

# As Hidrelétricas e o *Tradeoff* entre Crescimento e Sustentabilidade<sup>1</sup>

Andréa de Souza, Professora Pesquisadora, (Doutoranda)  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba-PR, Brasil, asouza70@gmail.com

Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, (Professor Permanente do Programa de Doutorado em  
Tecnologia - PPGTE da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.  
Curitiba-PR, Brasil.christiansilva@utfpr.edu.br

Nádia Solange Schmidt Bassi, Bióloga, (Doutoranda)  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba-PR, nadia.bassi@embrapa.br

Sidarta Ruthes, Administrador, (Doutorando)  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba-PR, sidartaruthes@gmail.com

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento (Professor Pesquisador)  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba-PR, decio@utfpr.edu.br

## Resumo

As escolhas para a matriz energética direcionam expectativas com relação ao suprimento, impactos ambientais, sociais, e ganhos econômicos gerados. Este trabalho se propõe a mostrar como a expansão da oferta de eletricidade por meio das hidrelétricas implica nas relações econômicas, ambiental e conflitos sociais decorrentes da exploração da hidroeletricidade no Brasil. A metodologia empregada nesse artigo foi pesquisa qualitativa por meio de levantamento bibliográfico e análise documental. Como principal resultado, evidencia-se que os contornos da política energética brasileira pendem para decisões com enfoque no mercado em detrimento das demais dimensões que envolvem o setor elétrico brasileiro.

Palavras chaves: hidrelétricas, *tradeoff*, sustentabilidade, dimensões da energia.

## Abstract

The choices for the energy matrix guide the expectations regarding the supply, the environmental and social impacts, and the generated economic benefits. The objective of this paper is to show how the expansion of the power supply, through the construction of hydropower plants involves the economic and environmental relations and the social conflicts arising from the exploitation of hydroelectricity in Brazil. The methodology used in this article was a qualitative research by means of literature review and documental analysis. As the main result, it is clear that the contours of the Brazilian energy policy are oriented to decisions that focus on the market disregarding other dimensions involving the Brazilian electricity sector.

Keywords: hydroelectric plants, tradeoff, sustainability, energy dimensions.

---

<sup>1</sup> Este artigo contou com auxílio financeiro do CNPq (projeto PROSPECÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL - Edital de Ciências Sociais Aplicadas Nº 07/2011) e Fundação Araucária.

## 1 Introdução

O setor energético é estratégico para garantir o *boom* de crescimento e desenvolvimento econômico brasileiro, e exige políticas públicas que garantam a sua eficácia no longo prazo. Frente a essa realidade os gestores públicos deverão, necessariamente, rediscutir seus parâmetros de tomada de decisão na escolha de alternativas de fontes energéticas, que devem incluir as dimensões ambiental, social e institucional da energia (SILVA, 2008). O Brasil é considerado a sétima maior economia do mundo, mas as fragilidades do setor elétrico nacional são cada vez mais evidentes, com sucessivos apagões e acionamento das usinas térmicas em 2012-2013.

Diante disso, é incoerente que a questão energética continue sendo planejada de forma isolada. A escolha entre as fontes energéticas disponíveis hoje, torna-se mais complexa ao requerer uma mudança de postura na avaliação dos agentes econômicos, haja vista, o impacto que exercerão sobre as demais dimensões socioambientais. O desafio é conseguir a convergência entre os interesses econômicos e as demais áreas envolvidas e atingidas diretamente pela política energética adotada pelo país.

Este artigo objetiva mostrar o *tradeoff* entre a expansão da oferta de eletricidade por meio das hidrelétricas e as conseqüentes implicações econômicas, ambiental e conflitos sociais decorrentes da exploração da hidroeletricidade no Brasil. O Brasil é considerado a sétima maior economia do mundo, mas as fragilidades do setor elétrico nacional tem se mostrado cada vez mais evidentes com sucessivos apagões e acionamento das usinas térmicas em 2012-2013.

A abordagem dessa pesquisa é qualitativa, o que segundo Minayo (2001 p.4) trabalha “com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes [...] fenômenos que não podem ser reduzidos a operacionalização de variáveis”. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória e documental, cujo método foi levantamento bibliográfico e análise de documentos oficiais publicados pelos órgãos oficiais do governo brasileiro. O tema de conflito socioambiental restringiu-se aos resultados produzidos ao meio antrópico decorrentes da implantação das hidrelétricas e das Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, enquanto que no aspecto ambiental se discutiu os impactos das emissões de CO<sub>2</sub> e das mudanças climáticas nessa atividade.

O trabalho foi estruturado de forma que na seção 2 se buscou relacionar como a fonte de energia hidráulica traz implicações sobre as dimensões: ambiental, social, econômica e institucional. Na seção 3 procurou estabelecer a conexão entre geração de fonte hidráulica, e sua relação com o crescimento, desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Por fim, na seção 4 são apresentadas as análises e discussões e na seção 5 são abordadas as principais considerações da pesquisa.

## **2 A fonte de energia hidráulica e as implicações sobre a dimensão ambiental, social, econômica e institucional**

Em cenários de escassez de recursos, as escolhas consideradas eficientes quase sempre foram pautadas em argumentos de racionalidade econômica. Os planejadores se vêem diante de *um tradeoff*, onde a tomada de decisão leva a comparação entre custos e benefícios de projetos alternativos. Para Mankiw (2009 p.4) *tradeoff* é uma expressão que define uma situação de escolha conflitante, isto é, quando uma ação econômica que visa a resolução de determinado problema acarreta, inevitavelmente outro. Pode-se afirmar que a geração de eletricidade implicará no sacrifício do meio ambiente e de grupos da sociedade que serão atingidos por impactos ocasionados na implantação de hidrelétricas e/ou das pequenas centrais hidrelétricas.

