

APROVEITAMENTO EÓLICO: ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE PARQUE EÓLICO NO BALNEÁRIO DE PONTAL DO SUL

GENARO BESSA CEPPO¹; **JÉSSICA GANTES CORDEIRO²**; **ROBERTO TOMEDI SACCO³**

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL – *Campus Pelotas RS* – ge.ceppo@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL – *Campus Pelotas RS* – jessica_gantes_cordeiro@hotmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSUL – *Campus Pelotas RS* – rsacco@pelotas.if sul.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Considerando os benefícios da utilização do recurso de energia eólica e a necessidade do desenvolvimento de alternativas estratégicas de geração de eletricidade, o objetivo deste resumo é apresentar um estudo de caso com análise preliminar de viabilidade em projeto de parque eólico a partir da análise e tratamento dos dados de potencial disponível da região do Balneário de Pontal do Sul no Município de Pontal do Paraná no Paraná (PR). Foi avaliado o potencial de aproveitamento da energia eólica desta região através do Atlas do Potencial Eólico do estado do Paraná [1] para aquisição dos dados de velocidade e frequência dos ventos durante um longo período de tempo, assim como rugosidade do local, altitude, distribuição de Weibull, fator de forma e temperatura média. Para tratamento dos dados foi utilizado o software ALWIN, que combina os dados do aerogerador escolhido com a curva de distribuição de intensidade de vento e fornece uma estimativa da energia produzida. Esse trabalho também documento apresenta os dados relacionados a análise preliminar de viabilidade econômica e os principais aspectos relacionados aos processos junto a órgãos regulamentadores e demais avaliações necessárias para tal tipo de empreendimento.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi dividido em três etapas, sendo a primeira a avaliação dos dados do Atlas de Potencial Eólico da região a fim de verificar se a mesma é adequada para aproveitamento eólico. A segunda etapa consistiu na simulação, no software ALWIN, das curvas de distribuição de probabilidade, da previsão de energia gerada, da escolha dos aerogeradores, da seleção da área e da disposição dos aerogeradores. A terceira etapa compreendeu o estudo de viabilidade econômica de implementação do projeto.

Os critérios de escolha do local de estudo consideraram principalmente as condições favoráveis relacionadas ao regime dos ventos, com análise prévia de sua velocidade média, da rugosidade do local, sua altitude, a média anual de temperatura, direção predominante do vento e o fator de forma de Weibull apontados pelo Atlas Eólico da região. A informação de velocidade média do vento e a rugosidade conseguem mostrar se a região pode ser considerada tecnicamente aproveitável, já que a potência elétrica gerada pela turbina eólica está relacionada diretamente a média dos ventos e a rugosidade está relacionada a presença de variáveis prejudiciais ao escoamento do vento, responsáveis pela ocorrência de

turbulências, que podem comprometer a geração de energia. O aumento de altitude e variação de temperatura determinam as características físicas do ar na região, que também interfere na velocidade dos ventos. A direção predominante do vento influencia no posicionamento dos aerogeradores. O fator de forma de Weibull indica a probabilidade de certa frequência de predominância do vento.

Obtidos os dados necessários do Atlas Eólico, a segunda etapa foi à simulação no software livre ALWIN. A utilização deste software permitiu o levantamento das curvas de distribuição de probabilidade de intensidade do vento, a previsão da energia gerada e a escolha dos aerogeradores. Para realizar esta simulação, foram inseridos os parâmetros obtidos a partir do Atlas Eólico da região em estudo. A partir destes parâmetros, o software gerou as curvas de distribuição de probabilidade de Weibull, que demonstra a frequência que cada velocidade ocorre. Com base nas curvas de Weibull, foi possível escolher o aerogerador mais adequado para cada região, analisando as curvas de potência x velocidade do vento de diferentes modelos de aerogeradores. Com a definição do aerogerador, foi possível avaliar o comportamento da previsão de energia em relação a mudança de altura do rotor do aerogerador. A equação 1 é importante para o cálculo da potência gerada é apresentada abaixo.

$$P = \frac{1}{2} \rho A_r v^3 C_p \eta(1)$$

Onde P é a potência elétrica gerada, ρ é a densidade do ar em kg/m^3 , A_r é a área do rotor, v é a velocidade do vento, C_p é o coeficiente aerodinâmico de potência do rotor e η é a eficiência do conjunto gerador/transmissão. Após foi realizada a prospecção e seleção da área de implantação do parque eólico a ser proposto, assim como a proposta de disposição dos aerogeradores, de forma a se obter o melhor aproveitamento possível. Além disso, também se avaliou a disponibilidade de subestações e linhas de transmissão mais próximas ao sítio escolhido, para facilitar a conexão da central eólica e o escoamento de sua energia produzida

Por fim, foi realizado um estudo preliminar de viabilidade econômica da implementação do parque eólico proposto e análise das condições de retorno financeiro de um eventual investimento neste projeto. Primeiramente foi realizada a estimativa de produção de energia anual a partir da equação 2. Onde n é número de unidades aerogeradoras, P_n é a potência nominal por unidade aerogeradora em kW , FC é o fator de capacidade, d é o fator de disponibilidade anual em %, Δt é o número de horas médio por ano, η é o rendimento do parque eólico em %.

