

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO

*Metodologia de Contabilização da
Produção Eólica*



Empresa de Pesquisa Energética

Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Edison Lobão

Secretário Executivo do MME
Márcio Pereira Zimmermann

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
Altino Ventura Filho

Diretor do Departamento de Planejamento Energético
Pedro Alves de Melo



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 Econômico-Energéticos e Ambientais
Amílcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
Gelson Baptista Serva (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

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO

*Metodologia de Contabilização
da Produção Eólica*

Coordenação Geral
Maurício Tiomno Tolmasquim
José Carlos de Miranda Farias

Equipe Técnica
Giacomo Chinelli
Leonardo Sant'Anna
José Marcos Bressane
Pedro A. M-S. David
Simone Q. Brandão

Nº EPE-DEE-RE-014/2009-r0
Data: 22 de maio de 2009

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	22/05/2009	Publicação Original

1. Introdução

A viabilização econômica e financeira da produção da energia eólica no contexto regulatório do mercado brasileiro de energia elétrica trouxe a necessidade de um conjunto de regras apresentadas neste documento que buscam atender aos seguintes objetivos:

- Comprometer o agente contratado com a efetiva produção da energia contratada;
- Minimizar o custo da energia, através da redução do custo financeiro dos empreendimentos pela mitigação da incerteza da renda da venda da energia; e
- Incentivar a contratação eficiente do parque eólico.

O objetivo de comprometimento do agente com a efetiva produção contratada é obtido pela contratação da produção eólica por quantidade, e penalização da produção abaixo da energia contratada, considerando uma margem de tolerância.

A mitigação da incerteza da renda da venda da energia é buscada pela contabilização da produção média anual, com compensação inter anual de desvios positivos e negativos dentro de uma margem de tolerância, liquidada quadrienalmente.

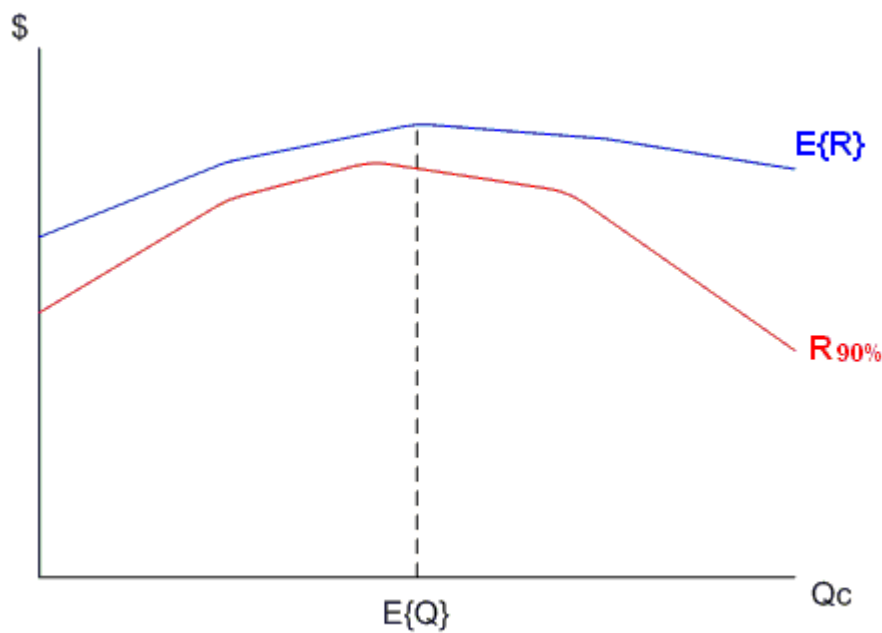
A contratação eficiente do parque eólico é buscada através de um pagamento diferenciado da produção acima da energia contratada e penalização da produção abaixo da energia contratada, considerando margens de tolerância para a produção a maior e a menor, em relação à energia contratada.

Os limites de tolerância dos desvios da produção em relação à energia contratada, o valor da penalidade dos desvios negativos e do pagamento do desvio positivo foram ajustados através da análise dos resultados da aplicação das regras de contabilização propostos. Para tanto, foi observado o valor esperado da renda e o valor garantido da renda em 90% dos cenários de produção.

