e informações socioeconômicas e ambientais existentes, inclusive as levantadas nos estudos de viabilidade da Eletronorte, foi elaborada uma avaliação socioeconômico-ambiental do projeto de construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte no rio Xingu. A avaliação foi realizada a partir de análise ampliada de custos e benefícios. No caso da perspectiva da sociedade, adotada neste trabalho, procurou-se avaliar o empreendimento a partir de seus custos e benefícios sociais, expandindo o universo reduzido do empreendedor e a perspectiva meramente arrecadadora do Estado. Assim, busca-se atribuir valor a alguns 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. No Quadro 1, são apresentados os valores de implantação previstos para o Complexo Hidrelétrico de Belo Monte (CHBM).

#### Quadro 1. Valores estimados para a implantação do CHBM: incertezas.

O custo global estimado pela Eletronorte (2009) seria de US\$3,16 bilhões. No entanto, há controvérsias sobre o custo real do projeto, trazidas à tona pelas atualizações da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para a qual o custo atual de Belo Monte seria da ordem de US\$9 bilhões. Por outro lado, profissionais do setor de construção de grandes usinas hidrelétricas mencionam custos de implantação de até US\$17 bilhões.

Para chegar à nossa análise de viabilidade econômica, social e ambiental da obra, calculamos o valor presente líquido<sup>1</sup> da seguinte forma (Equação 1):

$$VPL = \sum_1^t (B_t - C_t - CS_t) \cdot (1 + r)^t$$

em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

B = Variáveis de Benefício;

C = Variáveis de Custos;

CS = Variáveis de Custo Social;

r = Taxa de Retorno;

t = Tempo.

O estudo considerou como custo social (CS) o somatório das seguintes externalidades, para as quais foi possível o levantamento de dados de valoração, conforme a Equação 2: i) Perdas na atividade pesqueira tradicional – cTF; ii) Perdas na atividade de pesca ornamental – cORF; iii) Custos de perdas na qualidade da água – cWAT; iv) Perda de atividades agropecuárias – cAGR e cCAT; v) Custos de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) – cGAS; vi) Custos de perdas de água por evaporação – cH<sub>2</sub>O; e vii) Custos de perdas por atividades turísticas – cTUR.

$$CS = cATP + cORF + cWAT + cAGR + cCAT + cGAS + cH_2O + cTUR \quad (\text{Eq. 2})$$

No que concerne às externalidades, nem todas foram consideradas no cálculo, fato que torna a análise conservadora e aponta para uma subestimação dos valores de impacto socioambiental do empreendimento.

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. É importante ressaltar que o sistema elétrico brasileiro atribui valores diferenciados para energia contratada pelo poder público, a qual é comercializada sob contrato regulado, e a energia excedente, a qual, se existente, pode ser comercializada no mercado livre.

Para fins de análise, foram elaborados 2 cenários para o empreendimento. No primeiro, foram considerados os benefícios e custos do empreendimento, sem externalidades. No segundo, foram consideradas algumas externalidades relacionadas aos impactos socioambientais do projeto conforme já apresentado. Para cada cenário, calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), a diferentes taxas de desconto (cabe salientar que o estudo oficial de viabilidade considerou uma taxa de desconto de 12% ao ano). Em seguida, realizou-se uma análise de risco para integrar variações contínuas em parâmetros sensíveis da análise econômica do projeto, expressando o resultado em termos de probabilidade de viabilidade.

<sup>1</sup> Para tomar decisões econômicas no presente relacionadas a custos ou benefícios futuros, é necessário comparar custos e benefícios que ocorrem em diferentes momentos do período, através do uso de uma taxa de desconto (r) que varia segundo incertezas, taxa de juros, direitos de propriedade, etc. Assim, o Valor Presente Líquido (VPL) é o valor atual equivalente a um gasto ou receita que ocorrerá no futuro, descontado a uma determinada taxa de desconto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de viabilidade.

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Valor Presente Líquido - VPL (US\$)	-481.171.647,71	-2.930.627.648,95
Custos Sociais (US\$)	502.758.702,69	

Para uma avaliação mais realista e auxílio à tomada de decisão, foram realizadas também análises de sensibilidade e risco, a partir de variações nos dados de entrada para situações pré-definidas. Para um cenário pré-estabelecido, executou-se uma simulação (método Monte Carlo) com 13 variáveis importantes para a análise de viabilidade, sob 10.000 iterações. Os itens que mais contribuíram positivamente para o valor final foram: 1) a energia gerada (firme); 2) o preço da energia a ser comercializada; 3) o fator de carga; e 4) o preço da energia no mercado livre, para venda de energia excedente à contratada. As variáveis que mais influenciaram negativamente o VPL – e consequentemente a viabilidade do projeto – foram: 1) o tempo de construção; 2) os custos de construção; 3) as emissões de carbono; e 4) o preço de mercado dos créditos de carbono.

**Nota:** uma extensão desta análise de viabilidade, além de outras considerações, pode ser obtida dos trabalhos de Sousa Junior e Reid (2012), Sousa Junior e Reid (2010) e Sousa Junior et al. (2006)<sup>2</sup>.



Foto: Rios Internacionais - Brasil

<sup>2</sup> Disponíveis em <http://www.water-alternatives.org/> e <http://conservation-strategy.org/>.

## SUBSÍDIOS PARA UMA ANÁLISE DO COMPLEXO HIDRELÉTRICO DO TAPAJÓS

Após diversos embates e controvérsias envolvendo a aprovação e início da implantação do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, iniciaram-se tratativas para implantação de um novo complexo hidrelétrico amazônico, desta vez na bacia do rio Tapajós. O Complexo Hidrelétrico do Tapajós (CHT) tem origem no inventário de potenciais hidrelétricos da bacia e compreende, em sua versão mais atual, 5 usinas hidrelétricas localizadas nos rios Jamanxim (3) e Tapajós (2), cujos detalhes podem ser visualizados no Quadro 2.

### Quadro 2. Detalhes dos empreendimentos previstos para o CHT.

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 (AHEs): AHE Jatobá e AHE São Luís do Tapajós, no rio Tapajós; e AHE Cachoeira do Caí, AHE Jamanxim, AHE Cachoeira dos Patos, no rio Jamanxim. Os cinco aproveitamentos alagariam uma área total de 1979,5 km<sup>2</sup>, e estão localizados em uma região rica em unidades de conservação, que, somados às terras indígenas, perfazem uma área total de 200.480 km<sup>2</sup>.

Os reservatórios das usinas projetadas ocupariam áreas dos municípios de Itaituba, Jacareacanga, Trairão e Novo Progresso. Os aproveitamentos localizados no rio Tapajós são o AHE São Luís do Tapajós com eixo do barramento na cachoeira de São Luís do Tapajós, tendo à margem esquerda o Parque Nacional da Amazônia; e o AHE Jatobá, mais a montante, situado a cerca de 1 km a jusante da localidade de Jatobá e das ilhas Tureba, imediatamente a montante das ilhas e cachoeiras Mangabal. Localizados no rio Jamanxim estariam os AHE Cachoeira do Caí, localizado entre a cachoeira do Caí e a corredeira Laje Grande; AHE Jamanxim a cerca de 1,5 quilômetros a jusante da corredeira Portão do Inferno; e o AHE Cachoeira dos Patos, localizado imediatamente a montante da cachoeira dos Patos.

Segundo a ELETROBRÁS (ELETROBRÁS, 2012), o CHT seria executado sob um novo conceito construtivo: o de “Usinas Plataforma”. Trata-se de uma analogia à construção de plataformas de petróleo no mar, em que as condições de acesso exigem uma logística construtiva especial. Desta forma, evitar-se-iam os danos ambientais associados ao canteiro de obras durante a fase de implantação das usinas. No entanto, tal conceito é vago e não deixa claro como serão transportados equipamentos e pessoal (75.000 operários) para as obras.

Uma análise preliminar realizada sobre os dados do inventário hidrelétrico da bacia do Tapajós, utilizando os mesmos elementos e métodos ora apresentados para o complexo de Belo Monte, apontou também a inviabilidade do complexo Tapajós, considerando os valores de implantação estimados pelo inventário e os valores de energia obtidos no leilão do CHBM. De acordo com o estudo, a viabilidade se daria com valores de energia superiores aos atualmente praticados nos leilões oficiais. Embora sejam resultados

preliminares, há indícios de que a construção do Complexo Hidrelétrico do Tapajós exigiria arranjos financeiros similares aos utilizados no CHBM, com custeio massivo pelo Estado, seja por meio de empréstimos a juros subsidiados, seja pelo envolvimento de recursos estatais diretos.

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. No Quadro 3, são apresentados estes projetos e seus possíveis efeitos para a região.

### Quadro 3. Projetos e infraestrutura na região do Tapajós: efeitos sinérgicos

#### Projetos hidrelétricos a montante

O projeto do Complexo Hidrelétrico do Tapajós, independente de sua configuração, não é um projeto isolado. A região a 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 a 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 a jusante.

#### Exploração mineral

A bacia hidrográfica do Tapajós situa-se 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 da década passada. A cotação do ouro, crescente desde 2001, atraiu um contingente de garimpeiros e fez com que se abrissem novas frentes de exploração. A exploração de ouro na região utiliza mercúrio em taxas. Relatos 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, gerando novas pressões socioambientais na região.

## 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. Há projetos de construção de 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.

## CONCLUSÕES

As incertezas em torno da viabilidade de projetos hidrelétricos de grande porte na Amazônia, tanto técnica quanto econômica, além dos danos socioambientais potenciais exigem uma mudança de postura do governo em relação aos projetos atualmente em análise. É preciso que se invista na construção de consensos, e a transparência em torno dos processos é o primeiro passo neste sentido. Por outro lado, há que se explorar melhor o potencial elétrico brasileiro a partir de novas fontes renováveis e ampliar a eficiência da demanda, investimentos estes que podem contribuir para uma avaliação mais realista e atualizada da necessidade de grandes, e impactantes, obras hidrelétricas na Amazônia.

## 3.3 Risco de Extinção de Rituais e Civilizações Indígenas por Hidrelétricas: O caso dos Enawenê-nawê

Equipe ISA

O rio Juruena, no Noroeste do Mato Grosso, está severamente ameaçado pela construção descontrolada de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). São 22 planejadas, sendo que 5 já foram construídas. Apesar dessa sucessão de barragens evidentemente impactar os povos indígenas que vivem ao longo do rio ou de seus afluentes, não houve qualquer tipo de consulta aos povos que habitam as 11 terras existentes na bacia, tampouco estudos específicos sobre o impacto no modo de vida indígena. Em dezembro de 2007, os Enawenê-nawê, povo indígena diretamente afetado pelas hidrelétricas, ocuparam os canteiros de obras para reivindicar estudos independentes sobre os impactos dos aproveitamentos hidrelétricos, que nunca foram realizados. Desde 2002, a empresa Maggi Energia planeja instalar nove PCHs e duas usinas hidrelétricas (UHEs) no rio Juruena. No início de outubro daquele ano os índios Paresi, Nambikwara, Menky e Rikbaktsa fecharam um acordo financeiro com os empreendedores. Os Enawenê-nawê, no entanto, não aceitaram o acordo e ocuparam a obra por diversos dias, até serem retirados pelos empreendedores.

