

# CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO CME

*Metodologia e Cálculo  
2016*



Empresa de Pesquisa Energética

**Ministério de  
Minas e Energia**







# CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO CME

GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
MME/SPE

**Ministério de Minas e Energia**

**Ministro**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**Secretário-Executivo**

Luiz Eduardo Barata Ferreira

**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 e Cálculo  
2016*



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**

Mauricio Tiomno Tolmasquim

**Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos**

Ricardo Gorini de Oliveira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Amilcar Gonçalves Guerreiro

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

Gelson Baptista Serva

**Diretor de Gestão Corporativa**

Alvaro Henrique Matias Pereira

**Coordenação Geral e Executiva**

Mauricio Tiomno Tolmasquim

Amilcar Gonçalves Guerreiro

**Equipe Técnica**

Angela Livino de Carvalho

Hermes Trigo Dias da Silva

Patricia Costa Gonzalez de Nunes

Renata Nogueira Francisco de Carvalho

Renato Haddad Simões Machado

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

**Sede**

SAN – Quadra 1 – Bloco B – Sala 100-A  
70041-903 - Brasília – DF

**Escritório Central**

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

**Nº EPE-DEE-RE-010/2016-r0**

Data: 19 de fevereiro de 2016

## Histórico de Revisões

<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>
0	19/02/2016	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>3</b>
<b>4.1 Premissas .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2 Estimativa da expansão da oferta de energia.....</b>	<b>5</b>
<b>4.3 Estimativa do custo médio das fontes .....</b>	<b>6</b>
<b>4.4 Cálculo do CME .....</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 Custo Marginal de Expansão (CME) a ser usado nos estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), nos cálculos de garantia física de energia de novos empreendimentos e na valoração das perdas elétricas na rede básica, dentre outros usos.

Posteriormente, em março de 2014 foi publicada a Nota Técnica N° EPE-DEE-RE-052/2014-r0 [2] na qual melhorias foram adotadas na metodologia e atualizando o valor de CME para utilização nos estudos a partir de então.

Em junho do mesmo ano, foi publicada a revisão 1 da referida Nota Técnica [3], que introduziu novos aprimoramentos na metodologia do cálculo do CME. A principal alteração nessa revisão foi na estimativa dos custos dos empreendimentos hidrelétricos, que passou a se basear nos custos estimados dos empreendimentos previstos e não mais nos resultados dos leilões anteriores.

O valor de CME será recalculado no primeiro trimestre de cada ano. Desta forma, esta revisão atualiza o valor de CME, considerando os resultados dos leilões de energia ocorridos em 2015 e a expansão indicativa considerando os estudos do PDE 2024.

## 2. Objetivo

Este documento tem como objetivo a atualização do valor do CME para o ano de 2016.

## 3. Histórico

O PDE 1999/2008, elaborado pelo GCPS (Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos), considerou o CME do horizonte decenal igual a 35 US\$/MWh. Esse valor equivalia, aproximadamente, ao custo de usinas termelétricas a gás natural [4]. Já o CME dos próximos quinquênios tinham valores maiores: 40 US\$/MWh de 2011 a 2020 e 45 US\$ de 2021 a 2025.

Trazendo a valores atuais, 35 US\$/MWh de 1998 equivalem a 50,89 US\$/MWh, ou 169,89 R\$/MWh, de 2015<sup>1</sup>.

Desde a publicação do PDE 2006-2015 pela EPE/MME, estuda-se a melhor forma de definição do valor do CME, considerando as bases de dados dos projetos candidatos à expansão, a evolução tecnológica, os novos paradigmas e custos socioambientais e as reduções de custo na oferta de energia elétrica revelada pela competição nos leilões públicos de compra de energia de novos empreendimentos de geração.

Em 2006, decidiu-se não se considerar no cálculo do CME os dados disponíveis dos projetos inventariados – no caso de usinas hidrelétricas – e dos projetos típicos – no caso de usinas termelétricas e outras fontes. Isso porque a base de dados de custos, na época, não era robusta e atualizada o suficiente. Porém, a partir de então a EPE vem aprimorando o conhecimento dos custos das usinas que compõem a expansão do sistema, principalmente das hidrelétricas, tornando-se possível, assim, melhor estimar os custos das usinas planejadas.

