

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JOSÉ EVERTON PINHEIRO MONTEIRO

**A ENERGIA EÓLICA: UM CONTEXTO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA
NO ENSINO MÉDIO**

MOSSORÓ

2018

JOSÉ EVERTON PINHEIRO MONTEIRO

**A ENERGIA EÓLICA: UM CONTEXTO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA
NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal Rural do Semi-Árido) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Dr. Carlos Antonio López Ruiz

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M772e Monteiro, José Everton Pinheiro Monteiro.
A ENERGIA EÓLICA: UM CONTEXTO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO / José Everton Pinheiro Monteiro Monteiro. - 2018.
67 f. : il.

Orientadora: Carlos Antonio Lopez Ruiz Ruiz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2018.

1. Contextualização. 2. Energia Eólica. 3. Física do Ensino Médio. I. Ruiz, Carlos Antonio Lopez Ruiz, orient. II. Título.

JOSÉ EVERTON PINHEIRO MONTEIRO

**A ENERGIA EÓLICA: UM CONTEXTO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA
NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal Rural do Semí-Arido) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Dr. Carlos Antonio López Ruiz

DEFENDIDA EM 05 DE outubro DE 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz
Presidente da banca - UERN



Prof. Dr. José Ronaldo Pereira da Silva
Examinador externo - UERN



Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa
Examinador interno - UFERSA



Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins
Examinador interno - UFERSA

DEDICO

Aos meus amados pais Mauro Diogo Monteiro (in memoriam) e Delzuite Eurica Pinheiro,

As minhas filhas Emilly Eamnuelly e Evillyn Anielly,

A minha amada esposa Denise Magaly Dias de Oliveira Monteiro,

E a minha família que tanto me fortalece

AGRADECIMENTOS

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo desenvolvimento deste Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em especial a secretaria Silvana Feitosa por todas as orientações.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Aos meus pais Mario Diogo Monteiro (in memorian) e Delzuite Eurica Pinheiro, pois seus ensinamentos foram de grande importância em minha vida.

A minha amada esposa, por toda sua paciência, companheirismo, atenção, amor e dedicação nesta jornada e sempre.

As minhas amadas filhas Emilly e Evillyn, amores de minha vida.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”.

Isaac Newton (1643 – 1727).

RESUMO

Na sociedade atual é de fundamental importância a utilização de fontes de energia elétrica que sejam renováveis e pouco agridam o meio ambiente. Um exemplo desse tipo de energia é a eólica. No presente trabalho, realizado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no polo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), apresentamos uma sequência didática na qual essa temática é concebida como um contexto de ensino aprendizagem, contemplando conteúdos de mecânica, como as leis de Newton e a cinemática do acoplamento de polias; de termodinâmica, como os processos de transferência de calor relacionados com a origem dos ventos; de hidrodinâmica para explicar os regimes de escoamento do ar na hélice de um aerogerador e seu movimento de rotação; e de eletromagnetismo para exemplificar a conversão, no aerogerador, da energia cinética do vento em energia elétrica. Sua implementação aconteceu numa turma de terceiro ano do Ensino Médio noturno, na Escola Estadual Zenon de Sousa, em Umarizal/RN. A sequência didática foi planejada buscando criar situações que estimulassem o trabalho coletivo e a interação entre professor e alunos, visando uma aprendizagem significativa. Foram utilizados diversos recursos didáticos, tais como: aulas dialogadas, texto guia, atividades experimentais, experimentos demonstrativos e simulações em computador. Como referencial teórico utilizamos a contextualização, complementada com os PCNEM, PCN+ e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, considerando as contribuições de Marcos Antônio Moreira e de Paulo Freire. A sequência é constituída de seis encontros executadas em doze aulas, com tempo de duração de 45 minutos cada. Os resultados das avaliações desenvolvidas durante a sua implementação mostram que seus objetivos foram alcançados.