### Índios temem reação do espírito do rio

O líder Daliaywacê Enawenê-nawê diz que a sua comunidade não concorda com a construção das PCHs e que não quer negociar dinheiro para a compensação ambiental, como foi oferecido pelo empreendedor. Segundo ele, que falou pelo telefone do escritório da Funai em Juína (MT), o dinheiro não vai repor o peixe e a água: “O rio é um espírito muito forte que come muito peixe e bebe muita água nos nossos rituais, temos que fazer esculturas para ele ficar feliz e abençoar a aldeia. Se houver todas essas barragens no rio, ele vai ficar bravo e com fome e vai causar a doença nas pessoas da nossa aldeia. Nós estamos com muito medo do que pode acontecer com o nosso rio e com o nosso povo”, afirma Daliaywacê. Ele conta que ninguém consegue explicar aos índios quais serão os impactos na rotina da comunidade – o que vai acontecer com os peixes, com as roças e com as pessoas. “A Funai deveria estar nos protegendo e está apenas atendendo aos empreendedores, negociando dinheiro. Nós queremos é que façam todas as compensações para que nada mude no rio.” Ele considera que a empresa interessada na construção das PCHs enganou os indígenas: “Disseram que seriam apenas cinco construções e já estão querendo fazer mais três PCHs perto da nossa área”, conta. “Eles mentiram pra gente a vão mentir de novo”. Logo após o incêndio, o MPF reforçou o pedido feito em duas ações civis públicas já em curso: a suspensão das obras até que os impactos cumulativos de todas as PCHs sejam adequadamente avaliados. As obras chegaram a ser paralisadas em abril de 2008, mas a medida foi cassada pelo ministro Gilmar Mendes após visita do governador do Mato Grosso.

## Costumes e rituais Enawenê-nawê

A cada ano, junto com a colheita do milho, os Enawenê iniciam um complexo e longo ritual, de sete meses de duração, que só termina com o plantio da roça da mandioca. É o Yãkwa, registrado em novembro de 2010 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) como patrimônio cultural do Brasil, inscrito no Livro de Registro das Celebrações. Durante esse período, reverenciam os Yakairiti, espíritos que vivem embaixo da terra, com pescas, cantos, danças e comida, numa complexa troca de sal e alimentos.

Segundo informações do Iphan, os Enawenê-nawê têm se preocupado com os impactos ambientais causados pela construção das PCHs do Juruena; esse seria um dentre outros motivos para a patrimonialização do ritual. De acordo com o Iphan, “a rápida transformação na paisagem promove nos Enawenê-nawê o sentimento de ameaça a seus eixos de referência no manejo ecológico e territorial e privam as gerações futuras de vivenciar as atividades tradicionais. Isso poderia gerar o colapso do seu sistema de vida e da sua estrutura social”. Os Enawenê não comem carne e, portanto, não caçam. Muito raramente, e cercados por uma série de restrições, comem algumas aves como mutum, macuco e jacamim, pegas na maioria das vezes por armadilhas colocadas no mato. O peixe é considerado um alimento nobre, fundamental para a realização dos rituais e objeto de troca nas relações sociais e amorosas.

Como conhecem os processos de reprodução e movimentação migratória dos peixes pelos rios, os Enawenê usam esse conhecimento para Yãkwa. Permanecem dois meses acampados e só alguns homens ficam na aldeia com as mulheres preparando o sal vegetal, limpando o pátio e os caminhos. Nessa época, os cardumes estão migrando e os índios pescam e defumam grandes quantidades de peixes que serão levados.

## Hidrelétricas ameaçam ritual Yãkwa

Em fevereiro de 2009, o projeto Vídeo nas Aldeias, em parceria com o Iphan, do Ministério da Cultura, e a Opan (Operação Amazônia Nativa), iniciou as filmagens do mais longo ritual indígena da Amazônia brasileira, o Yãkwa, dos índios Enawenê-nawê. O Iphan estava iniciando o processo de patrimonialização e, em 25 de maio de 2010, o Diário Oficial da União trouxe a informação de sua inscrição no livro de Registro de Celebrações. Com duração de sete meses, é um dos quatro cerimoniais que os Enawenê realizam todo ano. Com um ciclo cerimonial de 11 meses para reverenciar, alimentar e agradar o panteão de espíritos que podem ser perigosos ou protetores, os Enawenê se alimentam exclusivamente de peixes.

No ritual, os clãs que incorporam os espíritos naquele ano se esparramam pelos igarapés de suas terras, construindo barragens para capturar os peixes nobres que baixam nos igarapés após a piracema. No ano passado, os peixes não retornaram da piracema como de costume. Era a primeira vez que isso acontecia. O período das chuvas havia se estendido além do normal e todos os sinais da natureza que tradicionalmente indicam o tempo da descida dos peixes falharam. O descompasso da agenda cerimonial Enawenê com as mudanças climáticas parecia visível e desastrosa. Desorientados, os índios se perguntavam por que os peixes não tinham subido. Dois meses depois, os índios pressionaram a Funai para a compra de peixes de criatório. Em três dias a Funai conseguiu dinheiro das construtoras da PCH Telegráfica para a compra de três mil quilos de peixe tambaqui para darem início ao capítulo mais importante do Yãkwa.

Pode parecer muito, mas em tempos normais eles pescariam e moqueariam dez vezes mais, para serem trocados e consumidos nos quatro meses seguintes na aldeia. Em 2009, tudo isso fez com que

o ritual tivesse uma versão compactada, e a tradicional troca generalizada de raquetes de peixes no pátio da aldeia não aconteceu. Além de ser a única fonte de proteína, o peixe ainda é a moeda de tro-

ca da sociedade enawenê. Como mandar colocar o estojo peniano no filho adolescente, como fazer as oferendas para os espíritos pouparem o seu filho que está doente, se não houver peixe para pagar?

**Barragem tradicional construída no Rio Juruena para ritual de pesca dos Enawenê Nawê no rio Juruena (2009).**



Foto: Vincent Carelli / Instituto Socioambiental (ISA<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> <http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=3092>

Os Enawênê-nawê sabem muito bem que terminada a temporada de pesca é preciso romper a tapagem para permitir que no ano seguinte os peixes subam novamente para desovarem nas cabeceiras dos igarapés. Imaginem o pavor quando souberam em 2008 que dezenas de barragens permanentes estavam sendo construídas nos rios que atravessavam suas terras! Impactados com a notícia, em 11 de outubro de 2008, ocuparam e destruíram um dos canteiros de obras. No final de março de 2009, pressionados por outros povos indígenas da região, eles finalmente assinaram o Plano de Compensação de 1 milhão e meio de reais pela construção de nove PCHs no rio Juruena pelos empreendimentos da empresa do então governador de Mato Grosso, Blairo Maggi. O Plano de compensação, que não tem nada de ambiental, consiste numa lista de compras de veículos e motores de popa, para quem não tem nem estrada para chegar na aldeia, o que deverá agravar a dependência de recursos para a compra de gasolina.

A única coisa que os Enawênê ainda se recusam a permitir é a pesquisa em seu próprio território, coisa que a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) insistia em fazer, ameaçando os índios inclusive com intervenção da Casa Civil, respaldada nas ressalvas da sentença dada pelo STF, em março de 2009, no caso da Reserva Raposa-Serra do Sol. Se a mudança climática já revelava a fragilidade da sobrevivência física e cultural dos Enawênê-nawê, imaginem quando as comportas estiverem fechadas e todo esse Complexo Hidrelétrico estiver implantado na região. O que será do ritual do Yākwa?

## 3.4 Financiamentos a Hidrelétricas – Atuação de Bancos e Seguradoras

Oriana Rey

A partir do acompanhamento do processo de financiamentos de grandes hidrelétricas, como os Complexos Rio Madeira e Belo Monte, notamos que as tomadas de decisões das instituições financeiras são orientadas, predominantemente, pela simples obtenção de licenças ambientais – mesmo estas sendo dotadas de vícios jurídicos presentes nos seus processos administrativos – , e da nítida desconformidade de tais projetos com acordos voluntários, como os Princípios do Equador e Protocolo Verde.



Foto: Rios Internacionais - Brasil

Num país em que o licenciamento ambiental é respaldado em dados técnicos, com a realização das devidas audiências públicas e com as condicionantes das licenças sendo cumpridas nas etapas adequadas, e não postergadas para as próximas licenças, realmente poderíamos aceitar que as tomadas de decisões dos bancos se respaldassem, predominantemente, nas licenças ambientais. Infelizmente este não é cenário existente no processo de licenciamento no Brasil.

Não pairam dúvidas de que as instituições financeiras, que muitas vezes avaliamos como entidades poderosas, podem estar sendo somente mais uma das vítimas de uma grande armadilha, que está sendo formada com a pressão política do governo, que acaba gerando emissão de licenças ambientais ilegais, e sem fundamentação técnica. É certo que o envolvimento destes bancos com projetos de altíssimos riscos ambientais e sociais, como as atuais hidrelétricas que estão sendo construídas, e por eles financiadas, prejudicarão as imagens dessas instituições, trarão riscos econômicos e demonstrarão incoerências com suas políticas de sustentabilidade.

Na tabela abaixo, será possível identificar os envolvimento das principais instituições financeiras com as polêmicas hidrelétricas que estão sendo construídas na Amazônia brasileira:

<sup>1</sup> Esta tabela foi construída a partir de uma adaptação e tradução da tabela 2 – “Overview of financiers of the Santo Antonio, Jirau, and Belo Monte dams” do artigo “The Brazilian Safeguard Regime, Its Application, and Recommendations for the Future” (março 2012) realizado por Roland Widmer.

<sup>2</sup> Condições do apoio financeiro do BNDES para a implantação do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Areas\\_de\\_Atuaacao/Infraestrutura/Energia\\_Eletrica/belo\\_monte.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atuaacao/Infraestrutura/Energia_Eletrica/belo_monte.html)>

Instituições financeiras <sup>1</sup>	Santo Antonio	Jirau	Belo Monte
<b>BNDES</b>	Financiamento direto e indireto, por meio de instituições financeiras credenciadas.	Financiamento direto e indireto, por meio de instituições financeiras credenciadas.	Será o principal financiador de Belo Monte <sup>2</sup> e está analisando solicitação da Norte Energia S. A (NESA) para um empréstimo estimado em mais de R\$ 20 bilhões. Em junho de 2011, realizou um contrato de empréstimo ponte para o projeto no valor de R\$1,09 bilhão. Em 07/02/2012 foi aprovada concessão de novo empréstimo-ponte pela Diretoria do BNDES, no valor total de R\$ 1,8 bilhão, através de repasse de recursos.
<b>Banco da Amazônia</b>	Opera o fundo FNO e participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Não financia.	A definir.
<b>Banco do Nordeste</b>	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	A definir.
<b>Banco do Brasil</b>	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Líder do consórcio de bancos e participa do financiamento, por meio de repasses dos recursos do BNDES.	A definir.
<b>Caixa Econômica Federal</b>	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES. Em 12/03/2012 foi realizada contratação do empréstimo-ponte entre a Caixa Econômica Federal e a Beneficiária Norte Energia S.A., no valor de R\$ 1,5 bilhão.
<b>Bradesco</b>	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	A definir.
<b>Itaú-Unibanco</b>	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES.	A definir.
<b>Santander</b>	Líder do consórcio de bancos e participa do financiamento, por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Não financia.	A definir.
<b>Banco Espírito Santo Investimentos</b>	Líder do consórcio de bancos e participa do financiamento, por meio de repasses dos recursos do BNDES.	Não financia.	A definir.
<b>Banco ABC Brasil S.A</b>			Participa do financiamento por meio de repasses dos recursos do BNDES. Em 14/03/2012 foi realizada contratação do empréstimo-ponte entre o Banco ABC S.A. e a Beneficiária Norte Energia S.A., no valor de R\$ 300 milhões. <sup>3</sup>
<b>BTG Pactual</b>	-	-	Foi fiador do empréstimo ponte do BNDES <sup>4</sup>

<sup>3</sup> LEITÃO, Miriam. Crédito com risco. O Globo. 17 jul. 2012 apud <<http://oglobo.globo.com/economia/miriam/posts/2012/07/17/credito-com-risco-455818.asp>> Acesso em: 18 de jul. 2012 às 11h00

<sup>4</sup> BTG Pactual anuncia carta de fiança à Norte Energia S.A. <<http://www.blogbelomonte.com.br/2011/07/26/btg-pactual-anuncia-carta-de-fianca-a-norte-energia-s-a/>>

Como é possível notar acima, a estruturação do financiamento do Complexo Belo Monte ainda está em definição. Nesse sentido, em janeiro de 2011, a Amigos da Terra – Amazônia Brasileira e a Rios Internacionais (International Rivers) – Brasil elaboraram o relatório: *Mega Projetos, Mega Riscos: Análise de Riscos para Investidores no Complexo Hidrelétrico Belo Monte*, relacionando os principais riscos sociais, ambientais e econômicos do empreendimento, e enviaram para as principais instituições financeiras com atuação no Brasil.

