



CADERNO OPINIÃO

# O CUSTO NIVELADO DA ELETRICIDADE E SEU IMPACTO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

---

AUTOR

Leonam dos Santos Guimarães

**junho.2019**



---

## SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

### DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

### SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

### SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

### ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

### ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

### SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

### COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

### PESQUISADORES

Angélica Marcia dos Santos

Carlos Eduardo P. dos Santos Gomes

Glaucia Fernandes

Pedro Henrique Gonçalves Neves

Priscila Martins Alves Carneiro

Tamar Roitman

Thiago Gomes Toledo

### CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell

Magda Chambriard

Milas Evangelista de Souza

Nelson Narciso Filho

Paulo César Fernandes da Cunha



## OPINIÃO

# O CUSTO NIVELADO DA ELETRICIDADE E SEU IMPACTO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Leonam dos Santos Guimarães

**Comparar os custos de diferentes tecnologias de geração de energia elétrica tornou-se um dos principais argumentos usados pelos defensores de fontes específicas e por aqueles que buscam encontrar a melhor abordagem para planejar a expansão dos sistemas elétricos. Entretanto, essa abordagem tomada isoladamente para a elaboração de políticas públicas de energia está longe de ser simples, podendo levar a resultados indesejados e inesperados.**

Quanto custa isso? Parece uma pergunta simples. Mas quando se trata de tecnologias de geração elétrica concorrentes, é uma pergunta extremamente desafiadora. Apesar das dificuldades, as comparações entre custos de geração tem desempenhado um papel significativo para a formulação de políticas públicas sobre tecnologias de geração para expansão dos sistemas elétricos tanto ao nível internacional como aos níveis nacional e local. Todos os defensores das várias tecnologias e as empresas com interesses em promovê-las alegam ser a sua opção de geração a de menor custo.

Cada tecnologia tem uma reivindicação válida. A hidrelétrica, a mais antiga, tem “combustível” renovável e, a princípio, sem custo: a água. O carvão é muito barato. O gás natural é mais barato ainda e está substituindo o carvão em alguns mercados competitivos, como os EUA. A nuclear tem baixos custos de combustível e

nenhuma emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Solar e eólica não têm custo de combustível nem emissões atmosféricas. E por aí vai.

Cada uma, entretanto, tem aspectos negativos. A hidrelétrica demanda muito capital para construção, assim como a nuclear, que também padece de dificuldades na sua aceitação pública. O carvão tem emissões de gases poluentes e de CO<sub>2</sub>, mas o gás também emite CO<sub>2</sub>. Solar e eólica também têm altos custos de capital, ocupam muito terreno e são intermitentes.

Os defensores das energias solar e eólica são os que fazem as maiores reivindicações. Eles sustentam o conceito de energia elétrica 100% livre de dióxido de carbono em diversos países para um futuro próximo. A viabilidade técnica dessa possibilidade é no mínimo controversa.

Os custos de geração incluem muitas variáveis: capital, combustível, local, descarte de resíduos, controle de poluição, interconexão, confiabilidade, intermitência e outros custos externos e sistêmicos. Não há duas tecnologias iguais.

Como fazer algo tão difícil como comparar seus respectivos custos?

### CUSTO NIVELADO DA ENERGIA

Já há décadas, os analistas criaram uma abordagem que tenta integrar algumas das principais variáveis de custo das tecnologias de geração. Ela é chamada de "Custo Nivelado de Energia" (LCOE<sup>1</sup>).

O LCOE é frequentemente citado como uma medida conveniente da competitividade de diferentes tecnologias de geração. Ele representa o custo por megawatt-hora, em unidades monetárias descontadas, da construção e operação de uma usina geradora durante todo seu ciclo de vida útil econômica. São disponíveis calculadoras online de LCOE criadas por diferentes instituições<sup>2</sup> que permitem criar um perfil de custo para um projeto em particular. Um cálculo simplificado do LCOE pode ser equacionado da seguinte forma<sup>3</sup>.