Palavras-chave: Contextualização. Energia eólica. Física do Ensino Médio

ABSTRACT

In the actual society it is of fundamental importance the utilization of sources of electric energy that be replaceable and small in the environment. One example of this kind of energy is the wind. In the work present, realized in the extent of Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), in the polo the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), we show one didactic sequence whereupon the thematic is conceived how one context of education apprenticeship, contemplating contents of mechanism, how the laws of Newton and the cinematics of taking pulleys, of thermodynamics, how the process of transference of heat relations with the origin of winds; of hydro-dynamic to explain the regimes of outflow of the air in the propeller of one aero-generator and your movement of rotation; and of eletro-magnetism to exemplify the conversion, in the aero-generator, of the energy's kinetics of Ensino Médio Noturno, na Escola Estadual Zenon de Sousa, em Umarizal/RN. The didactic sequence it was planned searching to create situations that stimulated the collective work and the interaction among teachers and students, sighting one significative apprenticeship. It was utilized many recourses didactics, such as: dialogue classes, conductor text, experimental activities, demonstrative experiments and simulations on computer. How theoretic referential we use the contextualization, complementary such as PCEM, PCN+ and the theory of meaning apprenticeship of David Ausubel, considering the contributions of Marcos Antônio Moreira and Paulo Freire. The sequence is constitute in six meetings executed in twelve classes. The results of evaluations of 45 minutes each. The results of evaluations develop during the your implementations show that your objectives was reached.

Keywords: Contextualization. Wind energy. Physics of High School

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Representação das Brisas Marítima.....	32
Figura 2	–	Experimento com propagação do calo.....	33
Figura 3	–	Experimento com radiômetro.....	34
Figura 4	–	Experimento hélice girante	34
Figura 5	–	Escoamento do ar num cilindro.....	36
Figura 6	–	Experimento transformação de energia eólica	37
Figura 7	–	Equação de Bernoulli.....	39
Figura 8	–	Regime Laminar e Turbulento.....	40
Figura 9	–	Experimento Cachoeira de Fumaça	40
Figura 10	–	Anemômetro Didático.....	43
Figura 11	–	Escala de Beufort.....	44
Figura 12	–	Anemômetro Produzido Por um Grupo.....	44
Figura 13	–	Vento Atingindo Tangencialmente as Conchas.....	45
Figura 14	–	Definição Esquemática de um Ângulo em Radianos.....	45
Figura 15	–	Aluna Realizando Experimento com Ratinhas.....	48
Figura 16	–	Forças que Atuam nas Latinhas.....	49
Figura 17	–	Líquido que Escoa na Superfície de um Líquido de um Sólido.....	49
Figura 18	–	Filamento de Água contornando um Obstáculo.....	50
Figura 19	–	Modelo de hélice.....	50
Figura 20	–	Modelo de girante.....	51
Figura 21	–	Forças que Atuam numa Hélice.....	51
Figura 22	–	Esquema de um Multiplicador de Velocidade do Aerogerador.....	52
Figura 23	–	Simulador Phun.....	52
Figura 24	–	Esquema de Duas Polias Ligadas por uma Correia.....	53
Figura 25	–	Bicicleta.....	54
Figura 26	–	Experimento de Oersted.....	55
Figura 27	–	Orientação da agulha quando a corrente vai a a esquerda.....	56
Figura 28	–	Orientação da agulha quando a corrente vai para a direita.....	56
Figura 29	–	Simulador de um Gerador.....	57
Figura 30	–	Aproximação e afastamento de um ímã de uma espira.....	58
Figura 31	–	Linhas de campo saindo do polo norte e entrando no polo sul.....	59

Figura 32	_	Linhas de Campo Atravessando um Corpo.....	60
Figura 33		Varição do Fluxo de Campo passando por um Corpo.....	60
Figura 34	_	Valor do Fluxo Quando n e B são perpendiculares	60
Figura 35	_	Varição do Fluxo quando a Superfície Gira.....	61
Figura 36	_	Simulador com Imã e Espira.....	61
Figura 37	_	Imã se Aproxima da Espira.....	62
Figura 38	_	Imã se Afasta da Espira.....	63
Figura 39	_	Gerador com Imã de HD.....	63
Figura 40	_	Esquema Produção de Energia Elétrica a Partir do Vento.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Cálculo da velocidade do vento.....	45
----------	---	-------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	Introdução	14
2	A Contextualização no Ensino de Física	16
2.1	As relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA): uma possibilidade de contextualização.....	18
2.2	A energia eólica: um exemplo de contextualização da Física no Ensino Médio	19
3	Planejamento e implementação da sequência didática	21
3.1	Planejamento da sequência didática.....	21
3.1.1	Contexto da aplicação.....	22
3.1.2	Fundamentação teórica.....	23
3.2	Implementação da sequência didática.....	26
3.2.1	Primeiro encontro. Motivação para o estudo da energia eólica e apresentação da sequência de atividades.....	26
3.2.2	Segundo encontro. Origem e formação do vento.....	29
3.2.3	Terceiro encontro. A Energia e a potência do vento.....	35
3.2.4	Quarto encontro. Medição da velocidade do vento.....	42
3.2.5	Quinto encontro. Transformação da energia do vento em rotação na turbina	47
3.2.6	Sexto encontro. Princípio de funcionamento do aerogerador – A indução eletromagnética.....	55
4	Conclusões	65
	Referências	68