Além dessa iniciativa, mais de cem organizações da sociedade civil assinaram duas notificações extrajudiciais enviadas para as instituições financeiras resumindo os principais riscos do projeto. Em todas estas correspondências, entre outras, a sociedade civil requereu um posicionamento dos bancos sobre seu envolvimento, ou não, com o Complexo Belo Monte. Todavia, até o momento, nenhuma instituição esclareceu a sua relação atual ou futura com o projeto.

Vale destacar que, além dos riscos sociais, ambientais e econômicos que a sociedade civil vem alertando para as instituições financeiras, caso elas se envolverem com estes projetos, existem outros riscos não tão previsíveis, mas que já estão prejudicando e causando grandes desgastes para as seguradoras e resseguradoras que se envolveram nos Complexos Rio Madeira e Belo Monte. Vejamos alguns exemplos a seguir:

## Eliminação de instituições financeiras de Índices de Sustentabilidade

Uma péssima consequência para os bancos que não derem a atenção devida aos riscos socioambientais das obras que estão financiando pode ser

ilustrada pelo caso da eliminação da financiadora Munich Re do índice de sustentabilidade Global Challenges de Hannover. Tal retirada da entidade, conforme noticiado pela mídia internacional, se deu por conta do seu papel como resseguradora do Complexo Belo Monte<sup>5</sup>.

## Recusa no pagamento de prejuízos decorrentes de greves trabalhista

Outro exemplo merecedor de atenção é a recusa por parte de seguradoras e resseguradoras em arcar com prejuízos decorrentes das greves trabalhistas, tão recorrentes nestas grandes obras. Em razão dos danos causados pela greve dos trabalhadores no canteiro de obras da usina hidrelétrica de Jirau em 2011, as seguradoras e resseguradoras (SulAmérica, Allianz, Mapfre, Itaú Seguros e Aliança do Brasil) responsáveis por uma apólice de R\$ 7,3 bilhões entraram em batalhas judiciais e se recusam a arcar com prejuízos que podem passar de R\$ 1 bilhão<sup>6</sup>. Resta claro que a insegurança jurídica da cobertura dos seguros destas obras impacta diretamente o risco econômico do projeto.

A recomendação que podemos compartilhar com as instituições financeiras é que se elas realmente querem demonstrar coerência com sua estratégia e compromissos com a sustentabilidade devem demandar do governo para que prevaleça o caráter técnico do processo de licenciamento ambiental com o devido respeito a procedimentos legais.

Além disso, esperamos que as instituições financeiras se inspirem no exemplo que gerou a presente publicação, de parceria entre sociedade civil e academia, para também apresentarem suas visões sobre a política energética para o Brasil que o setor avalia ser adequado. Caso contrário, podemos afir-

<sup>5</sup> RSE.- Munich Re eliminada del índice sostenible Global Challenges de Hannover, <http://www.diarioresponsable.com/portada/ultimas/15457.html>

<sup>6</sup> “Seguro de Jirau vai parar na Justiça inglesa e do Brasil” [http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/75986\\_SEGURO+DE+JI+RAU+VAI+PARAR+NA+JUSTICA+INGLESA+E+DO+BRASIL](http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/75986_SEGURO+DE+JI+RAU+VAI+PARAR+NA+JUSTICA+INGLESA+E+DO+BRASIL)

mar que futuros projetos polêmicos, sem comprovação de sua viabilidade econômica, social e ambiental, como as usinas do rio Madeira e Belo Monte, continuarão sendo analisados pelas mesas das áreas de riscos socioambientais dos bancos e resseguradoras.

De fato não precisamos ter uma “bola de cristal” para esta previsão, afinal o próprio Plano Decenal de Energia – 2020 estima a viabilização de mais 10 hidrelétricas entre os anos 2016 e 2020 somente na região Norte do Brasil.

Caso os vícios jurídicos dos processos de licenciamento permanecerem, os bancos poderão arcar com os imprevisíveis riscos econômicos dos projetos e, conforme o instituto da responsabilidade objetiva no direito ambiental brasileiro, responderão pelos danos ambientais, independentemente da existência de “aparentes” licenças ambientais.

Mesmo que todos estes motivos não inibam os bancos de se envolverem em projetos como os Complexos Belo Monte e Rio Madeira, é possível que a nova Circular do Bacen n° 3547/2011 sobre a adequação de capital, que inclui a necessidade de avaliação e cálculo do risco decorrente da exposição a danos socioambientais, faça com que executivos dos bancos fiquem um pouco mais atentos aos riscos sociais e ambientais que estão assumindo.



Foto: Tomas Munita / 2011

4

## FONTES ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA



Foto: Greenpeace  
Paraque Eólico em Osório, Rio Grande do Sul

## 4.1 Energias Renováveis: Eólica e Solar

Ricardo Baitelo

### Estado da arte: Energia Eólica e Solar

As energias renováveis, notórias pelo seu elevado potencial de utilização, são consideradas a principal solução para a mitigação de gases de efeito estufa no mundo e, em muitos casos, capazes de minimizar impactos socioambientais decorrentes da implantação de usinas e sistemas convencionais – como no caso de grandes empreendimentos hidrelétricos e termelétricos.

Nos últimos anos, as vantagens econômicas passaram a figurar entre os pontos positivos dessas fontes. A evolução tecnológica e o ganho de escala experimentado principalmente pelas energias eólica e solar, além de outras opções renováveis, resultou em investimentos no ano de 2011 da ordem de 237 bilhões de dólares, um crescimento de 6,5% em relação a 2010 e mais de 30% em relação a 2009, a despeito do período de crise econômica que segue assolando economias europeias (PNUMA, 2011; PEW, 2012).

Os setores eólico e solar têm experimentado acentuadas quedas de preço de equipamentos, o que, aliado à redução de taxas de retorno, resultou na instalação de 43 mil MW em eólicas e 39.700 MW em sistemas solares no mundo em 2011 (PEW, 2012).

O Brasil tem um grande papel nesse cenário mundial. O país tem o potencial para se tornar a primeira grande economia a ter toda a sua matriz energética proveniente exclusivamente de fontes renováveis e limpas – a energia solar sozinha seria capaz de atender a cerca de dez vezes toda a demanda do país e a eólica poderia atender ao triplo da demanda atual de eletricidade. A crença de que as energias renováveis não são competitivas com os preços estabelecidos pelo mercado já passou – hoje a energia eólica apresenta o segundo menor custo de geração de eletricidade e o custo da geração solar vem caindo consideravelmente. Os entraves tecnológicos e de mercado dependem da vontade política; alguns já se foram e outros deixarão de existir uma vez que o governo decida agir e incentivar energias que não são benéficas apenas para o meio ambiente, mas que também trazem ganhos econômicos, como geração de empregos no país.

O potencial teórico de energia eólica equivale ao triplo da atual capacidade instalada de eletricidade do país.

### 4.1.1 Energia Eólica

#### Potencial de energia eólica no Brasil e aproveitamento atual

O potencial avaliado da energia eólica no Brasil é de 143 GW, concentrado principalmente nas regiões Nordeste (interior da Bahia, litoral de Ceará e Rio Grande do Norte) e Sul (Rio Grande do Sul) (Atlas Eólico Brasileiro, 2001). As medições dos ventos, realizadas há mais

de 10 anos, consideraram torres eólicas de 50 metros de altura. A revisão dessas estimativas, considerando as atuais torres superiores a 100 metros, deve atualizar este potencial para mais de 300 GW, ou praticamente o triplo da capacidade instalada da matriz elétrica nacional.

A capacidade instalada em energia eólica no planeta vem crescendo 27% ao ano nos últimos dez anos. No Brasil, o cenário para a fonte não é diferente; em 2011, foram instalados 582 MW, ou um crescimento de 63% em relação ao ano anterior. A capacidade instalada atual já passa dos 1.500 MW – o que coloca o país entre os vinte maiores produtores de energia eólica do mundo) e a fonte já representa mais de 1% da eletricidade produzida no país.

As vantagens econômicas e sociais já podem ser percebidas nas regiões que investiram primeiro na fonte. No Rio Grande do Sul, que recebeu o primeiro grande parque eólico do país, em Osório, em 2006, a energia eólica criou empregos e trouxe benefícios ao meio ambiente, à economia e à sociedade local.

Dentre os principais benefícios ambientais da geração eólica, está a baixa emissão de gases de efeito estufa atrelada à cadeia energética do setor. A operação dos parques não apresenta emissão de gases e a produção e transporte de pás e torres implica em emissões de apenas 9 g de CO<sub>2</sub> - equivalente para cada kWh gerado, ou cerca de 100 vezes menos do que as emissões médias de uma térmica a carvão.

Em termos de ocupação espacial dos parques, a área ocupada no solo ou fundo do mar por uma fundação de torre eólica varia entre 13 e 20 m<sup>2</sup>. No entanto, a comparação dessa área com extensões territoriais utilizadas em outros empreendimentos energéticos envolve parâmetros como impactos à área e a possibilidade da utilização da mesma área também para outros fins. Neste caso, parques eólicos recebem avaliações positivas por conta da possibilidade de compartilhamento com outras atividades como culturas agrícolas e pecuárias, como no caso do parque eólico de Osório.

A energia eólica já mostra um alto grau de profissionalismo no país e gradualmente está deixando de ser vista pelo governo apenas como uma energia ambientalmente correta.

A economicidade é clara – a eólica não apenas compete com as fontes convencionais em leilões, como supera as térmicas a gás em preço e em volume contratado. No último leilão de energia, em dezembro de 2011, a energia eólica foi vendida no Brasil a R\$105/MWh. Apenas para se ter uma ideia, o preço médio do leilão ficou em R\$ 102,18/MWh, com a energia hidrelétrica vendida a R\$ 91,20/MWh e conta com subsídios do governo (Fonte: EPE/2011).

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Garantia Física (Mwmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	39	976,5	478,5	105,12
Biomassa	2	100	43,1	103,06
Hídrica	São Roque	135	90,9	91,2
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>1.211,50</b>	<b>612,5</b>	<b>102,18</b>

Figura 1: Leilão de Energia A-5/ 2911 - Resultado Final Dez/2011 (EPE, 2011)

Além do enorme potencial em terra, já se fala na perspectiva de explorar a energia eólica offshore ou no mar. O potencial realizável ainda vem sendo estimado, mas o valor aproveitável é atualmente calculado em 340 GW (Proventos, 2012).

