



Análise da Viabilidade Econômica e Socioambiental na Geração Distribuída de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis

Humberto Jantim Neto¹

RESUMO

O presente artigo traz uma breve análise da viabilidade econômica e socioambiental sobre geração distribuída de energia elétrica, baseada na comparação com a geração centralizada. A motivação da análise proposta tem sua origem na reflexão sobre a política e o planejamento direcionado ao setor elétrico brasileiro. Este estudo tem como cenário as fontes renováveis de energia, representadas pela usina hidrelétrica de Belo Monte e pelos empreendimentos cadastrados para o Leilão de Energia de Reserva 2010. O estudo considerou aspectos técnicos, econômicos e socioambientais, ao passo que a viabilidade foi analisada sob o foco dos benefícios produzidos pelas diferentes formas de geração de eletricidade. A conclusão do trabalho revela que a geração distribuída de energia elétrica pode apresentar benefícios econômicos e socioambientais superiores a geração centralizada.

ABSTRACT

This paper brings a brief of economical and social environmental analysis about distributed electric's energy generation, based on a comparison to centralized generation. The motivation of the proposed analysis has its origin on a reflection about politics and scheming directed to brazilian's energy sector. This study has renewable energy resources as setting, represented for Belo Monte generation's plant and undertaking registered on the Reservation's Energy Auction 2010. The study took into account economics and technical aspects, whereas the viability analysis was formed from benefits got from different forms of electric's generation. The conclusions of this shows that distributed electric's energy generation may have economics and socio environment benefits over centralized generation.

¹ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

1. INTRODUÇÃO

A essência motivadora do presente trabalho advém de uma breve reflexão sobre as políticas energéticas formuladas e o planejamento estratégico energético implementado no Brasil, especialmente direcionados ao setor elétrico. Por um lado está a incapacidade de os Estados modernos arcarem com os investimentos necessários para gerar o desenvolvimento desse setor, que antes estava sob sua integral responsabilidade; de outro, um planejamento determinativo que mais parece subsidiar a política de um governo do que atender às questões necessárias do Estado. Nesse sentido, a síntese deste artigo se curva para uma análise expedita sobre a viabilidade econômica e socioambiental na geração distribuída de energia elétrica, à luz do grande aporte de recursos financeiros a serem aplicados na execução de uma obra representativa no cenário nacional: a usina hidrelétrica de Belo Monte. De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2019, apresentado pelo Ministério de Minas e Energia em maio deste ano, o Brasil dispõe de grande potencial de fontes renováveis de energia, as quais devem ser consideradas como candidatas prioritárias no plano de expansão, para atender ao crescimento do consumo de energia elétrica. Esta priorização, segundo o Plano, se faz ainda mais oportuna na medida em que estas fontes vêm apresentando custos de geração de energia elétrica bastante competitivos. A fim de apresentar uma análise sucinta, baseada em aspectos quantitativos entre geração centralizada, aqui representada pela usina hidrelétrica de Belo Monte, e geração distribuída, foram consideradas três fontes renováveis de energia: eólica, biomassa (bagaço de cana) e pequena central hidrelétrica. Nesta análise, essas fontes estão representadas pelos empreendimentos cadastrados na Empresa de Pesquisa Energética – EPE, os quais estão previstos para participar do Leilão de Energia de Reserva, a ser promovido pelo Governo Federal. Os aspectos considerados no presente estudo, basicamente, são: potência instalada oferecida, energia assegurada, custo índice de instalação, custo de operação e manutenção, custo de geração, benefícios econômico e socioambiental produzidos por essas diferentes usinas de geração de eletricidade.

2. ASPECTOS GERAIS DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

A usina hidrelétrica de Belo Monte será construída no rio Xingu, afluente do rio Amazonas, no Estado do Pará. O reservatório ocupará uma área de 516 km² em municípios paraenses de Altamira, Brasil Novo, Vitória do Xingu, Anapu e Senador José Porfírio. A capacidade instalada será de 11.233 MW, potencial disponível em função de uma queda bruta de 90 metros e uma vazão média de aproximadamente 12.722,85 m³/s. Esse complexo hidrelétrico é formado por três sítios interligados: Pimental, onde ficará a casa de força complementar, cuja capacidade é de 233 MW, Bela Vista (vertedouro complementar) e Belo Monte, onde será abrigada a casa de força principal, com capacidade de 11.000 MW. Juntas, as casas de força terão condições eletromecânicas para gerar uma energia assegurada de 4.571 MW médios. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética, o custo da obra está estimado em R\$ 19,6 bilhões de reais.

