



## ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE PARQUE EÓLICO - SEMPRE É VIÁVEL?

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5389

**Autores:** LISANDRA FERREIRA DE LIMA, ADMILSON LOPES VIEIRA

**Resumo:** Este trabalho apresenta a utilização do estudo de caso sobre implantação de energia eólica como ferramenta pedagógica para promover o aprendizado em níveis cognitivos elevados, particularmente na análise crítica. O estudo de caso foi estruturado em quatro etapas distintas: escolha da localização, cálculos do projeto, seleção dos aerogeradores, análise dos impactos. Cada etapa foi projetada para envolver os estudantes em um processo de aprendizado ativo e profundo, permitindo-lhes aplicar teorias e conceitos práticos em um contexto real. A proposta visa não apenas a transferência de conhecimento técnico, mas também o desenvolvimento de habilidades analíticas e de resolução de problemas. Os estudantes foram incentivados a avaliar fatores diversos, desde questões geográficas e ambientais até os aspectos técnicos e econômicos da implementação de um parque eólico. O resultado do estudo foi muito positivo, evidenciando que os estudantes não só conseguiram aplicar os conhecimentos adquiridos, mas também identificaram impactos que não haviam sido previamente considerados em estudos semelhantes. Esta abordagem demonstrou ser eficaz em fomentar um entendimento mais abrangente e crítico sobre a viabilidade de projetos de energia renovável, destacando a importância de análises multidisciplinares e detalhadas no processo educativo.

**Palavras-chave:** energia eólica, estudo de caso, impacto na alteração dos ventos

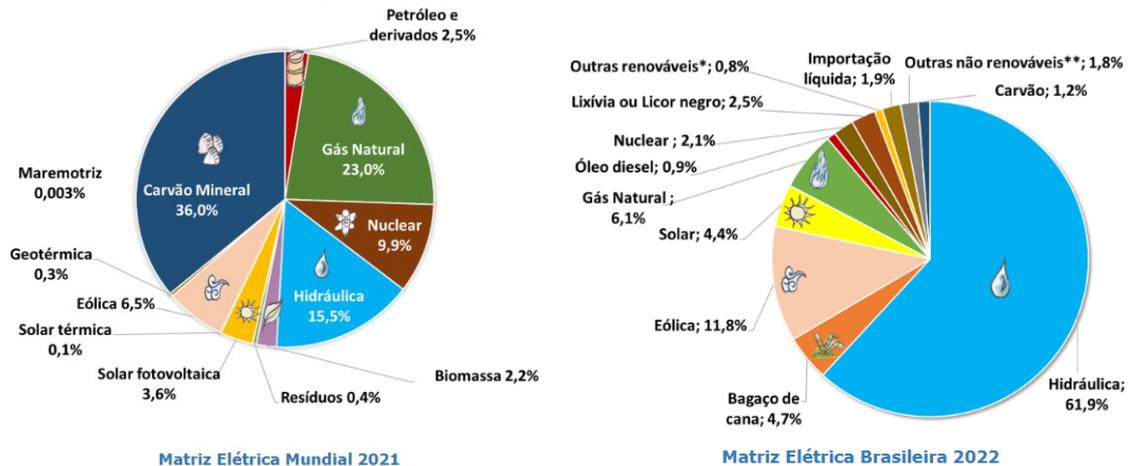
# ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE PARQUE EÓLICO – SEMPRE É VIÁVEL?

## 1 INTRODUÇÃO

Energia eólica provém de uma fonte renovável de energia, o vento, que tem origem devido à movimentação planetária e diferenças de temperatura, sendo uma fonte abundante e permanente de energia, pela transformação da energia cinética dos ventos em energia elétrica.

A alta disponibilidade hídrica no Brasil conduziu nossa matriz energética, a uma das mais renováveis do mundo, mas pautada principalmente na hidroeletricidade, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Matriz elétrica mundial e brasileira



Fonte EPE

Segundo Rosa (1995) a hidreletricidade é considerada a melhor solução técnica e econômica, se comparada com a energia nuclear ou com a termoeletricidade a combustíveis fósseis, pois tem como vantagens o fato de ser renovável e disponível no país a menor custo. Tundisi (2003) e Silva et al. (2005) discutem os impactos ambientais e sociais oriundos da construção de reservatórios de usinas hidrelétricas, dentre elas a inundação de hectares de terra, causando o afogamento de inúmeras espécies de fauna e flora, transformação dos rios em reservatórios de águas estagnadas e poluídas e a transformação das populações ribeirinhas em indivíduos sem-terra ou indigentes urbanos.