No início da década de 1970, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, atribuído a Ignacy Sachs, onde se evidenciou a necessidade de mudanças na relação entre crescimento econômico, o meio ambiente e a importância de políticas de longo prazo que abarcassem potenciais situações de exaustão de recursos naturais.

Araújo e Oliveira (1995) enfatizam que as questões ambientais e de equidade, ao final do século XX tomaram uma dimensão própria o que favoreceu a revisão da política energética que considerasse opções tecnológicas de conservação e produção eficiente de energia com baixo impacto, favorecendo sobremaneira as fontes renováveis. Hinrichs e Kleinbach (2003, p.501) verificaram que no Brasil, sucessivos governos não têm equacionado a questão energética de longo prazo de forma integrada nas outras dimensões da energia.

Em todas as escalas, a exploração e o uso da energia provoca danos que variam de grau e intensidade dependendo da área ou agente afetado e da dimensão analisada para cada

projeto específico. De acordo com Cruz e Silva (2010 p.183-184) “o atingido é aquele que sofre os efeitos, sejam eles econômicos ou simbólicos, e tem o seu modo de vida modificado em decorrência da implantação de um projeto hidrelétrico, seja antes, durante ou depois da construção da usina” A Tabela 1 propõe cinco variáveis que influem diretamente no desempenho da economia e as múltiplas interações que envolvem o setor energético.

Tabela 1- As dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais da energia

<b>DIMENSÕES</b>	<b>IMPACTOS DIRETOS E INDIRETOS</b>
Ambientais	Emissões de CO <sub>2</sub> e as mudanças climáticas.
Sociais	Como o atual quadro energético afeta o desenvolvimento e que resultados as políticas públicas desse setor provocam sobre a população local, trabalho, rendimento, saúde, cultura, educação, habitação, segurança e a minimização das desigualdades.
Econômicas	Macroeconômica, Microeconômica, Tecnológica e Políticas Internacionais.
Institucionais	Orientação política, capacidade e esforços governamentais e da sociedade para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado de IBGE (2010); PINTO JUNIOR *et al.* (2007)

O Brasil aparece entre os países que mais explora e investe em fontes limpas de energia, entretanto a operacionalização das usinas hidrelétricas tem sido dificultada por entraves da legislação ambiental brasileira, considerada uma das mais completas do mundo. As dez maiores hidrelétricas do país respondiam até o ano de 2011 por 28,9% da capacidade instalada (ANEEL, 2013).

A instalação de Usinas Hidrelétricas - UHEs gera empregos e postos de trabalhos indiretos, além do aumento de recursos para a região. Um empreendimento de 100 MW pode gerar entre 900 a 1.200 empregos diretos durante a fase de construção. Além disso, a necessidade de se capacitar a mão de obra local pode contribuir para a melhoria do nível da renda regional além de propiciar maior integração e desenvolvimento desses grupos (TOLMASQUIM, 2005; DESTER 2012).

Little (2009) verifica que dentre os problemas ocasionados pela instalação e operacionalização de usinas hidrelétricas, os conflitos socioambientais são tratados como inevitáveis e devem partir de uma contextualização ambiental, cultural, histórica e geográfica. Nota-se que algumas sociedades tradicionais, por exemplo, mantêm lugares sagrados que orientam sua cosmologia, ritos e práticas ambientais, que em muitas situações

estão diretamente ligados aos mitos de origem do grupo, e que são afetadas pela instalação de empreendimentos que utilizam esses espaços para produção da energia. As identidades territoriais de Estados-nações também representam outra espécie de lugar sagrado (LITTLE 2009 p.114-151), pois o território é a referência onde são forjadas as práticas materiais (organização e produção do espaço) e as representações espaciais (simbólicas e imaginadas).

As PCHs surgiram no século XIX, entretanto, legalmente no Brasil somente em 1982 foram institucionalizadas por meio da Portaria DNAEE de 24 de novembro de 1982, onde se definiu os requisitos construtivos mínimos e máximos de uma PCH. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA é atualmente o principal responsável por direcionar fundos para a introdução de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas no sistema brasileiro.

O baixo impacto ambiental das PCHs em contraposição às grandes hidrelétricas como alternativa renovável, no entanto, tem sido contradito em estudos recentes. Estudos datados de 1999, já demonstravam que uma única usina hidrelétrica de grande porte eram comparáveis aos impactos acumulados de várias PCH's, para a mesma quantidade de energia e o mesmo nível de serviços (TOLMASQUIM 2005, p.20)

A discussão sobre aquecimento global tem suscitado mudanças na condução da política energética no Brasil e no mundo. Goldemberg (2010 p.45-46) observa como principais conseqüências do aquecimento global a diminuição de vazão dos rios em decorrência da evaporação. No Brasil, de acordo com o autor, o nível de emissões de CO<sub>2</sub> por tep é avaliado em 1,7 toneladas enquanto que nos países desenvolvidos, da OCDE pode atingir 2,4 toneladas de CO<sub>2</sub> por tep (+40%).

Estudos contemporâneos realizados pela Associação Brasileira de Energia Nuclear constataram que a fonte com a menor emissão de CO<sub>2</sub> é a hidrelétrica. Foram utilizadas referências internacionais que contemplaram as emissões de CO<sub>2</sub> ao longo de todo o ciclo de vida das instalações produtoras. As UHEs a fio d'água apresentam os menores montantes de emissão - 2 kt eq. CO<sub>2</sub>/TWh, seguidas pela geração solar fotovoltaica - 13 kt eq. (DESTER, 2012 p.152-153). A Figura 1 mostra a comparação das emissões entre

diferentes fontes de geração, destacando-se a energia nuclear e a eólica como as fontes menos poluentes depois das hidrelétricas.

