

Sazonalização da Garantia Física de Usina Eólica considerando um Portfolio de Contratos

Introdução

Primeiro, temos que definir o que é Garantia Física de um Parque Eólico.

A Garantia Física de um Parque Eólico é um valor em MW_{med}, determinado pelo governo brasileiro através de regulamentação específica, que determina a máxima quantidade de energia que o Parque Eólico pode vender. Essa Garantia Física é definida na unidade MW_{med}_ano (ou, como é mais comum dizer: MW_{med} em base anual).

Segundo, temos que definir o que é a Sazonalização da Garantia Física de um Parque Eólico.

A Sazonalização da garantia física de um parque eólico é a quantidade mensal em MW_{med}_mês que o empreendedor vai cadastrar no sistema da CCEE todo final de ano (normalmente até o dia 21 de dezembro), para os próximos 12 meses do ano seguinte.

Veja que o valor do MW_{med}_mês para cada mês do ano seguinte é **uma tomada de decisão do empreendedor** que possui o Parque Eólico. Ele tem liberdade para determinar o valor de cada um desses 12 valores que ele vai cadastrar no sistema da CCEE.

Claro que essa liberdade não é total, e esses 12 valores devem atender a seguinte restrição:

$$\sum_{i=1}^{12} (MW_{med_mês_i} * horas_i) = GF * (365 * 24)$$

Sendo:

GF = Garantia Física do Parque Eólico em MW_{med}_ano (determinado pelo governo brasileiro através de regulamentação específica);

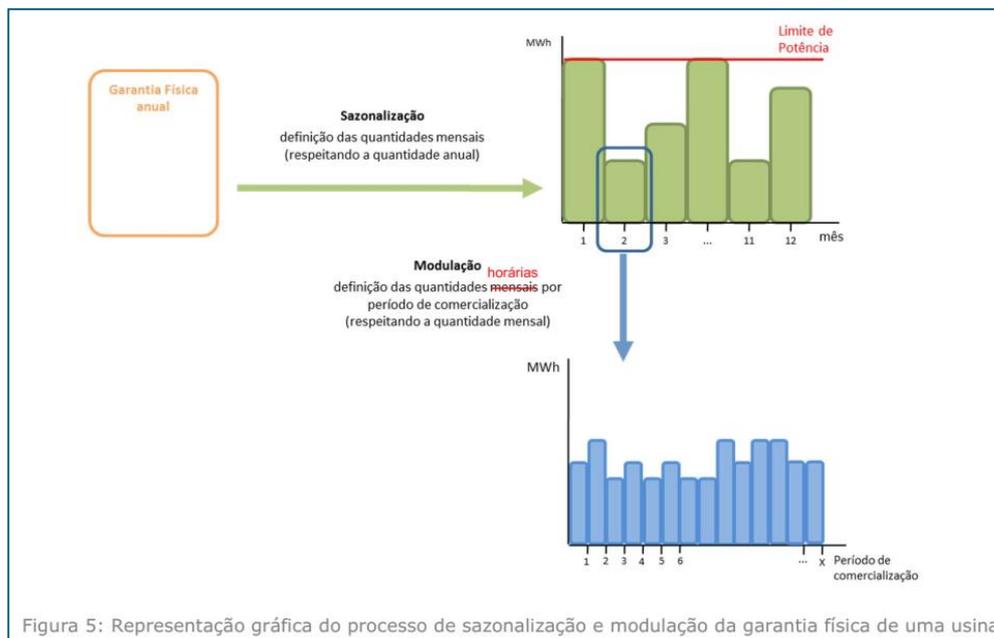
MW_{med}_mês_i = MW_{med} mensal para o mês *i* (**valor que é a tomada de decisão do empreendedor nesse nosso pequeno problema**);

horas_i = número de horas para o mês *i*; e

Obs: vamos considerar que o ano em análise tem 365 dias

E está claro também que nenhum valor de MW_{med}_mês_i (escolhido pelo empreendedor) pode ser maior que o MW instalado do Parque Eólico.

Segue Figura para ajudar no entendimento



Fonte: CCEE

Veja que na Figura aparece o conceito de modulação horária. Mas para simplificar o nosso problema, nós vamos trabalhar somente com MW_{med} em base mensal ($MW_{med_mês}$).

E aí aparece a seguinte questão: Por que esse valor de $MW_{med_mês_i}$ é importante???

Vamos pensar no seguinte exemplo simplificado. Imagine que uma determinada empresa só tem um Parque Eólico de 100 MW_{inst}. E que a Garantia Física desse Parque é de 40 MW_{med_ano} (determinado pelo governo brasileiro através de regulamentação específica). Imagine também que no final do ano de 2023 o empreendedor cadastrou no sistema da CCEE a quantidade de 70 MW_{med_mês} de energia para o mês de outubro de 2024.

Então, a primeira coisa importante, é que esse empreendedor, que só tem um Parque Eólico de 100 MW_{inst}, não pode vender no mês de outubro de 2024 uma quantidade maior de energia do que 70 MW_{med_mês}. Ele não pode assinar um contrato de compra e venda de energia, com um fábrica de biscoitos, por exemplo, para vender no mês de outubro de 2024 uma quantidade de 80 MW_{med_mês}.