A produção de energia eólica, ocupa 2º lugar na matriz elétrica brasileira. Esta produção é baseada na transformação de energia cinética, advinda da velocidade do vento, em turbinas, conhecidas como aerogeradores, na qual pelo movimento das pás transforma a energia mecânica, que pela rotação do rotor (eixo e sistema de engrenagens), por sua vez, transforma em energia elétrica, pelo acionamento do gerador elétrico através do eixo do rotor (Portal energia, 2016).

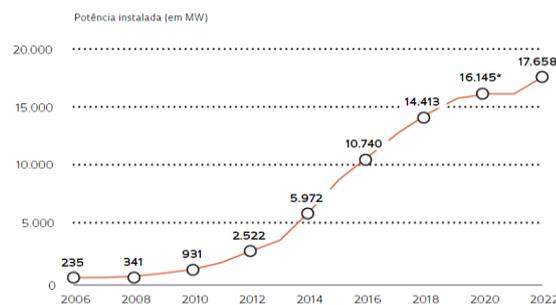
Os estudos sobre a produção de energia elétrica no Brasil a partir da energia dos ventos iniciaram com grandes dificuldades, de acordo com o Atlas do Potencial Eólico do Brasil, as primeiras medições da velocidade dos ventos eram feitas a 10 m de altura, sendo dados não representativos para a instalação de um parque eólico, pois a esta altura os ventos são fortemente influenciados pelo relevo e rugosidade do terreno. Na década de 1990, quando as medições passaram a ser realizadas para estudos de viabilidade, sendo

coletados dados de velocidades de 30-50m de altura, foram realizadas principalmente nos estados do Pará, Paraná, Santa Catarina, Ceará e Rio Grande do Sul. (Amarante et al., 2002).

Ao longo do tempo também foram aperfeiçoados os equipamentos constituintes do aerogerador, a fim de aumentar o potencial elétrico das usinas. Algumas destas mudanças foram, por exemplo, aumento do tamanho das pás, usado anteriormente um diâmetro de 20m, hoje passam dos 100 m, acrescendo a área varrida pelas pás; e aumento da altura das torres, de 10m de altura, hoje ultrapassam os 50 m, obtendo assim ventos mais velozes e diminuindo a interferência do terreno. (ANEEL, 2008).

Graças ao PROINFA e a outras medidas públicas de incentivo, como os leilões exclusivos para fontes alternativas, atualmente esta é uma forma de produção de energia em franco crescimento. (Magalhães et al, 2019). ABEEólica declara o potencial de geração de energia eólica onshore no Brasil é de 500 GW e apesar de um aumento de quase 20% (18,85) na produção de energia eólica no país, se comparado a 2021, ainda há muito a ser explorado, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Potência instalada de energia elétrica advinda da energia eólica



Fonte: ABEEólica,

Mas quando é possível instalar um parque eólico? Como escolher a região mais adequada tecnicamente? Quais parâmetros são fundamentais? Quais impactos desta instalação?

Este trabalho apresenta uma possibilidade de utilização de temas transversais como a produção de energia elétrica, em sala de aula, relacionado conceitos teóricos, técnicos, ambientais e sociais utilizando a metodologia estudo de caso. A energia eólica foi utilizada como um dos temas transversais propostos na disciplina de Conversão, conservação de energia e eficiência energética do curso de Engenharia Ambiental de Sanitária da UTFPR-LD e a estrutura da proposta é apresentada neste artigo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Applegate (1988) e Yin (2005), destacam os passos que devem ser seguidos para a aplicação do estudo do caso: Seleção de problema que demande pesquisa, buscando compreender a forma adequada de coletar informações sobre o contexto a ser abordado; levantamento dos dados do cenário identificado; análise do contexto, organização os dados ou informações obtidas na etapa anterior, permitindo a formulação de hipóteses e análise das variáveis que geram o problema; elaboração de soluções/conclusões sobre o problema analisado.

A partir destas orientações, a metodologia de condução das atividades está apresentada na Figura 3. A construção teórica acerca da energia eólica é desenvolvida na 1ª etapa: escolha do local, onde as variáveis relevantes para a tomada de decisão e os seus cálculos são implementados. A segunda etapa, propõem a implementação de cálculos de quanto é possível instalar na região escolhida, quais e quanto será as perdas energéticas inerentes do processo. Esta é a etapa que usualmente existia na unidade curricular convencional, a qual os estudantes aprendiam sobre os cálculos de energia e eficiência energética.