O World Energy Outlook 2018 da International Energy Agency<sup>4</sup> fez cálculos de LCOE para usinas geradoras que entrarão em serviço em

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

$I_t$  = Despesas de investimento no ano t (incluindo financiamento)  
 $M_t$  = Despesas de operação e manutenção no ano t  
 $F_t$  = Despesas com combustível no ano t  
 $E_t$  = Geração de eletricidade no ano t  
 $r$  = Taxa de desconto  
 $n$  = Vida do sistema

<sup>1</sup> Levelized Cost of Energy - LCOE

<sup>2</sup> <https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe.html> do National Renewable Energy Laboratory dos EUA, por exemplo

<sup>3</sup> Vide <https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe-documentation.html>

<sup>4</sup> <https://www.iea.org/weo2018/>

2022, com base em dólares/MWh de 2017. Aqui estão alguns dos seus resultados, primeiro para tecnologias de geração despacháveis:

- Ciclo combinado a gás convencional, com um fator de capacidade de 87% (relação entre a produção real de energia elétrica durante um determinado período de tempo e a máxima possível): 48,3.
- Turbinas de combustão, com um fator de capacidade de 30%, usadas principalmente como unidades para geração de pico: 79,5.
- Nuclear avançada, 90% de fator de capacidade: 90,1.
- Geotérmica, 91% de fator de capacidade: 40,3.
- Biomassa, 83% de fator de capacidade: 102,2.

E para geração não despachável:

- Eólica onshore, 43% de fator de capacidade: 37.
- Eólica offshore, 45% de fator de capacidade: 106,2.
- Solar fotovoltaica, 33% de fator de capacidade: 46,5.
- Hidrelétrica, 65% de fator de capacidade: 73,9.

Esses resultados de LCOE têm reforçado a percepção popular de que as energias de fontes renováveis são melhores escolhas para o futuro, do ponto de vista econômico, do que a geração nuclear ou fóssil.

Os defensores das fontes renováveis têm o apoio do LCOE para seus pontos de vista. Um relatório de novembro de 2018 da Lazard<sup>5</sup> disse que sua *“última análise anual de Custo Nivelado de Energia mostra um declínio contínuo no custo de geração de eletricidade a partir de tecnologias de energia alternativa, especialmente energia solar e eólica de larga escala. Em alguns cenários, os custos da energia alternativa diminuiram a ponto de agora estarem no ou abaixo do custo*

*marginal da geração convencional”*.

*Em março de 2018, a Bloomberg New Energy Finance (BNEF)<sup>6</sup> informou que “o carvão e o gás estão enfrentando uma ameaça crescente a sua posição no mix de geração de eletricidade mundial, como resultado das espetaculares reduções de custos, não apenas para as tecnologias eólica e solar, mas também para baterias ... O último relatório da BNEF sobre os custos nivelados da eletricidade, ou LCOE, para todas as principais tecnologias, revela que a energia de combustível fóssil tem um desafio sem precedentes nos três papéis que desempenha no mix de energia: a oferta de geração em larga escala, o fornecimento de geração despachável e a disponibilização de flexibilidade”*.

## AS CRÍTICAS AO LCOE

Usar o LCOE para comparar os custos de geração tornou-se uma prática generalizada. Mas os críticos apontam a fraqueza da análise do LCOE, argumentando que ela pode ser enganosa. A crítica é técnica e a objeção fundamental é que o custo não mede o valor.

Há que se reconhecer que o LCOE é útil como ponto de partida, mas não pode ser entendido como critério exclusivo de decisão. A geração de energia ocorre em diferentes momentos e em diferentes lugares, tendo valores diferentes em cada momento e em cada lugar. O LCOE ignora isso, considerando custo como equivalente a valor.

Mesmo antes das energias renováveis intermitentes entrarem em cena, o LCOE era apenas

<sup>5</sup> <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2018/>

<sup>6</sup> <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

uma peça do quebra-cabeça. Seria como dizer que um carro custa muito mais do que uma bicicleta, por isso todos devemos comprar bicicletas. Mas isso desconsidera que carro e bicicleta estão provendo serviços de naturezas diferentes.

A abordagem que se baseia em comparações do LCOE associados às diferentes tecnologias de geração, ou qualquer outra medida dos custos de produção do ciclo de vida total por MWh fornecido, é insuficiente pois trata efetivamente todos os MWh gerados, independente da fonte, como um produto homogêneo, regido por um preço único. Especificamente, as comparações de custo nivelado tradicionais não levam em conta o fato de que o valor da eletricidade fornecida varia muito ao longo do tempo e do local onde é produzido.

Idealmente, as estimativas de custos nivelados seriam calculadas de forma a eliminar o impacto de políticas que causam distorções de mercado, como aquelas que preferencialmente subsidiam uma tecnologia ou uma classe de tecnologias sobre outras. Uma opção seria incluir os efeitos apenas de políticas que são tecnologicamente neutras.