Estes cenários de produção foram obtidos pela simulação estocástica da produção utilizando os dados certificados, informados pelos empreendedores de geração eólica habilitados tecnicamente para participação nos leilões A-3 e A-5 de contratação de novos empreendimentos, ocorridos em 2008.

A figura abaixo ilustra esquematicamente que o valor esperado da renda do contrato " $E\{R\}$ " deve ser máximo para a contratação de 100% da produção esperada. A mesma figura mostra que o valor garantido da renda do contrato em 90% dos cenários de produção " $R_{90\%}$ " é máximo para contratação ligeiramente inferior à contratação da produção esperada " $E\{Q\}$ " e fortemente decrescente para a contratação acima da produção esperada.

Fig. 1 – Renda Esperada e Renda Garantida em 90% dos Cenários em Função do Nível de Contratação



2. Metodologia de Contabilização da Produção

1. A produção eólica anual deverá ser apurada ao final de cada ano contratual, contabilizada¹ no centro de gravidade do submercado onde o empreendimento for conectado.

$$G_A = \sum_m (G_m - \Delta E_{g_m}) / N_{h_A} \dots\dots\dots (1)$$

Onde:

- ΔE_{g_m} : perdas na rede desde o ponto de conexão da eólica com o sistema até o centro de gravidade do submercado, em MWh;
- G_A : produção no ano findo, apurada no centro de gravidade do submercado, em MW médios;
- G_m : produção mensal ocorrida no ano findo, apurada no ponto de conexão com a rede, em MWh;
- N_{h_A} : número de horas do ano findo.

2. No primeiro quadriênio, a obrigação contratual é igual ao montante contratado no leilão. A partir do segundo o montante contratado será revisado (reconciliação contratual) para o valor médio anual efetivamente produzido desde o início do suprimento até o último mês do ano do quadriênio anterior. O valor médio das obrigações contratuais quadrienais de fornecimento de energia é limitado, no máximo, ao montante originalmente contratado.

$$\text{No primeiro quadriênio: } C_Q = C_I \dots\dots\dots (2a)$$

$$\text{A partir do segundo quadriênio: } C_Q = \text{mínimo} \{ G_{med}, N_Q \cdot C_I - \sum_q C_q \} \dots\dots\dots (2b)$$

$$G_{med} = \sum_a G_a / N_a \dots\dots\dots (2.1)$$

¹ A produção contabilizada no centro de gravidade é igual à produção medida no ponto de conexão da usina com a rede da distribuidora e/ou com a rede básica e deduzida das perdas correspondentes na rede da distribuidora e na rede básica, segundo as regras e procedimentos de comercialização da CCEE.

Onde:

- C_I : obrigação contratual de produção no 1º quadriênio, que é igual ao montante contratado e menor ou igual à produção esperada certificada, em MW médios;
 - C_q : obrigação contratual de produção no período quadrienal anterior "q", em MW médios;
 - C_Q : obrigação contratual de produção para o período quadrienal que se inicia "Q", em MW médios;
 - G_a : produção anual apurada no centro de gravidade do submercado ocorrida no ano "a" anterior, em MW médios;
 - G_{med} : média da produção anual desde o 1º ano de fornecimento contratual, em MW médios;
 - N_a : número de anos passados desde o início do fornecimento contratual, inclusive;
 - N_Q : número de quadriênios até o quadriênio que se inicia "Q", inclusive.
3. O saldo dos desvios da produção anual em relação à obrigação contratual deverá ser acumulado ao longo de cada quadriênio. O saldo acumulado deverá ser limitado a uma margem inferior de 10% abaixo da obrigação contratual de produção do quadriênio corrente e a uma margem superior de 30% acima da obrigação contratual de produção do quadriênio corrente:

No final do 1º ano do quadriênio:

$$S_A = \text{máximo} \{ \text{mínimo} \{ S_{Q-1} + \Delta G_A, MS_Q \}, - MI_Q \} \dots\dots\dots (3a)$$