A Tabela 1 mostra os critérios e valores<sup>2</sup> de CME considerados nos estudos dos planos decenais realizados pela EPE/MME desde o PDE acima mencionado.

**Tabela 1 - Histórico dos critérios e valores nominais de CME considerados nos Planos Decenais realizados pela EPE/MME**

<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 R\$/MWh) foi utilizado como tolerância no ajuste.
PDE 2007-2016	138	Preço máximo do LEN A-5 de 2006. O estudo foi ajustado a 138 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 R\$/MWh) para ajuste do estudo.
PDE 2019	113	Preço médio dos LEN de 2008 + Leilão de Projetos Estruturantes (UHE Jirau e Santo Antônio). Não considera os resultados do LER.

<sup>1</sup> Considerando taxa da câmbio média de 2015 de 3,3384 R\$/US\$ e a inflação do dólar de 1998 a 2015, segundo o sítio [www.usinflationcalculator.com](http://www.usinflationcalculator.com).

<sup>2</sup> Os valores apresentados são nominais e não estão corrigidos monetariamente.

ESTUDO	CME (R\$/MWh)	CRITÉRIO
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 os resultados do 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.
PDE 2023	112	Conforme metodologia apresentada na NT N° EPE-DEE-RE-052/2014-r0.
PDE 2023	139	Conforme metodologia apresentada na NT N° EPE-DEE-RE-052/2014-r1.
PDE 2024 [5]	154	Conforme metodologia apresentada na NT N° EPE-DEE-RE-043/2015-r0.

Como já citado, além do PDE, há outros estudos que usam o CME calculado como premissa. Assim, é importante que o cálculo seja atualizado anualmente e sempre que se julgar necessário. Portanto, o valor de CME será calculado no primeiro trimestre de cada ano.

#### 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 no futuro. 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 das duas primeiras etapas, a consolidação do cálculo.

A primeira etapa consiste em estimar a quantidade de energia nova que será ofertada no futuro, discriminada por ano de entrada 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 serve de insumo para a projeção do CME do ciclo futuro, e este último poderá conter ajustes na oferta que serão percebidos no CME do ciclo

adiante. 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 expansão de cada fonte, conforme o histórico de preços praticados nos leilões de energia, à exceção das usinas hidrelétricas, pois seu custo é muito específico de acordo com as características do projeto. Por fim, as informações das duas etapas iniciais são consolidadas e obtém-se um valor único como referência para representar o custo de expansão do sistema, que será utilizado como 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.

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 é praticamente definida, posto que a maioria dos seus contratos de oferta, que garantem o abastecimento do mercado de energia elétrica, foram firmados em leilões de energia já realizados. Além disso, o tempo de construção de novos empreendimentos, sobretudo dos projetos hidrelétricos de grande porte, limita os recursos e o potencial de investimentos que ainda podem ser feitos para enquadramento nesse horizonte.

Considerando também que uma das utilizações do CME para o ano de 2016 é a elaboração do PDE 2025, no qual a indicação da oferta será feita, majoritariamente, no segundo quinquênio, utilizou-se uma extensão do horizonte do PDE 2024<sup>3</sup>. Assim, a expansão da oferta no período entre 2021 e 2025 foi tomada como referência para o cálculo 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>4</sup>, corrigidos pela variação do IPCA até novembro do ano passado e separados por tipo de fonte e combustível. Uma exceção é feita para a fonte hidrelétrica, devido as suas características particulares.

<sup>3</sup> O caso de referência do PDE 2024 considera como final do horizonte de estudo para simulação com Newave o ano de 2029.

<sup>4</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.

