

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

*Metodologia de Cálculo do ICB de Empreendimentos de
Geração Termelétrica a GNL com Despacho Antecipado*



Empresa de Pesquisa Energética

Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Ministério de Minas e Energia

Ministro (Interino)

Nelson José Hubner Moreira

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento
Energético**

Márcio Pereira Zimmermann

**Diretor do Departamento de Planejamento
Energético**

Iran de Oliveira Pinto

*Metodologia de Cálculo do ICB
de Empreendimentos de
Geração Termelétrica a GNL
com Despacho Antecipado*



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

Amílcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Mauricio Tiomno Tolmasquim (Interino)

Diretor de Gestão Corporativa

Ibanês César Cássel

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-087/2007-r1

Data: 11 de setembro de 2007

APRESENTAÇÃO

Esta nota técnica apresenta a metodologia para o cálculo do ICB (Índice Custo Benefício) de Empreendimento de Geração Termelétrica a Gás Natural produzido pela regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL) e cuja decisão de despacho será antecipada em dois meses em relação à decisão de despacho das demais usinas termelétricas e hidrelétricas, devido ao tempo de entrega do GNL, uma vez que o estoque local só é suficiente para suportar o consumo por menos de um mês.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO ICB DAS TÉRMICAS A GNL	2
2.1	Histórico do Desenvolvimento	2
2.2	Índice Custo Benefício (ICB).....	2
2.3	Impacto do Despacho Antecipado no ICB.....	4
2.4	Previsão de Cenários de CMO para o Despacho Antecipado.....	5

1 Introdução

A logística de suprimento de GNL prevê estoques locais muito pequenos, sendo o consumo do GNL provido por navios que devem ser programados com dois meses de antecedência da data de entrega do gás.

Esta logística requer que a necessidade de despacho das UTE a GNL seja prevista com a mesma antecedência de dois meses.

Esta antecipação da decisão de despacho das UTE a GNL será feita com base no valor esperado do custo marginal de operação "CMO" de dois meses adiante, previsto no mês atual, " $E_{m-2}\{CMO_m\}$ ". Ou seja, as UTE a GNL de um dado submercado serão despachadas quando o valor esperado do CMO de dois meses adiante for maior ou igual ao custo variável unitário (CVU) da UTE:

$$E_{m-2}\{CMO_m\} \geq CVU \dots\dots\dots (1)$$

Se a decisão antecipada for a de despachar as UTE a GNL e o CMO verificado dois meses depois for realmente acima do CVU, ($CMO \geq CVU$), então o critério econômico terá sido satisfeito. Caso ocorra o oposto ($CMO < CVU$), ocorreu um erro de previsão e as UTE GNL terão sido despachadas desnecessariamente, implicando numa majoração do custo de operação do sistema.

Por outro lado, se a decisão antecipada for a de não despachar as UTE a GNL e o CMO verificado dois meses depois for realmente abaixo do CVU, ($CMO < CVU$), então o critério econômico terá sido satisfeito. No caso oposto ($CMO \geq CVU$), então as UTE a GNL deveriam ter sido despachadas, e este erro de previsão terá implicado num maior custo de operação.

Esta elevação no custo de operação devida aos eventuais erros da decisão de despachar ou não as UTE a GNL deve ser valorada e refletida no Índice Custo Benefício - ICB destas UTE, de forma a distinguir a diferença, sob a ótica do consumidor, entre uma térmica de entrega imediata de outra que necessita ser despachada com dois meses de antecedência, dependente da logística de suprimento de GNL.

2 Metodologia para Cálculo do ICB das Térmicas a GNL

A metodologia apresentada a seguir, originou-se da necessidade de se comparar, para vias de contratação em leilão, térmicas de características semelhantes, onde uma utilizaria o Gás Natural proveniente de regaseificação de Gás Natural Liquefeito importado (GNL) e outra o Gás Natural Pressurizado. A principal diferença entre essas duas usinas, conforme já discutido anteriormente, surge da necessidade da decisão de despacho da primeira se dar com antecedência de dois meses em relação à decisão de despacho da última, devido à ausência de estoque local de GNL.

Tornou-se necessário, portanto, obter uma aproximação do efeito que a incerteza sobre o CMO do sistema dois meses adiante tem sobre o valor do COP e CEC, conhecendo-se somente o conjunto de CMO obtidos pela simulação de longo prazo da operação do sistema¹.

2.1 Histórico do Desenvolvimento

Em reuniões realizadas nos dias 09, 16 e 23 de agosto de 2007 foram analisadas formas de operacionalização do despacho antecipado das usinas a GNL, bem como quatro propostas de metodologia para estimar o impacto da operação diferenciada dessas UTE em sua competitividade.

Esta metodologia foi fruto do trabalho desenvolvido no âmbito da Comissão de Leilões coordenada pelo MME, que contou com a participação da ANEEL, ONS, CCEE e da própria EPE, representando o consenso dos participantes.