1 INTRODUÇÃO

É inegável as dificuldades que os alunos do Ensino Médio apresentam para correlacionar conteúdos de Física com suas vivências, aqui entendidas como experiências escolares, cotidianas, sociais e culturais. Acreditamos que a ciência e o cotidiano estão interligados, mas que esta ligação muitas vezes parece obscura para os estudantes. Isso se deve, entre outras causas, à forma como os conteúdos são apresentados em sala de aula, geralmente descontextualizados e sem utilizar estratégias de aprendizagem que busquem ensinar partindo daquilo que aluno já sabe.

O presente trabalho pretende ser uma contribuição, visando superar essa fragilidade do ensino de ciências. Nele estamos propondo conceber a produção em larga escala de energia elétrica utilizando os ventos como um contexto para o ensino de Física, contemplando conteúdos de mecânica, como as leis de Newton e a cinemática do acoplamento de polias; de termodinâmica, como os processos de transferência de calor relacionados com a origem dos ventos; de hidrodinâmica para explicar os regimes de escoamento do ar na hélice de um aerogerador e seu movimento de rotação; e de eletromagnetismo para exemplificar a conversão, no aerogerador, da energia cinética do vento em energia elétrica.

Para tanto utilizamos recursos didáticos como experimentos demonstrativos, simulações computacionais, vídeos e discussões em sala na criação de situações de aprendizagem que propiciam a participação dos alunos, concebidos como sujeitos críticos e autônomos, agentes ativos da sua aprendizagem e não como meros assimiladores e reprodutores de informações. Nos preocupamos por desenvolver no educando a criatividade na solução de problemas e habilidades básicas como a leitura, a escrita, a interpretação, a argumentação e a significação sociocultural dos conteúdos.

A proposta de intervenção didática aqui apresentada foi elaborada como resultado de nosso trabalho na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), polo 09 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Ela foi aplicada em uma turma de 27 alunos do terceiro ano do Ensino Médio noturno da Escola Estadual Zenon de Sousa no município de Umarizal Rio Grande do Norte no ano letivo de 2018.

O texto está estruturado em 4 (quatro) capítulos, sendo esta introdução o primeiro. No segundo capítulo apresentamos os fundamentos teóricos da contextualização. Discutimos as potencialidades do cotidiano dos alunos, das relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) e da transposição didática como dimensões possíveis para a contextualização, exemplificando-as na produção de energia elétrica utilizando o vento.

O terceiro capítulo está dedicado ao planejamento e implementação da sequência didática. Apresenta-se o contexto de sua aplicação, esboçando o perfil sócio cultural da turma e as condições existentes na escola para o ensino de Física. Complementamos a fundamentação teórica do trabalho baseada na contextualização, incorporando documentos do MEC tais como: as diretrizes curriculares para o Ensino Médio, os PCNEM, PCN+ e a proposta de BNCC por considerá-los pertinentes na busca de uma mudança no processo de ensino e aprendizagem de ciências, e da Física em particular, que venha atender às demandas da sociedade brasileira atual. Consideramos também a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, acrescentando as contribuições de Marco Antônio Moreira e Paulo Freire. Finalizamos o capítulo relatando a implementação dos 6 (seis) encontros, de duas aulas cada, destacando a participação dos alunos e a pertinência dos recursos e situações de aprendizagem utilizados.

No último capítulo, dedicado à conclusão, avaliamos, com base no envolvimento dos alunos nas discussões e na resolução das atividades propostas em grupo, que as estratégias propostas de intervenção em sala de aula, aqui adotadas, possibilitaram a aprendizagem significativa dos conteúdos abordados na sequência didática.

2 A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Nos dias de hoje é preciso desenvolver no aluno capacidades e competências para entender fenômenos da natureza, compreender os mundos micro e macroscópico, saber lidar e se posicionar diante das novas tecnologias. Nesse sentido, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO sugere quatro eixos estruturadores da educação na sociedade contemporânea: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser (Brasil, 1999a).