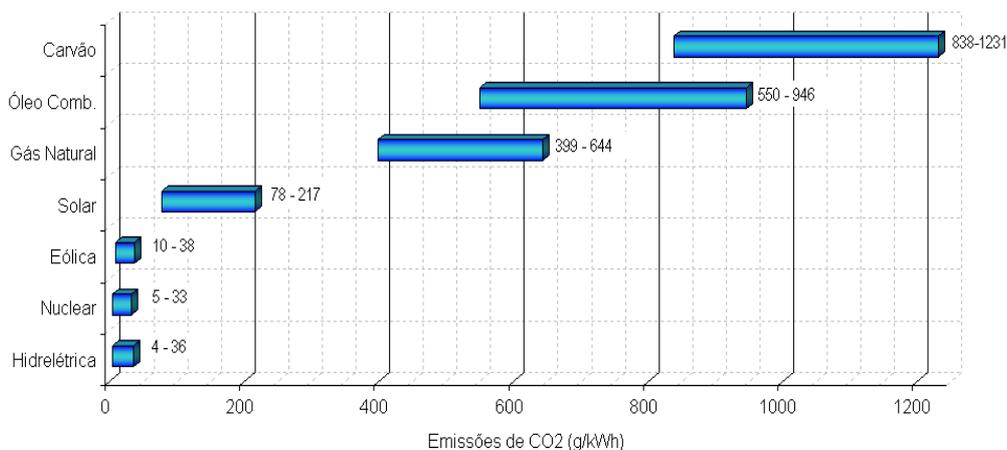


Figura 1- Comparação entre as emissões específicas de CO<sub>2</sub> (em g/kWh)  
Fonte: Dester (2012 p.153)

Os atores envolvidos em conflitos socioambientais, como os residentes atingidos, as ONGS, órgãos de licenciamento ambiental, Ministério Público, a justiça e os empreendedores privados têm muitos desafios a superar. Cabe ao Estado o papel de formular políticas públicas capazes de mediar os conflitos de forma que os agentes possam negociar os ganhos e perdas associadas. Em Bursztyń (2009 p.153) a Avaliação Ambiental Estratégica é tratada como [...] um poderoso instrumento que pode mitigar, *a priori*, alguns efeitos indesejáveis, e cuja análise *ex-ante* daria transparência a todo o processo de decisão.

Essa mudança na relação entre a produção e o meio ambiente resultou na criação de uma legislação específica. No Brasil em 1981, foi aprovada a Política Nacional de Meio Ambiente e no ano de 1986, por intermédio da Resolução CONAMA nº01, definiu-se a obrigatoriedade do licenciamento das atividades que provocassem modificações do meio ambiente que ficou vinculada à elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos projetos. Em 1985 foi estabelecido o Ministério do Meio Ambiente e em 1989 foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, com a função de conceder licenciamento ambiental, controle da qualidade ambiental, autorização de uso dos recursos naturais, fiscalização, monitoramento ambiental.

Cabe destacar a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605, de fevereiro de 1998) atualmente uma das mais importantes em nível nacional. Todavia, o Estado é uma entidade que as vezes decide de forma incoerente representando de forma desigual e diferenciada os interesses divergentes da sociedade (LITTLE, 2009 p.107-12).

### **3 A energia que vem dos rios e sua relação com o crescimento, desenvolvimento econômico e sustentabilidade**

Este tópico objetiva apresentar como as hidrelétricas e as PCHs se inter-relacionam na promoção do crescimento da economia e no desenvolvimento do país.

#### **3.1 As Hidrelétricas e as Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil**

No ano de 2012, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, estimou-se que o Brasil contava com 194 milhões de habitantes, sobressaindo como a quinta maior população e a sétima maior economia do mundo em tamanho de Produto Interno Bruto - PIB.

Dentre as variáveis que definem o nível de desenvolvimento de um país, destaca-se a facilidade do acesso da população aos serviços de infraestrutura relacionados à saúde pública, transporte, telecomunicações e a disponibilidade e acesso a energia elétrica que rege as atividades da sociedade (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008). Os resultados do Censo Demográfico Brasileiro de 2010 apontaram que entre os indicadores que apresentaram níveis de melhora nos últimos em dez anos, a energia elétrica foi a que apresentou a maior cobertura (97,8%), sobretudo nas áreas urbanas (99,1%), mas também com forte presença nas áreas rurais (89,7%) (IBGE, 2011).

Um dos principais desafios propostos aos *policy makers* brasileiros é a gestão dos gargalos responsáveis pelo entrave do crescimento da economia. Dentre os setores que podem gerar um apagão logístico em caso de aceleração do crescimento, está a expansão da capacidade de oferta de energia. De acordo com o Plano Decenal de Energia - PDE estima-se que a capacidade instalada do sistema deverá crescer 57% até 2021 (MME; EPE 2012).

Historicamente o Brasil utiliza energia hidrelétrica desde o final do século XIX, mas foi no período de 1960 e 1970 que ocorreu a fase de maior investimento nessa fonte pela

dimensão do potencial hídrico favorável a nação. Segundo a EPE (2012 p.16-17) a geração elétrica oriunda das hidrelétricas, se consideradas as centrais de serviço público e autoprodutores, atingiu 531,8 TWh em 2011, resultado 3,1% superior à 2010 com a fonte hidráulica respondendo por 74% do total da oferta na matriz elétrica brasileira, majoritariamente renovável, inclusive na participação da energia originária de importação (EPE/BEN 2012).

Todavia, em Reis *et al.* (2012, p.81-82), os autores destacam que objetivando minimizar os impactos causados por obras de grande porte, o governo brasileiro tem incentivado a execução de usinas menores e locais, ou ainda recapacitar centrais desativadas. As PCHs tem potência máxima entre 1 a 30 megawatts, a área de alagamento não ultrapassa 13km<sup>2</sup> e representam uma excelente oportunidade para as áreas isoladas, pequenos centros agrícolas e industriais em comunidades de baixo índice de desenvolvimento humano. Estes empreendimentos alavancam a economia local pela intensiva utilização de mão de obra na fase de construção, em média 300 pessoas, e na fase de operação e manutenção, as PCHs requerem em média de seis a dez pessoas no quadro técnico de gestão (TOLMASQUIM, 2005; GOLDEMBERG, 2010).