Os parques eólicos no mar apresentam vantagens socioambientais por não ocuparem regiões habitadas e não implicarem no deslocamento populacional. Tecnicamente, a constância e a velocidade dos ventos do mar favoreceriam a geração de energia; e a baixa distância desses parques eólicos em relação à costa (em comparação às atuais grandes obras energéticas do país) também favoreceriam a distribuição de energia. Porém, os fatores limitadores à exploração desse potencial são os custos ainda elevados, maiores dificuldades de manutenção e principalmente, o grande potencial remanescente de eólicas em terra que possui implementação menos complexa.

## Benefícios, oportunidades, fatores limitantes e desafios para a ampliação de escala e desenvolvimento da indústria eólica no Brasil

O aproveitamento do enorme potencial eólico é decisivo para a manutenção de uma matriz elétrica limpa e para a segurança energética do país. O parque hidrelétrico instalado no país depende fortemente do regime de chuvas, que vem sofrendo alterações diante do aquecimento global e, durante o período de secas, são acionadas termelétricas movidas a combustíveis fósseis para manter a oferta de energia no período. A geração eólica é mais intensa justamente nestes meses e seu emprego é decisivo para evitar emissões de gases estufa e o alto custo de operação dessas termelétricas.

Além de reduzir emissões aéreas de usinas termelétricas, vale ressaltar que a baixa emissão de gases de efeito estufa está entre os principais benefícios ambientais da geração eólica. A operação dos parques não apresenta emissão de gases e a produção e transporte de pás e torres implica em emissões de apenas 9 g de CO<sub>2</sub> equivalente para cada kWh gerado, ou cerca de 1% das emissões médias de uma térmica a carvão.

Ainda que a fonte seja a que mais cresce no país – nos próximos 4 anos devem ser instalados cerca de 7 mil MW, ou algo próximo a 2 mil MW por ano – há gargalos técnicos que podem atrasar este crescimento.

O primeiro refere-se à disponibilização da infraestrutura de transmissão e distribuição da energia. As regiões que vêm recebendo os parques, principalmente no Nordeste, eram notórias importadoras de energia e não contavam com grandes malhas de transporte de energia. Agora, devem passar a exportar o excedente; para tanto é necessário o reforço da estrutura de transmissão, o que já vem atrasando a construção de parques leiloados em 2009. Outro gargalo técnico verificado refere-se ao suprimento de tecnologias de turbinas por conta do *boom* de demanda de construção de parques.

Os entraves tecnológicos e de mercado para implementar a energia eólica dependem da vontade política.

Em relação à mão-de-obra demandada para a expansão do setor, há defasagem técnica nos novos mercados de energias renováveis e baixa disponibilidade de profissionais, não apenas nas regiões de maior construção de parques eólicos, como em todo o país.

Em termos de impactos socioambientais, verificou-se casos de implantação indevida de parques eólicos em áreas de proteção ambiental, dunas ou sítios arqueológicos. Entretanto, há bons exemplos de compartilhamento de terras com outras finalidades como pastagens e agricultura, como no caso do parque eólico de Osório, no Rio Grande do Sul. Desapropriações de faixas de terra são previstas para a implantação de linhas de transmissão conectando elas e futuras centrais, como a de Tramandaí, a subestações.

Entretanto, problemas relacionados ao uso de territórios têm ocorrido nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte. No primeiro caso, o processo de instalação de um parque eólico na praia de Parajuru levantou questionamentos de proprietários de terrenos por conta dos valores recebidos e do procedimento da ação de desapropriação. No litoral e em outras regiões do Rio Grande do Norte, verificam-se ações de especulação imobiliária de territórios para parques eólicos. A secretaria de energia do estado assegura que não há ação ou programa governamental que obrigue um proprietário de terra a ceder direitos ou uso de sua terra sem que se lhe satisfaçam condições remuneratórias. Porém, os problemas de natureza da alteração do uso do solo em geral se repetem em todos os empreendimentos energéticos independentemente do tipo de geração de energia.

## Mudanças no marco legal e incentivos

O desenvolvimento de energias renováveis no mundo somente foi possível por conta da adoção de políticas públicas de desenvolvimento destes mercados. De acordo com a Rede de Políticas de Energias Renováveis para o Século 21 REN21(2011), em 2010, 119 países tiveram algum tipo de política pública para fontes renováveis para a produção de eletricidade, em comparação com 45 países em 2005. A política mais utilizada nesses países segue sendo o sistema *feed-in*, cujos custos de tarifas especiais são rateados entre os consumidores de eletricidade.

O Brasil conta com políticas e iniciativas pontuais para o desenvolvimento dessas fontes – como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o Luz para Todos e a realização de leilões periódicos de energia – mas ainda tem uma ampla lição de casa a fazer de modo a

desenvolver seu imenso potencial de fontes renováveis sem que uma fonte cresça em detrimento de outra.

O Proinfa, aprovado em 2004, teve como principal objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida por fontes eólicas, de biomassa e com pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Além de fornecer incentivos às fontes alternativas, o programa garantiu o acesso da eletricidade renovável à rede e o pagamento para o gerador do preço fixo diferenciado por energia produzida. Também adotou premissas do sistema de cotas, como o leilão de projetos de energia renovável determinando cotas de potência contratada para cada tecnologia, além de subsídios por meio de linhas especiais de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES).

O Proinfa continuou em vigor até o final de 2011. Os últimos parques eólicos previstos no programa já estão em construção e as tarifas especiais continuam valendo para os empreendimentos contemplados no programa. Já novos empreendimentos têm como opção de contratação de energia apenas os leilões de energia ou o mercado livre. Após o Proinfa, figuram como iniciativas de ampliação da capacidade instalada de energias renováveis no Brasil os leilões de energia.

O sistema de leilões tem sido realizado para energias renováveis desde 2007. Os resultados deste sistema inicialmente deixaram a desejar em relação à quantidade de capacidade instalada ao sistema elétrico nacional, mas passaram a mostrar números convincentes a partir de 2009, quando foi realizado o primeiro leilão exclusivo de energia eólica. No ano seguinte, em 2010, as fontes renováveis passaram a competir mutuamente em leilões e em 2011 termelétricas a gás natural também foram incluídas entre projetos competidores.

O sistema de leilões tem sido eficaz para a fonte, dada sua atual economicidade. Entretanto, a sustentabilidade em termos econômicos de projetos contratados em leilões – considerando os atuais preços praticados – ainda deve ser observada.

## 4.1.2 Energia Solar

### Potencial de energia solar no Brasil e aproveitamento atual

Painéis fotovoltaicos, instalados no topo de casas e edifícios, captam a luz solar e transformam a radiação em eletricidade. O painel é constituído por um conjunto de módulos e baterias recarregáveis associadas a controladores de carga. A energia elétrica produzida nos dias de sol é armazenada na bateria para ser usada de noite e em dias nublados. Os painéis também podem ser conectados à rede elétrica, transformando a energia solar em corrente contínua, gerando eletricidade com as mesmas características da energia disponível na rede comercial. A energia solar pode ser gerada tanto em residências e edifícios comerciais localizados em centros urbanos, quanto em comunidades isoladas que não estão conectadas à rede elétrica.

Dados do atlas Solarimétrico do Brasil (2004) indicam que o país tem uma média anual de radiação no território nacional entre 1.642 e 2.300 KWh/m<sup>2</sup>/ano. Com base em tecnologias existentes, com o aproveitamento de energia solar captada em menos de 3% da área urbanizada do Brasil seria possível atender a 10% de toda a demanda atual de energia elétrica no país.

O mercado mundial de painéis fotovoltaicos apresentou um crescimento anual entre 30 e 40% nos últimos cinco anos, com destaque para um crescimento de 67% em 2011. As células fotovoltaicas têm registrado considerável queda de preço de cerca de 10% ao ano. Na Europa, o custo de geração solar deve equiparar-se ao da geração por gás natural até

O Brasil ainda tem uma lição de casa a fazer de modo a desenvolver seu imenso potencial de fontes renováveis.

A energia solar sozinha seria capaz de atender a cerca de dezenas de vezes toda a demanda do país.

Com base em tecnologias existentes, com o aproveitamento de energia solar captada em menos de 3% da área urbanizada do Brasil seria possível atender a 10% de toda a demanda atual de energia elétrica no país.

2015. No Brasil, o custo de geração solar fotovoltaica e as tarifas residenciais praticadas pelas concessionárias já se equiparam na maior parte dos estados brasileiros, por conta de fatores como os altos índices de radiação solar em boa parte do país e dos altos custos de eletricidade praticados por algumas distribuidoras.

Outro tipo de geração solar é o das usinas heliotérmicas, ou sistemas de energia solar concentrada (CSP). A produção de eletricidade é similar às termelétricas, com a diferença que a energia é obtida pela concentração de radiação solar e convertida em vapor ou gás de alta temperatura. Grandes espelhos concentram a luz em uma única linha ou ponto. O calor produzido é utilizado para gerar vapor quente e de alta pressão, movimentando turbinas que geram eletricidade.

Os principais projetos estão localizados atualmente na Espanha e nos Estados Unidos, mas esses sistemas são apropriados para regiões com altos índices de radiação solar direta, como o nordeste brasileiro.

### Benefícios, oportunidades, fatores limitantes e desafios para a ampliação de escala e desenvolvimento da indústria solar no Brasil

Para o aproveitamento da energia solar, podem ser utilizados diferentes tipos de painéis, considerando as tecnologias tradicionais de silício mono e poli cristalinos, e tecnologias de filmes finos, a base de silício amorfo microcristalino, telureto de cádmio e Cobre-Índio-Gálio-Selênio (CIGS). O aproveitamento dos painéis pode ser aumentado com arranjos de sistemas móveis, que acompanham o sol, ou em sistemas híbridos que integram a energia solar com a energia eólica, tanto em pequena geração quanto em parques eólicos.

No entanto, uma das principais aplicações da geração solar no Brasil ainda tem sido em áreas isoladas da rede elétrica. Muitos locais, especialmente na região Norte, são distantes dos centros consumidores e, para o governo, a construção de redes de transmissão e distribuição de eletricidade até esses municípios não é economicamente viável. Por muito tempo esses locais receberam o abastecimento de geração a diesel, que além de poluente, é intermitente por conta do alto custo e das grandes distâncias de transporte. Os sistemas de minirredes solares tem mudado essa realidade. Muitas populações ribeirinhas da Amazônia começam a ter acesso a energia elétrica ininterruptamente para eletrodomésticos e acesso a internet.

### Aspectos Ambientais

Em termos ambientais, a geração solar se destaca pela baixa emissão de gases de efeito estufa em sua cadeia energética – inferior a 30 g de CO<sub>2</sub> - equivalente/kWh produzido – e na possibilidade de minimização dessas emissões no caso de uma produção nacional baseada em insumos energéticos renováveis.

A área ocupada por plantas solares de painéis fotovoltaicos é menor do que a demandada por sistemas termosolares (CSP): a área requerida para painéis fotovoltaicos é de 1,2 km<sup>2</sup> para cada 100 MW instalados, enquanto uma planta de CSP de 100 MW utiliza entre 3,8 e 4,7 km<sup>2</sup> incluindo a área adicional que abriga o sistema de armazenamento de energia (JACOBSON, 2008). Os aproveitamentos médios de 83 a 101 MW por km<sup>2</sup> para solar fotovoltaica ou de 21 a 26 MW por km<sup>2</sup> para heliotérmicas são superiores aos identificados nas hidrelétricas de Belo Monte e Xingó, de, respectivamente, 21 e 50 MW/km<sup>2</sup>.

