

# CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO

*Metodologia de Cálculo  
e Valor para 2014*



Empresa de Pesquisa Energética

**Ministério de  
Minas e Energia**







# CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO

GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
MME/SPE

**Ministério de Minas e Energia**  
**Ministro**  
Edison Lobão

**Secretário-Executivo**  
Márcio Pereira Zimmermann

**Secretário de Planejamento e  
Desenvolvimento Energético**  
Altino Ventura Filho

**Secretário de Energia Elétrica**  
Ildo Wilson Grüdtner

**Secretário Petróleo, Gás Natural e  
Combustíveis Renováveis**  
Marco Antônio Martins de Almeida

**Secretário de Geologia, Mineração e  
Transformação Mineral**  
Carlos Nogueira da Costa Júnior

## *Metodologia de Cálculo e Valor para 2014*



Empresa de Pesquisa Energética

*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

**Presidente**  
Maurício Tiomno Tolmasquim

**Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos**  
Amílcar Gonçalves Guerreiro

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**  
José Carlos de Miranda Farias

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível**

**Diretor de Gestão Corporativa**  
Alvaro Henrique Matias Pereira

**Coordenação Geral**  
Maurício Tiomno Tolmasquim  
José Carlos de Miranda Farias

**Coordenação Executiva**  
Oduvaldo Barroso da Silva

**Equipe Técnica**  
Angela Regina Livino de Carvalho  
Gabriel Malta Castro  
Renata Nogueira Francisco de Carvalho  
Renato Haddad Simões Machado

URL: <http://www.epe.gov.br>

**Escritório Central**  
Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar  
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

**Nº EPE-DEE-RE-052/2014-r0**  
Data: 27 de março de 2014

## Histórico de Revisões

<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>
0	27/03/2014	Publicação Original

## SUMÁRIO

<b>1. Apresentação</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Objetivo</b> .....	<b>1</b>
<b>3. Histórico</b> .....	<b>1</b>
<b>4. Metodologia</b> .....	<b>2</b>
<b>4.1 Premissas</b> .....	<b>3</b>
<b>4.2 Estimativa da expansão da oferta de energia</b> .....	<b>4</b>
<b>4.3 Estimativa do custo médio das fontes</b> .....	<b>5</b>
<b>4.4 Consolidação do cálculo</b> .....	<b>7</b>
<b>5. Conclusão</b> .....	<b>8</b>
<b>6. Referências</b> .....	<b>8</b>

## 1. Apresentação

Em outubro de 2011, a EPE publicou a Nota Técnica N° EPE-DEE-RE-091/2011-r0 [1] em que estabelece metodologia de cálculo do valor do CME a ser usado em seus estudos. Entre esses estudos, destaca-se o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), o cálculo de garantia física de novos empreendimentos e valoração das perdas elétricas em instalações da rede básica.

Dando continuidade a esse processo, esta Nota Técnica visa descrever algumas melhorias implantadas na metodologia e atualizar o valor de CME que será utilizado nos estudos para o ano de 2014.

## 2. Objetivo

Este documento tem como objetivos apresentar o processo de cálculo do CME para o ano de 2014, a partir da metodologia apresentada e utilizada na NT N° EPE-DEE-RE-091/2011-r0 [1], bem como introduzir aprimoramentos a essa metodologia.

## 3. Histórico

Desde a retomada dos estudos de planejamento, a partir da publicação do PDE 2006-2015 pelo MME/EPE, estuda-se a melhor forma de definição do valor do CME, considerando as bases de dados dos projetos candidatos à expansão, a evolução tecnológica das fontes de geração, os novos paradigmas e custos socioambientais e, principalmente, a competição econômica revelada nos leilões públicos de compra de energia de novos empreendimentos de geração.

Já em 2006, foi descartada a hipótese de determinação do CME com base nos dados disponíveis dos projetos inventariados, no caso de usinas hidrelétricas, e dos projetos típicos, no caso de usinas térmicas e fontes alternativas. Isso porque a base de dados de custos dos orçamentos desses projetos não era robusta e atualizada o suficiente.

A utilização dos preços dos empreendimentos obtidos nos resultados dos leilões de compra de energia de novos empreendimentos de geração (A-3 e A-5) se mostrou a alternativa mais viável para a estimativa destes custos e foi utilizada desde a elaboração do primeiro PDE, conforme pode ser visto na Tabela 1, onde se resumem os critérios e valores<sup>1</sup> de CME considerados nos estudos dos planos decenais realizados pela EPE/MME.