2.2 Índice Custo Benefício (ICB)

O Índice de Custo Benefício (ICB) é uma métrica que valora o custo total de unidades de geração termelétrica (UTE) contratados por disponibilidade nos leilões de novos empreendimentos de geração de energia elétrica.

O Índice de Custo Benefício (R\$/MWh) de cada empreendimento de geração é definido como a razão entre o seu custo total e o seu benefício energético, podendo ser calculado em base mensal ou anual.

O ICB é composto pelo custo de investimento (RF: receita fixa) relativa à oferta do empreendedor (QL MW médios), custo de operação flexível (COP: valor esperado do custo de operação) e pelo resultado econômico da compra e venda de energia no mercado de

¹ Este conjunto de CMO é o mesmo sobre os quais são calculados o COP e o CEC dos Empreendimentos Termelétricos que disputarão os leilões de novos empreendimentos de geração, sendo proveniente do Plano Decenal vigente.

curto prazo (CEC: valor econômico do custo esperado de curto-prazo) para atendimento de uma carga igual à garantia física (GF) da UTE:

$$ICB = RF / (QL \cdot 8760h) + (COP + CEC) / (GF \cdot 8760h) = RF / (QL \cdot 8760h) + K.. \quad (2a)$$

$$K = (COP + CEC) / (GF \cdot 8760h) \dots\dots\dots (2b)$$

O valor da receita fixa é definido pelo empreendedor. Os valores do COP, CEC e GF são calculados pela EPE, utilizando o critério econômico de despachar a UTE quando o custo marginal de operação (CMO) do submercado onde for localizada a UTE for maior ou igual ao custo variável unitário (CVU) da UTE. Para tanto, toma-se como base uma projeção de 2000 cenários de CMO, obtidos do Plano Decenal de Energia (PDE).

$$COP = \sum_m [\sum_i (G_{m,i} - G_{INFLEX}) \cdot CVU / N] / M \cdot 8760h \dots\dots\dots (3a)$$

$$CEC = \sum_m [\sum_i (GF - G_{m,i}) \cdot PLD_{m,i} / N] / M \cdot 8760h \dots\dots\dots (3b)$$

$G_{m,i}$: geração no mês “m”, no cenário “i”

$PLD_{m,i}$: PLD do submercado, no mês “m”, no cenário “i”

G_{INFLEX} : geração inflexível (mínima)

N: número de cenários (2000)

M: número de meses simulados

$G_{m,i} = P_{DISP}$ se $CMO_{m,i} \geq CVU$

P_{DISP} : potência disponível

$P_{DISP} = P \cdot FC \cdot (1 - TEIF) \cdot (1 - IP)$

P: potência nominal (MW)

FC: fator de capacidade

TEIF: taxa de indisponibilidade forçada

IP: taxa de indisponibilidade programada

O GNL irá suprir a parcela de geração flexível das UTE. Portanto, a soma do COP e CEC relativo à operação com GNL, em cada cenário de cada mês, é composta de duas parcelas, como mostrado abaixo.

$$COP_{m,i} = G_{m,i} \cdot CVU \cdot 730h \dots\dots\dots (4a)$$

$$CEC_{m,i} = (GF - G_{m,i}) \cdot PLD_{m,i} \cdot 730h \dots\dots\dots (4b)$$

$$COP_{m,i} + CEC_{m,i} = (PLD_{m,i} \cdot GF + (CVU - PLD_{m,i}) \cdot G_{m,i}) \cdot 730h \dots\dots\dots (4c)$$

$$K_{m,i} = PLD_{m,i} + (CVU - PLD_{m,i}) \cdot G_{m,i} / GF \dots\dots\dots (4d)$$

2.3 Impacto do Despacho Antecipado no ICB

Como discutido acima, a antecipação da decisão de despacho pode implicar num incremento do custo de operação do sistema nos casos de erro na decisão de despacho ou não despacho:

- Se $E_{m-2}\{CMO_m\} \geq CVU$: UTE a GNL serão despachadas
 - Se $CMO_m \geq CVU$: decisão acertada
 - Se $CMO_m < CVU$: erro na decisão de despacho
- Se $E_{m-2}\{CMO_m\} < CVU$: UTE a GNL não serão despachadas
 - Se $CMO_m \geq CVU$: erro na decisão de não despacho
 - Se $CMO_m < CVU$: decisão acertada

Supondo duas UTE de mesmas características (GF, P_{DISP} e CVU), uma delas, "GN", geração com despacho convencional ("pronto atendimento"); e a outra, "GNL", geração com despacho antecipado. A diferença no fator "K" correspondente a cada cenário de cada mês, destas UTE é:

$$\Delta K_{m,i} = (CVU - PLD_{m,i}) \cdot (GNL_{m,i} - GN_{m,i}) / GF \dots\dots\dots (5)$$

$GNL_{m,i}$: despacho antecipado

$GN_{m,i}$: despacho da UTE convencional

Nos casos em que a expectativa de CMO para dois meses adiante for superior ao CVU " $E_{m-2}\{CMO_m\} \geq CVU$ ", a UTE a GNL será despachada: $GNL_{m,i} = P_{DISP}$

