



Texto de Discussão do Setor Elétrico n.º 35

Análise comparativa entre Belo Monte e empreendimentos alternativos: impactos ambientais e competitividade econômica

Nivalde José de Castro
André Luis da Silva Leite
Guilherme de A. Dantas

Rio de Janeiro
Junho de 2011

ÍNDICE

Introdução	3
I- Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento	4
II. Alternativas a Usina Hidroelétrica de Belo Monte	8
Conclusões	12
Referências Bibliográficas	13

Análise comparativa entre Belo Monte e empreendimentos alternativos: impactos ambientais e competitividade econômica

Nivalde José de Castro¹

André Luis da Silva Leite²

Guilherme de A. Dantas³

Introdução

A construção da central hidroelétrica de Belo Monte, terceira maior do mundo quando concluída, tem suscitado muitas críticas e discussões acaloradas sobre possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais. Em muito dos casos, as análises vêm se fundamentando em argumentos ideológicos e mesmo emocionais, em detrimento dos critérios técnicos. Por um lado, os que defendem a construção da usina focam seus argumentos na necessidade da política energética impulsionar o desenvolvimento sócio-econômico do país em patamares competitivos e sustentáveis, utilizando um recurso renovável e mais econômico. Por outro, os opositores do projeto alegam que os impactos sócio-ambientais serão maiores do que seus benefícios, não justificando assim a sua construção, alegando ainda que o Brasil dispõe de outras fontes energéticas que poderiam ser exploradas de forma a atender ao crescimento da demanda sem a necessidade da construção de Belo Monte.

Como a expansão da oferta de energia elétrica, em linha com o desenvolvimento sócio-econômico do país, é um dado objetivo,

¹ Professor da UFRJ e coordenador do GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ.

² Pós Doutor pelo IE/UFRJ, Professor da Unisul e Pesquisador-Sênior do GESEL/IE/UFRJ.

³ Doutorando do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ e Pesquisador-Sênior do GESEL/IE/UFRJ.

inconteste e de magnitude elevada, duas são as questões centrais que devem servir de norte para a análise e discussão:

- i. Qual o efetivo impacto sócio-ambiental destas fontes alternativas à hidroeletricidade?
- ii. Quais seriam as fontes de energia utilizadas para o atendimento da demanda crescente por energia elétrica com competitividade no mínimo equivalente caso não fosse construída a UHE de Belo Monte?

Ao propor estas duas questões para exame crítico, a hipótese do presente trabalho é de que as fontes alternativas em relação à Belo Monte irão determinar impactos ambientais de maior magnitude ou que não possuiriam consistência suficiente, em termos de segurança energética, para atenderem o crescimento da demanda por energia elétrica projetada para os próximos anos no Brasil.

O estudo está dividido em duas seções. Na primeira são apresentadas as relações entre energia, meio ambiente e desenvolvimento, a partir das quais são analisados os impactos ambientais previstos para a construção de Belo Monte. A segunda seção desenvolve um exercício reflexivo relativo às opções a serem adotados caso a Usina Hidroelétrica de Belo Monte não fosse construída. Ao fim são sistematizadas as principais conclusões que indicam a viabilidade ambiental e econômica para a construção de Belo Monte em relação às outras alternativas, corroborando assim a hipótese central.

I- Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

É clara a relação direta entre energia e desenvolvimento sócio-econômico, como afirmado por DIAS LEITE (2007). O acesso à energia elétrica induz e conduz a um maior desenvolvimento econômico e promove o bem-estar social. Para GOLDEMBERG e JOHANSSON (2002), o acesso a formas modernas e eficientes de energia é um

importante indicador das condições de vida de uma população. No início do século XXI, cerca de 2 bilhões de pessoas não possuem acesso à energia elétrica. Portanto, como mostram CASTRO *et al.* (2011), a melhoria das condições de vida destas pessoas passa pelo acesso direto à energia elétrica. Desta forma, a realização de objetivos, planos e metas de desenvolvimento sócio-econômico de um determinado país passa pelo acesso democrático e universal à energia, e mais especificamente a energia elétrica. Corroborando esta linha de argumentação, PINTO Jr *et al.* (2007) assinalam que não existe país de elevado grau de desenvolvimento econômico que tenha uma parcela da população sem acesso a energia.

