



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**“E O VENTO LEVOU...” – UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE
INVESTIGATIVA ENVOLVENDO TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA**
(Material do professor)

Diego Figueiredo Rodrigues

Deise Miranda Vianna

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Diego Figueiredo Rodrigues, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Agosto de 2023

SUMÁRIO

1. Introdução	03
2. A nossa atividade	05
a. Bloco 1	06
b. Bloco 2	07
c. Bloco 3	09
3. Linha do tempo	13
4. Referências	16

1. Introdução

Prezado professor, o presente trabalho apresenta uma sequência didática abordando questões investigativas sobre energia e suas transformações, com ênfase na energia elétrica e na energia eólica. Ele foi construído tendo como princípio a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) que desperta alguns aspectos para energia e suas conservações. Utilizamos como referencial o CTS (AIKENHEAD, 1994) para a escolha do tema e utilizamos a metodologia de atividades investigativas (SASSERON E MACHADO, 2017).

A BNCC (BRASIL, 2018) entende a ciência e tecnologia não apenas como ferramentas que solucionam problemas para a sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo. Dessa maneira, a educação básica deve se comprometer a com o Letramento Científico da população.

Assim, a BNCC define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização essenciais desenvolvidas no ensino básico, tais como: conhecimentos conceituais da área; contextualização social cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; processos e práticas de investigação; e linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018).

A BNCC conta também com competências específicas para cada área do conhecimento. Entendemos que o nosso trabalho se enquadra nas competências específicas 1 e 3, mostradas respectivamente a seguir:

“Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global” (BRASIL, 2018).

“Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (BRASIL, 2018).

Por fim, a BNCC conta com habilidades alocadas em cada competência específica. O nosso trabalho se enquadra nas seguintes: EM13CNT101, EM13CNT105, EM13CNT106, EM13CNT301 e EM13CNT310, descritas abaixo.

Tabela 1 – Habilidades da BNCC.

Habilidade	Significado
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
EM13CNT105	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT106	Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
EM13CNT310	Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: Brasil (2018)

Além de seguir os parâmetros da BNCC (BRASIL, 2018), nosso trabalho foi baseado em uma proposta que envolve Ciência, Tecnologia e Sociedade. Segundo Aikenhead (1994), uma proposta CTS visa ajudar os alunos a darem sentido na compreensão de fenômenos que acontecem em suas vidas a partir do que aprendeu dentro de sala de aula. Em outras palavras, ele usa a ciência aprendida na escola para entender como o seu mundo funciona, e não a restringe apenas para a resolução de provas.

Tal proposta está atrelada a atividades investigativas, uma metodologia que, segundo Sasseron e Machado (2017), leva ao estudante problemas que chamam sua atenção e, com isso, ele investiga: busca formas para resolvê-los a partir de estratégias como levantamento de hipóteses, organização de informações novas ou conhecidas, reconhecimento de variáveis relevantes e a busca de relações entre elas a fim de se

explicar o fenômeno ocorrido (SASSERON E MACHADO, 2017). Para isso, é de extrema importância que a turma seja dividida em grupos para que haja discussão e argumentação a fim de se chegar à conclusão do problema proposto.

Uma proposta CTS envolvendo atividades investigativas enriquece a aprendizagem e motiva o aluno a resolver aquele problema, gerando uma alfabetização científica no indivíduo (SASSERON E MACHADO, 2017). Assim, o discente se torna o protagonista no seu processo educacional.

“O alfabetizado cientificamente deverá ter condições de modificar este mundo e a si mesmo por meio da prática consciente propiciada pela sua interação com saberes e procedimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico” (SASSERON E MACHADO, 2017).

No próximo capítulo se encontra a descrição da nossa atividade, dividida nas seções **a**, **b** e **c**. No Capítulo 3, mostraremos a linha do tempo do uso da energia eólica pela sociedade. No Capítulo 4, se encontram as referências bibliográficas.