3. ASPECTOS GERAIS DOS EMPREENDIMENTOS CADASTRADOS PARA O LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA

A Empresa de Pesquisa Energética realizou o cadastramento de 478 empreendimentos interessados em participar do Leilão de Energia de Reserva, com foco somente na

viabilização de fontes renováveis. As usinas somam ao todo 14.530 MW de potência instalada ofertada, gerando energia elétrica a partir de centrais eólicas, termelétricas movidas à biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, *Informe à Imprensa – EPE, maio de 2010*. A Tabela 1 apresenta esses empreendimentos cadastrados por fonte.

Tabela 1 – Leilão de Reserva 2010: empreendimentos cadastrados por fonte.

FONTE	NÚMERO DE USINAS	OFERTA (MW)
Eólica	399	10.569
Biomassa - bagaço de cana	55	3.518
Biomassa - resíduos de madeira	2	57
Biomassa - capim elefante	4	131
Pequenas Centrais Hidrelétricas	18	255
TOTAL	478	14.530

Verifica-se, portanto, que o potencial ofertado conforme a Tabela 1 é superior a uma usina hidrelétrica de Itaipu, cuja potência instalada é de 14.000 MW; e, por conseguinte, superior ao potencial a ser explorado pelo empreendimento de Belo Monte. Nota-se, ainda, que há predominância de centrais eólicas previstos para o Leilão, isto é, mais de oitenta por cento, o que configura um momento favorável para o investimento em geração de energia elétrica a partir de fontes consideradas ambientalmente limpas. Não obstante, o fato de haver esse número de empreendimentos não significa que eles realmente virão a ser construídos num curto prazo de tempo.

4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA SOCIOAMBIENTAL EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A presente análise consiste, fundamentalmente, na avaliação quantitativa entre os benefícios energéticos e custos apresentados pela usina hidrelétrica de Belo Monte e pelos empreendimentos já citados como cadastrados para o Leilão de Reserva. Entretanto, como os empreendimentos somam uma oferta de 14.530 MW, para esta metodologia de análise, foram selecionados 343 dos 478 empreendimentos que, resultassem numa potência próxima ao da verificada em Belo Monte, ou seja, 11.233 MW. A Tabela 2 mostra a relação de empreendimentos selecionados como objeto do presente estudo.

Tabela 2 – Número de empreendimentos e respectivas potências ofertadas, por fonte renovável.

FONTE	ESTADO	NÚMERO DE EMPREENDIMENTOS	POTÊNCIA OFERTADA (MW)
Eólica	Bahia	53	1.561
	Rio Grande do Norte	133	3.869
	Rio Grande do Sul	87	2.249
Biomassa	São Paulo	32	1.873
	Mato Grosso do Sul	7	596
	Goias	6	537
	Minas Gerais	7	330
PCH	Goias	1	11
	Minas Gerais	3	27
	Mato Grosso	1	21
	Pernambuco	1	8
	Paraná	1	19
	Rondônia	1	21
	Rio Grande do Sul	1	29
	Santa Catarina	8	94
	São Paulo	1	25
TOTAL		343	11.270

Observa-se na Tabela 2 a diversidade assim como a distribuição dos empreendimentos em vários estados brasileiros que, ao todo, podem oferecer até 11.270 MW de potência, isto é, muito próximo do potencial existente no projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte. Na Tabela 3, é apresentada a relação dos potenciais ofertados por fonte, bem como o índice médio de megawatt por unidade de empreendimento (ou potência média unitária).

Tabela 3 – Índice de megawatt por empreendimento, por fonte.

FONTE	POTENCIAL OFERTADO (MW)	NÚMERO DE EMPREENDIMENTOS	POTÊNCIA MÉDIA UNITÁRIA (MW)
Eólica	7.679	273	28
Térmica a Biomassa	3.336	52	64
PCH	255	18	14
TOTAL	11.270	343	33

Com base no Banco de Informações de Geração, disponível na Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL foram selecionadas, ao acaso, dez usinas geradoras de eletricidade de cada segmento, ou seja, grandes centrais hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas, usinas termelétricas a biomassa e usinas eólicas, para as quais obteve-se uma média dos fatores que relacionasse a potência instalada com a sua respectiva garantia física. Na Tabela 4, apresentam-se os fatores que servirão de base para a estimativa da energia assegurada dos empreendimentos de geração distribuída.