Figura 3 – Modelo esquemático de projeto de uma usina eólica



Fonte: autoria própria

A 3ª etapa tem como função a compreensão do layout e dos equipamentos utilizados frente a potência calculada, além das normas ambientais exigidas. A 4ª e última etapa, considerada fechamento do projeto e a mais integradora das etapas, além de analisar os documentos regulatórios ambientais, ainda discute e aponta impactos positivos e negativos da implantação, fomentando análise crítica e trabalho colaborativo nos aprendizes.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1. 1ª Etapa: escolha do local

As principais condições favoráveis que devem ser analisadas para um eólico é a velocidade média e a regularidade do vento, que dever ser no de mínimo 5,0 m/s, no caso de geradores eólicos isolados. No entanto, para complexos eólicos espera-se um vento de ao menos 7,0 m/s (Lima Jr, 2013). Quanto à regularidade, este fator é relevante pelo fato de que ventos irregulares oferecem potência inicial variável, o que dificulta o controle do processo de produção. A Figura 4 descreve o potencial eólico do país por regiões.

Figura 4 – Potencial eólico no Brasil



Fonte: ANEEL, 2008

De acordo com a figura 4, é notável que a região brasileira mais promissora para produção de energia eólica é a Nordeste, responsável por 75,0 GW, sendo aproximadamente 52% de todo o potencial brasileiro; a segunda região que se destaca no

potencial é a Sudeste, 29,7 GW; a região Sul fica em terceiro lugar com 22,8 GW, onde se encontra o Parque Eólico de Osório, Rio Grande do Sul, maior parque brasileiro.

O Paraná é situado na região Sul do Brasil e ocupa uma área de 199.880km<sup>2</sup>. Em 2010, a população do Paraná era de 10.444.526 habitantes, representando 5,5% da população brasileira. Dependendo da região, o clima no estado varia muito, de temperado úmido ao sul a tropical úmido ao norte. (IPARDES, 2013).

No Paraná o potencial eólico é promissor, com total de 1.363MW de potência instalável a 75m de altura em locais onde o vento seja igual ou maior que 7,0m/s, como mostrado no Quadro 1.

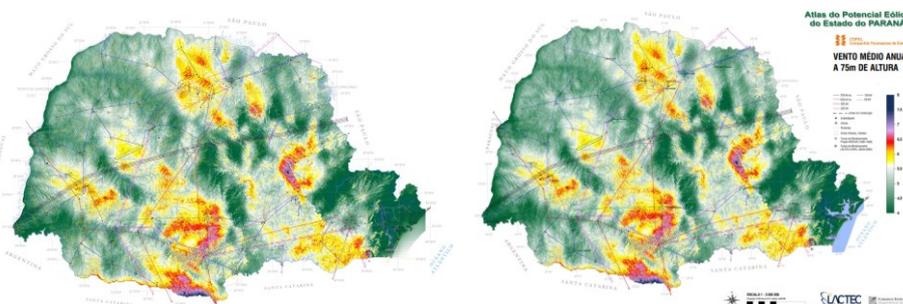
Quadro 1 - Potencial de Geração Eólica no Paraná

Integração por faixa de velocidade						Integração cumulativa			
Altura (m)	Vento (m/s)	Área (km <sup>2</sup> )	Potência instalável (MW)	Fator de capacidade	Energia Anal (GWh)	Vento (m/s)	Área (km <sup>2</sup> )	Potência instalável (MW)	Energia Anal (GWh)
50	6.0-6.5	3181	6362	0.228	12683	>6.0	4033	8066	16792
	6.5-7.0	696	1392	0.268	3262	>6.5	852	1704	4110
	7.0-7.5	139	278	0.305	743	>7.0	156	312	847
	7.5-8.0	12	25	0.338	73	>7.5	17	34	105
	8.0-8.5	3	7	0.368	22	>8.0	5	9	32
	>8.5	1	3	0.425	10	>8.5	1	3	10
75	6.0-6.5	12152	23304	0.231	49254	>6.0	15310	30619	64726
	6.5-7.0	2476	2476	0.270	11716	>6.5	3158	6315	15471
	7.0-7.5	575	574	0.306	3102	>7.0	681	1263	3756
	7.5-8.0	96	96	0.344	580	>7.5	107	215	654
	8.0-8.5	8	8	0.372	52	>8.0	11	22	74
	>8.5	3	3	0.414	22	>8.5	3	6	22
100	6.0-6.5	25220	50440	0.234	103580	>6.0	32638	65275	140255
	6.5-7.0	5730	11460	0.272	27289	>6.5	7417	14835	36675
	7.0-7.5	1370	2739	0.310	7430	>7.0	1687	3375	9386
	7.5-8.0	275	550	0.347	1672	>7.5	318	636	1956
	8.0-8.5	37	75	0.377	246	>8.0	43	85	284
	>8.5	5	11	0.408	38	>8.5	5	11	38

Fonte: COPEL, 2007

A figura 5 apresenta a velocidades dos ventos no estado, o que possibilita localizar as melhores regiões para implantação de parque eólico no Paraná.

Figura 5 – Vento médio anual a 50 m e a 75 m de altura respectivamente



Fonte: Adaptado COPEL, 2007

Neste infográfico, a coloração verde escura apresenta a menor velocidade, 4 m/s e a coloração roxo escuro, a maior velocidade, de 8 m/s.