2. A nossa atividade

O nosso roteiro didático possui 3 blocos e conta com 13 questões, que serão descritas a seguir, sendo uma delas a organização de uma linha do tempo, que se encontra no Capítulo 3 deste material, envolvendo o uso da energia eólica pela sociedade. Ademais, conta também com três questões envolvendo vestibulares conhecidos: ENEM, UNICAMP e FUVEST. A respeito destas, caso a aplicação seja feita em turmas de ensino fundamental II ou em turmas do início do ensino médio, recomendamos retirá-las. O professor possui total autonomia para modificar o roteiro didático de acordo com a sua realidade escolar.

A respeito dos conteúdos prévios necessários para a atividade, para a questão do vestibular da UNICAMP é necessário saber o cálculo da velocidade média de um corpo e do comprimento de uma circunferência. Já para a questão do vestibular da FUVEST, é necessário que se saiba a equação que relaciona potência, energia e tempo, além de ter noção da localização dos estados do Brasil.

Recomendamos que a atividade seja feita em grupos, a fim de enriquecer a discussão.

a. Bloco 1

No *Bloco 1 – Eletricidade e vida cotidiana*, tivemos como objetivo levar aos alunos a reflexão sobre a distribuição desigual de energia elétrica no mundo.

Na primeira questão, pedimos para que o grupo pense em lugares do mundo que não possuem acesso à energia elétrica, dentro e fora do nosso país. Nosso objetivo aqui é fazer com que eles reflitam como nossa vida é dependente de eletricidade e quais são os impactos causados pela falta dela.

Na pergunta seguinte, levamos uma notícia (ECYCLE, 2016) sobre postes solares e ecológicos de uma organização internacional que opera em mais de 20 países e que leva luz para lugares que não possuem acesso adequado à energia elétrica. Os postes ecológicos são feitos com garrafas plásticas, painéis solares, baterias e lâmpadas LED.



Figura 5. Postes solares e ecológicos. Fonte: eCycle (2016)

A partir da notícia dada, pedimos para que o grupo pense em formas criativas, isto é, formas diferentes das usuais, de se aproveitar e usar a energia no cotidiano. Esperamos aqui ideias associando materiais transparentes, espelhos ou lentes.

Na questão seguinte, mostramos uma foto do nosso planeta à noite, onde se vê quais áreas do globo são mais iluminadas.



Figura 6. Planeta à noite. Fonte: NASA (2022)

Levamos os alunos a refletirem e discutirem sobre a distribuição desigual de energia elétrica no planeta, complementando a questão 1.

b. Bloco 2

No *Bloco 2 – Energia*, focamos nos diferentes tipos de energia e nas transformações de energia.

Na questão 4, perguntamos aos estudantes como eles acham que a eletricidade chega à casa deles. Ressaltamos aqui que o objetivo não é que eles discutam sobre eletrodinâmica ou eletromagnetismo, mas sim sobre os processos de transformação de energia que ocorrem desde as usinas até que a luz chegue em suas casas, bem como nos processos de distribuição de energia que competem às empresas reguladoras.

Na pergunta seguinte, pedimos para que eles dissertem sobre as formas de energia e sobre as transformações de energia que eles conhecem. Tal pergunta foi formulada com o objetivo de prepará-los para as próximas questões.

A questão 6 utiliza um QR Code que leva a um vídeo sobre o trailer do filme “O menino que descobriu o vento” (CDCC-USP, 2020) e perguntamos sobre qual tema o filme aborda.