Vamos seguir aqui com nosso exercício de imaginação e vamos imaginar também que essa empresa de um único Parque Eólico assinou um único contrato de venda de energia, chamado de PPA (Power Purchase Agreement), no jargão da área de comercialização, com essa mesma fábrica de biscoito. E a quantidade de energia que essa empresa geradora vendeu, nesse contrato, foi de exatamente 70 MW_{med_mês}.

Vale ressaltar aqui que o empreendedor, que só tem um Parque Eólico de 100 MW_{inst}, com Garantia Física de 40 MW_{med_ano}, pode assinar quantos contratos ele quiser de venda de energia para o mês de outubro de 2024. Desde que a soma das quantidades MW_{med_mês} vendidas em todos os contratos não ultrapasse 70 MW_{med_mês}.

Mas vamos seguir aqui as nossas explicações das Regras de Contabilização do Mercado de Curto Prazo (MCP) da CCEE, com somente um contrato. Depois, mais na frente do texto, a gente vai explicar como é a regra para dois ou mais contratos.

Apresentando as Regras de Contabilização da CCEE para uma empresa que tem somente um Parque Eólico (EOL) e somente um PPA para o mês de outubro de 2024, sabe-se que, caso a EOL chegue ao final do mês de outubro de 2024 e tenha gerado E_{ger} MWh (entregue ao Centro de Gravidade do Submercado), a receita (em R\$) dessa empresa, para o mês de outubro de 2024 (lembre-se que o mês de outubro tem 31 dias), é calculada da seguinte forma:

$$Receita = (Preco * 70 * (31 * 24)) + \Delta_{exp}$$

onde:

Preco – Preço do Contrato de Venda de Energia (R\$/MWh) para o mês de outubro de 2024.

E a parcela Δ_{exp} é a famosa parcela da receita chamada de “Exposição ao Mercado de Curto Prazo”.

$$\Delta_{exp} = (E_{ger} - (70 * 31 * 24)) * PLD$$

onde:

E_{ger} – Energia Gerada Alocada ao Contrato no Centro de Gravidade do Submercado (MWh) em base mensal.

PLD – Preço de Curto Prazo divulgado pela CCEE (R\$/MWh) em base mensal.

Observe que a parcela Δ_{exp} pode ser positiva ou negativa, a depender do valor do dado de entrada E_{ger} . A Δ_{exp} pode ser positiva, caso $E_{ger} > (70 * 31 * 24)$, ou ela pode ser negativa, caso $E_{ger} < (70 * 31 * 24)$.

Nesse nosso caso simplificado, não vamos considerar as regras de contabilização para uma contratação em que o gerador esteja em um submercado de energia elétrica e o consumidor esteja em um submercado diferente. Ou seja, não vamos considerar aqui o famoso “Risco de Contratação entre Submercados”.

Generalizando o raciocínio para vários meses de somente um PPA, temos:

$$Receita_i = (Preco * E_{cont_i}) + \Delta_{exp_i}$$
$$\Delta_{exp_i} = (E_{ger_i} - E_{cont_i}) * PLD_i$$

onde:

$Receita_i$ – Receita (R\$) para o mês i ;

Preco – Preço do Contrato de Venda de Energia (R\$/MWh) – vamos considerar que o preço é igual para todos os meses do ano;

$Econt_i$ – Energia Contratada (MWh) em base mensal para o mês i ;

$Eger_i$ – Energia Gerada Alocada ao Contrato no Centro de Gravidade do Submercado (MWh) em base mensal para o mês i ; e

PLD_i – Preço de Curto Prazo divulgado pela CCEE (R\$/MWh) em base mensal para o mês i .

Então agora, conforme tínhamos prometido anteriormente, vamos explicar as Regras de Contabilização da CCEE para uma empresa que tem somente um Parque Eólico (EOL), mas com 2 (dois) PPA's assinados para o mês de outubro de 2024.

Vamos considerar que no Contrato-1 a quantidade contratada, para o mês de outubro de 2024, tenha sido de 30 MWmed_mês, com Preço de 155 R\$/MWh. E que que no Contrato-2 a quantidade contratada, para o mesmo mês, tenha sido de 40 MWmed_mês, com Preço de 185 R\$/MWh.

Veja que a soma das duas quantidades contratadas deu o valor de 70 MWmed_mês. Este é o valor que o empreendedor cadastrou no sistema da CCEE no final do ano de 2023, como sazonalização da garantia física para o mês de outubro de 2024. Essa soma poderia ser menor ou igual a 70 MWmed_mês, mas não poderia ser maior.

Vamos considerar também que o PLD para o mês de outubro de 2024 deu um valor de 256 R\$/MWh. E que por um acaso da natureza, a geração desse Parque Eólico, no mês de outubro de 2024, deu 63,240.00 (sessenta e três mil e duzentos e quarenta) MWh.