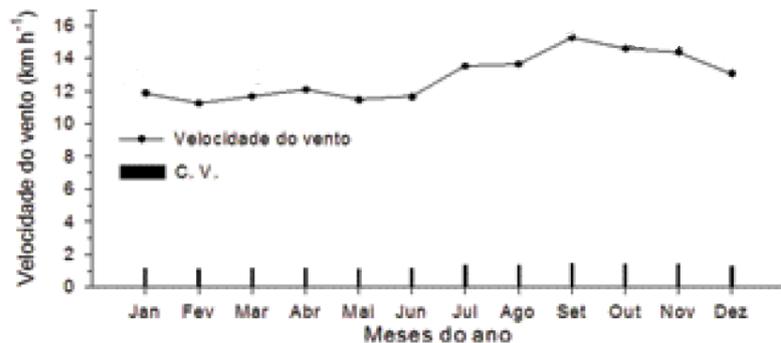
Ao analisar a localização dos pontos de coloração azulada na figura 6, que são os que apresentam velocidades superiores a 7 m/s, pode-se perceber que a região mais promissora seria a do Planalto de Palmas (extremo sul – divisa com o estado de Santa

Catarina). Porém, nesta área já existe o parque eólico de Palmas com cinco aerogeradores de 500KW cada, totalizando em 2,5MW de potência instalada (COPEL, 2014).

Logo, a região escolhida para implementar o novo parque eólico é a dos campos de Guarapuava, uma vez que esta é a segunda maior região onde os ventos atingem 7m/s a 75 metros de altura e o relevo é mais plano se comparado com as outras regiões, apresentando também áreas de baixa rugosidade. A região de campos de Castro/Tibagi (lado leste) também se apresenta como local interessante para a instalação do parque. Contudo, pelo motivo dos melhores lugares serem em áreas altas, dificultando a instalação, deu-se preferência aos campos de Guarapuava, que apesar de poder apresentar ocorrências de geada e neve, isto também ocorre em Palmas, onde já existe um parque operante.

Dados extraídos de Wagner et al., 2009, e apresentados na Figura 6, confirmam uma baixa variabilidade na velocidade do vento medida nesta região. Outra análise importante a ser feita, diz respeito a época de maior variação e intensidade eólica serem nos meses de julho a setembro, possibilitando a sinergia entre a energia elétrica oriunda de hidrelétricas com a eólica (COPEL, 2007). A variação da velocidade do vento em um dado ponto produz perturbações cíclicas na força de empuxo aerodinâmico. Algumas componentes de frequência destas perturbações se propagam e a atacam a tração e a estrutura das pás (Bianchi et al., 2007). Estas cargas impactam diretamente os custos da energia porque reduzem o tempo de vida útil dos aerogeradores e diminuem a qualidade da potência enviada para a rede elétrica (Ahrtz et al, 2012).

Figura 6- Velocidade do vento determinado com base em dados climáticos do período de 1984 a 2008 em Guarapuava-PR



Fonte: Wagner et al., 2009

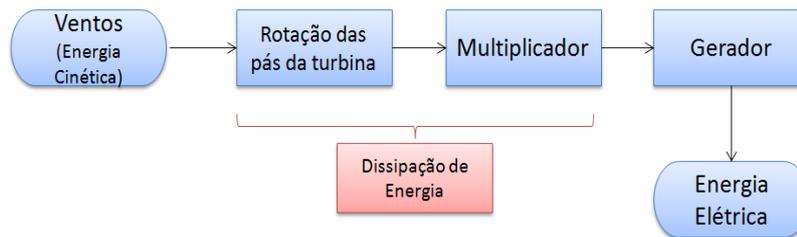
### 3.2 Segunda etapa - Cálculos de projeto

Para a análise da potência gerada e da eficiência energética, é preciso conhecer as etapas envolvidas na conversão da energia cinética dos ventos para a energia elétrica.

A energia cinética contida nos ventos provoca a rotação das pás, que transmite seu movimento por um eixo no qual está um sistema de engrenagens responsável por multiplicar a rotação, permitindo a conversão da energia cinética do eixo em energia elétrica por meio do gerador.