Contudo, a produção e o consumo de energia necessariamente provocam impactos ambientais. Ao longo do século XX, a intensificação do desenvolvimento sócio-econômico de alguns países associado ao crescente processo de industrialização e urbanização resultou no aumento significativo de danos ambientais que passaram a ser mais graves, gerando muitas previsões alarmistas para a sobrevivência do planeta (SIMIONI, 2006). Esta tendência ao acirramento dos impactos ambientais, especialmente das mudanças climáticas, associadas ao desenvolvimento econômico, está impondo novas demandas e exigências em termos de políticas públicas voltadas para a preservação ambiental e para o uso mais racional dos recursos naturais.

O setor elétrico brasileiro, foco analítico deste trabalho, desenvolveu-se historicamente com base no aproveitamento do grande potencial hidrelétrico. Entretanto, embora a trajetória atual indique uma tendência à formação de um parque hidrotérmico no Brasil, o potencial hidráulico ainda é significativo. Estima-se que o potencial do país é de aproximadamente 126 GW.⁴ Deste total, aproximadamente 70% encontra-se na região Amazônica, onde rios de planície predominam e não há assim condições de se construir reservatórios de grandes dimensões. Desta forma, conforme assinado por CASTRO *et al.* (2010), as centrais hidrelétricas que serão construídas terão que ser, necessariamente, a fio d'água gerando muita energia elétrica no

⁴ MME (2007).

período úmido, sem capacidade de estocagem da água excedente, e muito pouca energia no período seco.

A expansão do parque gerador brasileiro é imperativa devido à perspectiva de crescimento da demanda de energia elétrica. Este aumento projetado da demanda está diretamente relacionado com o crescimento da economia brasileira. Assim, projeta-se um cenário macroeconômico positivo e consistente determinando um crescimento médio da demanda de energia elétrica de 5% a.a. para o período 2011-2017.

Para cumprir os dois objetivos basilares do modelo do setor elétrico brasileiro - segurança do suprimento com modicidade tarifária - são necessários investimentos na diversificação das fontes da matriz elétrica e no aproveitamento dos insumos energéticos domésticos de forma racional.

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte, segundo estimativa do consórcio vencedor, exigirá um investimento total no entorno de R\$ 25 bilhões, dos quais cerca de R\$ 3,3 bilhões serão destinados aos programas sociais e ambientais propostos, ou seja, para mitigar os impactos ambientais, econômicos e sociais. A construção da usina apresenta, com base nestas estimativas, um custo de R\$ 2.225/kW instalado, e o custo da energia gerada, incluindo transmissão, é aproximadamente R\$ 80 /MWh. Estes valores indicam que o projeto extremamente competitivo em relação a qualquer outra fonte de energia elétrica, colocando este patamar de custo final da energia elétrica renovável entre os menores do mundo, valores estes sem nenhum tipo de subsídio direto.

A UHE de Belo Monte acrescentará 11.233 MW de capacidade instalada à matriz elétrica brasileira. O empreendimento terá um fator de capacidade de 40 % correspondendo a uma potência média anual de aproximadamente 4.500 MW. Este fator de capacidade relativamente modesto é consequência dos seguintes fatores:

- i. Redução do reservatório e eliminação da capacidade de regularização das vazões afluentes à barragem de Belo Monte;
- ii. Retirada de outros aproveitamentos na bacia que permitiriam maior

regularização das vazões a montante;

- iii. Adoção de um hidrograma mínimo que será mantido, visando assegurar as condições de pesca, navegação e outros usos às comunidades indígenas.

Portanto, dado o consistente crescimento previsto para a economia brasileira e o aumento da renda média real da população, há a necessidade de ampliação da capacidade instalada de 6.000 MW a.a., o que faz de Belo Monte, sob aspectos sócio-econômicos, extremamente significativa e estratégica para o crescimento do país.

A Constituição Federal de 1988 impôs uma maior preocupação com as questões ambientais. Especificamente no âmbito dos empreendimentos hidroelétricos, as questões ambientais lidam, essencialmente, com as consequências dos alagamentos provocados pelos reservatórios. Esta restrição implicou, em termos concretos, na redução da construção de usinas hidrelétricas com grandes reservatórios.