Os PCN+ não são omissos em relação a esses quatro pilares da educação no século XXI e especificamente no que diz respeito à Física destacam que:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (PCN+, 2002, p. 2)

Esses parâmetros curriculares pretendem contribuir para uma mudança de pensamento, quebrando velhos paradigmas e orientando como devemos desenvolver um ensino, especialmente o de Física, “voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”. Partindo desses princípios o ensino de Física deve apresentar para o educando o conhecimento científico relacionando-o com o que está no seu entorno, mostrando a natureza e implicações desse conhecimento nas mais diversas áreas da sociedade. Nesse entendimento, os PCN+ assinalam que os critérios que orientam a ação pedagógica deixam de tomar como referência primeira o que ensinar, passando a centrar-se no para que ensinar.

As finalidades acima aludidas contrastam com a nossa realidade escolar. Sabemos que o ensino de Física que é praticado na grande maioria das escolas é tradicional e considerado difícil pelos alunos. Os conteúdos são apresentados prontos e acabados, desconsiderando o contexto histórico de seu surgimento e desvinculados do cotidiano do estudante. Em poucas situações a Física é mostrada como resultado dos conhecimentos adquiridos ao longo da história por grupos sociais na tentativa de resolver problemas, entender o mundo a sua volta e consequentemente melhorar suas condições de vida. Na contramão de tudo isso, ela é mostrada priorizando a teoria e a subjetividade, desde o início, desconsiderando o processo de construção de conceitos a partir da abstração de modelos concretos. Hiperboliza-se a utilização de equações, sem relacionar a linguagem matemática com seu significado físico. Exagera-se na

resolução de exercícios distantes do universo vivencial dos alunos, propiciando uma aprendizagem mecânica baseada na repetição e memorização. Apresenta-se o conteúdo como fruto da descoberta de mentes brilhantes que, como num passe de mágica, realizaram suas descobertas. Além do mais, planeja-se para o ano letivo uma lista ampla de conteúdos, faltando tempo para sua discussão mais aprofundada.

Compreendemos que esse ensino tradicional de Física, acima caracterizado, não atende consistentemente às finalidades para a formação de um ser atuante, social, crítico, trabalhador, capacitado a exercer, seus direitos e deveres numa sociedade democrática. Para Ricardo (2005) “as exigências do mundo moderno fazem com que a pertinência do que se ensina na escola e a formação que ela oferece sejam interrogadas”. Qual professor nunca ouviu a frase: “professor, afinal de contas, para que estou estudando isso?”

Uma estratégia de atuação docente que busca superar as dificuldades do ensino tradicional é a contextualização. Segundo Ricardo (ibidem) “a contextualização é uma tentativa de superar a distância entre os conteúdos ensinados e a realidade vivida pelo aluno”. Ela visa uma discussão ampla dos conteúdos escolares relacionando-os com a realidade sociocultural do educando.

Além do cotidiano imediato do aluno e de uma dimensão sócio histórica que ultrapassa esse cotidiano, um terceiro aspecto que combina com os dois primeiros, deve ser considerado na contextualização: a transposição didática. Esta, aborda as modificações sofridas pelo conhecimento científico desde sua criação pelos cientistas até seu ensino pelo professor em sala de aula. Essa distinção entre os saberes científico e escolar facilita uma contextualização epistemológica que possibilita uma discussão, desejável, sobre a natureza da ciência (RICARDO, 2010).

A contextualização contribui com a motivação dos alunos pois facilita o entendimento de fatos e problemas que frequentemente estão em contato com eles. E, por conseguinte, os conteúdos ganham significados, tornando-se ferramentas para os alunos intervirem no mundo de forma planejada, articulada e com uma visão crítica. Essa análise está alinhada com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) nas quais se indica que “é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos espontaneamente” (Brasil, 1999, p.94).

Assim sendo, é fundamental conhecer o mundo em que o aluno está inserido, para a partir dele buscar estratégias e formas para melhor apresentar os conteúdos de modo que possamos alcançar essa aprendizagem significativa.

Colocar a contextualização em prática não é tarefa fácil, pois não basta apenas entender sua fundamentação teórica. Os professores precisam ultrapassar obstáculos práticos resultantes de fragilidades da sua formação inicial na universidade e das más condições das escolas para realizar o processo de ensino aprendizagem. E isso só é possível com uma consistente formação continuada devidamente institucionalizada, perseverança e compromisso de todos os atores envolvidos na educação científica.