A dissipação de energia se dá principalmente no rotor, devido ao sistema de multiplicação das rotações do eixo e no gerador. Entre as formas de dissipação de energia estão o aquecimento e o ruído causados pelo atrito. O esquema de todo o processo é representado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma do balanço de energia de uma turbina eólica



Fonte: Os autores

Como o objetivo principal é o cálculo da potência gerada ( $W$ ). Para o início da análise do balanço energético para uma turbina é necessário primeiro determinar a potência cinética do vento, segundo Fadigas (2011) tem-se:

$$P = \frac{E}{\Delta T} = \frac{1}{2} * \dot{m} * v^2 \quad (1)$$

Em que a potência  $P$  é a energia por unidade de tempo, onde  $\dot{m}$  é o fluxo de massa (kg/s) e  $v$  é a velocidade do vento em m/s. O fluxo de massa pode ser expresso pela equação da continuidade:

$$\dot{m} = \rho * A * v \quad (2)$$

Em que  $A$  é a área que o ar atravessa ( $m^2$ ) e  $\rho$  é a densidade do ar ( $kg/m^3$ ). Substituindo Equação (1) em (2), tem-se:

$$P_m = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \quad (3)$$

Onde:

$P_m$  = Potência média do vento (W);

$\rho$  = densidade do ar ( $kg/m^3$ );

$A$  = Área varrida pelo rotor ( $m^2$ );

$v$  = Velocidade do vento incidente sobre a turbina.

Para o cálculo da potência real de um aerogerador é necessário saber que nem toda a potência fornecida pelo vento será absorvida pela turbina.  $C_p$  é denominado coeficiente de potência ou eficiência do rotor, representando a relação entre a potência mecânica do conversor e a potência contida no vento não perturbado. Fadigas (2011) demonstra que o valor máximo teórico é de 0,593.

$$C_p = \frac{P_t}{P_m} \quad (4)$$

Onde:

$C_p$  é o coeficiente aerodinâmico de potência do rotor e

$P_t$  = Potência extraída pela turbina (W);

A potência extraída pela turbina deve ser calculada levando em conta que a própria turbina gera um bloqueio ao vento na hora de atravessar, por isso a velocidade utilizada pela turbina para gerar energia cinética ( $v$ ) não é a mesma a qual incide sobre o aerogerador

(v<sub>1</sub>) (Dalmaz, 2007). Utilizando a lei de Betz, apenas menos de 16/27 da energia cinética pode ser convertida em energia mecânica por uma turbina eólica (TERCIOTE):

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A \left( v^3 - \frac{16}{27} v^3 \right) \quad (5)$$

Onde:

v = Velocidade do vento incidente sobre a turbina;

v<sub>1</sub> = Velocidade do vento após passagem pela turbina  $\left( \frac{16}{27} v^2 \right)$ .

Para avaliar a eficiência energética do parque eólico, deve-se considerar a eficiência tanto do rotor como do sistema de transmissões mecânicas e do gerador. Assim, a eficiência é a relação entre toda energia contida nos ventos e a energia elétrica produzida será:

$$P_{el} = \frac{1}{2} \rho * A * v_1^3 * C_p * \eta_1 * \eta_2 \quad (6)$$

$\eta_1$  é eficiência do sistema de transmissão;

$\eta_2$  é a eficiência, agora do gerador

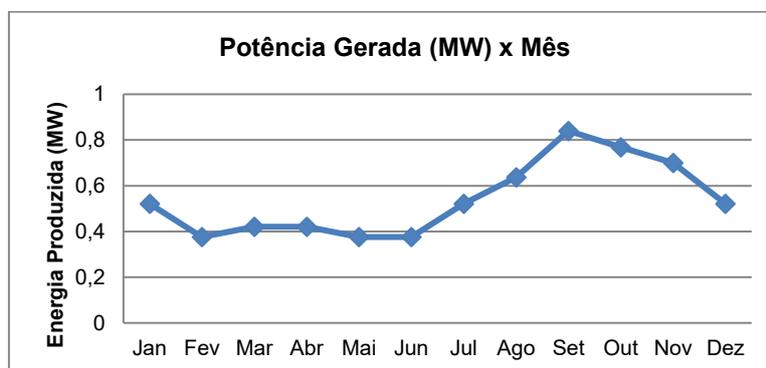
As duas eficiências da transmissão e do gerador podem ser representadas como uma única eficiência do conjunto  $\eta$ . Desse modo a equação (7) pode ser reescrita como:

$$P_{el} = \frac{1}{2} \rho * A * v_1^3 * C_p * \eta \quad (7)$$

Os cálculos demonstraram que a relação entre a potência média do vento e a potência elétrica gerada era de 0,4185, ou seja, de toda a energia presente no vento apenas 41,85% é convertida em energia elétrica.

Por meio dos dados da velocidade média mensal dos ventos e os cálculos descritos previamente, foi possível encontrar a quantidade de energia elétrica máxima gerada pela região escolhida, conforme mostra Figura 8.

Figura 8 – Valores médios mensais de potência elétrica gerada



Fonte: Os autores

Como os dados são medidos na cidade de Guarapuava, ou seja, uma região de maior rugosidade e obstáculos, a área determinada para a implantação seria mais ao sul, as velocidades calculadas para o vento são menores que as esperadas para o parque. Assim, o gráfico 1 apenas permite avaliar o comportamento da produção, sendo mais intensa nos

últimos meses do ano, apresentando seu máximo em setembro e mais baixa entre fevereiro e junho, tendo seu mínimo em junho.