Tabela 4 – Fatores de capacidade médios para cada tipo de usina.

TIPO DE USINA	UHE	EÓLICA	TÉRMICA A BIOMASSA	PCH
fc	0,589	0,344	0,562	0,574

4.1. Benefício Energético

A partir do fator médio de relação entre capacidade instalada e garantia física para cada tipo de fonte de geração de energia elétrica, foram determinadas as energias asseguradas para usina hipotética com sua respectiva potência média unitária, assim como o total de energia disponível pelas fontes e empreendimentos considerados nesta análise, ou seja, conforme a Tabela 5, o total de energia assegurada pelas 273 centrais eólicas selecionadas para o estudo, é de 2.641,6 MW médios, e assim respectivamente para as demais fontes.

Tabela 5 – Total de Energia Assegurada oferecida pelas fontes renováveis.

FONTE	POTÊNCIA MÉDIA UNITÁRIA (MW)	NÚMERO DE EMPREENDIMENTOS	ENERGIA ASSEGURADA (MWm)	TOTAL DE ENERGIA ASSEGURADA (MWm)
Eólica	28	273	9,68	2.642,6
Térmica a Biomassa	64	52	36,05	1.874,6
PCH	14	18	8,13	146,3
TOTAL	106	343	53,86	4.663,6

Segundo a Tabela 5, ao somar o total de energia assegurada oferecida pelas fontes analisadas, verifica-se uma disponibilidade de garantia física total de 4.663,6 MW médios, isto é, superior à energia assegurada pela usina hidrelétrica de Belo Monte. A seguir, são apresentados os índices custo de instalação (ou investimento), custo de operação e manutenção, custo de geração de energia elétrica, segundo dados divulgados pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB, conforme Figura 1.

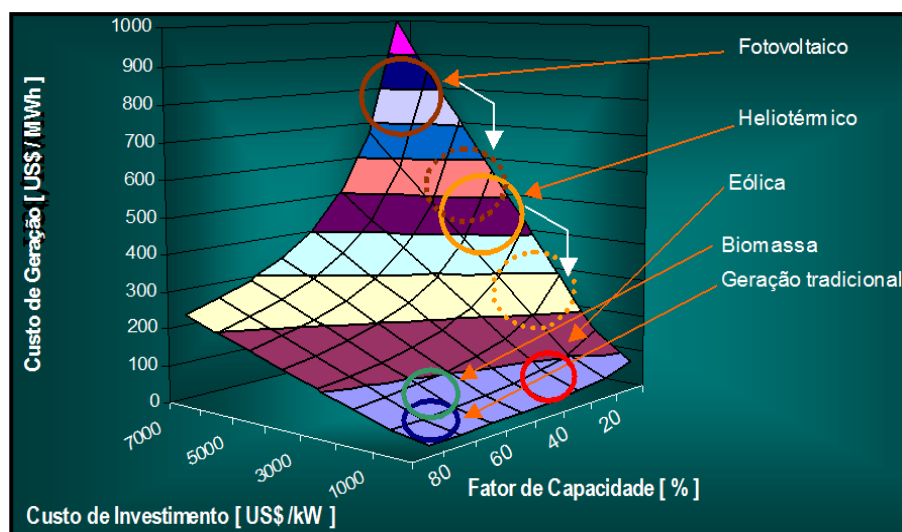


Figura 1 – Custos de Geração e de Investimento, em função do fator de capacidade por tipo de fonte renovável.

Na Tabela 6, estão apresentados valores médios, para os diferentes tipos de fontes renováveis, referentes aos custos índices de investimento, operação e manutenção, e de geração. Cabe destacar, porém, que tais custos podem apresentar variações ao longo do período analisado.

Tabela 6 – Índices de custos para as fontes renováveis.