**Tabela 1 - Histórico dos critérios e valores nominais de CME considerados nos Planos Decenais**

<b>ESTUDO</b>	<b>CME (R\$/MWh)</b>	<b>CRITÉRIO</b>
PDE 2006-2015	118	Preço médio (ponderado pelos lotes vendidos) do produto 2010 do LEN A-5 de 2005. O preço máximo (130,00 R\$/MWh) foi utilizado como tolerância no ajuste.
PDE 2007-2016	138	Preço máximo do LEN A-5 de 2006. O estudo foi convergido a 138,00 R\$/MWh (sem tolerância).
PDE 2008-2017	146	Preço máximo nos leilões realizados ao longo do ano de 2008. Foi utilizada tolerância de 3% (~4,00 R\$/MWh) para convergência do estudo.
PDE 2019	113	Preço médio dos LEN de 2008 + Leilão de Projetos Estruturantes (UHE Jirau e Santo Antônio). Não considera o LER.
PDE 2020	113	Mantido o CME do PDE 2019, ou seja, obtido pelo preço médio dos LEN de 2008 + Leilão de Projetos Estruturantes (UHE Jirau e Santo Antônio). Não considera o LER.
PDE 2021	102	Conforme metodologia apresentada na NT N° EPE-DEE-RE-091/2011-r0.
PDE 2022	108	Conforme metodologia apresentada na NT N° EPE-DEE-RE-091/2011-r0.

Como já citado, além do PDE, há outros estudos que usam o CME calculado. Assim, é importante que o cálculo seja atualizado anualmente. Portanto, o valor de CME será calculado no mês de março de cada ano.

<sup>1</sup> Os valores apresentados são nominais e não estão corrigidos monetariamente.

## 4. Metodologia

A metodologia de cálculo para a inferência do CME tem por objetivo estimar o custo futuro de expansão da geração, levando em consideração não somente os preços de energia previstos, mas também quais fontes de energia devem ser instaladas na expansão do sistema. Para isso, o processo de cálculo é dividido em três etapas: estimativa da expansão da oferta de energia, estimativa do custo médio de expansão e, a partir dessas duas primeiras etapas, a consolidação do cálculo do CME.

A primeira etapa consiste em estimar a quantidade de energia nova que será ofertada no futuro, discriminada por ano de entrada em operação e por tipo de fonte. Este trabalho já é realizado detalhadamente no Plano Decenal de Expansão de Energia, cuja publicação mais recente serve como fonte de dados para esta etapa. Desta forma, o ciclo de planejamento vigente é o insumo para a projeção do CME do ciclo futuro, e este último poderá conter ajustes na oferta que serão percebidos no CME do ciclo seguinte. Portanto, a estimativa do CME faz parte de um processo cíclico, dinâmico e adaptativo, tal como todo o restante do PDE.

Em seguida são estimados os custos médios de cada fonte, conforme o histórico de preços praticados nos leilões de energia. Neste ponto, a metodologia incorpora as tendências de mercado e de tecnologia mais atuais.

Por fim, as informações das duas etapas iniciais são consolidadas e se obtém um valor único como referência para representar o custo de expansão do sistema, que será o valor do CME.

### 4.1 Premissas

Os estudos de planejamento elaborados pela EPE, em particular o PDE, têm como objetivo apresentar configurações para a expansão da geração e das principais interligações dos sistemas regionais, que atendam aos critérios econômicos e de garantia de suprimento, prevendo também a sustentabilidade socioambiental. Nesse sentido, a oferta de energia mais atual, considerada como referência para o cálculo do CME, é a apresentada na última versão publicada do PDE.

O PDE avalia as condições de atendimento do sistema de energia elétrica para os próximos dez anos, planejando sua expansão. Nesse horizonte, a oferta do primeiro quinquênio já está praticamente definida, posto que a maioria das usinas consideradas já está contratada, o que garante o abastecimento do mercado de energia elétrica, e os seus contratos resultaram dos

leilões de compra de energia já realizados. Além disso, o tempo de construção de novos empreendimentos, sobretudo os projetos hidrelétricos de grande porte, limita os recursos e o potencial de investimentos que ainda podem ser feitos para enquadramento nesse horizonte. Deste modo, considerando que as decisões de planejamento para a expansão indicativa da oferta de geração serão tomadas majoritariamente no segundo quinquênio do plano decenal, somente este período é considerado no cálculo para estimativa do CME.