Um contexto amplamente utilizado no Brasil e no exterior no ensino de ciências e de Física em particular, são relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

2.1 As relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA): uma possibilidade de contextualização

O movimento ciência, tecnologia e sociedade (CTS) é um movimento que surgiu na década de sessenta, preocupado em estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Posteriormente a sigla incorporou a letra A (CTSA), tornando mais explícita sua preocupação inicial com a preservação do ambiente (físico e social).

Para que possamos discutir as interações que existem entre esses conceitos é preciso voltar no tempo. Durante a segunda guerra mundial a tecnologia ocupou um lugar de destaque. No pós-guerra, porém, começou-se a perceber perigos decorrentes do desenvolvimento tecnológico tais como, acidentes nucleares, contaminação ambiental resultante do derramamento de petróleo e do uso de pesticidas na agricultura, entre outros.

Uma das grandes referências no surgimento de uma revolução no pensamento ecológico é o livro da bióloga Rachel Carson (1907-1964) Primavera Silenciosa, publicado em 1962. O livro traz um alerta sobre o uso abusivo de agrotóxicos, causando o desaparecimento de espécies de pássaros pelo acúmulo gradual de resíduos de diclorodifeniltricloroetano (DDT) nas cadeias alimentares. O título do livro faz uma referência implícita a uma primavera sem o canto dos pássaros.

Com esses ataques significativos à natureza, causando desastres ambientais, surgiu a necessidade de discutir, regularizar, administrar e fiscalizar o uso das tecnologias. Assim, iniciam-se movimentos sociais preocupados com os cuidados e uso desenfreado dessas tecno-

logias contribuindo para o surgindo de movimentos ambientalistas e conseqüentemente, o movimento CTSA, que rapidamente entrou no espaço escolar.

A perspectiva CTSA valoriza um processo de ensino aprendizagem no qual os alunos se aprofundam no entendimento dessas relações, visando o desenvolvimento de um senso crítico teoricamente fundamentado que possibilita sua atuação na sociedade.

Na abordagem CTSA o professor deve propor situações de aprendizagem que abram espaço para o diálogo, permitindo a participação ativa dos alunos. Para tanto pode ser utilizado, um amplo espectro de recursos didáticos: textos, filmes, aulas de campo, visita a museus, entrevistas com cientistas, tecnólogos e políticos, debates sobre temas específicos de interesse da comunidade, etc.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em sua primeira competência geral explicita a importância da educação com enfoque em CTSA: “Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva” (Brasil, 2017, p.9).

A segunda competência apresentada nesse documento complementa a primeira, destacando o papel da curiosidade intelectual e da ciência na promoção da cidadania:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (Brasil,2017,p.9)

Observa-se que essa competência é mais voltada para a ciência da natureza, fazendo referência também à abordagem CTSA ao mencionar a criação de soluções tecnológicas para resolver problemas presentes na sociedade.

2.2 A energia eólica: um exemplo de contextualização da Física no Ensino Médio

Com base nas considerações teóricas acima apresentadas, não parece difícil contextualizar e incluir uma discussão CTSA nos conteúdos relacionados com energia eólica. Na sociedade contemporânea tem ocorrido um aumento crescente da necessidade de energia e conseqüentemente da sua produção. Considerando o caráter finito dos combustíveis fósseis, sua tendência ao esgotamento e seu alto poder de emissão de gases poluentes na atmosfera, países

do mundo inteiro têm focado sua atenção na produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis e pouco impactantes do meio ambiente como, por exemplo, o vento.

Diante o exposto, é indispensável que os alunos do Ensino Médio tenham a oportunidade de participar de discussões sobre essa problemática da produção de energia a partir de fontes renováveis. Importa também que eles adquiram uma consciência ecológica que valorize o uso racional e sustentável dos recursos naturais. Assim sendo, é de fundamental importância apresenta-lhes estudos sobre as fontes de energias renováveis e de seu lugar atual e futuro na matriz energética de nosso país.

A energia eólica, ou seja, a produção de energia elétrica utilizando o vento, se mostra com grande potencial para contextualizar os conhecimentos da Física na sua relação com o meio ambiente. Segundo Picolo, Buhlera e Rampinelli (2014):

Os princípios básicos para a geração de energia elétrica a partir do vento se relacionam intimamente com grandes temas estudados pela física que pode servir como um auxiliar para o estudo desses conteúdos. O estudo da física que contempla a energia eólica passa por temas como a formação dos ventos, energia mecânica produzida pelo vento, a transmissão dessa energia e a sua transformação em energia elétrica. Assim como um estudo mais aprofundado sobre o fluido em questão, o ar.