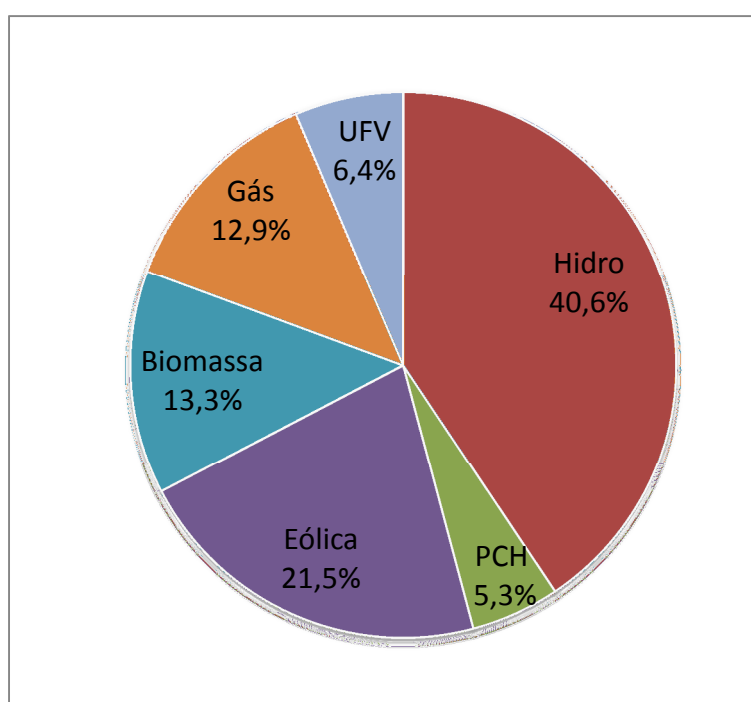
## 4.2 Estimativa da expansão da oferta de energia

Os dados de previsão de oferta de energia foram obtidos a partir dos estudos do Plano Decenal de Expansão – PDE 2024 [6], e consideram cada tipo de fonte de forma independente. Para o período 2021-2025 foi calculada a expectativa de garantia física adicionada ao sistema, por fonte e por ano. Para isso, é considerado o período de entrada em operação (motorização) das usinas, cuja duração pode ser superior a um ano.

Assim, a previsão anual de expansão da oferta de energia elétrica no período em análise, separada por categoria, é apresentada na Tabela 2. A Figura 1 mostra o percentual relativo de cada fonte na expansão prevista.

**Tabela 2 – Oferta de energia**

Garantia Física adicionada (MWmed)						
Fonte	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
<b>Hidrelétrica</b>	1174	1389	1977	1947	1228	<b>7.715</b>
<b>PCH</b>	203	203	203	203	186	<b>999</b>
<b>Biomassa</b>	517	517	516	577	400	<b>2.528</b>
<b>Eólica</b>	687	860	947	947	639	<b>4.081</b>
<b>Gás natural</b>	491	492	491	491	491	<b>2.456</b>
<b>UFV</b>	270	270	270	270	144	<b>1.224</b>



**Figura 1 – Participação relativa de cada fonte na expansão prevista.**

### 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 até novembro de 2015. Ressalta-se que neste cálculo foram considerados apenas os contratos realizados no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), onde são comercializados os maiores montantes da energia para suprir 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. Uma exceção é feita para as usinas hidrelétricas, pois o custo desse tipo de usina é muito específico, e é utilizado o custo mais atual estimado para cada projeto. Buscando aprimorar a estimativa de custo e nivelar os critérios para todas as fontes, é adotada a metodologia a seguir descrita.

Considera-se todo o histórico de leilões de novos empreendimentos desde 2005, sendo que os custos referentes aos leilões realizados há mais tempo devem ter pesos menores no valor do CME. Para alcançar esse objetivo, definiu-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, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 3 - Pesos considerados

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Peso	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>	1,25 <sup>9</sup>	1,25 <sup>10</sup>
	1,00	1,25	1,56	1,95	2,44	3,05	3,81	4,77	5,96	7,45	9,31
Participação na média	2,3%	2,9%	3,7%	4,6%	5,7%	7,2%	9,0%	11,2%	14,0%	17,5%	21,9%

Assim, o ano mais recente tem uma participação de 21,9 % 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<sup>5</sup> é dado por:

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

Onde:

<sup>5</sup> Exceções são feitas no caso de usinas hidrelétricas, pois, para essa fonte, será feita uma estimativa de custo dos empreendimentos planejados.

$C_i$  – 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  $a$ , conforme Tabela 3.

Para as usinas hidrelétricas, foram estimados custos, em R\$/MWh, a partir da base de dados de custos de investimentos da EPE. Para as usinas não contratadas e previstas a entrarem em operação no período de 2021 a 2025, o custo médio estimado da fonte hidrelétrica (atualizado pelo IPCA para novembro de 2015) é 185,24 R\$/MWh.