$$E_R = n \cdot P_n \cdot FC \cdot d \cdot \Delta t \cdot \eta \quad (2)$$

Com relação a viabilidade econômica foram tomados como base os dados de venda de energia elétrica de dois leilões de fontes alternativas disponibilizados na página da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para os cálculos de rentabilidade do empreendimento, sendo eles com valores de R\$ 255,00/ MWh [2] e R\$ 276,00/ MWh [3], os quais foram carregados em uma planilha no Excel. Foram adotados dois valores a fim de experimentação dos custos para o investimento necessário por unidade geradora sendo eles de USD\$ 1.500/ kW e USD\$ 1.800/ kW, considerando a taxa de câmbio de R\$ 3,76 / USD\$, R\$ 5646,45/ kW e R\$ 6775,74/ kW respectivamente. A Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) utilizada foi de 6,6% ao ano, a mais atualizada até o momento disponibilizada pelo BNDES [4], para financiar 80% do investimento. A fim de identificar se o projeto gera o rendimento mínimo necessário para que seja considerado viável foram feitas análises da TIR

(Taxa Interna de Retorno), considerando uma TMA (Taxa Mínima de Atratividade) de 12,5% ao ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analizando os dados obtidos do Atlas Eólico, observou-se que a região do Balneário de Pontal do Sul/PR não se mostra tecnicamente aproveitável com relação ao seu regime de ventos, pois precisaria de uma velocidade mínima de vento de 7 a 8 m/s, diferente da sua média que é de 4,3 m/s a uma altura de 75 m. Apenas sua rugosidade se mostra tecnicamente aproveitável, pois pode ser considerada baixa, de apenas 0,02 m, que conforme o Atlas Eólico se enquadra como cultura agrícola. Além disso, os ventos estão direcionados na orientação sul com uma ocorrência em torno de 13%, informação fundamental para se definir o posicionamento dos aerogeradores. Tais dados serviram como parâmetros para gerar a curva de distribuição de probabilidade de Weibull com o intuito de determinar o aerogerador mais adequado a partir do software ALWIN. A partir das simulações realizadas, foi escolhido o aerogerador Enercon E-48 de 800 kW, que melhor atendeu a região em estudo.

Com a definição do aerogerador, foi possível obter a previsão de energia, realizando simulações com o rotor nas alturas de 60 e 80 m, levando-se em conta o diâmetro do rotor que é de 48 m, parâmetro fundamental para a determinação da potência do aerogerador. Além destas, também se procurou simular variações no fator de forma de Weibull, já que isso está diretamente relacionado a constância dos ventos em torno de um ponto médio de velocidade e consequentemente pode acarretar em diferenças na previsão de energia gerada, potência média e fator de capacidade de cada unidade geradora. Balneário de Pontal do Sul apresentou baixa previsão de energia, apesar de sua baixa rugosidade, pois as condições de vento não foram suficientes para que apresentasse um bom desempenho eólico. A área delimitada para a implantação do parque foi de 2 km², com capacidade para distribuição de 14 aerogeradores de potência nominal de 800 kW, altura do HUB de 60 m e diâmetro do rotor de 48 m, respeitando os afastamentos mínimos a fim de garantir maior segurança, desempenho e eficiência.

A estimativa de energia anual do Balneário de Pontal do Sul – PR, considerando a altura do HUB de 60 m, foi de aproximadamente 860 MWh. Em todas as simulações do cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) o resultado divergiu, mostrando que o investimento não se mostrou viável mesmo em um prazo de 20 anos, dentro das condições e premissas estabelecidas.

4. CONCLUSÕES

Do ponto de vista técnico, existem recursos alternativos para viabilizar a implantação de um parque eólico, como, por exemplo, diferentes modelos de aerogeradores e a forma como se dá a disposição destes na região delimitada. A escolha do aerogerador inadequado pode ter sido equivocada, sendo responsável pela inviabilidade do projeto. Já a viabilidade econômica está fortemente atrelada a fatores externos, como as taxas de juros para financiamentos, o custo unitário de cada unidade geradora e o valor de venda da energia, dificultando a elaboração de estratégias fora desse escopo.

Frente aos resultados obtidos, conclui-se que os experimentos e análises realizados, demonstraram êxito no tocante à previsibilidade tanto sobre a viabilidade energética quanto econômica, demonstrando a importância de estudos dessa natureza sobre investimentos desse porte.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMARANTE, O. A. C.; SCHULTZ, D. J. **Atlas do potencial eólico do estado do Paraná**. COPEL, Camargo Schubert Engenharia Eólica, LACTEC, p. 53, 2007.
- [2] **Leilão A-4: eólicas terão preço de R\$ 255/ MWh**. Canal energia. Acesso em 28 maio 2018. Online. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53052890/leilao-a-4-eolicas-terao-preco-de-r-255-mwh>
- [3] **Leilão A-6 terá preço inicial de R\$ 281,00 para UHE e custo de referência de R\$ 329,00**. Canal energia. Acesso em 28 maio 2018. Online. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53041482/leilao-a-6-tera-preco-inicial-de-r-28100-para-uhe-e-custo-de-referencia-de-r-32900>
- [4] **Taxa de Juros a Longo Prazo – TJLP**, BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. Acessado em 30 maio 2018. Online. Disponível em: <https://www.bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/taxa-juros-longo-prazo-tjlp>