FONTE	CUSTO DE INSTALAÇÃO (US\$/kW)	CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (US\$/MWh)	CUSTO DE GERAÇÃO (US\$/MWh)
Eólica	1.250,00	4,50	63,00
Térmica a Biomassa	1.050,00	7,00	35,00
PCH	2.250,00	8,00	68,00

A taxa cambial do dólar foi obtida para o período de 3 a 21 de maio de 2010, segundo consulta realizada no Banco Central do Brasil, cujo valor para o preço de venda foi cotado em 1 dólar equivalente a 1,802 reais. Partindo-se do índice custo de instalação para cada modalidade de geração e, considerando-se os potenciais ofertados pelos empreendimentos, obtém-se o custo total necessário para o investimento nas respectivas fontes analisadas, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Custo total de investimento para o potencial ofertado pelos empreendimentos.

FONTE	CUSTO DE INSTALAÇÃO (R\$/MW)	POTENCIAL OFERTADO (MW)	CUSTO TOTAL DE INVESTIMENTO (R\$)
Eólica	2.252.500,000	7.679	17.296.947.500,00
Térmica a Biomassa	1.892.100,000	3.336	6.312.045.600,00
PCH	4.054.500,000	255	1.033.897.500,00
TOTAL	-	11.270	24.642.890.600,00

De acordo com a Tabela 7, ao analisar o potencial ofertado para os 343 empreendimentos selecionados, verifica-se que o total de investimento necessário para produzir aproximadamente 4.664 MW médios é de 24,6 bilhões de reais. Comparando-se ao montante a ser canalizado para a usina hidrelétrica de Belo Monte, cujo valor estimado é de aproximadamente 19,6 bilhões de reais - ainda sem o custo de conexão da usina ao Sistema Interligado Nacional - pode-se afirmar que não há discrepância ao optar pelo investimento em geração distribuída.

4.2 Benefício Econômico

O presente item vem apresentar uma análise sucinta em relação ao benefício econômico dos empreendimentos, sob o ponto de vista da viabilidade econômica para os investidores. Para esta análise expedita foram considerados taxa de atratividade ou juros anual de onze por cento e concessão de trinta anos. Segundo Souza *et al* (2009), o benefício anual líquido (BAL) – caracterizado pelo critério da maximização desse benefício – é definido pela expressão a seguir:

$$BAL = CRE \cdot E_{MG} \cdot t - CI \cdot P_{EL} \cdot f_{rc} \quad (1)$$

onde:

CRE (R\$/kWh) – é custo de referência da energia a ser comercializada, considerando um fator de disponibilidade de 0,88;

E_{MG} (MWh) – energia média gerada, por unidade de tempo;

t (h) – número de horas no ano, igual a 8.760;

CI (R\$/MW) – custo unitário de implantação, incluindo o custo anual de operação e manutenção;

PEL (MW) – potência elétrica instalada;

f_{rc} – fator de recuperação de capital, dado da seguinte forma:

$$f_{rc} = \frac{i \cdot (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1}$$

i – taxa anual de juros, aqui adotado como 11%;

N – período de concessão do empreendimento, aqui adotado como 30 anos para todas as usinas geradoras.

Com base nas informações das Tabelas 1,2,3 e 4 e na expressão (1), foram determinados os benefícios econômicos para cada tipo de fonte, os quais estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Benefício Anual Líquido, por fonte.

FONTE	C.R.E (R\$/MWh)	EMG (MWm)	C.I. (R\$/MW)	C.O.M (R\$/MWh)	PEL (MW)	frc	B.A.L (R\$/ano)
UHE (Belo Monte)	77,97	4.571,0	1.744.858,90	10,00	11.233	0,1150246	867.576.567,62
Eólica	113,53	2.642,6	2.252.500,00	8,11	7.679	0,1150246	638.544.347,76
Térmica a Biomassa	63,07	1.874,6	1.892.100,00	12,61	3.336	0,1150246	309.658.401,75
PCH	122,54	146,3	4.054.500,00	14,42	255	0,1150246	38.121.725,88

Dos benefícios econômicos verificados na Tabela 9, tem-se que a usina de Belo Monte poderá apresentar rendimento de aproximadamente 867,6 milhões de reais ao ano, enquanto que somando-se os benefícios anuais das três fontes renováveis analisadas, apresentam um rendimento líquido cerca de 986,3 milhões de reais, verificando, portanto, um benefício anual líquido maior do que a usina de Belo Monte que, por conseguinte, significa uma rentabilidade de 118,7 milhões de reais superior em relação ao empreendimento de Belo Monte.