- Nos cenários em que o $CMO_{m,i} \geq CVU$, a UTE a GN também seria despachada:
 $GN_{m,i} = P_{DISP} \rightarrow \Delta K_{m,i} = 0$

- Nos cenários em que o $CMO_{m,i} < CVU$, a UTE a GN não seria despachada:
 $GN_{m,i} = 0 \rightarrow \Delta K_{m,i} = (CVU - PLD_{m,i}) \cdot P_{DISP} / GF$

Nos casos em que a expectativa de CMO para dois meses adiante for inferior ao CVU " $E_{m-2}\{CMO_m\} < CVU$ ", a UTE a GNL não será despachada: $GNL_{m,i} = 0$

- Nos cenários em que o $CMO_{m,i} \geq CVU$, a UTE a GN seria despachada:
 $GN_{m,i} = P_{DISP} \rightarrow \Delta K_{m,i} = (CVU - PLD_{m,i}) \cdot (-P_{DISP}/GF) = (PLD_{m,i} - CVU) \cdot P_{DISP}/GF$
- Nos cenários em que o $CMO_{m,i} < CVU$, a UTE a GN também não seria despachada:
 $GN_{m,i} = 0 \rightarrow \Delta K_{m,i} = 0$

O valor esperado deste incremento “ ΔK ”, que é devido à antecipação da decisão de despacho das UTE a GNL, deve então ser adicionado ao fator “ K ” destes empreendimentos:

$$\Delta K_{\text{GNL}} = \sum_m [\sum_i \Delta K_{m,i} / N] / M \dots\dots\dots (6a)$$

$$K_{\text{GNL}} = K_{\text{GN}} + \Delta K_{\text{GNL}} \dots\dots\dots (6b)$$

2.4 Previsão de Cenários de CMO para o Despacho Antecipado

Os cenários de CMO dependem do estado do sistema, dado pelo estoque de água nos reservatórios e pelas afluições recentes.

Devido ao grande volume total dos reservatórios em relação à energia natural afluyente e em relação à carga do sistema, a variação percentual mensal do estoque de água é, em geral, pequena. Portanto, a alteração no estado do sistema entre meses consecutivos é percentualmente pequena.

Contudo, à medida que nos afastamos do mês em que é feita a previsão, a incerteza sobre as afluições futuras se acumula e aumenta a incerteza sobre o estado do sistema.

Portanto, a incerteza sobre os CMO do futuro próximo (até dois meses) é muito menor que do que a incerteza sobre o futuro distante.

No caso das UTE a GNL, a decisão de despacho é antecipada e é baseada nos CMO previstos para dois meses adiante. A incerteza referente a esses dois meses adiante é menor do que a refletida por todo o conjunto de N (2000) cenários. Para retratar de forma mais aderente a incerteza no despacho mensal para dois meses à frente, pode-se selecionar um número menor de cenários semelhantes ao do mês da decisão de despacho.

Desta forma, a previsão de curto prazo do CMO pode ser emulada selecionando-se um subconjunto de cenários futuros a partir de cada estado. Assim, para cada cenário “ i ” no mês “ m ” é selecionado um subconjunto dos cenários previstos para o mês “ $m+2$ ”, oriundos de estados próximos entre si.

Uma vez que o estado do sistema, definido pelo estoque de água e pelas afluições recentes reflete-se no CMO e, portanto, podemos utilizar os CMO para agrupar cenários semelhantes.

A medida estatística de semelhança entre um conjunto de variáveis é a “verossimilhança”, que é função do inverso da dispersão entre estas variáveis, ou seja, quanto menor a dispersão, maior a verossimilhança e vice-versa. Por outro lado, a medida estatística da dispersão de um conjunto de variáveis é a distância quadrática entre elas.

$$D_{m,i,j} = (CMO_{m,j} - CMO_{m,i})^2 \dots\dots\dots (7)$$

Assim, pode-se utilizar a distância quadrática entre os CMO para selecionar o subconjunto de $CMO_{m,j}$ semelhantes a cada cenário $CMO_{m,i}$, que devem então evoluir de forma semelhante no futuro próximo (mês “m+2”). Desta forma, para cada cenário “i”, são selecionados os “N*” cenários de menor distância quadrática entre todos os N (2000) cenários simulados.

Sabendo-se que no cálculo da política de operação² (“função de custo futuro”) são gerados 200 cenários de afluência, adotou-se este número “N*” de cenários para o subconjunto de cenários semelhantes.

O valor esperado do CMO de dois meses adiante, condicionado ao cenário “i” no mês atual ($CMO^*_{m+2,i}$), é a média dos CMO nos cenários selecionados, dois meses adiante.

$$CMO^*_{m+2,i} = E_{m,i} \{ CMO_{m+2,j} \} \dots\dots\dots (8)$$

$CMO_{m+2,j}$: CMO no mês “m+2”, no cenário selecionado “j”

² A política de operação é determinada utilizando-se o programa NEWAVE.