### 3.3. Terceira etapa: Escolha de aerogeradores

A próxima decisão foi acerca da escolha pelos aerogeradores e a sua disposição no terreno. O quadro 2 faz síntese dos tipos de aerogeradores e suas especificidades

Quadro 2 – Tipos e especificidades de aerogeradores

Tipo	Especificidade
Eixo horizontal – tipo hélice	Maior rendimento aerodinâmico e suportam maiores esforços mecânicos, mas deve estar orientada na direção do vento
Eixo horizontal – turbina multipás	mas deve estar orientada na direção do vento
Eixo vertical	Não precisar controlar a orientação do rotor em relação ao vento, os componentes são armazenados de uma forma mais otimizada e as pás são construídas de forma mais fácil, mas possuem menor eficiência de conversão

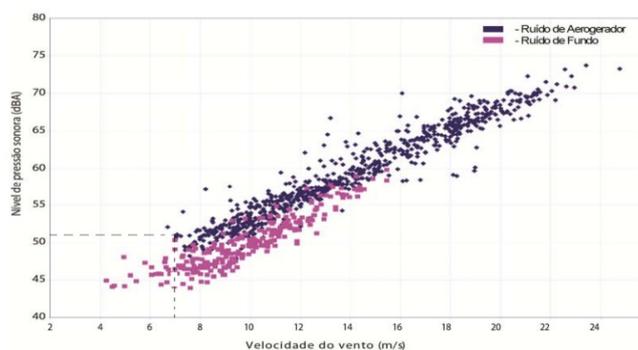
Em virtude dos cálculos de projeto, foi decidido por um pequeno parque eólico, com três aerogeradores de potência nominal de 2.300KW, totalizando 6,9MW instalados. Os aerogeradores foram escolhidos com esta potência nominal, pois a altura do cubo é situada a 74 metros, mesma altura em que o estudo foi realizado para medição da velocidade dos ventos, além de que atenderia a uma maior demanda de energia do que o Parque Eólico de Palmas.

As torres instaladas de eixo horizontal teriam 3 pás com área varrida de 3.959m<sup>2</sup>, um cubo de 74m de altura, com diâmetro de rotor de 71m, velocidade variável entre 6-21,5 rpm e velocidade de paragem entre 28-34m/s.

### Perda energética por ruído

De acordo com a Figura 9 pode-se estipular o valor do nível de decibéis produzidos pelo aerogerador nos campos de Guarapuava, quando este trabalha com a velocidade de vento média anual de 7 m/s.

Figura 9 – Comparação de ruído de fundo e de Aerogerador



Fonte: Maia, 2010

Obtém-se então o valor de aproximadamente 51 dB(A). Segundo Reinaldo (2013) o nível de intensidade sonora, é expresso como:

$$NPS = 10 * \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (8)$$

Onde,  $I$  é a potência da fonte sonora dada em Watts e  $I_0$  é a potência de referência igual a  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  (equivalente ao limiar inferior da audição humana). Conhecendo-se então o nível de ruído, a equação (1) foi utilizada para determinar a potência perdida por cada aerogerador.

Devido a escolha por aerogeradores de eixo horizontal, a direção dos ventos é um fator muito relevante no momento da decisão da direção da instalação de torres eólicas. A Figura 10 mostra como os ventos no estado são distribuídos de acordo com a sua direção.