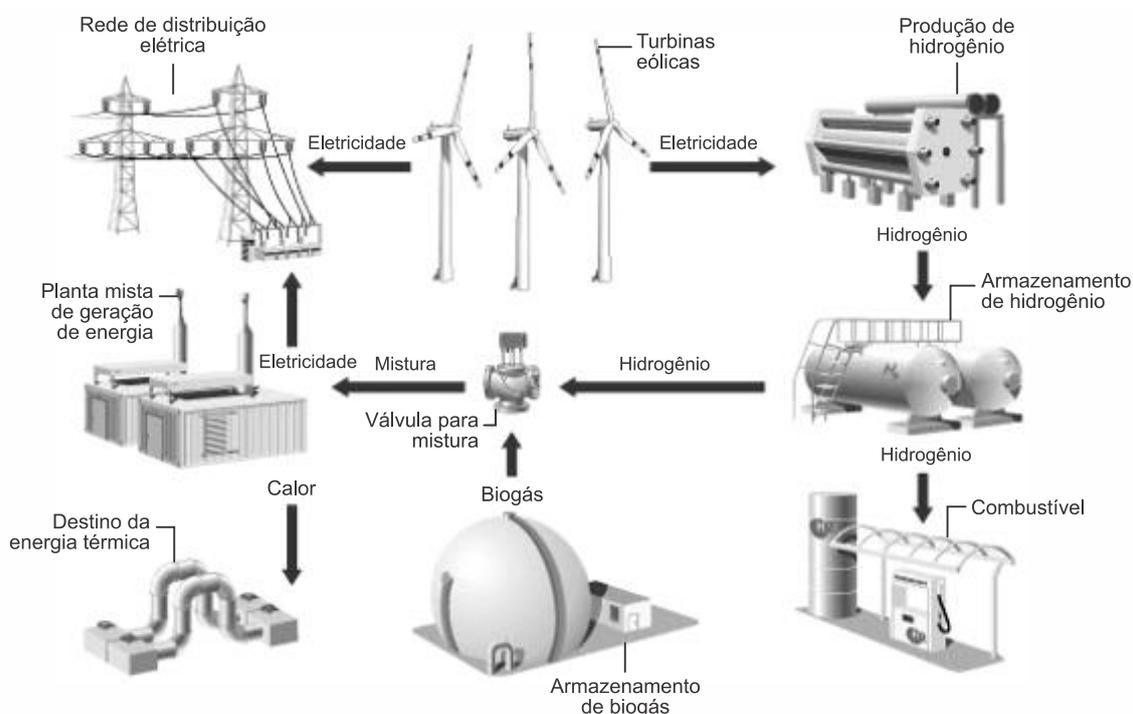


Figura 7. QR Code que leva ao trailer do filme “O menino que descobriu o vento”.

Queremos aqui que eles reflitam novamente sobre a problemática da distribuição de energia, agora vendo através de um filme as consequências que tal problema traz.

A questão 7 é uma pergunta que caiu na prova do ENEM de 2017, que fala sobre o funcionamento de uma estação híbrida de eletricidade movida à energia eólica e biogás, que pode ser vista a seguir.

A figura mostra o funcionamento de uma estação híbrida de geração de eletricidade movida a energia eólica e biogás. Essa estação possibilita que a energia gerada no parque eólico seja armazenada na forma de gás hidrogênio, usado no fornecimento de energia para a rede elétrica comum e para abastecer células a combustível.



Disponível em: www.enertrag.com. Acesso em: 24 abr. 2015 (adaptado).

Mesmo com ausência de ventos por curtos períodos, essa estação continua abastecendo

a cidade onde está instalada, pois o(a)

- a) planta mista de geração de energia realiza eletrólise para enviar energia à rede de distribuição elétrica.*
- b) hidrogênio produzido e armazenado é utilizado na combustão com o biogás para gerar calor e eletricidade.*
- c) conjunto de turbinas continua girando com a mesma velocidade, por inércia, mantendo a eficiência anterior.*
- d) combustão da mistura biogás-hidrogênio gera diretamente energia elétrica adicional para a manutenção da estação.*
- e) planta mista de geração de energia é capaz de utilizar todo o calor fornecido na combustão para a geração de eletricidade.*

Queremos, aqui, que eles apliquem a discussão sobre energia e transformação de energia em uma situação diferente do cotidiano deles.

c. Bloco 3

No *Bloco 3 – O vento*, focamos na energia eólica e em suas transformações.

Na questão 8, mostramos um comparativo entre o Kitesurf, esporte aquático que utiliza uma grande “pipa” e uma prancha, e os Jangadeiros do Nordeste, população tradicional marítima que vive no litoral nordestino e sobrevive da pesca.