No final dos demais anos do quadriênio:

$$S_A = \text{máximo} \{ \text{mínimo} \{ S_{A-1} + \Delta G_A, MS_Q \}, - MI_Q \} \dots\dots\dots (3b)$$

$$\Delta G_A = G_A - C_Q \dots\dots\dots (3.1)$$

$$MI_Q = 10\% C_Q \dots\dots\dots (3.2)$$

$$MS_Q = 30\% C_Q \dots\dots\dots (3.3)$$

Onde:

- ΔG_A : desvio da produção anual em relação à obrigação contratual do quadriênio corrente, em MW médios;
 - G_A : produção no ano findo, em MW médios;
 - MI_Q : margem de desvio a menor da produção anual em relação à obrigação contratual de produção no quadriênio corrente, em MW médios;
 - MS_Q : margem de desvio a maior da produção anual em relação à obrigação contratual de produção no quadriênio corrente, em MW médios;
 - S_A : saldo acumulado no quadriênio até o ano corrente "A", inclusive, em MW médios;
 - S_{A-1} : saldo acumulado no quadriênio até o ano anterior "A-1", em MW médios;
 - S_{Q-1} : saldo residual do quadriênio anterior repassado para o quadriênio corrente, em MW médios. No 1º quadriênio, o saldo inicial é nulo. Ver detalhamento abaixo.
4. O saldo quadrienal a maior de desvios acumulados da produção, apurado ao final de cada quadriênio, poderá ser total ou parcialmente repassado para o quadriênio seguinte ou cedido para outro empreendimento, e tenha sido contratado no mesmo leilão:

$$S_Q = (FR - FC) \cdot \text{máximo} \{ S_{A4}, 0 \} \dots\dots\dots (4)$$

- FR: fator de repasse definido quadrienalmente pelo usuário e cujo valor pode variar de 0% a 100%, em intervalos de 1%;
- FC: fator de cessão definido quadrienalmente pelo usuário e cujo valor pode variar de 0% a 100%, em intervalos de 1%;
- S_{A4} : saldo ao final do último ano do quadriênio findo "Q", em MW médios;
- S_Q : saldo residual do quadriênio findo "Q" a ser repassado para o quadriênio seguinte ou transferido para outro empreendimento, em MW médios

5. A energia contratada deverá ser paga em parcelas mensais iguais:

$$Rc = Pc \cdot C_Q \cdot Nh_A / 12 \dots\dots\dots (5)$$

Onde:

- C_Q : obrigação contratual de produção no quadriênio corrente, em MW médios;
- Nh_A : número de horas do ano corrente;
- P_c : preço contratado, reajustado pelo IPCA desde a data do leilão até o início do ano corrente, em R\$/MWh;
- R_c : pagamento mensal pela energia contratada, em R\$

6. O saldo anual positivo acima da margem superior deverá ser reembolsado ao gerador pelo valor de 70% do preço do contrato em 12 parcelas mensais uniformes no ano contratual seguinte.

$$\Delta R_A = 70\% \cdot P_c \cdot \Delta S_A \cdot Nh_{A+1} / 12 \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{No 1º ano do quadriênio: } \Delta S_A = \text{máximo} \{ S_{Q-1} + \Delta G_A - MS_Q, 0 \} \dots\dots\dots (6.1)$$

$$\text{Nos demais anos do quadriênio: } \Delta S_A = \text{máximo} \{ S_{A-1} + \Delta G_A - MS_Q, 0 \} \dots\dots\dots (6.2)$$

Onde:

- ΔG_A : desvio da produção anual em relação à obrigação contratual de produção no quadriênio corrente, em MW médios;
- ΔR_A : valor do pagamento mensal a título de ressarcimento pelo saldo residual anual positivo, em R\$.
- ΔS_A : diferença entre o saldo no ano "A" e a margem superior, em MW médios;
- MS_Q : margem superior equivalente a 30% da obrigação contratual do quadriênio corrente, em MW médios;
- Nh_{A+1} : número de horas do próximo ano contratual;
- P_c : preço contratado, reajustado pelo IPCA desde a data do leilão até o início do próximo ano, em R\$/MWh;
- S_{Q-1} : saldo residual do quadriênio anterior repassado para o quadriênio corrente, em MW médios. No 1º quadriênio, o saldo inicial é nulo;