4.3 Benefício Socioambiental

Aqui, o objetivo é apontar alguns benefícios promovidos pela geração distribuída de energia elétrica a partir de fontes renováveis aqui estudadas, no que se refere aos aspectos socioambientais. Segundo os dados de emissões apresentados pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (2008), essas fontes também emitem gases de efeito estufa, porém em diferentes quantidades de acordo com a fonte explorada, conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Emissões de CO₂ por unidade de energia produzida, por fonte

FONTE	EMISSÃO DE CO ₂ (10 ³ kg/GWh)			
	EXTRAÇÃO	CONSTRUÇÃO	OPERAÇÃO	TOTAL
UHE	-	4	-	4
Eólica	-	7	-	7
Térmica a Biomassa	-836,28	2,8	762,16	-71,32
PCH	-	10	-	10

As pequenas centrais hidrelétricas podem apresentar impactos superiores às grandes hidrelétricas, no que tange à área alagada. Comparando-se à Belo Monte, cujo reservatório é de 516 km², as 255 pequenas centrais hidrelétricas consideradas no presente estudo chegam a somar uma área alagada de 765 km² (admitindo-se 3 km² de área alagada por usina), ou seja, concorrem com impacto maior. Por outro lado, essas centrais podem ser consideradas instrumento de desenvolvimento local, por exemplo, o Parque de Alternativas Energéticas e Desenvolvimento Auto Sustentável – PAEDA, localizado em Itajubá no Estado de Minas Gerais. Em relação às centrais termelétricas a biomassa, geralmente suas plantas são compactas e têm a vantagem da múltipla produtividade, isto é, produção do biocombustível, açúcar, álcool e da energia elétrica, no caso das térmicas a bagaço de cana-de-açúcar. Essas atividades, em conjunto, requerem mão-de-obra nas suas diversas especialidades e estão atreladas aos vários segmentos do mercado, como o transporte e o comércio. Entretanto, seus impactos ambientais também devem ser levados em consideração. Quanto às centrais eólicas, destaca-se a possibilidade de aproveitamento da mesma área em que estão instaladas as suas torres, ou seja, atividades como agricultura e pecuária podem ser praticadas no mesmo local de produção de energia elétrica. Desta forma, a geração distribuída de energia elétrica pode promover um benefício socioambiental maior quando comparado com grandes centrais de geração de eletricidade, na medida em que permite o aproveitamento múltiplo da mesma área onde está instalada a planta de geração.

5. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, conclui-se que é possível obter uma análise de viabilidade econômica e socioambiental entre a geração centralizada e a geração distribuída de energia elétrica e, por meio do estudo de caso abordado neste trabalho, verifica-se que há viabilidade econômica e socioambiental na geração distribuída, pois para o mesmo benefício energético produzido e investimento requerido aproximado em uma usina centralizada, aqui representado pela usina hidrelétrica de Belo Monte, é possível alcançar maior benefício econômico assim como vantagens socioambientais mais representativas, além de possibilitar a geração de eletricidade mais próxima do centro consumidor, o que significa menores custos de investimentos e menores perdas técnicas nas linhas de transmissão. Adicionalmente, a geração distribuída, com foco nas fontes renováveis selecionadas neste trabalho, tem recebido interesse de vários segmentos de investidores, configurando a aplicação integral de capital privado em usinas de eletricidade. Por fim, estudo como este pode ser tomado como exemplo, não para uma análise preliminar, mas sim para um diagnóstico profundamente detalhado sobre a viabilidade, nos seus diversos aspectos, de todas as alternativas de geração de energia elétrica de que o Brasil dispõe, a fim de

construir políticas adequadas e planejamento sólido para o efetivo desenvolvimento do setor elétrico brasileiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Banco de Informações de Geração 2010, acesso à página eletrônica em 20 de abril de 2010.

Ministério de Minas e Energia – MME. “Aproveitamento *Hidrelétrico de Belo Monte: Estudos para Licitação da Expansão da Geração – Avaliação Técnica*” em Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Brasília, 2009;

Banco Central do Brasil, acesso à página eletrônica em 22 de maio de 2010.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, acesso à página eletrônica em 17 de abril de 2010.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB, acesso à página eletrônica em 17 de abril de 2010.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE “*Leilão de Energia de Reserva 2010*” em Informe à Imprensa, Rio de Janeiro, 2010.

Souza, Zulcy de; Santos, Afonso Henriques Moreira; Bortoni, Edson da Costa. “*Centrais Hidrelétricas: Implantação e Comissionamento*”. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2009.