Figura 8. Kitesurf. Fonte: InfoEscola (2008)

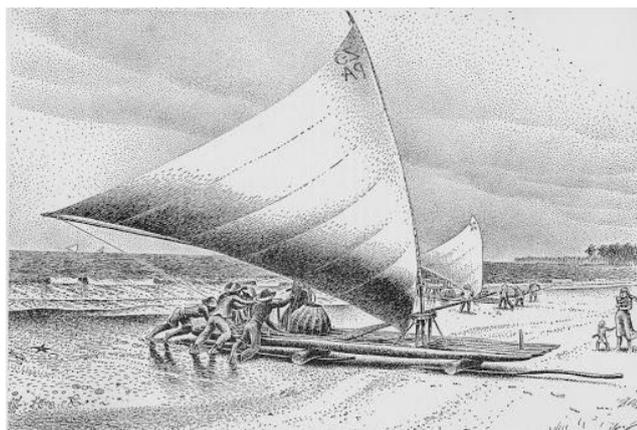


Figura 9. Jangadeiros. Fonte: Na Sombra do Juazeiro (2020)

A partir das imagens mostradas, pedimos para que eles identifiquem as formas de energia presentes em cada situação. O objetivo da pergunta é que eles observem que a energia eólica está presente e tem um papel fundamental em ambas as situações.

Na questão seguinte é mostrado um conjunto de aerogeradores no mar (offshore).



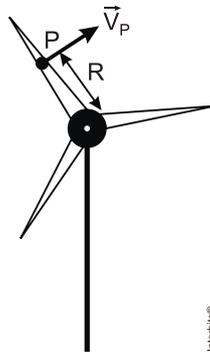
Figura 10. Aerogeradores. Fonte: Época (2019)

É pedido para que o grupo cite vantagens e desvantagens desse tipo de fonte de transformação de energia.

A pergunta seguinte, do vestibular da UNICAMP de 2013, aborda sobre o cálculo da energia cinética de um aerogerador a partir do fornecimento de alguns dados.

Um aerogerador, que converte energia eólica em elétrica, tem uma hélice como a representada na figura abaixo. A massa do sistema que gira é $M = 50$ toneladas, e a

distância do eixo ao ponto P , chamada de raio de giração, é $R = 10 \text{ m}$. A energia cinética do gerador com a hélice em movimento é dada por $E = \frac{1}{2} M V_P^2$, sendo V_P o módulo da velocidade do ponto P . Se o período de rotação da hélice é igual a 2 s , qual é a energia cinética do gerador? Considere $\pi = 3$.



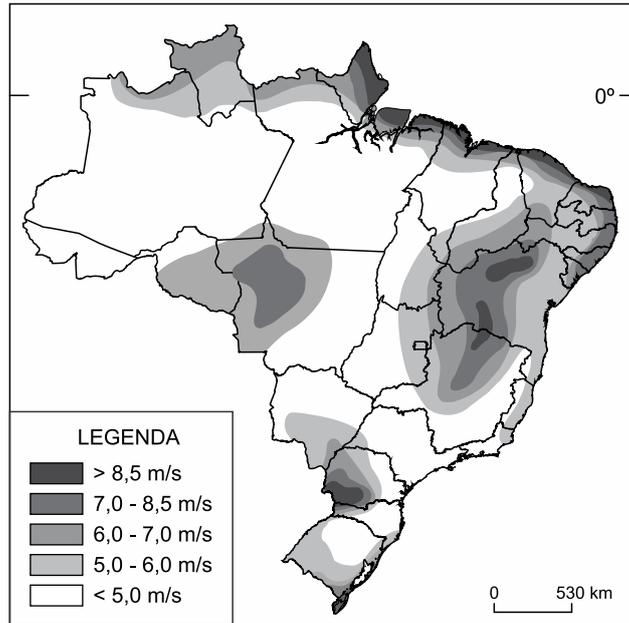
- a) $6,250 \cdot 10^5 \text{ J}$
- b) $2,250 \cdot 10^7 \text{ J}$
- c) $5,625 \cdot 10^7 \text{ J}$
- d) $9,000 \cdot 10^7 \text{ J}$

Observa-se que, para esta questão, é necessário que o aluno saiba fazer o cálculo da velocidade média de um corpo, além da noção do comprimento de uma circunferência. Para o cálculo da energia cinética, a questão fornece a fórmula necessária.