Verificam-se outros impactos ao solo por conta da produção de efluentes químicos durante o processo produtivo das tecnologias e por descarte dos fluidos envolvidos na operação das usinas concentradoras de energia solar. A produção de painéis fotovoltaicos envolve o emprego de substâncias tóxicas como Cádmiio, Arsênio e Selênio, que demandam uma série de cuidados de prevenção de controle ambiental, desde a intoxicação de trabalhadores até o descarte correto de resíduos (TOLMASQUIM, 2003). Em sistemas heliotérmicos, o vazamento de fluidos térmicos sintéticos utilizados nas usinas pode gerar danos aos ecossistemas locais. Observa-se que esse vazamento pode ser evitado com a utilização de bacias de contenção e tanques de armazenagem dessas substâncias. Os sistemas não são fabricados no Brasil e ainda não há nenhum tipo de usina instalada no país.

O uso e a qualidade da água também podem ser afetados na cadeia solar. A geração solar por painéis fotovoltaicos consome água nos processos de construção e lavagem das placas, totalizando o consumo de cerca de 0,025 m<sup>3</sup>/kWh. Já a produção de polisilício para as placas solares resulta em resíduos líquidos de tetracloreto, que por sua vez podem ser quebrados em clorina e ácido hidrocloreto – cujo descarte em meio aquático aumenta sua acidez e toxicidade. O uso de água de resfriamento em usinas heliotérmicas produz efluentes de alta concentração de sais e substâncias químicas de tratamento. O descarte (chamado de *blowdown*) é uma fonte potencial de impacto a meios aquáticos (U.S. Department of Energy, 2007).

Os maiores entraves ao aproveitamento e à expansão da energia solar no Brasil seguem sendo a falta de incentivos e políticas públicas que consolidem a indústria e o mercado. Os incentivos dados à energia eólica, como o Proinfa e os leilões, ainda não foram aplicados à solar.

## Importação de Tecnologia e Equipamentos para geração de energia solar

O incentivo ao emprego de painéis solares deve vir acompanhado de um plano para a consolidação de um parque produtivo nacional, aproveitando o enorme potencial de silício e a possibilidade de produção de silício em grau fotovoltaico para os painéis. No caso do estabelecimento de fábricas de montagem de painéis importados no país, haveria um ganho substancial de empregos nas áreas de instalação, manutenção (ou três quartos dos empregos totais), mas perder-se-ia a possibilidade de gerar empregos na fabricação

Os aproveitamentos médios em relação ao uso do solo giram em torno de 83 a 101 MW por km<sup>2</sup> para solar fotovoltaica, superiores aos identificados nas hidrelétricas de Belo Monte e Xingó, de, respectivamente, 21 e 50 MW/km<sup>2</sup>.

Os maiores entraves ao aproveitamento e à expansão da energia solar no Brasil seguem sendo a falta de incentivos e políticas públicas que consolidem a indústria e o mercado.

desses painéis, favorecendo a mão de obra de países de origem, notadamente a China. Dessa maneira, são evidentes as vantagens no investimento em tecnologia nacional para o desenvolvimento dos painéis solares no Brasil.

## Mudanças no marco legal e incentivos

A energia solar fotovoltaica obteve os primeiros avanços por meio do Prodeem (Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios), que beneficiou comunidades com o uso da energia solar, e a decisão da Aneel de regulamentar os sistemas individuais de geração de eletricidade com fontes intermitentes. Foram estabelecidos procedimentos e condições de fornecimento, com regras mais flexíveis em relação a duração de interrupções.

A principal demanda por painéis fotovoltaicos é atualmente proveniente do programa de universalização de suprimento de energia elétrica Luz Para Todos. O programa já atendeu a mais de 10 milhões de habitantes desconectados da rede elétrica, principalmente por meio da extensão da rede elétrica das concessionárias de distribuição de energia.

No entanto, as conexões remanescentes encontram-se em comunidades isoladas de difícil acesso, o que viabilizou a solução da geração solar fotovoltaica. A Aneel regulamentou o uso de Sistemas Individuais



de Geração de Energia Elétrica através de Fontes Intermitentes (SIGFIs) por meio da Resolução Normativa nº 83/2004, abriu a possibilidade para que concessionárias como a Coelba (BA) e a Amazonas Energia (AM) instalem painéis fotovoltaicos para o atendimento de metas de universalização do acesso à eletricidade. Além da conhecida conexão individual para cada unidade consumidora, como é o caso da SIGFI, tem sido utilizadas minirredes, que atendem simultaneamente a um número limitado de moradias.

## Regulamentação da Aneel para microgeração de energias renováveis

Recentemente, foi aprovada a resolução da Aneel que regulamenta a microgeração de energias renováveis. Este é o avanço mais significativo para fontes dessa escala nos últimos anos e deverá abrir o mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil (Resolução 482 de 17 de abril de 2012).

A principal medida é a criação de um Sistema de Compensação de Energia, por meio do qual o consumidor com geração distribuída e a distribuidora poderiam trocar energia. O mecanismo seria uma espécie de “net metering” (iniciativa usada nos EUA, que prevê a remuneração ao consumidor pela diferença entre os montantes de energia gerada e consumida), porém sem transações financeiras. O microgerador poderá, caso produza mais do que consumiu, acumular um crédito e abatê-lo de sua conta de luz em um intervalo de 36 meses. Tal regulamentação incentivará à economia no consumo de energia elétrica por cada consumidor.

O segundo incentivo aprovado pela agência é o aumento do desconto nas tarifas de transmissão e distribuição para sistemas solares de grande porte (até 30 MW). O patamar de desconto da TUST e da TUSD passaria de 50% para 80% nos dez primeiros anos de operação.

Em resumo, o Brasil finalmente conta com regras para a geração de pequeno porte, ainda que estas venham com restrições - residências ou condomínios não serão incentivadas a gerar mais energia do que consomem. Mas ainda há uma lacuna fundamental a ser resolvida – o financiamento para a aquisição desses equipamentos de microgeração. O estabelecimento de linhas de crédito para painéis solares e outros sistemas será o pontapé inicial para que a demanda por equipamentos solares no Brasil seja estimada, o sinal que a indústria internacional de placas solares precisa para investir no país e nacionalizar sua produção, à maneira do ocorrido com o setor eólico nos últimos três anos.

Segundo a nova Resolução da Aneel, um microgerador poderá, caso produza mais do que consumiu, acumular um crédito e abatê-lo de sua conta de luz em um intervalo de 36 meses.

O estabelecimento de linhas de crédito para painéis solares e outros sistemas será o pontapé inicial para que a demanda por equipamentos solares no Brasil seja estimada.

## 4.2 O Potencial da Bioeletricidade na Matriz Elétrica Brasileira

*Ligia Pitta Ribeiro, Cássio Franco Moreira e Pedro Bara Neto*

No contexto mundial, o setor de produção de energia é um dos que mais contribuem para a emissão atmosférica de gases de efeito estufa (GEE) e, conseqüentemente, pelas mudanças climáticas. No entanto, o Brasil apresenta uma situação bastante distinta da média mundial por apresentar uma matriz energética de origem predominantemente renovável devido à participação das hidrelétricas, dos biocombustíveis e pelo grande potencial das energias renováveis alternativas, a exemplo da eólica, solar e biomassa.

No entanto, a hidreletricidade, que responde por cerca de 70% da nossa matriz elétrica, apesar de renovável, provoca grandes impactos em regiões geralmente sensíveis sob o ponto de vista ecológico e social<sup>1</sup>.

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 prevê um aumento da capacidade de geração hidráulica de 84 GW para 117 GW em 2021, e na região Norte, principalmente na Amazônia, é onde está prevista a maior expansão hidrelétrica devido à entrada em operação de grandes empreendimentos.

O planejamento da expansão da nossa matriz energética deve estabelecer um equilíbrio entre aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. E a sustentabilidade socioambiental precisa ser fator central nos processos de tomada de decisão. É fundamental investir em medidas de eficiência e racionalização que reduzam a necessidade da instalação de novas fontes de geração e

diversificar a matriz energética brasileira complementando a hidreletricidade com outras fontes de energia limpa e renovável ainda pouco exploradas diante do grande potencial existente.

O aproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar para cogeração de energia elétrica fornece ao país uma fonte energética complementar às hidrelétricas e alternativa aos derivados de petróleo e outros combustíveis fósseis. Essa fonte tem seu maior potencial concentrado entre os meses de abril a novembro, exatamente o período quando o nível dos reservatórios das hidrelétricas diminui e são acionadas termoelétricas de alto custo econômico e ambiental que utilizam como matéria-prima combustíveis fósseis, poluentes e formadores de GEE, como gás natural e carvão mineral (EMBRAPA, 2009).

De acordo com a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), o potencial de geração desta fonte poderia alcançar 14.000 MW médios em 2021, quase três vezes a produção da usina Belo Monte prevista para gerar 4.571 MW médios. O Brasil possui maturidade na produção sucroalcooleira, e esta concentra-se nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais centros consumidores de energia. Assim, reduz-se a necessidade de expansão de novas linhas de transmissão, por meio da geração distribuída, trazendo economia para o país.

Da capacidade instalada de bioeletricidade atualmente de 7.727 MW, que representa 5,8% da ma-

<sup>1</sup> Vide capítulo 3.1, 3.2 e 3.3 deste livro

triz elétrica do país, o setor está gerando para o Setor Interligado Nacional (SIN) apenas 1.133 MW médios. Isso equivale ao atendimento anual de 5 milhões de consumidores residenciais, o que representa 2% do consumo nacional, um número ainda tímido diante de seu potencial. Das 432 usinas de processamento de cana em atividade no Brasil, 129 exportam seu excedente de bioeletricidade, sendo 70 no estado de São Paulo. (UNICA, 2012).

O ciclo de produção de cana-de-açúcar para produção de etanol, açúcar e bioeletricidade, se bem conduzido e atento às conformidades ambientais e sociais, pode ser considerado um ciclo de produção eficiente e sustentável com emissões praticamente neutras. As discussões sobre a sustentabilidade da produção de etanol no cenário internacional têm levado à criação de uma série de mecanismos de monitoramento e de certificação em diversos países, inclusive no Brasil, que buscam garantir que as principais questões socioambientais sejam contempladas pelo setor sucroenergético.

A maioria das usinas sucroalcooleiras é autossuficiente na produção e consumo de energia. Isso porque investem necessariamente em cogeração para suprir suas próprias necessidades. A comercialização de energia elétrica para o sistema depende de investimentos adicionais em equipamentos eficientes, capazes de gerar um excedente exportável para a rede. Esta geração pode aumentar com a utilização da palha de cana-de-açúcar, do biogás proveniente do vinhoto e de tecnologias mais eficientes nos processos industriais. Mas para isso é necessário investimento na modernização dos equipamentos das usinas já existentes (retrofit) e de incentivos para que as novas sejam construídas já em condições de gerar energia elétrica excedente para o sistema (CASTRO, BRANDÃO e DANTAS, 2009).