Em contraste com as centrais térmicas, a Usina de Belo Monte tem impacto localizado. E seguindo as determinações legais a Licença Prévia estabeleceu 40 condicionantes a serem cumpridos pelo consórcio empreendedor. Estes condicionantes estão relacionados com:

- i. Qualidade da água,
- ii. Impactos sobre fauna e flora,
- iii. Saneamento,
- iv. Impactos sobre a população local,
- v. Compensação financeira,
- vi. Recuperação de áreas degradadas e
- vii. Monitoramento de planos e programas socioambientais.

Uma importante característica do projeto é a realização a seco da maior parte das obras. Os sítios Belo Monte e Bela Vista e as áreas de diques laterais, dos canais de derivação e do canal de junção, somente serão alagadas quando ocorrer o fechamento da barragem principal no sítio Pimentel (PA). Desta forma, entende-se que a construção da Usina de Belo Monte irá mitigar ao máximo possível e previsível os impactos

ambientais, econômicos e sociais, de acordo com a legislação em vigor, possibilitando, numa análise comparativa com outras, alternativas de suprimento uma nítida vantagem em termos de sustentabilidade. Esta análise comparativa será o foco analítico da próxima seção.

II. Alternativas a Usina Hidroelétrica de Belo Monte

Conforme assinalado, a construção da UHE de Belo Monte visa atender a demanda crescente por energia elétrica no Brasil derivada do ciclo virtuoso de expansão da economia brasileira. Como o crescimento da demanda de energia elétrica é um dado, caso Belo Monte não viesse a ser construída, seria necessária a implementação de fontes alternativas que suprissem esta demanda.

Os críticos da política energética brasileira de priorizar ao máximo a opção hidroelétrica para a expansão da oferta utilizam o argumento de que o equilíbrio entre oferta e demanda do sistema elétrico brasileiro poderia ser alcançado através de uma dupla estratégia:

- i. Adoção de uma agressiva política de eficiência energética; e
- ii. Investimentos em fontes alternativas e renováveis de energia elétrica.

Embora esta dupla estratégia possua sua relevância, não tem consistência e capacidade de garantir a segurança energética em função da escala de crescimento da demanda de energia elétrica. Desta forma, é preciso analisar as limitações destas duas propostas.

A promoção de eficiência energética é um mecanismo relevante para diminuir a necessidade de investimento na ampliação da oferta de capacidade instalada. Esta importância ganha novos contornos em países onde a participação das energias não renováveis é mais expressiva na matriz elétrica, pois a execução desta política está diretamente associada com a diminuição da emissão de gases de efeito

estufa. No caso do Brasil, a adoção de políticas e práticas de eficiência energética se dá mais com o objetivo de reduzir a necessidade de novos investimentos. Porém, os montantes anuais de energia necessários para sustentar o desenvolvimento sócio-econômico brasileiro são de tal ordem que a adoção instrumentos e políticas de eficiência energética não eliminam a necessidade de grandes investimentos na expansão da capacidade instalada, tendo assim uma ação limitada e marginal em relação à dinâmica de expansão do setor elétrico brasileiro. Pode-se assim afirmar que as políticas de eficiência energéticas são necessárias, mas não suficientes para atender o crescimento anual da demanda de energia elétrica.

Em relação à outra questão, o Brasil detém um grande potencial de fontes alternativas e renováveis de energia elétrica: eólica, biomassa e solar. Os críticos à opção hidroelétrica tendem a se apoiar neste potencial para propor que a utilização exclusiva e crescente destas fontes atenderia a nova demanda de energia elétrica. A política energética brasileira deveria priorizar não a hidroeletricidade, mas as fontes alternativas e aumentar a participação destas na expansão da matriz elétrica brasileira.

Entretanto, priorizar estas fontes renováveis implicaria em:

- i. Perda de competitividade da economia brasileira, em função do diferencial de custos destas fontes em relação à hidroeletricidade;
- ii. Enfrentar problemas de garantia e segurança de suprimento em razão da sazonalidade e intermitência destas fontes alternativas.