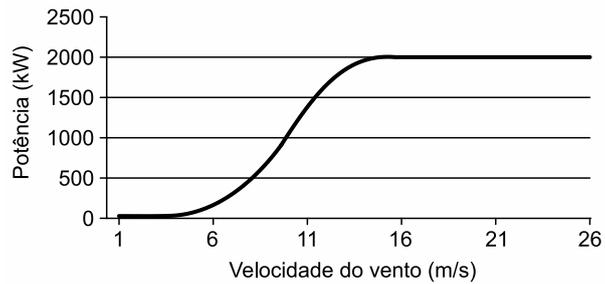
Na questão seguinte, do vestibular da FUVEST de 2016, é dado um mapa da velocidade média dos ventos no Brasil, e, a partir de um gráfico e de alguns dados, é perguntado em qual região do país se gera uma determinada quantidade de energia, como mostrado abaixo.

A escolha do local para instalação de parques eólicos depende, dentre outros fatores, da velocidade média dos ventos que sopram na região. Examine este mapa das diferentes velocidades médias de ventos no Brasil e, em seguida, o gráfico da potência fornecida por um aerogerador em função da velocidade do vento.

BRASIL - VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS



Centro Brasileiro de Energia Eólica, 1998.



De acordo com as informações fornecidas, esse aerogerador poderia produzir, em um ano, 8,8 GWh de energia, se fosse instalado no

Note e adote:

1 GW = 10^9 W

1 ano = 8800 horas

- a) noroeste do Pará.*
- b) nordeste do Amapá.*
- c) sudoeste do Rio Grande do Norte.*
- d) sudeste do Tocantins.*
- e) leste da Bahia.*

Observa-se que, para esta questão, é necessário que o aluno saiba calcular a potência associada à energia e ao tempo, além de precisar ter conhecimento da localização dos estados do Brasil.

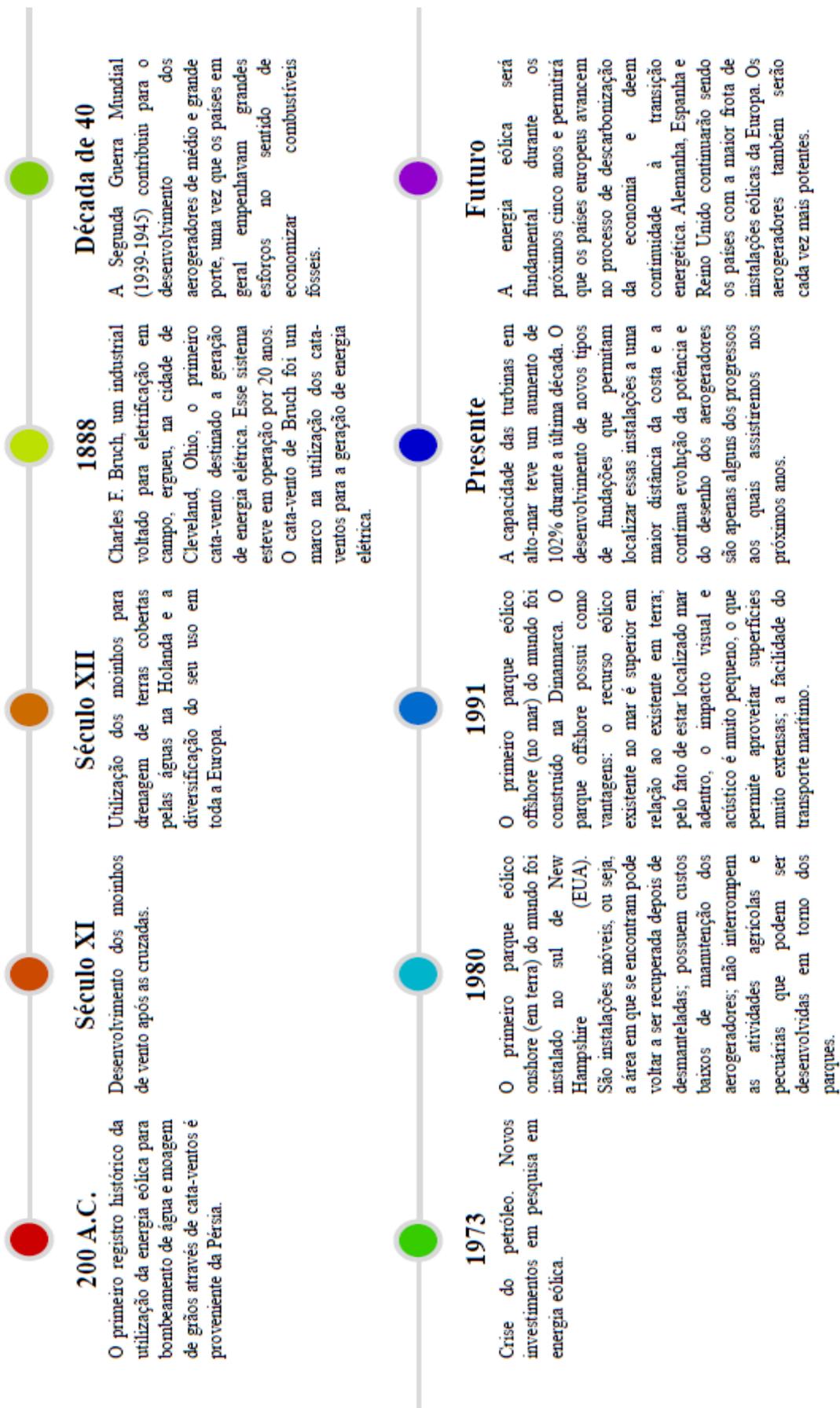
O objetivo das duas perguntas anteriores é que o grupo consiga interpretar dados fornecidos pela questão e, a partir do conhecimento teórico acumulado, resolvam as questões.