A Figura 2 mostra a evolução do parque gerador em número de empreendimentos em operação no horizonte 2001-2010 onde se verifica o crescimento tanto de PCHs como em UHEs. Em agosto de 2013 o Banco de Informações de Geração- BIG (ANEEL) registrou que estavam em operação 191 Usinas Hidrelétricas, 460 Pequenas Centrais Hidrelétricas, e 460 Centrais Geradoras Hidrelétricas - mini usinas, com potência de até 1 Megawatt (MW). Segundo Vichi e Mansor (2009 p.762-763) o mundo ainda segue a tendência de modernizar e ampliar a capacidade de geração das usinas hidrelétricas onde for possível ou processar a instalação de geradores em represas onde não há geração de energia.

Desde a década de 1970 até princípio dos anos de 1990 o país se endividou para expandir seu parque hidrelétrico. Nesse mesmo ano, aproximadamente 15% da dívida externa brasileira relacionava-se à obras de construção de grandes usinas hidrelétricas (Reis *et al.* 2012 p.81), contudo, o gás natural e o incentivo a cogeração tem resultado em um decréscimo na participação relativa da energia de origem hidrelétrica (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008).

## Evolução do Número de Empreendimentos em Operação

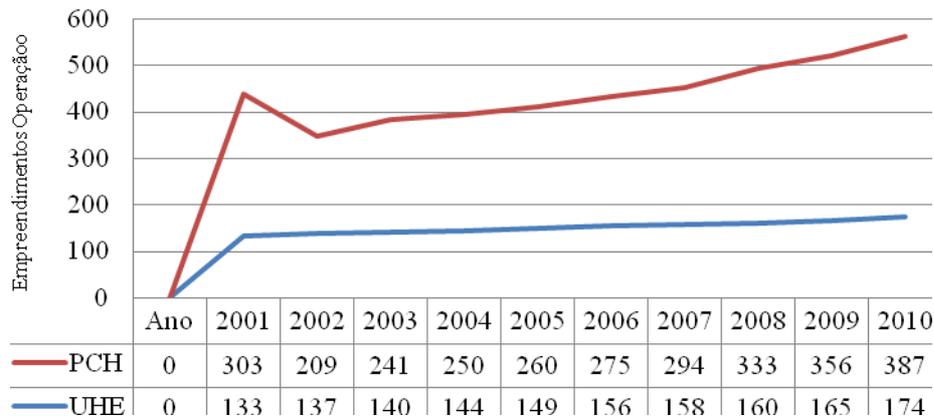


Figura 2 - Evolução do número de UHEs e PCHs em Operação no Brasil (2001-2010)  
Fonte: Adaptação dos autores - BIG ANEEL (2013)

Dentre as vantagens econômicas na geração da energia de fonte hidráulica, se destacam os baixos custos operacionais quando comparados ao investimento inicial e a independência dessa fonte em relação às variações do preço do petróleo no mercado internacional. O principal benefício ambiental explorado é o seu caráter renovável, contudo os impactos ambientais para construção de um complexo hidrelétrico geram consideráveis externalidades negativas.

Há trinta anos o Brasil estava entre os 10 países de energia elétrica mais barata do mundo, quando comparado aos preços praticados nos Estados Unidos, França, Índia, Rússia e China. Hoje o país consegue gerar energia elétrica barata e limpa, contudo possui uma das tarifas mais caras do mundo. Pesquisa da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN mostra que “a tarifa média de energia elétrica para a indústria do Brasil é de R\$ 329,00 por megawatt-hora (MWh), quase 50% a mais que a média de R\$ 215,50 em um conjunto de 27 países do mundo que possuem dados disponíveis na Agência Internacional de Energia” (FIRJAN 2011).

As UHEs podem ser classificadas em duas categorias: aquelas que possuem reservatório de acumulação, ou, simplesmente, as UHEs a fio d’água. Tecnicamente estas últimas trabalham com capacidade de armazenamento das vazões afluentes, de um dia, e no máximo, uma semana. As usinas tradicionais possuem capacidade de armazenamento plurianual, podendo chegar até dois anos (DESTER, 2012). Ao se analisar a série histórica

de 2002 a 2011, nota-se que a oferta interna de energia manteve a média de 14,5% na fonte hidráulica e eletricidade (EPE/BEN 2012 p.22).

Dentre os desafios no que tange a melhoria da infraestrutura de energia, destaca-se a modernização das instalações existentes e, principalmente, o desenvolvimento de um modelo de financiamento para o setor elétrico. Ademais, a falta de coordenação entre as áreas do governo responsáveis pelo planejamento e gestão da energia com as ações do Ministério do Planejamento, acarretam um *delay* entre a real capacidade instalada e a prevista (DESTER, 2012).

Uma das principais ameaças quanto a expansão do parque gerador em hidroenergia é o tema ambiental. Em 2008 o Banco Mundial registou que no Brasil a emissão da Licença Prévia para esses empreendimentos tem se caracterizado como um processo moroso e cheio de incertezas. Uma amostra no total de 66 usinas em fase de licenciamento naquele ano consumiu em média 32 meses, ou quase três anos para se resolver as questões de autorização dos órgãos ambientais competentes (SOITO, 2011) além de intermináveis disputas judiciais envolvendo o embargo de obras.

Dentre as ações com vistas a promover o crescimento e desenvolvimento da país, no primeiro mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva (2003-2006), foi apresentado a nação um projeto com vistas a aumentar a taxa de investimento na economia denominado Programa de Aceleração do Crescimento – PAC. O orçamento inicial para o período 2007-2011 previa um total de R\$ 503,9 bilhões em investimentos direcionados às áreas de transporte, energia, saneamento, habitação e recursos hídricos, a serem compartilhados com o setor privado (PAC, 2007 p.3).