Neste sentido, há limitantes à expansão destas fontes alternativas. Esta restrição deve-se a menor densidade energética destas fontes quando comparadas com a fonte hidroelétrica e ao caráter intermitente e/ou sazonal destas fontes alternativas. Soma-se ainda a própria imaturidade tecnológica da maioria destas fontes que resulta em maiores custos. Cabe ressaltar que em um país em vias de desenvolvimento como o Brasil, a competitividade de custos da oferta é uma variável muito importante e um dos principais objetivos da política energética.

Desta forma, em um cenário em que não fosse construída a usina de Belo Monte, a construção de usinas termoelétricas seria obrigatória de forma a manter o equilíbrio e segurança entre a carga e a oferta de energia. A questão que se coloca é quais seriam os impactos ambientais das alternativas fósseis e a comparação dos mesmos com os impactos ambientais de Belo Monte.

A análise comparativa de impactos ambientais não é uma tarefa simplória, e mesmo quando se usa como metodologia a monetarização dos impactos, em muitos casos não se possui dados suficientes para fazer um estudo consistente. Contudo, a partir dos custos declarados de mitigação dos impactos ambientais de grandes projetos hídricos e da valoração das emissões de gases do efeito estufa⁵ de uma usina térmica movida a combustível fóssil, é possível se fazer uma *proxy*⁶ da análise comparativa entre os custos dos impactos ambientais de um empreendimento hidroelétrico e de um empreendimento térmico.

Conforme examinado na seção anterior, os custos de mitigação dos impactos sócio-ambientais da usina de Belo Monte são da ordem de R\$ 3,3 bilhões de reais. Este valor é significativamente inferior ao custo ambiental que uma térmica a gás natural ciclo combinado ocasionaria que seria de R\$ 24.125.040.000,⁷ ou seja, a opção térmica possui um impacto ambiental quase 8 vezes maior que o custo de mitigação ambiental de Belo Monte.

A Tabela 1 apresenta dados que corroboram os argumentos apresentados. A metodologia adotada nesta tabela é a comparação de vários parâmetros técnicos e econômicos da Usina de Belo Monte com alternativas energéticas que fossem implementadas na mesma área física em que será construída a Usina Hidroelétrica de Belo Monte.

⁵ A existência de mercados internacionais de carbono permite que se valore o custo ambiental das emissões de gases do efeito estufa.

⁶ Uma análise mais precisa exigiria a consideração dos gases de efeito estufa emitidos ao longo de todo o ciclo de vida de uma usina hidroelétrica e de gases poluentes locais de usinas termoelétricas.

⁷ A partir da multiplicação da geração prevista para usina de Belo Monte pelo fator de emissão de gases do efeito estufa de uma usina ciclo combinado movida a gás natural (400 gramas de CO₂ por kWh) se obteve as emissões associadas a uma usina a gás natural que substituísse Belo Monte. Este valor foi multiplicado por um preço de R\$ 51,00 a tonelada de carbono, considerando uma taxa de câmbio de 1,7 em relação ao dólar, e desta forma se estimou o custo ambiental.

Tabela 1

Análise comparativa entre UHE de Belo Monte e outras fontes energéticas renováveis e não renováveis.

Categorias	Belo Monte	PCH	Eólica	Biomassa	Solar	Gás Natural	Nuclear
Tarifa (R\$/MWh)	77,97	135,00	148,00	153,48	500,00	143,00	150,00
Capacidade (em MW)	11.233	8.310 (277 a 554 usinas)	15.240 (10.180 turbinas de 1,5 MW)	9.522	28.000	6.530	5.078
Fator de Capacidade Médio (%)	40,69	55,00	30,00	48,00	16,50	70,00	90,00
Custo de Instalação (R\$/kW)	1.700	5.000 a 6.000	3.660 a 4.500	2.175 a 2.745	12.600 a 18.300	1.281 a 1.647	6.400
Custo Total de Instalação (em R\$ bilhões)	25,00	41,55 a 49,86	47,80 a 83,60	21,00 a 26,00	355,00 a 507,00	9,00 a 11,00	32,50
Área (km ²)*	518	831 a 1.662	2.177 a 3.047	80.000	277	-	-
Emissões Anuais (tCO ₂ /ano)**	-	-	-	-	-	16.156.800	-