As estimativas de custos incluem duas suposições importantes que refletem políticas seletivas que afetam as estimativas de custo de capital. Primeiro, o custo médio ponderado do capital não é o mesmo para todas as fontes de geração, pois sofrem influência de políticas tais como restrições de carbono. Em segundo lugar, certas tecnologias, usam uma depreciação fiscal acelerada que não está disponível para outras

tecnologias. Isso produz encargos fixos substancialmente menores para os custos de capital.

A análise do LCOE não inclui externalidades ambientais e sociais, como descarte de resíduos, reduções de poluição e uso do solo. O LCOE, excluindo as externalidades marginais, contradiz um ponto central para a consideração das tecnologias de energia limpa, que é o próprio impacto dessas externalidades.

### COMO PROCEDER?

Existe um processo para melhorar as comparações de custos entre tecnologias? Uma sugestão seria eliminar subsídios diretos e incentivos fiscais dos cálculos do LCOE. Excluir subsídios diretos e incentivos fiscais de análises de custos nivelados é relativamente simples, embora possa ser difícil na prática. Subsídios indiretos que ocorrem em estágios iniciais e afetam o preço dos insumos são um pouco mais difíceis de resolver. Os defensores da eletricidade de fontes renováveis argumentam que a extração de combustíveis fósseis recebe tratamento tributário especial. Embora isso seja provavelmente verdade, e os subsídios para combustíveis fósseis sejam maiores do que para energia de fonte renovável no total, o subsídio por kilowatt-hora para a geração elétrica a partir de combustível fóssil é bem pequeno.

A incorporação de externalidades ambientais também está na lista de possibilidades. Em um mundo econômico no qual se nem todos os requisitos para alcançar a situação mais desejável puderem ser satisfeitos, é sempre benéfico satisfazer os demais (first-best<sup>7</sup>), os direitos de poluição seriam

<sup>7</sup> Angelopoulos K, Economides G. e Philippopoulos A., First-and second-best allocations under economic and environmental uncertainty, October 29, 2010, disponível em [https://www.gla.ac.uk/media/media\\_184730\\_en.pdf](https://www.gla.ac.uk/media/media_184730_en.pdf)

apenas mais um fator na produção de eletricidade de uma determinada tecnologia e seriam incluídos automaticamente no cálculo de custos nivelados. No mundo real, entretanto, mercados de direitos para emitir gases de efeito estufa ou poluentes locais são escassos e limitados. Com ausência de intervenção do governo, os custos não serão suportados pelos produtores e não afetarão as escolhas entre a tecnologia de geração de eletricidade. A solução óbvia é precificar as externalidades, seja por meio de isenções fiscais ou títulos comercializáveis. Ainda mais difícil de incluir nas análises de custos são externalidades não ambientais, como segurança energética e vantagens geopolíticas.

Talvez o caminho a ser seguido deva abandonar a tarefa de comparações detalhadas de custos e abordagens de mercado para incorporar os custos de externalidades, argumentando que a

melhor maneira de lidar com seus deslocamentos econômicos é através dos preços estabelecidos pelos mercados.

Os economistas entenderam que precificar as externalidades provavelmente é a melhor maneira de levar o comportamento dos agentes econômicos em direção à eficiência. No contexto da eletricidade, isso significa impostos sobre as emissões ou um sistema de permissões negociáveis, mas essas políticas baseadas no mercado têm limitado apoio político na maioria dos países. Ao invés disso, muitos governos criam políticas para promover a geração de eletricidade de fonte renovável diretamente.

Os economistas ambientais poderiam pensar com mais cuidado em tornar a precificação ambiental mais acessível e, portanto, implementável.





Leonam dos Santos Guimarães é Doutor em Engenharia Naval e Oceânica pela USP e Mestre em Engenharia Nuclear pela Universidade de Paris XI, é Diretor de Planejamento, Gestão e Meio Ambiente da Eletrobrás Eletronuclear, membro do Grupo Permanente de Assessoria em Energia Nuclear do Diretor Geral da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, membro do Conselho de Representantes da World Nuclear Association – WNA, membro no Conselho Empresarial de Energia Elétrica da FIRJAN/CIRJ e Vice-Presidente da Seção Latino Americana da Sociedade Nuclear Americana. Foi Diretor Técnico-Comercial da Amazônia Azul Tecnologias de Defesa SA – AMAZUL, Assistente da Presidência da Eletrobrás Eletronuclear e Coordenador do Programa de Propulsão Nuclear do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP.



---

[fgv.br/energia](http://fgv.br/energia)