A questão 12 aborda sobre a linha do tempo da utilização da energia eólica pelo mundo, que será descrita no Capítulo 5. A partir das cartas fornecidas, os alunos devem colocá-las em ordem cronológica.

Por fim, a última questão da atividade proposta leva aos discentes a uma reflexão sobre o que eles esperam ver nos próximos anos e relação às fontes de energia do nosso planeta.

3. Linha do tempo

A linha do tempo mostra a evolução do uso da energia eólica pelo ser humano. Ela é utilizada na questão 12 do roteiro do aluno. Recomendamos que o professor recorte e dê em formas de cartas, sem as datas ou com as datas escondidas, para que cada grupo organize em função dos acontecimentos históricos da sociedade. As fotos mostradas após a linha do tempo servem como base para a discussão, contendo gráficos e fotos de diversos moinhos de vento e aerogeradores onshore (na terra) e offshore (no mar).



200 A.C.

O primeiro registro histórico da utilização da energia eólica para bombeamento de água e moagem de grãos através de cata-ventos é proveniente da Pérsia.

Século XI

Desenvolvimento dos moinhos de vento após as cruzadas.

Século XII

Utilização dos moinhos para drenagem de terras cobertas pelas águas na Holanda e a diversificação do seu uso em toda a Europa.

1888

Charles F. Brush, um industrial voltado para eletrificação em campo, ergueu, na cidade de Cleveland, Ohio, o primeiro cata-vento destinado a geração de energia elétrica. Esse sistema esteve em operação por 20 anos. O cata-vento de Brush foi um marco na utilização dos cata-ventos para a geração de energia elétrica.

Década de 40

A Segunda Guerra Mundial (1939-1945) contribuiu para o desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande porte, uma vez que os países em geral empenhavam grandes esforços no sentido de economizar combustíveis fósseis.

1973

Crise do petróleo. Novos investimentos em pesquisa em energia eólica.

1980

O primeiro parque eólico onshore (em terra) do mundo foi instalado no sul de New Hampshire (EUA). São instalações móveis, ou seja, a área em que se encontram pode voltar a ser recuperada depois de desmanteladas; possuem custos baixos de manutenção dos aerogeradores; não interrompem as atividades agrícolas e pecuárias que podem ser desenvolvidas em torno dos parques.

1991

O primeiro parque eólico offshore (no mar) do mundo foi construído na Dinamarca. O parque offshore possui como vantagens: o recurso eólico existente no mar é superior em relação ao existente em terra; pelo fato de estar localizado mar adentro, o impacto visual e acústico é muito pequeno, o que permite aproveitar superfícies muito extensas; a facilidade do transporte marítimo.