A cogeração de energia pode ser maximizada a partir da queima da palha de cana de açúcar, que possui um poder calorífico superior ao do bagaço. A disponibilidade de palha aumenta à medida que se reduz a prática de queimada para a colheita, a qual é a maior contribuinte para o aquecimento global do setor. O Decreto Federal nº 2.661 de 1998 estabelece a eliminação gradual da queima da cana-de-açúcar e alguns estados produtores estabeleceram normas específicas para tratar a eliminação da queimada. O estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar, tem o menor prazo para a eliminação total da queima. Em junho de 2007 foi assinado o Protocolo Agroambiental, que busca antecipar a eliminação da queima para 2014 em terrenos com declividade até 12% e para 2017 em terrenos com declividade acima de 12%. A fim de propiciar a conservação e a fertilidade do solo, é importante que parte da palha permaneça na superfície do solo. Assim, avaliar a quantidade máxima de palha que pode ser utilizada nos processos de cogeração sem comprometer a sustentabilidade dos cultivos é de suma importância.

Além dos investimentos tecnológicos, o aumento da produção da bioenergia está atrelado ao aumento na produção de etanol e açúcar. A expansão dos canaviais deve seguir a legislação ambiental vigente e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, que visa à expansão sustentável do cultivo no território brasileiro sem avançar sobre a Amazônia e o Pantanal nem sobre qualquer cobertura nativa e em terras que produzam alimentos.

Da capacidade instalada de bioeletricidade atualmente de 7.727 MW, que representa 5,8% da matriz elétrica do país, o setor está gerando para o Setor Interligado Nacional (SIN) apenas 1.133 MW médios.

As projeções oficiais para o setor indicam que as usinas de biomassa terão uma participação de 7% na matriz elétrica brasileira em 2021, mas segundo dados da UNICA esse potencial poderia chegar a 15% do consumo nacional de eletricidade.

Considerada uma fonte não intermitente, complementar à hidreletricidade e próxima dos grandes centros de carga, a bioeletricidade tem vantagens que não estão sendo contempladas pelos instrumentos que norteiam os planos de expansão do setor elétrico brasileiro.

Reconhecer essas vantagens e garantir que haja políticas públicas e setoriais de longo prazo para o setor sucroenergético, estabelecendo mecanismos e incentivos fiscais e de crédito, além de metas mais ambiciosas para a promoção e aumento da participação da bioeletricidade é, portanto, de interesse para a segurança energética, economia e sustentabilidade da matriz elétrica do país.

## 4.3 - Investimento em energia renovável no Brasil em 2011

Heather Rosmarin

O investimento no setor de energia renovável no Brasil cresceu para 7 bilhões de dólares em 2011, um aumento de 8% em relação a 2010, de acordo com *Global Trends in Renewable Energy Investment 2012* (Tendências globais em investimentos em energia renovável de 2012), relatório divulgado em junho de 2012 pela Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia do PNUMA, em cooperação com a Escola de Frankfurt – PNUMA Centro de Colaboração para o Clima e Financiamento em Energia Sustentável, em colaboração com a Bloomberg New Energy Finance - BNEF (Relatório PNUMA – Bloomberg).

O relatório do PNUMA – Bloomberg analisou diversos tipos de investimento, entre eles: o financiamento ativo, o capital de risco/investimento de capital privado e o investimento no mercado público, governo e empresas de P&D.

Exemplarmente, o relatório do PNUMA – Bloomberg exclui de seus números os projetos de grandes hidrelétricas, com produção superior a 50 MW, devido aos questionáveis impactos sociais e ambientais de tais projetos. Vale ressaltar que, a definição de energia renovável de utilizada pelo PNUMA – Bloomberg para o relatório contrasta fortemente com a concepção do governo brasileiro de energia renovável, uma vez que este considera os polêmicos projetos de grande hidrelétricas parte de seu conceito.

As seguintes fontes de energia renovável encontram-se no relatório do PNUMA – Bloomberg: biomassa e resíduos para produção de energia; energia geotérmica; projetos de geração de energia eólica de mais de 1 MW; todos os projetos de usinas hidrelétricas entre 1 MW e 50 MW; todos os projetos de energia maremotriz; todos os projetos de biocombustíveis com capacidade de um milhão de litros ou mais por ano; e todos os projetos de energia solar.

No geral, o Brasil ficou em nono do mundo em 2011 em investimento em novas formas de energia renovável, atrás da China, EUA, Alemanha, Itália, Índia, Reino Unido, Espanha e Japão.

A classificação do Brasil deve-se principalmente ao recente aumento no investimento em energia eólica. Considerando os recursos de energia eólica e solar do Brasil, o setor de elétrico renovável brasileiro tem um potencial significativo de crescimento.

Apesar do avanço no investimento em energia eólica, o investimento em energia solar não alcança as tendências globais.

Grandes hidrelétricas foram excluídas da análise de investimento em energia renovável por conta dos questionáveis impactos sociais e ambientais.

Brasil em nono lugar do mundo em investimento em energia renovável, atrás da China, EUA, Alemanha, Itália, Índia, Reino Unido, Espanha e Japão.

O investimento em energia eólica – 4,7 bilhões de dólares – representa mais de 60% do investimento total em energia renovável no Brasil, um aumento de 144% em relação a 2010. O Brasil agora está a caminho de gerar 6.6GW em energia eólica entre 2012 e 2016.

Os números em investimento em energia renovável no Brasil incluem também: pequenas usinas hidrelétricas (947 milhões de dólares), biocombustíveis (939 milhões de dólares), e biomassa e resíduos para produção de energia (450 milhões de dólares).

O investimento em energia solar no Brasil em 2011 foi menor em relação aos outros setores de energia renovável, que ficou em cerca de 30 milhões de dólares.

No resto do mundo, o contexto da energia solar é bem diferente: o investimento em energia solar saltou em 52%, alcançando 147 bilhões de dólares em 2011, segundo o Relatório PNUMA – Bloomberg. O aumento do investimento em energia solar foi devido ao aumento das instalações fotovoltaicas na Alemanha e na Itália, onde os proprietários aproveitaram a queda dos preços dos painéis, e também o aumento do financiamento de grandes projetos de produção de energia solar térmica na Espanha e nos EUA.

Olhando para o futuro, os analistas preveem que o mercado de energia solar do Brasil deve crescer por conta das mudanças da nova política anunciada pela ANEEL em abril de 2012. O futuro do investimento em energia solar no Brasil também é passível de ser influenciado pela queda crescente dos preços dos módulos fotovoltaicos.

## Tendências do Brasil no contexto global

Investimento em energia solar no Brasil fica atrás das tendências globais, mas há esperança no crescimento.

No mundo todo, o investimento em energia renovável (excluindo grandes hidrelétricas) chegou a 237 bilhões de dólares em 2011, superando os 223 bilhões de dólares de despesa líquida na construção de novas usinas movidas a combustíveis fósseis.

A tendência é que cada dólar investido em energia renovável tenha mais valor por conta da queda dos custos de tecnologia para produção. Globalmente, apesar da queda dos custos dos equipamentos para a produção de ambas, energia eólica e solar, esta última teve uma queda significativa dos custos quando comparada com os equipamentos para a produção de energia eólica. Os preços das turbinas eólicas em terra firme diminuíram entre 5% e 10% em 2011, enquanto os preços dos módulos fotovoltaicos caíram cerca de 50%. Até o final de 2011, os módulos fotovoltaicos estavam sendo vendidos nos mercados mundiais entre US\$1 e US\$1,20 por watt, cerca de 76% abaixo de seus preços comparados há três anos e meio, no verão de

2008, de acordo com o relatório do PNUMA – Bloomberg.

## Conclusão

Com os recursos eólicos e solares de alto potencial, o Brasil está se posicionando cada vez mais para se tornar um líder mundial em desenvolvimento e investimento em energia elétrica renovável e limpa. As recentes mudanças nas políticas do governo em relação à energia solar, combinadas à queda dos preços dos recursos tecnológicos para a produção de energia solar e eólica, poderão estimular o acréscimo no investimento do Brasil em energia renovável, aumentando a geração de energia elétrica renovável a custo competitivo, e diminuir a dependência em fontes de eletricidade polêmicas, tais quais os projetos de grande usinas hidrelétricas.





Foto: Tomas Munita / 2011

5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Planos Decenais de Energia que se sucedem ano a ano restringem-se a uma visão “ofertista”, sem o questionamento de suas previsões de demanda. O que é chamado de “planejamento” prioriza o atendimento de cargas futuras projetadas de forma isolada pelo setor elétrico do governo, servindo para justificar investimentos em novas unidades produtoras de eletricidade.

O atual padrão de alocar vultosos recursos públicos na construção de grandes obras é parte de um processo histórico envolvendo os principais setores de infraestrutura no Brasil. Ao longo do tempo, como já ocorreu em outros países, foi criado um emaranhado de interesses que não nos permite afirmar, atualmente, que exista uma capacidade de planejamento para além de um viés concentrado na construção de mega empreendimentos, sobretudo novas hidrelétricas, enquanto são menosprezadas as necessidades de aumentar a eficiência energética e diversificar a matriz energética com outras fontes.

O que a sociedade brasileira perde com o atual modo de planejar o setor elétrico, inclusive sem uma adequada gestão da demanda, é uma série de oportunidades para melhorar a eficiência com que produzimos e vivemos, à altura dos desafios de nossos tempos.

Atualmente, o aumento da oferta de energia é calculado em função de previsões de crescimento econômico expressas em indicadores como o hegemônico Produto Interno Bruto – PIB. A economia, porém, precisa ser compreendida como *subsistema* de um sistema ecológico finito, o nosso planeta. Se o subsistema econômico desconhece os limites

do sistema ecológico, é apenas uma questão de tempo até que o modelo de crescimento econômico a qualquer custo entre em colapso.

De forma semelhante, o setor elétrico do governo deve pautar suas políticas de produção, transmissão e consumo de energia em preocupações sociais que incluem o respeito aos direitos humanos, a criação de empregos em condições dignas de trabalho, dentre outras. Sem operar dentro desses parâmetros ambientais e sociais, as iniciativas de expansão da oferta de energia tendem a extrapolar o espaço da “rosquinha” para utilizar um termo usado em debates sobre a Economia Verde e o Desenvolvimento Sustentável no âmbito da Rio +20.<sup>1</sup>

Sendo assim, é evidente que o planejamento energético precisa apoiar-se em parâmetros e indicadores mais amplos, que tratem das dimensões social e ambiental do crescimento econômico, que não se encontram presentes em indicadores como o PIB, assim como nos cenários atuais do governo sobre a expansão da demanda por energia elétrica.

Da mesma forma que o aumento do PIB gera uma falsa impressão de bem-estar, progresso e de riquezas, frequentemente temporárias e concentradas em determinadas regiões de um país, é também ilusório o sucesso de alguns empreendimentos energéticos, se adotarmos uma ótica de desenvolvimento sustentável para a sociedade como um todo. Conforme relatado nesta publicação, é o caso do atual padrão de planejamento e construção em ritmo acelerado de um número sem precedentes de hidrelétricas na Amazônia, sem atenção adequada para seus impactos e ris-

<sup>1</sup> A Safe and Just Place for Humanity: Can we live within the Doughnut? Kate Raworth, Oxfam Discussion Paper, February 2012, disponível em: <http://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf>. Veja também o vídeo do Instituto Vitae Civilis: “Rio+20 e a Rosquinha” disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=a17EzUgtQWE>

cos socioambientais, inclusive cumulativos, assim como os custos de oportunidade em relação a investimentos alternativos.

Além dos problemas intrínsecos ao PIB, vale destacar que a projeção de crescimento de demanda de eletricidade de 5% ao ano ao longo da presente década, adotado pelo Plano de Expansão Energética 2011-2020 (PDEE 2020), baseia-se na hipótese de que o Brasil continuará exportando energia em produtos eletro-intensivos como se faz hoje, inclusive com aumento da importância relativa desses produtos nos ritmos experimentados nos últimos anos. Crescer no ritmo de 5% ao ano pode ser possível por alguns anos, mas extrapolar esse ritmo para uma ou mais décadas de maneira exponencial leva inevitavelmente a números astronômicos para a suposta “demanda”. Um nível impossível é alcançado dentro de poucos anos como simples consequência da aritmética de crescimento exponencial.