- S_{A-1} : saldo acumulado no quadriênio corrente até o ano anterior, em MW médios

7. O saldo anual negativo, que ultrapassar o limite da margem inferior, deverá ser valorado pelo preço do contrato acrescido de penalidade de 15% e ressarcidos à Conta de Energia de Reserva – CONER em 12 parcelas mensais uniformes no ano contratual seguinte

$$\Delta R_A = - 115\% \cdot P_c \cdot \Delta S_A \cdot N_{h_{A+1}} / 12 \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{No 1º ano do quadriênio: } \Delta S_A = \text{mínimo} \{ S_{Q-1} + \Delta G_A + MI_Q, 0 \} \dots\dots\dots (7.1)$$

$$\text{Nos demais anos do quadriênio: } \Delta S_A = \text{mínimo} \{ S_{A-1} + \Delta G_A + MI_Q, 0 \} \dots\dots\dots (7.2)$$

Onde:

- ΔG_A : desvio da produção anual em relação à obrigação contratual do quadriênio corrente, em MW médios;
- ΔR_A : valor do pagamento mensal a título de ressarcimento pelo saldo residual anual negativo, em R\$;
- ΔS_A : produção excedente a menor ocorrida no ano corrente, em MW médios;
- MI_Q : margem inferior equivalente a 10% da obrigação contratual do quadriênio corrente, em MW médios;
- $N_{h_{A+1}}$: número de horas do próximo ano contratual;
- P_c : preço contratado, reajustado pelo IPCA desde a data do leilão até o início do próximo ano, em R\$/MWh;
- S_{Q-1} : saldo residual do quadriênio anterior repassado para o quadriênio corrente, em MW médios. No 1º quadriênio, o saldo inicial é nulo;
- S_{A-1} : saldo acumulado no quadriênio até o ano anterior, em MW médios

8. Após a opção de repasse e/ou de cessão de energia elétrica de reserva, o saldo residual positivo do quadriênio deverá ser ressarcido ao empreendedor, valorado ao preço contratado, e o valor dividido em 24 parcelas mensais nos dois primeiros anos contratuais do quadriênio em curso ao preço vigente do contrato nestes anos.

$$\Delta R_Q = P_c \cdot \text{máximo} \{ (1 - FR - FC) S_{A4}, 0 \} \cdot (N_{h_{A+1}} + N_{h_{A+2}}) / 24 \dots\dots\dots (8)$$

Onde:

- ΔR_Q : valor do pagamento mensal a título de ressarcimento pelo saldo residual positivo do quadriênio, em R\$;
 - FR: fator de repasse definido quadrienalmente pelo usuário e cujo valor pode variar de 0% a 100%, em intervalos de 1%;
 - FC: fator de cessão definido quadrienalmente pelo usuário e cujo valor pode variar de 0% a 100%, em intervalos de 1%;
 - $N_{h_{A+1}} + N_{h_{A+2}}$: número de horas dos dois anos contratuais seguintes;
 - Pc: preço contratado, reajustado pelo IPCA desde a data do leilão até o início do próximo ano, em R\$/MWh;
 - S_{A4} : saldo do último ano do quadriênio corrente, em MW médios
9. Após eventual recebimento de energia elétrica de reserva por meio de cessão, o saldo residual negativo do quadriênio deverá ser ressarcido à CONER em 12 parcelas mensais no primeiro ano contratual do quadriênio em curso, valorado ao preço vigente do contrato

$$\Delta R_Q = - Pc \cdot \text{mínimo} \{ S_{A4} + RC_{A4}, 0 \} \cdot N_{h_{A+1}} / 12 \dots\dots\dots (9)$$

Onde:

- ΔR_Q : valor do pagamento mensal a título de indenização pelo saldo residual negativo, em R\$;
- Pc: preço contratado, reajustado pelo IPCA desde a data do leilão até o início do próximo ano, em R\$/MWh;
- S_{A4} : saldo no último ano do quadriênio corrente, em MW médios;
- RC_{A4} : montante recebido de outro empreendimento a título de cessão, em MW médios
- $N_{h_{A+1}}$: número de horas do ano seguinte