O PAC entrou em sua segunda fase em 2011 sob a denominação PAC 2. Estão em andamento no país até agosto de 2013, obras de 10 hidrelétricas (18.340 MW), 14 termelétricas (3.871 MW), 95 eólicas (2.472 MW) e 6 pequenas centrais hidrelétricas (118 MW), que irão expandir em 24.803 MW a capacidade de geração do país. A maior obra de geração de energia elétrica em construção no Brasil atualmente é a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, com 11.233 MW de capacidade instalada e R\$ 25 bilhões em obras já executadas (21% do cronograma). Com respeito a expansão das linhas de transmissão,

estão atualmente em obras 27 LT, totalizando 10.346 quilômetros, além de 26 subestações de energia (PAC 2 6º BALANÇO, 2013 p.72).

### **3.2. Gases de Efeito Estufa (GEE) e as mudanças climáticas nas atividades das hidrelétricas**

As mudanças climáticas podem alterar negativamente as atividades da agricultura, pecuária e intervir na operação do sistema elétrico de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica. As modificações dos fluxos hídricos são preocupantes na garantia da segurança energética comprometendo a operação das usinas. As bruscas alterações no comportamento das vazões nas bacias dos rios produtores de energia elétrica e as mudanças na expectativa de ocorrência de eventos extremos (como tempestades e secas) podem deixá-las vulneráveis a paralisação (SCHAEFFER *et al*, 2008).

O Brasil figura entre os dez países que mais “contribuem para o efeito estufa e suas emissões de carbono correspondem a 2,69% dos totais mundiais” (BURSZTYN, 2012 p.449), no entanto, estudos indicam que a geração de energia elétrica pelas hidrelétricas não é a mais intensiva na emissão de CO<sub>2</sub>. Em 2005, o setor de energia e a indústria, juntos, respondiam por 18% do total das emissões de CO<sub>2</sub>eq enquanto que as mudanças no uso da terra e florestas respondiam por 58% das emissões (BURSZTYN; BURSZTYN 2012 p.450).

Uma importante ação do governo brasileiro ocorreu durante a 15ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP15, 2009), quando o país assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 36,1% a 38,9% até 2020 (em relação ao que emitia em 1990). O acordo resultou na Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC cujo principal objetivo é executar medidas nacionais de comprometimento na redução de emissões de GEE. Em outubro de 2010, foi apresentado o segundo Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa, abrangendo o período de 1990 a 2005, última publicação oficial.

A EPE no documento PDEE 2021 (última versão oficial), projetou que até o ano 2021 as emissões crescerão 95% para o setor energético. A Tabela 2 mostra as principais variáveis

referentes à intensidade de carbono devido a produção e uso de energia para a economia brasileira.

Note-se, que as projeções indicam diminuição tanto na intensidade de carbono no uso da energia como na intensidade de carbono na economia para o horizonte 2021, sinalizando o compromisso de redução de emissões firmado na 15ª Conferência das Partes em 2009 (CPO-15). As projeções do PDEE são reconhecidas como um provável cenário de mitigação ou intervenção, haja vista, que incorpora meta específica de redução de emissões de CO<sub>2</sub> e apresenta políticas e medidas no sentido de viabilizá-la.

Tabela 2 – Intensidade de carbono na economia brasileira (produção e uso da energia)

Item	Unidade	2005	2020	2021
Emissões de GEE na produção de energia	10 <sup>6</sup> tCO <sub>2</sub> -eq	329	622	641
PIB	R\$ bilhões (2010)	2.967	5.734	6.021
Consumo final energético	10 <sup>6</sup> tep	182,7	353,2	367,5
Intensidade de carbono no uso da energia	kgCO <sub>2</sub> -eq/tep	1.801	1.761	1,744
Intensidade de carbono na economia	kgCO <sub>2</sub> -eq/10 <sup>3</sup> [2010]	110,9	108,5	106,5

Fonte: EPE – PDEE 2021 (p. 323)

*Nota 1: a equivalência de CO<sub>2</sub> é dada pela métrica do GWP para 100 anos (CH<sub>4</sub> =21 N<sub>2</sub>O=310)*

*Nota 2: essa meta atende ao disposto na Lei 12.187/09 e o Decreto 7.390/10.*

### 3.3 Notas sobre segurança energética no Brasil

A chamada segurança energética – garantia do suprimento energético a população – tem recebido maior ênfase entre as prioridades de planejamento governamental, se transformando, inclusive, numa questão de Estado. O conceito de segurança energética esteve quase sempre ligado ao suprimento de petróleo, entretanto, o modelo de crescimento das grandes economias, baseado no uso de combustíveis fósseis, vem modificando o escopo da discussão nesse tema (PAUTASSO; OLIVEIRA, 2008).

No atual modelo do setor elétrico brasileiro, o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Cabe ao ONS gerir o estoque de energia de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o território nacional (ONS, 2013).

Entre os riscos que podem comprometer o abastecimento interno, se considera aqueles relacionados ao clima, possíveis inundações ou falta de chuvas, a quebra de safras agrícolas, a expansão e manutenção das linhas de transmissão e pouca iniciativa legislativa. Também é relevante que a atual política energética preveja um conjunto de ações que garantam operação segura dos equipamentos e instalações, reduzindo a indisponibilidade dos sistemas de suprimento (ONS, 2013).

As termelétricas vêm assumindo importância no cenário atual brasileiro, como em 2012, quando foram acionadas por conta de fortes alterações no ciclo hidrológico. O uso dessa fonte passou a ser concebido após a crise energética de 2001, quando se evidenciou a necessidade de aumentar a segurança na oferta de energia elétrica por conta de escassez de chuvas. Naquele ano eram 53 usinas térmicas em funcionamento gerando entre 5 e 100 MW. Atualmente são 1.664 usinas térmicas em operação movidas a combustíveis como óleo, gás natural e biomassa, com potência somada de 36,6 mil MW – aproximadamente 27,5% do total da energia gerada no país (ANEEL, 2013).