A Figura 2 apresenta os custos de energia calculados por categoria, a partir da fórmula acima e das estimativas para usinas hidrelétricas.

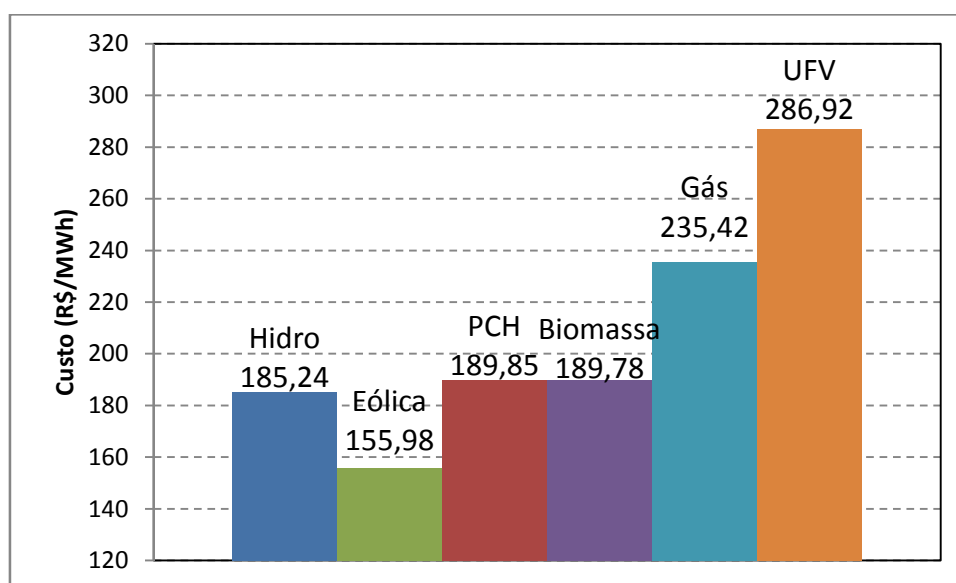


Figura 2 – Custo das fontes

#### 4.4 Cálculo do CME

O Custo Marginal de Expansão – CME é obtido por meio 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), conforme a equação:

$$CME = \frac{\sum_i Egf_i \times C_i}{\sum_i Egf_i}$$

Onde:

Egf<sub>i</sub> – Expansão de Garantia Física prevista para a fonte **i**, para o segundo quinquênio do próximo ciclo (2021 a 2025) [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:

$$\mathbf{CME = 193 R\$/MWh}$$

## 5. Conclusão

No presente trabalho, os cálculos para obtenção do valor do CME foram atualizados, considerando a nova previsão de expansão e os resultados dos leilões realizados no ano de 2015. Como o valor do CME deve ser revisto a cada ano no primeiro trimestre, com publicação do resultado pela EPE, o valor do CME para aplicações a partir da data de publicação dessa Nota é de 193 R\$/MWh.

## 6. Referências

- [1] Empresa de Pesquisa Energética, “Custo marginal de expansão - Metodologia de cálculo,” EPE-DEE-RE-091/2011-r0, Rio de Janeiro, 2011.
- [2] Empresa de Pesquisa Energética, “Custo marginal de expansão - Metodologia de cálculo,” EPE-DEE-RE-052/2014-r0, Rio de Janeiro, 2014.
- [3] Empresa de Pesquisa Energética, “Custo marginal de expansão - Metodologia de cálculo - revisão 1,” EPE-DEE-RE-052/2014-r1, Rio de Janeiro, 2014.
- [4] Eletrobrás, “PROGRAMA DECENAL DE GERAÇÃO 1999/2008. SISTEMAS INTERLIGADOS NORTE/NORDESTE e SUL/SUDESTE/CENTRO-OESTE. RELATÓRIO FINAL. CICLO DE PLANEJAMENTO 1998 DO GCPS.,” Rio de Janeiro, abril de 1999.
- [5] Empresa de Pesquisa Energética, “Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 - preliminar,” 2015.
- [6] Empresa de Pesquisa Energética, “Plano Decenal de Expansão de Energia 2024,” 2015.