Em conjunto com a revisão de pressupostos relativos ao crescimento da demanda, o planejamento do setor elétrico precisa tratar de maneira urgente da questão dos desperdícios de energia no país. Reduzir os elevados níveis de desperdício nos sistemas de transmissão e distribuição de energia

deveria anteceder a construção de novas usinas hidrelétricas ou mesmo de fontes alternativas de geração. Conforme demonstrado nesta publicação, o país perde um total avassalador de aproximadamente 20% (somando as perdas técnicas e não técnicas) da sua eletricidade, somente nos sistemas de transmissão e distribuição (ANEEL).

O desperdício de energia elétrica provoca impactos diretos no aumento da tarifa do consumidor. Cabe ressaltar que ampla documentação elaborada pelo Tribunal de Contas da União a respeito do atual quadro de perdas no sistema de transmissão ainda não resultou em providências efetivas por parte da ANEEL, em termos de investimentos, incentivos e regulamentos voltados à eficiência energética. Priorizar a eficiência energética no Brasil é uma das formas de evitar a construção de mega-hidrelétricas polêmicas e causadoras de graves problemas socioambientais, como é o caso do Complexo Belo Monte.

Nesta publicação, foi ressaltado que o atual “boom” de hidrelétricas na Amazônia já está provocando profundas consequências negativas para o meio ambiente e populações atingidas como extinção de costumes, modos de vida e civilizações indígenas. Além disso, tais obras têm contribuído



Foto: Marcelo Salazar / ISA

*Sistema de energia solar integrado com energia eólica e gaseificador, alimenta 200 casas e 40 pontos comerciais na Índia.*

para o aumento dos gases de efeito estufa como com a emissão de metano, fato que carece que mais discussão no país. Os impactos e riscos socioambientais de hidrelétricas são tipicamente subestimados ou mesmo desconsiderados nos estudos inventários de bacia e relatórios de impacto ambiental (EIA/RIMAs) e, portanto, nas análises de viabilidade econômica dos empreendimentos.

No caso da energia eólica, existe um potencial de 300 TWh se aproveitado com torres modernas, ou quase quatro vezes o total atual de eletricidade usado no Brasil. No caso da energia solar, com tecnologias atuais, aproveitando apenas 1% da radiação global recebida pelo Brasil, seria possível atender a toda a demanda de energia elétrica no país. São dados extraordinários, mas restam como entraves ao aproveitamento e à expansão da energia solar e eólica no Brasil a falta de incentivos e políticas públicas que consolidem estas indústrias e mercados.

Existem ainda outras formas de aumentar a geração de energia, como a biomassa, a energia das marés e a repotenciação de hidrelétricas antigas. O que falta é um conjunto de estudos sobre o custo-benefício social, econômico e ambiental de estratégias alternativas, resultando em políticas concretas voltadas para a eficiência e conservação de energia, e a geração com maior retorno social e econômico, e com menor impacto socioambiental.

Perante todo esse quadro de problemas, oportunidades e desafios, o governo federal tem frequentemente adotado posicionamentos lamentáveis, como a tendência de menosprezar gargalos de ineficiência energética, a caracterização de grandes hidrelétricas na Amazônia como fonte de “energia limpa” e argumentar que o aumento de escala dos investimentos em fontes alternativas abundantes no país, como solar e eólica, é antieconômico ou mesmo uma mera “fantasia”.

Assim, são criados falsos conflitos, como a suposta necessidade de escolher entre grandes barragens na Amazônia, combustíveis fósseis ou usinas nucleares para atender as necessidades da população brasileira. Enquanto isso, o planejamento do setor elétrico é realizado sem participação democrática – como demonstra a falta de nomeação de representantes da sociedade civil e da universidade brasileira no Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), contrariando a determinação do Decreto no. 5.793 de 29 de maio de 2006. Certamente, esse tipo de posicionamento autoritário do governo não contribui para o enfrentamento dos grandes desafios do setor elétrico brasileiro em pleno século 21.

Nesta publicação, os autores apontaram uma série de necessidades para fortalecer as políticas públicas do setor elétrico brasileiro, abordando temas como estimativas de demanda e eficiência energética, incorporação das dimensões social e ambiental do desenvolvimento no planejamento de empreendimentos, análises comparativas de investimentos, e compatibilização com outras políticas públicas relevantes, como o manejo de bacias hidrográficas, conservação da biodiversidade, gestão áreas protegidas, direitos humanos e mudanças climáticas.

Para que mudanças qualitativas possam acontecer no setor elétrico brasileiro, de modo a possibilitar o enfrentamento dos desafios apontados nesta publicação, uma necessidade urgente é a viabilização de mecanismos de transparência e espaços democráticos de debate e diálogo entre governo e sociedade. Trata-se de um primeiro passo essencial para a viabilização de políticas públicas para o setor elétrico que consigam integrar princípios de eficiência econômica, justiça social e respeito a sistemas ecológicos que constituem a base da sobrevivência e do bem-estar de nossa sociedade.



Foto: Tomas Munita / 2011

# 6

## BIBLIOGRAFIA

# BIBLIOGRAFIA

## 1.2 Moreira, P. F., Planejamento Energético e o PIB

BRUNDTLAND, G.H. et. Al (2012), Environment and Development Challenges: The Imperative to Act (2012), The Asahi Glass Foundation

BUARQUE, Cristovam, 2012, O Progresso da Ideia de Progresso (ainda não publicado)

BUARQUE, Cristovam, Reis e Risos, O Globo, edição de 7 de abril de 2012.

DURAIAPPAH, Anantha Kumar, IHDP, Inclusive Wealth Report 2012: Measuring progress toward sustainability (preliminar), Cambridge

JACKSON, Tim Prosperidade sem Crescimento (CEO, Abril), 2012, VOL. Exame Especial CEO / Rumo à Economia Verde - 04/2012

PEREIRA, José Alberto Gonçalves, 9 abr. 2012, “Além do PIB”, Página 22/FGV, Edição 62.

PORTARIA Interministerial nº 236, de 30 de maio de 2012 (ministério do planejamento, orçamento e gestão) que institui o Comitê das Contas Econômicas Ambientais da Água

STIGLITZ, J, SEM, A., FITOUSSI, J.P. 2009, Report of the commission on the measurement of economic performance et social progress, disponível em [http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport\\_anglais.pdf](http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf)

TOLEDO, José Roberto de, 28 de março de 2012, “Brasil vai mal em índice da ONU que mede riqueza natural”, Estado de S. Paulo.

VIALLI, Andrea, 2012, “Brasil inicia estudos para medir felicidade”, 09/04/2012, Folha de São Paulo (online)

Vitae Civilis, Proposta OXFAM, Rosquinha (donut) da OXFAM/Vitae Civilis: <http://www.youtube.com/watch?v=a17EzUgtQWE>

Documentos:

The Future We Want, Rascunho Zero submetido pelos co-presidentes da Rio+20 a ser considerado pelos Estados-Partes e outros envolvidos

## 1.3 Bermann, C., O setor de eletro-intensivos

Bermann, C. Notas sobre la energía incorporada en la exportación de bienes primarios en Brasil. Energía y Equidad n.1, febrero de 2011, pp. 31-38.

BRAGELPA-Associação Brasileira de Papel e Celulose. Informe Anual 2008/2009.

EPE/MME. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, 2011.

EPE/MME. Nota Técnica DEA 03/11-Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020), 2011.

MME. Balanço Energético Nacional 2001.

MME. Balanço Energético Nacional 2010.

MME. Plano Nacional de Mineração 2030.

### **3.1 Fearnside et al. Hidroelétricas na Amazônia: Fonte de Energia Limpa?**

[1] Angelo, C. 2011. "Por usinas, governo vai reduzir áreas de proteção". Folha de São Paulo, 07 de junho de 2011, p. C-7.

[2] Fearnside, P. M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4): 485-495.

[3] Odinetz-Collart, O. 1987. La pêche crevette de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revue d'Hydrobiologie Tropical* 20(2): 131-144.

[4] Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396.

[5] Cintra, I.H.A. 2009. A Pesca no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil. Tese de doutorado em engenharia de pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. 190 p. Disponível em: [http://www.pgengpesca.ufc.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19&Itemid=32](http://www.pgengpesca.ufc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=32)

[6] Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423.

[7] Barthem, R.B., M.C.L.B. Ribeiro & M. Petreire Júnior. 1991. Life strategies of some long distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 5: 339-345.

[8] Barthem, R. & M. Goulding. 1997. *The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators*. Columbia University Press, New York, NY, E.U.A., 184 p.

[9] Roulet, M. & M. Lucotte. 1995. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air, and Soil Pollution* 80: 1079-1088.

[10] Roulet, M., M. Lucotte, I. Rheault, S. Tran, N. Farella, R. Canuel, D. Mergler & M. Amorim. 1996. Mercury in Amazonian soils: Accumulation and release. pp. 453-457 In: S.H. Bottrell (ed.) *Proceedings of the Fourth International Symposium on the Geochemistry of the Earth's Surface*, Ilkely, University of Leeds, Leeds, Yorkshire, Reino Unido.

[11] Kashima, Y., H. Akagi, Y. Kinjo, O. Malm, J.R.D. Guimarães, F. Branches & R. Doi. 2001. Selenium and mercury concentrations in fish from the lower Tapajos River and the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. p. 280 In: 6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan. ICMGP, Minamata, Japão, 392 p.

[12] Kehring, H.A., O. Malm, H. Akagi, J.R.D. Guimarães & J.P.M. Torres. 1998. Methylmercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. *Environmental Research* 77: 84-90.

[13] Weisser, S.C. 2001. Investigation of the history of mercury contamination in the Balbina Reservoir, Amazon, Brazil. Dissertação de mestrado em toxicologia ambiental, Universität Konstanz, Konstanz, Alemanha, 66 p.

[14] Porvari, P. 1995. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and river Mojú in Amazonian, in the state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment* 175: 109-117.

- [15] Santos, H.S.B., O. Malm & H.A. Kehrig. 2001. Mercury contamination in *Cichla temensis* (tucunaré) from Tucuruí Reservoir, Brazilian Amazon. pp. 136 In: 6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan. ICMGP, Minamata, Japan, 392 pp.
- [16] Malm, O., M.B. Castro, W.R. Bastos, F.J.P. Branches, J.R.D. Guimarães, C.E. Zuffo & W.C. Pfeiffer. 1995. An assessment of Mercury pollution in different goldmining areas, Amazon Brazil. *The Science of Total Environment* 175: 127-140.
- [17] Leino, T. & M. Lodenius. 1995. Human hair mercury levels in Tucuruí area, state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment* 175: 119-125.
- [18] Fearnside, P.M. 2005a. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.
- [19] Fearnside, P.M. 1997. Greenhouse-gas emissions from Amazonian hydroelectric reservoirs: The example of Brazil's Tucuruí Dam as compared to fossil fuel alternatives. *Environmental Conservation* 24(1): 64-75.
- [20] Fearnside, P.M. 2009b. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>
- [21] Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.
- [22] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- [23] Monteiro, M.T.F. 2005. Interações na Dinâmica do Carbono e Nutrientes da Liteira entre a Floresta de Terra Firme e o Igarapé de Drenagem na Amazônia Central. Dissertação de mestrado em Mestre em Ciências de Florestas Tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) & Fundação Universidade do Amazonas (FUA), Manaus, Amazonas, Brasil, 93 p.
- [24] Fearnside, P.M. 2008. Hidrelétricas como "fábricas de metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 100-115.
- [25] Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. p. 129-234 In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 996 p.
- [26] Shindell, D.T., G. Faluvegi, D.M. Koch, G.A. Schmidt, N. Unger & S.E. Bauer. 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science* 326: 716-718.
- [27] Fearnside, P.M. 2005b. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691.
- [28] Garcia R. 2007. Estudo após tese de hidrelétrica "limpa": Análise em usinas no cerrado indica que termelétricas emitem até cem vezes mais gases causadores do efeito estufa. Folha de São Paulo, 01 de maio de 2007, p. A-16.
- [29] dos Santos M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D'Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & A.M.P. Bentes Júnior. 2009. Estimate of degassing greenhouse gas emissions of the turbinated water at tropical hydroelectric reservoirs. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 30(Part 6): 834-837.