As autoridades do setor elétrico brasileiro têm discutido ações para melhorar a transmissão da energia gerada de forma segura e nas taxas correspondentes aos padrões de expansão da economia. Dadas as características de distribuição geográfica dos rios e cidades, existe uma significativa distância entre os grandes centros de geração e de consumo da energia elétrica. A maior concentração de metrópoles se dá nas regiões Sul e Sudeste do país, enquanto que grande parte dos rios e afluentes se concentra na região Norte. Em 2011 foi registrado um total de 103.362 km de extensão na rede de transmissão elétrica (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2012).

Este panorama simplificado ilustra a dependência que o Brasil tem de longas linhas de transmissão, responsáveis pelo transporte da energia desde as suas fontes até as suas cargas, o que favorece perdas expressivas nessa fase do processo (ANUÁRIO ESTATÍSTICO 2012 p.77). Em março de 2013 foi apresentado pelo ONS um relatório que identificou 2.300 falhas por ano, mais de 6 problemas por dia, com prejuízos diretos ao consumidor e cortes no fornecimento. Foram registrados no último quinquênio entre 2.258 a 2.670 casos por ano.

Esses eventos expõem a fragilidade da segurança energética do Brasil e coloca em dúvida a capacidade das autoridades em responder rapidamente e de forma clara quais foram os verdadeiros problemas que geraram apagões entre os meses de outubro a dezembro de 2012, que resultaram em prejuízos financeiros e na alta insatisfação dos consumidores que pagam uma tarifa cara pelo uso da energia elétrica conforme abordado na subseção 3.1.

#### **4 Resultados e Discussões**

Como principal resultado dessa pesquisa entende-se que o Brasil deve seguir na trajetória de políticas de diversificação da matriz elétrica brasileira com forte tendência de expansão do potencial da energia eólica. Esta tem se mostrado mais competitiva frente às PCHs pelas significativas reduções de preço da energia dessa fonte e menores impactos sobre o meio ambiente. Além disso, a demora na obtenção de licenças ambientais e as disputas judiciais já são responsáveis pelo atraso na conclusão das obras das hidrelétricas em andamento atualmente.

O saldo do último Leilão de Energia A-5, realizado em dezembro de 2012 contratou 10 projetos eólicos com potência somada de 281,9 MW e investimentos previstos da ordem de R\$ 1,1 bilhão. Foram contratadas apenas duas usinas hidrelétricas com 292,4 MW de potência instalada e uma previsão de aporte de quase R\$ 856 milhões para esses projetos (EPE, PORTAL PCH 2012).

Uma questão crítica considerada no PDEE 2021 é a estimativa da capacidade de armazenamento dos reservatórios, que deverá crescer apenas 5% até 2021. Tal projeção reforça a necessidade de se planejar sistemas de *backup* e expandir a estrutura de comunicação entre os centros de geração e distribuição para evitar choques de preços no mercado.

Na perspectiva do desenvolvimento econômico, o Programa Luz para Todos, até setembro de 2011, beneficiou 14,2 milhões de brasileiros, destacando-se como um importante programa de inclusão social que melhorou os indicadores de qualidade de vida da população carente, especialmente na área rural, e reforçou o caráter social da energia como fonte de geração de riqueza (PROGRAMA LUZ PARA TODOS, 2013).

Seguido aos choques internacionais do petróleo, se fortaleceram uma série de políticas para a transição da matriz energética brasileira baseada em lenha e carvão para a matriz hidrelétrica. Verificou-se que no período entre 1971 e 1981, a capacidade instalada de energia elétrica em hidrelétricas aumentou de 10.244 MW, 81% da potência total instalada, para 30.600 MW, 89% da potência total instalada (PINHEIRO, 2011 p.10), no entanto, no período 2004-2011 a participação da energia hidráulica manteve-se no patamar de 14% do total da energia gerada.

No Quadro 1 é mostrado a expansão da capacidade instalada brasileira de geração, por meio de hidrelétricas e PCH's (2004-2011), e a contrapartida em ampliação da oferta de energia elétrica em unidades ligadas por meio do Programa Luz para Todos. A presença desta fonte na matriz energética saltou de 1,34% em 2004 para 3,3% em 2011 confirmando sua importância para a economia e garantia da segurança energética.

Quadro 1- Fontes de geração hidráulica e unidades ligadas do Programa Luz para Todos

<b>CAPACIDADE DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL (MW)</b>								
<b>USINAS HIDRELÉTRICAS E PCHs</b>								
Variável	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Capacidade Total Instalada	69.087	71.059	73.679	76.869	77.545	78.610	80.703	82.459
Capac. Total Instalada (%)	80,3	80,3	81,3	81,7	80,8	80,6	79,1	75,9
PCHs	1.220	1.330	1.566	1.820	2.490	2.983	3.428	3.870
UHE <sup>(*)</sup>	67.778	69.631	72.005	74.937	74.901	75.484	77.090	78.371
Part. % Hidráulica	14,4	14,8	14,8	14,9	14,0	15,2	14,0	14,7
Unidades Ligadas <sup>(**)</sup>	69.999	378.046	590.013	397.277	441.427	357.970	291.431	-
Emissões GEE MtCO <sub>2</sub>	-	-	-	24,76	34,50	23,35	35,84	29,79

Fonte: Adaptação dos autores (2013) de Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2012; BIG ANEEL

<sup>(\*)</sup> Considerando Itaipu Binacional em média 7.100 (MW)

<sup>(\*\*)</sup> Programa Luz para Todos alcançou cerca de 7% da população brasileira somente em 2011 (CNI, 2012)

A sociedade civil tem ampliado a discussão sobre impactos socioambientais e pressionado o governo cada vez mais em se tratando de empreendimentos considerados danosos as populações locais. Entretanto, seria precoce afirmar que tal poder de pressão é suficientemente forte para embargar um empreendimento de vulto tão expressivo como a construção da usina de Belo Monte, Pará, Brasil e que envolve além dos interesses econômicos, objetivos políticos e lucrativos contratos para grupos privados.