Presente

A capacidade das turbinas em alto-mar teve um aumento de 102% durante a última década. O desenvolvimento de novos tipos de fundações que permitem localizar essas instalações a uma maior distância da costa e a contínua evolução da potência e do desenho dos aerogeradores são apenas alguns dos progressos aos quais assistiremos nos próximos anos.

Futuro

A energia eólica será fundamental durante os próximos cinco anos e permitirá que os países europeus avancem no processo de descarbonização da economia e deem continuidade à transição energética. Alemanha, Espanha e Reino Unido continuarão sendo os países com a maior frota de instalações eólicas da Europa. Os aerogeradores também serão cada vez mais potentes.



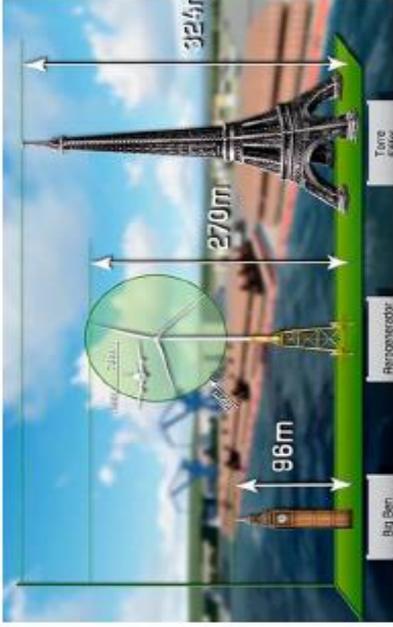
Doesburgermolen, um dos moinhos mais antigos existentes na Holanda, construído por volta de 1630. Foto tirada em 2007.



Moinhos de Kinderdijk (Holanda). Eles foram criados em torno de 1750 com o intuito de expandir o território do país ao drenar as águas do Mar do Norte e de seus rios adjacentes. Se tornou Patrimônio da Humanidade da UNESCO em 1997.



Whitelee é o maior parque eólico onshore do Reino Unido. Entrou em funcionamento em 2008.



Dimensões de um aerogerador offshore do parque eólico de Wikinget, na Alemanha, inaugurado em 2018.



Capacidade total dos parques eólicos na Europa entre 2010 e 2017, com a potência onshore em azul escuro e a potência offshore em azul claro.



Complexo da Paraíba, que entrará em operação entre 2022 e 2023. Essa grande instalação renovável será composta por um total de 18 parques eólicos.



Vineyard Wind 1, o primeiro projeto de energia eólica offshore nos Estados Unidos, está previsto para operar em 2023.

4. Referências bibliográficas

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Orgs.). **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994. p. 47-59.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

KITESURF. **InfoEscola**, 2008. Disponível em: <https://www.infoescola.com/esportes/kitesurf/>. Acesso em: 30 de jul. de 2023.

NASA-NOAA Satellite reveals new views of Earth at night. **NASA**, 2012. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/news/earth-at-night.html. Acesso em: 12 de jul. de 2023.

O menino que descobriu o vento. **Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) – USP**, 2020. Disponível em: <https://cdcc.usp.br/o-menino-que-descobriu-o-vento/>. Acesso em: 12 de set. de 2023.

PETROBRAS vai gerar energia eólica no mar. **Época**, 2019. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2018/07/petrobras-vai-gerar-energia-eolica-no-mar.html>. Acesso em: 30 de jul. de 2023.

Postes solares e ecológicos iluminam comunidades sem eletricidade. **eCycle**, 2016. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/6-atitude/4577-postes-feitos-com-reaproveitamento-de-materiais-e-movidos-a-energia-solar-iluminam-comunidades-sem-acesso-a-eletricidade.html>. Acesso em: 12 de set. de 2023.

SASSERON, L.H.; MACHADO, V.F. **Alfabetização científica na prática**. 1ª Edição. São Paulo: LF Editorial, 2017.

Tipos Regionais do Nordeste: Jangadeiros. **Na Sombra do Juazeiro**, 2020. Disponível em: <https://nasombradojuazeiro.com.br/2020/01/27/tipos-regionais-do-nordeste-jangadeiros/>. Acesso em: 30 de jul. de 2023.