Os grandes temas da física mencionados nessa citação contemplam, entre outros, os seguintes domínios de conhecimento da Física estudados no Ensino Médio:

- Movimentos de rotação e translação da Terra na sua relação com a formação dos ventos;
- os diferentes processos de propagação do calor na sua relação com a formação dos ventos;
- o conceito de calor específico na sua relação com as brisas terrestre e marítima;
- os conceitos de energia cinética e potência dos ventos;
- a medição da velocidade do vento;
- fundamentos dos regimes laminar e turbulento de movimento de um fluido viscoso;
- fundamentos da sustentação aerodinâmica aplicados no movimento da hélice de um aerogerador;
- acoplamento de polias numa caixa de marchas multiplicadora de um aerogerador;
- a lei de indução eletromagnética aplicada na conversão da energia mecânica em elétrica num aerogerador.

Esses domínios de conhecimento da Física estão em consonância com uma das finalidades do Ensino Médio presente no inciso IV Art. 35 da LDB: “A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”.

Eles têm potencialidades para promover a interdisciplinaridade, concebida como outra possibilidade de contextualização da Física. Assim, por exemplo, o escopo do estudo dos ventos abordado pela Física pode ser complementado com as contribuições da Geografia, componente curricular do Ensino Médio.

Outra potencialidade de contextualização do tema energia eólica está relacionada com suas amplas possibilidades para realizar a abordagem CTSA. Essa área de produção da energia tem alcançado altos níveis de desenvolvimento científico e tecnológico proporcionando um melhor aproveitamento dos ventos, redução de impactos ambientais e aumento dos indicadores econômicos das regiões favorecidas com a instalação de parques eólicos. Hoje se produzem aerogeradores com sinalizadores nas hélices para evitar o choque de aves migratórias e morcegos. Como discutido anteriormente, esses assuntos são relevantes na abordagem CTSA.

Ao inserir temas como esse da energia eólica em nossas aulas de forma contextualizada, contemplando o enfoque CTSA propiciamos o desenvolvimento de uma educação problematizadora, motivada a encontrar respostas para questionamentos de interesse da comunidade tais como: qual a velocidade média dos ventos em meu município? Seria possível a instalação de um parque eólico em nossa cidade? Qual a origem dos ventos que atingem nossa cidade? Entre outras. Evidentemente, isso requer do professor um aprofundamento nos conhecimentos associados ao tema.

3 PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

3.1 Planejamento da sequência didática

3.1.1 Contexto da aplicação

A aplicação aconteceu em uma turma de 28 alunos, com idades entre 18 e 50 anos ou mais, do único terceiro ano do Ensino Médio noturno da Escola Estadual Zenon de Sousa. Esta apresenta uma estrutura básica de funcionamento. Porém, não tem laboratórios de ciências nem de informática. Funciona nos três turnos (matutino, vespertino e noturno), sendo que

nos turnos matutino e vespertino oferece o Ensino Fundamental maior e no noturno o Ensino Médio. Seu endereço é: a avenida 27 de novembro, SN, CEP: 59860-00 no centro de Umarizal/Rio Grande do Norte, município localizado na região oeste do estado a cerca de 380 quilômetros de Natal, capital do estado. A cidade é relativamente jovem: 59 anos. Foi desmembrada do município de Martins/RN no dia 27 de novembro de 1958. Segundo o último censo, sua população é de 10.913 habitantes. O município não apresenta grandes fábricas e por encontrar-se no semi-árido nordestino, seu clima quente e seco dificulta o agronegócio, baseando sua economia na agricultura familiar, funcionários públicos e aposentados.

Os estudantes do Ensino Médio noturno em sua grande maioria são trabalhadores durante o dia, e quando na escola já estão enfrentando o terceiro turno de trabalho. Com o cansaço da jornada diária, estão na escola sem a disposição necessária para uma boa aprendizagem, ocasionando altos índices de evasão e repetência. Mas, apesar dessa dificuldade, não resulta difícil constatar a presença na turma de alunos esforçados e convencidos da necessidade de concluir a Educação Básica para prosseguir os estudos ou até mesmo melhorar seu cargo na empresa onde trabalha, que a cada dia que passa exige um maior grau de escolarização.

Outro público presente nesse turno noturno é o de jovens fora da faixa etária mais comum do Ensino Médio, que por um motivo ou outro tiveram que se evadir da escola, e agora, estão voltando para concluir a Educação Básica.