Em 2012 a segurança energética foi colocada em risco por consecutivos episódios de apagão que interromperam o fornecimento de energia elétrica em várias regiões do Brasil. O ano de 2012 não apresentou significativo crescimento do PIB e a indústria não foi o agente econômico que mais se destacou. Ademais, o nível dos reservatórios em 2012 foi comprometido pelo baixo volume de chuvas, fazendo com que as autoridades acionassem as termelétricas em outubro de 2012. O Quadro 2 relaciona a interação entre as fontes hidráulicas e as dimensões socioambientais da energia. Note-se que esses efeitos são considerados no PDEE 2021 e são ponderados pelos órgãos que autorizam a operação de tais projetos.

Quadro 2 – Interação entre as fontes hidráulicas e as dimensões socioambientais da energia

DIMENSÕES	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE FONTE HIDRÁULICA
Ambientais	A geração de energia por essas fontes apresenta menor potencial de emissão de GEE quando comparado ao manejo de solo e florestas. As PCHs são incentivadas por programas governamentais como o PROINFA, mas os atrasos na entrega de usinas sinalizam a falta de financiamento para projetos dessa natureza. O tempo de obtenção das licenças ambientais é em média de 32 meses para as hidrelétricas. Até julho de 2013 haviam 19 empreendimentos hidrelétricos com cronograma das obras em atraso, destacando-se as obras de Belo Monte (PA) e Jirau (RO), bem como 150 PCHs apresentam cronograma de obras em atraso.
Sociais	Esses empreendimentos são geradores de empregos na fase de construção e operação das usinas. A alteração do meio pode provocar interferência nas relações de dependência com o território e uso dos recursos, afetando o patrimônio material e imaterial. O aumento de fluxos migratórios pressiona a infraestrutura nos setores de habitação, saúde, educação e saneamento básico. A Usina de Belo Monte teve suas atividades paralisadas por decisão judicial e invasões de indios em maio de 2013. Em Jirau os operários incendiaram alojamentos e fizeram greve paralisando o cronograma dessa obra.
Institucionais	O setor elétrico brasileiro deve revisar o marco regulatório e intensificar o papel fiscalizador da ANEEL. A transformação da matriz energética deve alterar as políticas atualmente vigentes.
Econômicas	As decisões de planejamento da expansão do setor elétrico apontam para continuidade da exploração dessas fontes, contudo, o potencial eólico ganha espaço pelos melhores preços obtidos nos últimos leilões de energia. Observe-se que a fonte eólica ainda tem caráter complementar às hidrelétricas e PCHs. Há sinais de que o governo brasileiro ao não expandir as hidrelétricas com reservatórios acionará as termelétricas aumentando as emissões de CO <sub>2</sub> . Em 2012 Os brasileiros ficaram 18 horas e 39 minutos sem energia, quase três horas acima do limite estabelecido pela ANEEL, que é de 15 horas e 52 minutos.

Fonte: Autores (2013), adaptado de ANEEL, Portal PCHs; FIESP.

## 5 Considerações

A expansão da oferta de eletricidade por meio das hidrelétricas ou PCH's altera as relações entre a produção de energia, a economia, a sociedade e o meio ambiente. A tradicional solução via mercado é insuficiente em tempos de rigor nas políticas ambientais e forte pressão de grupos da sociedade que protegem os direitos das populações diretamente atingidas pela exploração das fontes hídricas.

A política energética deverá seguir na linha da diversificação e utilização de fontes renováveis, inclusive, porque atualmente, no caso brasileiro, o preço da energia eólica tem se mostrado competitivo, fazendo com que mais projetos dessa fonte sejam aprovados para suprir a demanda do país até 2021. Contudo, há de se considerar as dificuldades na conclusão dos parques eólicos, bem como o caráter complementar da energia eólica que é dependente de ventos. O Brasil dispõe de abundantes recursos hídricos e esse potencial deverá ser aproveitado ainda por muitos anos, a despeito dos dilemas enfrentados pelos *police makers* no que tange ao desenvolvimento com responsabilidade ambiental. O governo brasileiro tem feito esforços para cumprir as suas metas de redução de GEE e considera as questões socioambientais em todos os seus PDEE, sinalizando que as decisões de política energética deverão ser compatíveis com a proposta de sustentabilidade.

Em 2012 com a falta de chuvas e o atraso na conclusão de obras das hidrelétricas o governo brasileiro teve de acionar suas termelétricas. Essa solução trouxe prejuízos econômicos, pelo custo de manutenção dessas usinas, bem como pressões ambientais, pela utilização de combustíveis altamente poluentes. A opção por usinas a fio d água mitiga o problema do alagamento de grandes áreas para hidrelétricas de grande porte, entretanto, apresenta um risco em caso de alteração do ciclo de chuvas. Dados da FIESP (2013) mostraram que dos 42 projetos hidroelétricos leiloados nos últimos 12 anos, com potência instalada de 29 mil MW, apenas 10 pequenos projetos apresentavam reservatórios, correspondendo a 7% da potência total.

A não expansão da oferta de energia elétrica de fonte hidráulica poderá comprometer a segurança energética da economia brasileira país. Por outro lado, a relação da energia com as suas outras dimensões requer uma revisão nas políticas atuais que ainda priorizam os objetivos mercadológicos. Diante do atual quadro de incertezas quanto ao futuro da

economia brasileira, cabe aos agentes econômicos equacionarem as novas necessidades de produção com os impactos que acarretarão sobre essas dimensões, haja vista que se o país voltar a crescer a taxa média de 3% a.a. há evidentes riscos de falta de energia para atender a essa demanda.