Figura 10 – Direção Predominante do Vento

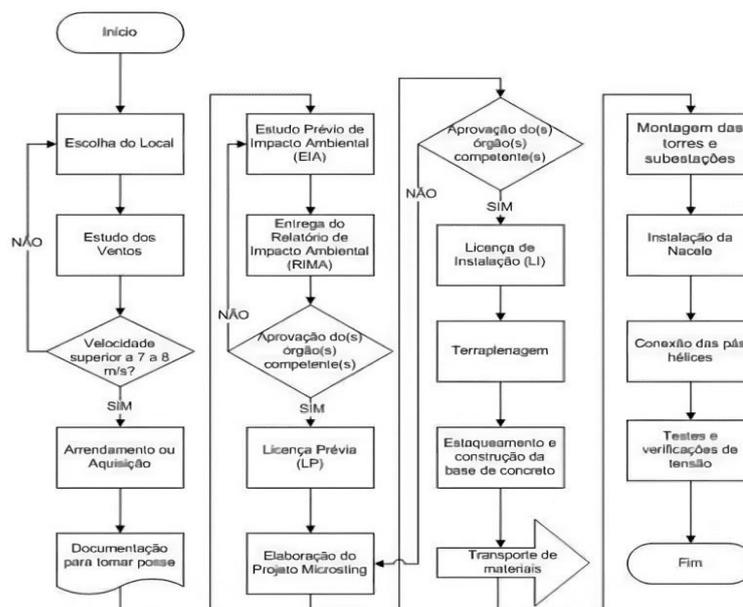


Fonte: Secretaria da educação, 2000

### 3.3 Quarta etapa: Análise sobre impactos

A Figura 11 ilustra os procedimentos para implantação de parques eólicos onshore no Brasil. O fluxograma mostra a importância da escolha do local, que vai além das variáveis técnicas analisadas, velocidade e direção dos ventos no local, mas também o exame da integração de todos os demais recursos existentes (relevo, vegetação, hidrografia, solo, etc.), que deve ser referenciado por um estudo normativo que estabeleça os limites legais para ocupação da área de interesse (MELLO, 2014; SILVA et al., 2015).

Figura 11 – Comparação de ruído de fundo e de Aerogerador



Fonte: Silva et al, apud Lamego, 2022

De acordo com a Agência internacional de Energia - IEA (1998) as emissões ao longo de todo ciclo de vida das usinas eólicas variam entre: 7 e 9 [gCO<sub>2</sub>/kWh], 0,02 e 0,09 [gSO<sub>2</sub>/kWh] 0,02 e 0,06 [gNO<sub>x</sub>/kWh]. Valores muito baixos quando comparamos com fontes fósseis.

O principal impacto negativo facilmente encontrado é o sonoro e a possibilidade de impacto na fauna (para algumas espécies de pássaros).

Em discussão sobre a temática, os estudantes levantaram mais um possível impacto que não foi encontrado na literatura: o impacto da alteração dos ventos no clima. Este foi um tema que causou grande interesse e pesquisas posteriores.

#### 4 Considerações FINAIS

O uso da metodologia estudo de caso para abordagem deste tema transversal na unidade curricular se mostrou muito favorável do ponto de vista motivacional, uma vez que apesar de ter sido mais trabalhoso, houve grande interesse pela temática.

Do ponto de vista cognitivo, também se observou vantagens, visto ter sido percebido que os estudantes além fazerem os cálculos de conversão de energia, compreenderam melhor conceitos como dissipação, eficiência energética. Outro ponto relevante é que foram capazes de relacionar conceitos de outras unidades curriculares como legislação, de conservação ambiental com os cálculos de energia. Isto fez com que a análise não fosse apenas energética ou de viabilidade técnica, e sim de todos os impactos, positivos e negativos desta forma de produção de energia, até mesmo impactos ainda em estudo foram considerados, como efeito da alteração da rota dos ventos nas chuvas. No início do estudo de caso todos estudantes acreditavam que energia eólica era uma forma limpa de produção de energia, a ao final, já avaliavam em termos dos impactos, sem visões utópicas.

É importante destacar que, diferente da metodologia PBL (aprendizagem baseada em problemas) que não demanda de conhecimento prévio sobre os temas de estudo relacionados ao problema, o estudo de caso exige conhecimento prévio visto que suas principais intencionalidades estão relacionadas a ressignificação da aprendizagem, sendo que o conhecimento prévio do aluno é constantemente solicitado e reavaliado pela interação com problemas reais que fazem parte da área a qual se deseja ensinar, demonstrando não existir um único conhecimento já acabado, mas constantes processos de construção do conhecimento que podem ser revistos e repensados a qualquer tempo. Desta forma o objetivo aqui não foi o de propor um conhecimento específico, mas a aplicação do conhecimento em propostas mais abrangentes que se coloca como objetivo central. Desta forma sugerimos que esta metodologia não seja utilizada em unidades curriculares de início de curso, para estas, o PBL seria o mais adequado.

O único ponto negativo da implementação do estudo de caso na disciplina foi o tempo requerido. Em aula convencional, cálculos de energia como os aplicados ocupariam no máximo 3 h/a e neste modelo, gastou 4 h/a, sendo que houve atribuição de inúmeras atividades para casa e menor quantidade de exercícios de cálculo em sala de aula.

Para que haja um equilíbrio, sugere-se que utilize um tema transversal como este em parte da unidade curricular, preferencialmente mais ao final, quando eles já sabem fazer os cálculos de conversão, mesmo que em outros cenários.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a UTFPR por todo apoio.

## REFERÊNCIAS

EPE, **Matriz energética e elétrica.** Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> acesso em 03 fev. 2024.

ROSA, L.P., SIGAUD, L., LA ROVERE, E.L., MAGRINI, A., POOLE, A., FEARNSIDE, P., **Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente: O Caso das Grandes Barragens.** COOPE/UFRJ, 1995, p.100-115.