Para atender as expectativas desse público acreditamos na necessidade de mudanças nas ações pedagógicas, visando quebrar paradigmas, que insistem em manter estratégias de ensino que não diferem muito do modelo tradicional, criticado no primeiro capítulo dessa dissertação. Esse modelo de ensino ainda persiste nas salas de aula da Escola Estadual Zenon de Souza. Assim sendo, decidimos utilizar a contextualização como estratégia didática fundamental para tentar superar as fragilidades desse modelo de ensino tradicional. Nesse sentido, no planejamento das atividades a serem desenvolvidas em sala de aula, tendo a energia eólica como contexto de aprendizagem, levamos em consideração: que o turno seria o noturno, as dificuldades estruturais e econômicas do município, a localização dos parques eólicos existentes no RN, a carência de recursos didáticos para o ensino de Física na escola, carga horária semanal dessa componente curricular e as possibilidades para o estudo individual dos alunos.

Avaliamos que as dificuldades acima mencionadas não representariam barreiras insuperáveis. Muito pelo contrário, elas se apresentam como estímulos desafiadores para a inovação didática, utilizando: a sala de aula para suprir a inexistência de laboratório de ciências na escola, materiais de baixo custo para a realização de experimentos demonstrativos,

vídeos disponibilizados na internet, simulações computacionais de fenômenos físicos, entre outros.

3.1.2 Fundamentação Teórica

Serviram de referencial teórico para o planejamento de nosso produto educacional as considerações apresentadas no capítulo anterior sobre a contextualização como uma estratégia didática, visando a aprendizagem significativa do aprendiz. Contemplamos também documentos normativos e recomendações do MEC tais como a LDB, as diretrizes curriculares para o Ensino Médio, os PCNEM, PCN+ e a proposta de BNCC. Nesses documentos subjaz um bom referencial teórico que busca provocar uma mudança no processo de ensino e aprendizagem de ciências, e de Física em particular, que venha atender às demandas da sociedade brasileira atual. Neles enxergamos a presença, entre outras, das contribuições da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2002), na qual nos aprofundamos, acrescentando as contribuições de Moreira (2011), e das concepções de Freire (1987) sobre a educação.

Ausubel (2002) considera o conhecimento prévio que o educando traz consigo como o fator decisivo para sua aprendizagem. O conceito central de sua teoria é o de aprendizagem significativa. Ela acontece quando uma nova informação pode ser relacionada com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, tornando possível a atribuição de significado a essa nova informação. Na teoria esse conhecimento prévio no qual se ancora a nova informação é chamado de subsunçor. Assim, por exemplo, segundo Moreira (1979):

Em física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo magnético.

Ausubel indica o uso de organizadores prévios quando o aprendiz não tem subsunçores. Estes são materiais didáticos introdutórios que servem como ponte cognitiva entre aquilo que o aluno já sabe e o novo que desejamos ensinar. Nós utilizamos um texto (ANEXO I) de apoio que, além de servir como um dos recursos para levantar o conhecimento prévio, o consideramos como um organizador prévio e guia para o desenvolvimento da sequência didática proposta no produto educacional. Experimentos demonstrativos e a apresentação de situações problemáticas abertas também foram concebidas como organizadores prévios.

A aprendizagem significativa contrasta com a aprendizagem mecânica, na qual não se estabelecem interações com os conteúdos já existentes na cabeça do educando. Esse tipo de aprendizagem baseia-se em procedimentos de ensino que estimulam apenas a memorização dos conteúdos sem atribuir-lhes significados.

Ao discutir sobre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, Moreira diz que:

A diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal (ibidem.). Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos (2011, p.3).

Assim, sugere-se não haver dicotomia entre as aprendizagens significativa e mecânica e sim a existência de um contínuo entre elas. Passar da aprendizagem mecânica para a significativa não é tarefa fácil, principalmente na introdução de conceitos inteiramente novos para o aluno. Ela só será alcançada quando o educando quer aprender dessa maneira e o professor fizer mediações relevantes, usando materiais potencialmente significativos.

Segundo Ausubel existem três tipos de aprendizagem significativa: a representacional, a de conceitos e a proposicional. A representacional envolve atribuições de significados a determinados símbolos, tipicamente palavras ou símbolos unitários. É o processo pelo qual o sujeito relaciona o objeto ao símbolo, ou seja, depois de muito contato, o aprendiz consegue estabelecer a relação entre eles. A de conceitos contempla objetos, eventos, situações, propriedades que possuem atributos de critérios comuns e que são nomeados mediante alguns símbolos. A proposicional é a combinação e relação de várias palavras para produzir uma nova proposição.