O *tradeoff* que o Brasil enfrenta hoje é redesenhar sua matriz energética de forma a aproveitar todo o potencial de suas fontes de energias renováveis, sem comprometer o crescimento da economia que vem apresentando resultados aquém dos projetados nos últimos 3 anos. Como todos os países em desenvolvimento, a produção ainda é baseada no uso de combustíveis fósseis e uma mudança para fontes de baixa emissão de carbono é um processo demorado que demanda mudança tecnológica, redirecionamento de investimentos e também a reeducação dos agentes econômicos para o uso racional dos energéticos.

O Brasil vem adotando uma política de aproveitamento dos recursos hídricos desconectada das demais dimensões da energia. As decisões ainda são pautadas nos ganhos de curto prazo onde os objetivos de crescimento (no curto prazo) ainda são preferíveis a definição de políticas em cenários futuros de escassez de recursos, limitando-se ao cumprimento das disposições da legislação nacional.

## Referências

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2013). Banco de informações de geração: matriz de energia elétrica. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/operacaocapacidadebrasil.asp>> Acesso em 25 de jul 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2011). Dez maiores hidrelétricas respondem por 28,9% da capacidade instalada brasileira. Disponível em <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias\\_area/arquivo.cfm?tipo=PDF&idNoticia=3948&idAreaNoticia=1](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias_area/arquivo.cfm?tipo=PDF&idNoticia=3948&idAreaNoticia=1)> Acesso em 10 de abr 2013.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2012. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>> Acesso em 10 de abr 2013.

ARAÚJO, João Lizardo de; OLIVEIRA, Adilson de (1995). Questões de política energética brasileira para o fim do século. Instituto de Economia da UFRJ.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL (2008). Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. Brasília: Aneel.

BURSZTYN, Maria Augusta; BURSZTYN, Marcel. Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CRUZ, Carla Buiatti; SILVA, Vicente de Paulo da (2010). Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. Soc. nat. (Online) [online]. vol.22, n.1, pp. 181-190.

COP 15 - PNMC - PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (2013); MATRIZ ENERGÉTICA (2009). Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/cop/panorama/o-que-o-brasil-esta-fazendo/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima>> Acesso em 15 de abr 2013.

DESTER, Mauricio (2012). Propostas para a construção da matriz de energia elétrica brasileira com foco na sustentabilidade do processo de expansão da oferta e segurança no suprimento da carga. Tese (Doutorado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2012). Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011. Rio de Janeiro.

FIESP – Federação das Indústrias de São Paulo (2013). Fiesp defende hidrelétricas com reservatórios, diz diretor de Infraestrutura no 14º Encontro de Energia. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-defende-hidreletricas-com-reservatorios-diz-diretor-de-infraestrutura-no-14o-encontro-de-energia/>> Acesso em 06 de ag 2013.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (2011). Tarifa de energia para indústria brasileira está 50% acima da média mundial. Disponível em <<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC30E85C950131B3B6A4A069BE.htm>> Acesso em 15 de abr 2013.

GOLDEMBERG, José. Energia e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Blucher, 2010.

HINRICHS, Roger A; KLEINBACH, Merlin. (2003). Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2012. Disponível <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2204>> Acesso em 11 de abr 2013.

LITTLE, Paul E. Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e ação política. *in* Bursztyn, Marcel [org.] (2009). A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond.

MANKIW, Gregory N (2009). **Introdução a economia**. [tradução Allan Vidigal Hastings] São Paulo: Cengage Learning.

MME – Ministério de Minas e Energia; EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2012). Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. 2v. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/mme/menu/pde2021.html>> Acesso em 12 de abr 2013.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Institucional. Disponível em < [http://www.ons.org.br/institucional/o\\_que\\_e\\_o\\_ons.aspx](http://www.ons.org.br/institucional/o_que_e_o_ons.aspx)> Acesso em 17 de abr 2013

PAC – PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (2013). PAC 2 6º Balanço Ano 2. Disponível em <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/divulgacao-do-balanco/balanco-completo>> Acesso em 11 de abr 2013.

PAUTASSO, Diego; OLIVEIRA, Lucas Kerr (2008). A segurança energética da China e as reações dos EUA. Contexto Internacional. vol. 30, no 2, mai/ago 2008 p.361-398.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz; ALMEIDA, Edmar Fagundes de; BOMTEMPO, José Vitor; IOOTY, Mariana e BICALHO, Ronaldo Goulart (2007). Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Rio de Janeiro: Elsevier. 4a tiragem.

PORTAL PCHs. Os leilões de energia elétrica e a descentralização da geração (2013). Disponível em < <http://www.portalpch.com.br/index.php/noticias-e-opniao/noticias-pchs/234-04-12-2012-os-leiloes-de-energia-eletrica-e-a-descentralizacao-da-geracao>> Acesso em 06 abr 2013.

PROGRAMA LUZ PARA TODOS (2013). Institucional. Disponível em < <http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/programa-luz-para-todos>> Acesso em 10 de ag 2013.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane Aparecida Farias Amaral; CARVALHO, Claudio Elias (2012). Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. 2.ed. ver. E atual. Barueri, SP: Manole.

SILVA, Christian Luiz da (2008). Desenvolvimento sustentável: um modelo analítico integrado e adaptativo. 2.ed. Petrópolis, RJ: Vozes.

SCHAFFER, Roberto [*et al.*] Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil. Disponível em <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA\\_E\\_SEGURANCA-EnERGETICA\\_FINAL.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA_E_SEGURANCA-EnERGETICA_FINAL.pdf)> Acesso em 11 abr 2013.

SOITO, João Leonardo da Silva (2011). Amazônia e a Expansão da Hidroeletricidade: vulnerabilidades, impactos e desafios. Rio de Janeiro: Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE/ Programa de Engenharia Elétrica.

TOLMASQUIM, Tiommo Mauricio (2005). Geração de energia elétrica. Rio de Janeiro: Interciência: CINERGIA.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho (2009). Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 757-767.