Então a Receita final resultante, no mês de outubro de 2024, será:

$$Receita_{TOTAL} = Receita_{contrato1} + Receita_{contrato2}$$

$$Receita_{contrato1} = (Preco * Econt) + ((Eger - Econt) * PLD)$$

ou seja,

$$Receita_{contrato1} = (155 * 30 * 31 * 24) + (((0.4286 * 63240) - (30 * 31 * 24)) * 256)$$

$$Receita_{contrato1} = 4,684,473.98 R\$$$

O importante aqui é entender que, como foi alocado para o Contrato-1 um percentual de 42.86% (30/70) da Garantia Física do Parque Eólico para o mês de outubro de 2024, então somente 42.86% da energia gerada do Parque vai ser alocada ao Contrato-1. Os outros 57.14% da energia gerada do Parque nesse mês, vão ser alocados ao Contrato-2.

Para o cálculo da Receita do Contrato-2 temos:

$$Receita_{contrato2} = (185 * 40 * 31 * 24) + (((0.5714 * 63240) - (40 * 31 * 24)) * 256)$$

$$Receita_{contrato2} = 7,137,686.01 R\$$$

Veja que para calcular a Receita total para o mês de outubro de 2024, temos como dados de entrada as seguintes grandezas:

- 1) Garantia Física sazonalizada para o mês em questão (valor que é a tomada de decisão do empreendedor nesse nosso pequeno problema);
- 2) Energia Gerada (valor que é somente um dado de entrada do problema e depende da natureza do vento);
- 3) Quantidade de Energia Contratada e Preço de venda dos Contratos (vamos considerar que os Contratos já estão assinados, não podemos mudar nada dos contratos, então esses valores são somente dados de entrada do problema);
- 4) PLD (valor que é somente um dado de entrada do problema e também depende da natureza);

Premissas para o Estudo:

Premissa 1

Potência Instalada do Parque Eólico: 100 MW

Premissa 2

Garantia Física do Parque Eólico: 40 MWmed_ano

Iremos trabalhar com duas premissas de previsão futura de geração média mensal do Parque Eólico em MWmed_mês, a Premissa 3 e a Premissa 4. Iremos fazer isso porque o exercício fica mais interessante para pensarmos criticamente nas seguintes questões: 1) Qual a melhor previsão futura dessa geração média mensal do Parque Eólico em MWmed_mês???; e 2) É melhor pensarmos de forma determinística ou partirmos para uma otimização estocástica com análise de risco???

Premissa 3

Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
33.83	34.90	35.44	35.11	38.93	44.30	47.14	46.71	45.64	43.22	36.78	37.58

import numpy as np

Geracao_media_mensal_MWmed_Serie1 = np.array([33.83, 34.90, 35.44, 35.11, 38.93, 44.30, 47.14, 46.71, 45.64, 43.22, 36.78, 37.58]) # em MWmed_mês

Premissa 4

Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
30.00	28.00	25.00	20.00	25.00	26.00	27.00	30.00	50.00	70.00	65.00	30.00

import numpy as np

Geracao_media_mensal_MWmed_Serie2 = np.array([30.00, 28.00, 25.00, 20.00, 25.00, 26.00, 27.00, 30.00, 50.00, 70.00, 65.00, 30.00]) # em MWmed_mês

Premissa 5

Número de Horas para cada mês:

Numero_horas_mes = np.array([744.00, 672.00, 744.00, 720.00, 744.00, 720.00, 744.00, 744.00, 720.00, 744.00, 720.00, 744.00])

Premissa 6

Série determinística de Previsão do PLD mensal para os 12 meses do próximo ano, em R\$/MWh:

PLD = np.array([242.72, 165.98, 109.02, 132.63, 218.70, 336.99, 583.88, 583.88, 577.37, 249.36, 88.10, 66.67]) # em R\$/MWh

Premissa 7

CONTRATO-1

Quantidade Contrato (MWmed_ano) = 10.0

Sazonalização *FLAT*

Preço do Contrato (R\$/MWh) = 120.0

Percentual de Flexibilidade = 30.0%

CONTRATO-2

Quantidade Contrato (MWmed_ano) = 20.0

Sazonalização = np.array([30, 30, 30, 30, 30, 30, 15, 10, 9, 10, 8, 8]) # em MWmed_mês

Preço do Contrato (R\$/MWh) = 190.0

Percentual de Flexibilidade = 0.0

Premissa 8

Não deve ser levado em consideração a penalidade por insuficiência de lastro na comercialização. E caso seja necessário o empreendedor eólico comprar alguma energia de um terceiro, para não ficar com insuficiência de lastro em algum mês no atendimento aos seus contratos, devemos considerar que essa energia está sendo comprada à 110 R\$/MWh, qualquer que seja o mês do próximo ano.

Pergunta-se:

Quais os 12 valores de sazonalização da Garantia Física (em MWmed_mês) que essa empresa, que só possui esse único Parque Eólico e esses 2 (dois) contratos, deve informar à CCEE para o próximo ano, de forma a maximizar a receita da companhia???