- [30] da Silva, M., B. Matvienko, M.A. dos Santos, E. Sikar, L.P. Rosa, E. dos Santos & C. Rocha 2007. Does methane from hydro-reservoirs fit out from the water upon turbine discharge? SIL – 2007-XXX Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, Montreal, Québec, Canadá. <http://www.egmmedia.net/sil2007/abstract.php?id=1839>
- [31] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809, doi: 10.1029/2007GL029479. 55.
- [32] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos, E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- [33] Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8.
- [34] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E. Sikar & E.O. dos Santos. 2006. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102.
- [35] Fearnside, P.M. 2006d. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.
- [36] McCully, P. 2006. Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry’s Grip on Greenhouse Gas Emissions Research. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A., 24 p. Disponível em: <http://www.irn.org/pdf/greenhouse/FizzyScience2006.pdf>
- [37] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. MCT, Brasília, DF, Brasil, 276 p. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0005/5586.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf)
- [38] Rosa, L.P., B.M. Sikar, M.A. dos Santos & E.M. Sikar. 2002. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil. 119 p. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pdf/metano\\_p.pdf](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf)
- [39] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. MCT, Brasília, DF, Brasil, 2 Vols., 520 p.
- [40] Abril, G., F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, A. Tremblay, L. Varfalvy, M.A. dos Santos & B. Matvienko. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19: GB 4007, doi: 10.1029/2005GB002457
- [41] Delmas, R., S. Richard, F. Guérin, G. Abril, C. Galy-Lacaux, C. Delon & A. Grégoire. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. pp. 293-312. In: A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, NY, E.U.A., 732 p.
- [42] Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4): 471-483.
- [43] Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas

emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.

[44] Guérin, F., G. Abril, S. Richard, B. Burban, C. Reynouard, P. Seyler & R. Delmas. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33: L21407, doi: 10.1029/2006GL027929.

[45] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465

[46] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

[47] Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2000. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: Relatório final. Relatório Técnico. ELETROBRÁS, dea, deea, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 176 p. Disponível em: <http://wwwq2.eletronbras.com/elb/services/eletronbras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFEGBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.

[48] dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D'Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.

[49] Pueyo, S. & P.M. Fearnside. 2011. Emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios de hidrelétricas: Implicações de uma lei de potência. *Oecologia Australis* 15(2): 114-127.

[50] Fearnside, P.M. 2009d. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis* 13(4): 609-618.

[51] Fearnside, P.M. 2012. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (no prelo) doi: 10.1007/s11027-012-9382-6.

[52] As pesquisas do autor são financiadas pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Proc. 304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Agradeço a S. Couceiro e P.M.L.A. Graça pelos comentários.

### **Corpo Editorial, Hidrelétricas como geradores de gases de efeito estufa – O Metano**

[18] Fearnside, P.M. 2005a. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.

[19] Fearnside, P.M. 1997. Greenhouse-gas emissions from Amazonian hydroelectric reservoirs: The example of Brazil's Tucuruí Dam as compared to fossil fuel alternatives. *Environmental Conservation* 24(1): 64-75.

[20] Fearnside, P.M. 2009b. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>

[21] Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

[22] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's

- Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- [23] Monteiro, M.T.F. 2005. Interações na Dinâmica do Carbono e Nutrientes da Liteira entre a Floresta de Terra Firme e o Igarapé de Drenagem na Amazônia Central. Dissertação de mestrado em Mestre em Ciências de Florestas Tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) & Fundação Universidade do Amazonas (FUA), Manaus, Amazonas, Brasil, 93 p.
- [24] Fearnside, P.M. 2008. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 100-115.
- [25] Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. p. 129-234 In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 996 p.
- [26] Shindell, D.T., G. Faluvegi, D.M. Koch, G.A. Schmidt, N. Unger & S.E. Bauer. 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science* 326: 716-718.
- [27] Fearnside, P.M. 2005b. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691.
- [28] Garcia R. 2007. Estudo apóia tese de hidrelétrica “limpa”: Análise em usinas no cerrado indica que termelétricas emitem até cem vezes mais gases causadores do efeito estufa. Folha de São Paulo, 01 de maio de 2007, p. A-16.
- [29] dos Santos M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D’Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & A.M.P. Bentes Júnior. 2009. Estimate of degassing greenhouse gas emissions of the turbinated water at tropical hydroelectric reservoirs. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 30(Part 6): 834-837.
- [30] da Silva, M., B. Matvienko, M.A. dos Santos, E. Sikar, L.P. Rosa, E. dos Santos & C. Rocha 2007. Does methane from hydro-reservoirs fiz out from the water upon turbine discharge? SIL – 2007-XXX Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, Montreal, Québec, Canadá. <http://www.egmmedia.net/sil2007/abstract.php?id=1839>
- [31] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809, doi: 10.1029/2007GL029479. 55.
- [32] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos, E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- [33] Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8.
- [34] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E. Sikar & E.O. dos Santos. 2006. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102.
- [35] Fearnside, P.M. 2006d. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.
- [36] McCully, P. 2006. Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry’s Grip on Greenhouse Gas Emissions Research. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A., 24 p. Disponível em: <http://www.irn.org/pdf/greenhouse/FizzyScience2006.pdf>
- [37] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. Comunicação Nacional Inicial do

Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. MCT, Brasília, DF, Brasil, 276 p. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0005/5586.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf)

[38] Rosa, L.P., B.M. Sikar, M.A. dos Santos & E.M. Sikar. 2002. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil. 119 p. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pdf/metano\\_p.pdf](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf)

[39] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. MCT, Brasília, DF, Brasil, 2 Vols., 520 p.

[40] Abril, G., F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, A. Tremblay, L. Varfalvy, M.A. dos Santos & B. Matvienko. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19: GB 4007, doi: 10.1029/2005GB002457

[41] Delmas, R., S. Richard, F. Guérin, G. Abril, C. Galy-Lacaux, C. Delon & A. Grégoire. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. pp. 293-312. In: A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, NY, E.U.A., 732 p.

[42] Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4): 471-483.

[43] Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.

[44] Guérin, F., G. Abril, S. Richard, B. Burban, C. Reynouard, P. Seyler & R. Delmas. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33: L21407, doi: 10.1029/2006GL027929.

[45] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465

[46] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

[47] Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2000. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: Relatório final. Relatório Técnico. ELETROBRÁS, dea, deea, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 176 p. Disponível em: <http://wwwq2.eletronbras.com/elb/services/eletronbras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFECBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.

[48] dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D'Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.

[49] Pueyo, S. & P.M. Fearnside. 2011. Emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios de

hidrelétricas: Implicações de uma lei de potência. *Oecologia Australis* 15(2): 114-127.

[50] Fearnside, P.M. 2009d. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis* 13(4): 609-618.

[51] Fearnside, P.M. 2012. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (no prelo) doi: 10.1007/s11027-012-9382-6.

[52] As pesquisas do autor são financiadas pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Proc. 304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Agradeço a S. Couceiro e P.M.L.A. Graça pelos comentários.

### **3.2 Sousa Junior, W. C., Incorporando os custos socioambientais na análise de viabilidade de Belo Monte e Tapajós**

ELETOBRÁS. Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Disponível em [www.eletobras.com.br](http://www.eletobras.com.br). Acesso em 01 fevereiro 2012.

ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Estudos de Viabilidade. Brasília: ANEEL, 2009.

SOUSA JUNIOR, W. C.; Reid, J. Da falsa emergência energética à truculência política: os riscos e as vicissitudes da geração elétrica no rio Xingu. In: Jacobi, P. R.; Guivant, J. S. (Orgs.). *Perspectivas ambientais: novos desafios teóricos e novas agendas públicas*. São Paulo: ANNABLUME, 2012.

SOUSA JUNIOR, W. C.; Reid, J. Uncertainties in the Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam. *Water Alternatives* 3(2): 249-268, 2010

### **4.1 Baitelo, R., Energias Renováveis: Eólica e Solar**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), (2012), “Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012”. Brasília, <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), (2011), Informe à Imprensa Leilão A5 2011 disponível em [http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220_1.pdf) São Paulo, 20/12/2011

JACOBSON, M.Z. (2008) “Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution, and Energy Security”. *Energy and Environmental Science*.

TOLMASQUIM, M. T. (2003) “Fontes Renováveis de Energia no Brasil”. Editora Interciência. Rio de Janeiro,

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, (2007) “Concentrating Solar Power Commercial Application Study: Reducing Water Consumption of Concentrating Solar Power Electricity Generation”. Report to Congress. Washington D.C.

### **4.2 Ribeiro, L. P.; Moreira, C.F. e Bara Neto, P., Potencial da Bioeletricidade na Matriz Elétrica Brasileira**

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.

CASTRO, Nivalde José de, DANTAS, Guilherme de A. Bioenergia no Brasil e na Europa: uma análise comparativa.

CASTRO, Nivalde José de, BRANDÃO, Roberto, DANTAS, Guilherme de A. A Competitividade da Bioeletricidade e a Metodologia dos Leilões de Energia Nova. GESEL, Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ, Rio de Janeiro, 2009

CASTRO, Nivalde José de, BRANDÃO, Roberto, DANTAS, Guilherme de A. Oportunidades de Comercialização de Bioeletricidade no Sistema Elétrico Brasileiro. GESEL, Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ, Rio de Janeiro, 2009

CASTRO, Nivalde José de, BRANDÃO, Roberto, DANTAS, Guilherme de A. O Potencial da Bioeletricidade, a Dinâmica do Setor Sucroenergético e o Custo Estimado dos Investimentos. GESEL, Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010

ALBUQUERQUE, André Ribeiro Lins de., MONACO, Marcos. Bioeletricidade com Eficiência. Alcoobrás. Edição 130, 2011

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Autores: BATISTA, Eunice Reis., RAMOS, Nilza Patricia., LUCHIARI Jr., Ariovaldo. Bioeletricidade no Setor Sucroalcooleiro Paulista: participação no mercado de carbono, perspectivas e sustentabilidade. Jaquariúna, SP, 2009

UNICA, União da Indústria de Cana-de-açúcar. Etanol e bioeletricidade : a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo, 2010.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. O mercado de trabalho da agroindústria canieira: desafios e oportunidades. Rev. Economia. aplicada., São Paulo, 2007

Ministério de Minas e Energia. Disponível em [http://www.mme.gov.br/mme/menu/belo\\_monte.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/belo_monte.html). Acessado em outubro de 2012.

WWF. Além de Grandes Hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. 2012.

Realização



Apoio



ISBN 978-85-99214-03-9