TUNDISI, J.G., **Água no século XXI – enfrentando a escassez.** São Carlos: Ed. Rima, 2003, 247p

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Ed. Rima, 2003. 138p.

PORTAL ENERGIA. **Como funciona um Aerogerador,** 2016. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/> Acesso em: 20 abr. 2020.

AMARANTE, O. A. C. do; SILVA F. J. L. da. **Atlas eólico do Rio Grande do Sul.** Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC, 2002. p.15. Disponível em: [http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=28&cod\\_conteudo=7130](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=28&cod_conteudo=7130) . Acesso em: 19 de fev. de 2022.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 3.ed. Brasília: Aneel, 2008. p. 236. Disponível em [https://www.fisica.net/energia/atlas\\_de\\_energia\\_eletrica\\_do\\_brasul\\_3a-ed.pdf](https://www.fisica.net/energia/atlas_de_energia_eletrica_do_brasul_3a-ed.pdf)

ABEEólica. **Os bons ventos do Brasil.** Disponível em <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 19 de mar. de 2023.

LIMA JUNIOR, L.C.M., **Avaliação experimental das perturbações causadas pelo sistema de controle de excitação de usinas eólicas e seus impactos no sistema elétrico de potência,** 2013, dissertação (mestrado), PPG Energia, Universidade de São Paulo.

IPARDES. **Paraná em Números.** 2013. Disponível em: [http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1) Acesso em: 22 de fev. de 2014.

COPEL. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná.** Curitiba: Camargo Schubert, LACTEC, 2007. p. 53. Disponível em: [http://www.copel.com/download/mapa\\_eolico/Atlas\\_do\\_Potencial\\_Eolico\\_do\\_Estado\\_do\\_Parana.pdf](http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf) Acesso em 21 de fev. de 2020.

COPEL. **Usina Eólica de Palmas.** 2014. Disponível em: [http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Facopel%2Fpagc\\_opel2.nsf%2Fdocs%2FC61E3512CB91AF04032574A20048D3A3](http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Facopel%2Fpagc_opel2.nsf%2Fdocs%2FC61E3512CB91AF04032574A20048D3A3) Acesso em 21 de fev. de 2021.

AHRTZ, G.; MÜNNEMANN, A.; FERNÁNDEZ, D.; Modelizado y simulación del viento efectivo experimentado en turbinas eólicas, **Avances em Energias Renovables y medio ambiente**, v.6, n.2, 2012.

BIANCHI, F.D.; DeBATISTA, H.; MANTZ, R.J., **Wind Turbine Control Systems. Principles, Modelling and Gain Scheduling Design**, Springer, 2007.

FADIGAS, E. A. F. A.; PHILIPPI JUNIOR, A. **Energia eólica**. Barueri, SP: Manole, 2011.

TERCIOTE, R. **A Energia Eólica e o Meio Ambiente**. Faculdade de Energia Mecânica, UNICAMP, Campinas SP.

DALMAZ, A.; PASSOS, J. C.; COLLE, S. Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão. **Revista ABCM – Engenharia**, v. XIII - n.1, 2008.a. Disponível em: [http://www.abcm.org.br/pt/wp-content/downloads/abcm\\_engenharia\\_vol13\\_num01\\_ago2008.pdf](http://www.abcm.org.br/pt/wp-content/downloads/abcm_engenharia_vol13_num01_ago2008.pdf) Acesso em 27 de abr. 2022

MAIA, D. S. N. **Ruído de Parques Eólicos**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

REINALDO, G. P. B. Atenuação natural dos níveis de ruído oriundos de aerogeradores de energia elétrica. **Revista Tecnologia & Informação**. 2013, ANO1, N.1: 49-63.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. **Geografia do Paraná**. 2000. Disponível em: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=318&evento=8> . Acesso em 22 de mar. de 2020.

## CASE STUDY: WIND FARM IMPLEMENTATION – IS IT ALWAYS VIABLE?

**Abstract:** *This paper presents the use of a case study on wind energy implementation as a pedagogical tool to promote learning at higher cognitive levels, particularly in critical analysis. The case study was structured into four distinct stages: site selection, project calculations, turbine selection, and impact analysis. Each stage was designed to engage students in an active and in-depth learning process, allowing them to apply theories and practical concepts in a real-world context. The proposal aims not only at the transfer of technical knowledge but also at the development of analytical and problem-solving skills. Students were encouraged to evaluate various factors, ranging from geographical and environmental issues to the technical and economic aspects of wind farm implementation. The study's outcome was highly positive, demonstrating that students were able to apply the acquired knowledge and also identify impacts that had not been previously considered in similar studies. This approach proved effective in fostering a more comprehensive and critical understanding of the feasibility of renewable energy projects, highlighting the importance of multidisciplinary and detailed analyses in the educational process.*

**Keywords:** wind energy, case study, impact on wind alteration