Os preços de energia considerados neste documento são obtidos dos resultados de todos os leilões de energia proveniente de novos empreendimentos realizados desde 2005<sup>2</sup>, corrigidos pela variação do IPCA até janeiro do ano corrente e separados por tipo de fonte e combustível.

## 4.2 Estimativa da expansão da oferta de energia

Os dados de previsão de oferta de energia foram obtidos a partir do atual Plano Decenal de Expansão – PDE 2022 [2], e consideram cada tipo de fonte de forma independente. Assim, para o período 2019-2023, que corresponde ao segundo quinquênio do próximo ciclo do Plano Decenal – PDE 2023, foram calculadas as expectativas de garantia física adicionadas ao sistema, por fonte e por ano. Desta forma, é considerada a motorização de usinas, cuja duração pode ser superior a um ano.

Apesar do estudo realizado no PDE 2022 [2] apresentar uma indicação de expansão da oferta de geração e transmissão restrita ao próximo decênio, de 2013 a 2022, para sua elaboração foi simulada a configuração dinâmica ao longo de quinze anos, respeitando os critérios de convergência estabelecidos pelo CNPE. Dessa forma, tendo como referência o PDE 2022, é possível inferir a oferta indicada para todo o 2º quinquênio do próximo ciclo do Plano Decenal, sendo possível utilizá-la para estimativa do valor de CME.

As usinas hidrelétricas Santo Antônio, Jirau e Belo Monte foram enquadradas na categoria “Estruturante” e suas energias são consideradas separadamente do restante das hidrelétricas.

Adicionalmente, conforme a Resolução CNPE 3/2011 [3], os aproveitamentos hidrelétricos indicativos São Luiz do Tapajós, Jatobá, Jardim do Ouro e Chacorão são enquadrados como projetos estratégicos de interesse público, estruturantes e prioritários para efeito de licitação e implantação e, portanto, também são classificados na categoria “Estruturante”. Entretanto, as

---

<sup>2</sup> Consideraram-se todos os leilões de energia nova (LEN – A-3 e A-5), reserva (LER) e fontes alternativas (LFA) do período. São excluídas as usinas já existentes que venderam nos LEN de 2005, 2006 e 2007.

usinas Jardim do Ouro e Chacorão não estão previstas para entrar em operação no quinquênio considerado (de 2019 a 2023).

Assim, a previsão anual de expansão da oferta de energia elétrica no período em análise, separada por categoria, é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2 – Oferta de energia**

<b>Garantia Física adicionada (MWmed)</b>						
<b>Fonte</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Estruturante</b>	703	1.678	1.648	673	0	<b>4.702</b>
<b>Hidrelétrica</b>	188	568	617	2.747	2.759	<b>6.879</b>
<b>PCH</b>	105	140	130	100	130	<b>605</b>
<b>Biomassa</b>	502	473	572	408	204	<b>2.158</b>
<b>Eólica</b>	400	400	481	485	392	<b>2.158</b>
<b>Gás natural</b>	200	400	400	0	0	<b>1.000</b>

### 4.3 Estimativa do custo médio das fontes

O cálculo dos custos de energia adicionada ao sistema foi realizado com base nos preços dos leilões de energia, corrigidos pelo IPCA de janeiro de 2014. Ressalta-se, portanto, que neste cálculo são considerados apenas os contratos realizados no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), onde são comercializados os maiores montantes da energia que supre o mercado. Os custos são definidos por tipo de fonte e são calculados como média dos preços ponderados pela energia contratada por cada empreendimento vencedor.

Em [1], foi estabelecido que os preços seriam obtidos pela média dos leilões realizados nos últimos cinco anos. No mesmo documento, exceções foram feitas para as PCH, eólicas e usinas à biomassa. Nesses casos, considerou-se a média do último ano que houve leilão da fonte. A justificativa para tal é que os preços dessas fontes apresentaram tendência de queda, de forma que o resultado do último leilão representava melhor o valor de construção de novos empreendimentos do que a média dos últimos cinco anos.

Tanto o uso da média dos últimos cinco anos, quanto da média apenas do último ano não capturam os dados dos anos mais antigos. Além disso, no caso da média de cinco anos, dá-se o mesmo peso para todos os anos considerados.

Buscando aprimorar a estimativa de custo e nivelar os critérios para todas as fontes, a partir da corrente revisão do valor do CME, será adotada a metodologia a seguir descrita.