Fonte: MME, publicado no Estado de São Paulo - 07/06/2010

Obs. 1: Foi utilizada a taxa de conversão de R\$ 1,80 por dólar

Obs. 2: São consideradas apenas as emissões de gases de efeito estufa na geração de energia elétrica

(*) Corresponde a valores médios para a área alagada das hidráulicas, área de plantio para biomassa, e área de construção para solar

(**) Toneladas de CO₂

A comparação entre as fontes de geração de energia elétrica para as variáveis selecionadas indicam claramente as vantagens econômicas e ambientais que a hidroeletricidade, no caso Belo Monte, oferece para a sociedade brasileira.

Conclusões

O ciclo virtuoso de desenvolvimento sócio econômico brasileiro impõe ao setor elétrico brasileiro a necessidade de uma expressiva ampliação da capacidade instalada nos próximos anos de forma a atender e suportar o crescimento da demanda. Dada a abundância de recursos energéticos no Brasil, existem diferentes alternativas para a expansão do parque gerador de energia elétrica.

A escolha das fontes a serem priorizadas deve se basear estritamente em critérios técnicos e econômicos, onde o objetivo maior é garantir o suprimento concomitantemente a busca pela modicidade tarifária e promoção da sustentabilidade ambiental.

Foi possível constatar que políticas de eficiência energética e investimentos em fontes alternativas de energia são incapazes de atender por si só o crescimento da demanda por energia elétrica respeitando e maximizando os três objetivos centrais. A argumentação e os dados apresentados, em especial da Tabela 1, demonstraram que os impactos ambientais da Usina de Belo Monte são inferiores aos impactos das alternativas fósseis. E os custos das fontes renováveis se mostraram maiores do que Belo Monte.

Nestes termos, a partir de uma análise ambiental de caráter estratégico, onde se compare os impactos ambientais das diferentes alternativas de expansão do parque gerador, fica claro que a Usina de Belo Monte possui um menor custo sócio-ambiental. Apresenta também o menor custos por MWh, indicando que no Brasil, tomando como exemplo os dados de Belo Monte, são construídas as unidades geradores de energia elétrica mais competitivas do mundo. Desta forma, justifica-se a construção da Usina Hidroelétrica de Belo Monte.

Referências Bibliográficas

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. **Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro**. Texto de Discussão n. 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de Azevedo; TIMPONI, Raul Ramos. **A Construção de Hidroelétricas e o Desenvolvimento Sustentável**. Mimeo. Rio de Janeiro: GESEL/IE/UFRJ, 2011.

DIAS LEITE, A. **A energia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético 2010**: Ano base 2009. Rio de Janeiro: EPE, 2010, 276p.

GREEN, R. Electricity wholesale markets: Designs now and in a low-carbon future. **The Energy Journal**, Special issue: The future of Electricity, 2008, p. 95-123.

IPEA (BRASIL). **Sustentabilidade ambiental no Brasil**: biodiversidade, economia e bem-estar humano. Brasília: IPEA (Comunicados do IPEA n. 77: Energia), 15 de fevereiro de 2011.

JOHANSSON, T. B.; GOLDEMBERG, J. The Role of Energy in Sustainable Development: Basic Facts and Issues. In: JOHANSSON, T. B.; GOLDEMBERG, J. (Eds.) **Energy for Sustainable Development**: a policy agenda. UNDP. 2002.

MOREIRA, N. H. **Perspectivas da matriz energética brasileira**. In: Ciclo de palestras de Furnas (apresentação), Abril 2008.

PINTO JUNIOR, H.; ALMEIDA, E.A.; BOMTEMPO, J. V.; IOTTY, M.; BICALHO, R.G. **Economia da Energia**: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e *Organização Industrial*. Elsevier. Rio de Janeiro, 2007.

SACHS, J. **Common wealth**: Economics for a crowded planet. London: Penguin books, 2008.

SIMIONI, C.A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira**: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis. Curitiba: UFPR (Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), 2006, p. 314.