Será considerado todo o histórico de leilões de novos empreendimentos desde 2005, em vez de considerar apenas a janela dos últimos cinco anos. Os leilões realizados há mais tempo terão pesos menores.

Para alcançar esse objetivo, define-se que o primeiro ano do histórico (2005) possui peso 1. O segundo ano possui um peso 25 % maior do que o primeiro. Da mesma forma, o peso do terceiro ano é 25 % maior do que o do segundo, e assim sucessivamente. A Tabela 3 e a Tabela 4 mostram qual o peso de cada ano, de 2005 a 2013, considerando a nova metodologia e a média de cinco anos.

**Tabela 3 - Pesos considerando nova metodologia**

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Peso</b>	1,25 <sup>0</sup>	1,25 <sup>1</sup>	1,25 <sup>2</sup>	1,25 <sup>3</sup>	1,25 <sup>4</sup>	1,25 <sup>5</sup>	1,25 <sup>6</sup>	1,25 <sup>7</sup>	1,25 <sup>8</sup>
<b>Peso</b>	1,00	1,25	1,56	1,95	2,44	3,05	3,81	4,77	5,96
<b>Participação na média</b>	3,9%	4,8%	6,1%	7,6%	9,5%	11,8%	14,8%	18,5%	23,1%

**Tabela 4 - Pesos considerando média de cinco anos (metodologia antiga)**

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Peso</b>	0	0	0	0	1	1	1	1	1
<b>Participação na média</b>	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%

Assim, considerando a nova forma de cálculo dos pesos, o ano mais recente tem uma participação de 23,1 % na média. À medida que o número de anos do histórico aumentar, a participação do último ano, na média, tenderá a 20 %.

Assim, o custo de cada fonte é dado por:

$$C_i = \frac{\sum_a Ec_{ia} \times Pr_{ia} \times P_a}{\sum_a Ec_{ia} \times P_a}$$

Onde:

$C_i$  – Custo estimado para a fonte  $i$  [R\$/MWh].

$E_{c_{ia}}$  – Quantidade de energia contratada no o ano **a**, advinda da fonte **i** [MWmed].

$Pr_{ia}$  – Preço médio da fonte **i** no ano **a**.

$P_a$  – Peso para o ano **a**.

A Tabela 5 apresenta os custos de energia calculados por categoria, a partir da fórmula acima.

**Tabela 5 – Custo das fontes**

Fonte	Custo (R\$/MWh)
<b>Estruturante</b>	<b>100,0</b>
<b>Hidrelétrica</b>	<b>100,5</b>
<b>PCH</b>	<b>150,1</b>
<b>Eólica</b>	<b>128,3</b>
<b>Biomassa</b>	<b>134,9</b>
<b>Gás natural</b>	<b>146,2</b>

#### 4.4 Cálculo do CME

O Custo Marginal de Expansão – CME é obtido através do cálculo da média dos custos das fontes (apresentado no item 4.3), ponderados pela previsão de expansão de garantia física (apresentado no item 4.2), como na equação:

$$CME = \frac{\sum_i E_{gf_i} \times C_i}{\sum_i E_{gf_i}}$$

Onde:

$E_{gf_i}$  – Expansão de Garantia Física prevista para a fonte **i**, para o segundo quinquênio [MWmed]

Utilizando os dados calculados previamente neste documento e aplicando-se a equação acima, arredondando o resultado para o número inteiro mais próximo, obtém-se CME em 112 R\$/MWh.

## 5. Conclusão

No presente relatório, os cálculos do valor do CME foram atualizados, considerando os novos leilões ocorridos e a previsão de expansão futura. Adicionalmente, foram inseridas melhorias na metodologia para tratar de forma mais isonômica as fontes e não se perder as informações dos anos menos recentes. Conforme [1], o valor do CME é revisto a cada ano. A partir de agora, essa revisão passará a ser feita sempre em março, com publicação do resultado pela EPE.

Assim, considerando a indicação de expansão hidrotérmica apresentada no PDE 2022 [2] do ano 2019 a 2023, o custo marginal de expansão para os estudos de 2014 é

$$\mathbf{CME = 112 R\$/MWh}$$

## 6. Referências

- [1] Empresa de Pesquisa Energética, “Custo marginal de expansão - Metodologia de cálculo,” EPE-DEE-RE-091/2011-r0, 2011.
- [2] Empresa de Pesquisa Energética - Ministério de Minas e Energia, “Plano Decenal de Expansão de Energia,” 2013.
- [3] Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, *Resolução n° 3*, 2011.