Esses três tipos de aprendizagem significativa podem ocorrer por subordinação, superordenação ou combinatória. Na subordinação ocorre que, novo material que foi aprendido vai guardar uma relação de subordinação com o conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva. Um exemplo é quando o aprendiz vai estudar o corpo humano já tendo estudado mamíferos. Nesse caso, o corpo humano se subordina a um conceito maior, mais amplo que é o da classe dos mamíferos. Na superordenada acontece o contrário. O conceito, a nova informação potencialmente significativa é mais geral que a existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, por exemplo é o caso do aluno que já conhece os números naturais e vai estudar os números inteiros. A combinatória ocorre quando a nova informação não pode ser assimilada

por subordinação nem por superordenamento. Nesse caso se faz o uso de analogias. Um exemplo delas é a utilização da estrutura de um ovo para explicar a da célula.

Para conseguir a aprendizagem significativa de um determinado domínio de conhecimento Moreira (2011) propõe a Unidade de Ensino Potencialmente significativa (UEPS). Sua elaboração contempla os seguintes passos, que foram considerados por nós:

- (i) definir o tópico específico a ser abordado,
- (ii) criar/propor situação (ções) de aprendizagem
- (iii) propor situações-problema;
- (iv) uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido
- (v) desenvolvimento do conteúdo com aspectos mais gerais e complexo (vi) concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo
- (vii) a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.

As concepções de Paulo Freire sobre a educação estão alinhadas com as da abordagem CTSA e conseqüentemente com as da aprendizagem significativa. Ele destaca a necessidade de relacionar os conteúdos escolares com os conhecimentos construídos pelos alunos no seu contexto social. Nesse sentido, propõe o conceito de tema gerador:

Estes temas se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão como a ação por eles provocada, contêm em si a possibilidade de desdobrar-se em outros temas que, por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas (apud NASCIMENTO e LINSINGEN, 2006, p. 12).

Esses temas são concebidos a partir da análise das condições de vida e tradições culturais do contexto social dos estudantes. Eles podem ser utilizados no planejamento de situações de aprendizagem dos conteúdos de uma disciplina, propiciando o exercício da interdisciplinaridade como uma, entre outras, forma de contextualização desses conteúdos (Freire, 1987).

3.2 Implementação da sequência didática

3.2.1 Primeiro encontro. Motivação para o estudo da energia eólica e apresentação da sequência de atividades.

Iniciamos o primeiro encontro, apresentando nosso projeto de trabalho. Dizemos que ele consiste em uma sequência de aulas para estudar conteúdos de Física utilizando a energia eólica como contexto de ensino e de aprendizagem. Solicitamos a participação da turma no desenvolvimento das atividades que seriam propostas. Expressamos nossa pretensão de conseguir a motivação para estudar esses conteúdos, destacando-a como condição decisiva para alcançar uma aprendizagem significativa. Percebemos que nossa fala levantou expectativas. A maioria da turma se comprometeu em participar ativamente das aulas. Seguidamente justificamos a importância do contexto de aprendizagem que estávamos propondo. Destacamos a necessidade na contemporaneidade do uso de fontes renováveis de energia, conceituando-as e indicando suas vantagens em relação a outras fontes não renováveis, como o petróleo, o gás e o carvão naturais, no que diz respeito à preservação do meio ambiente.

Para continuar justificando a importância do contexto de aprendizagem proposto e visando a motivação da turma exibimos o vídeo: o potencial da energia eólica do Rio Grande do Norte (RN), disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tCYBNP5hWF0> que mostra o potencial eólico do estado.

Consideramos que a apresentação do vídeo alcançou seus objetivos na concepção de nossa sequência didática. Os alunos ficaram motivados. Expressaram interesse em conhecer detalhes sobre a construção de um parque eólico. Dizemos que os conteúdos das próximas aulas pretendiam atender a curiosidade deles. Explicamos que para planejar e implementar as aulas que abordariam esses conteúdos o conhecimento prévio deles é muito importante. Eles concordaram com nossa asseveração, princípio básico da psicologia educativa, de que as pessoas aprendem algo novo a partir do que já sabem.

Em seguida entregamos o texto, de autoria própria, intitulado “Energia Eólica”. Na ocasião, dizemos que ele, de maneira resumida, contém a maioria dos conteúdos das aulas, nas quais ele seria complementado, utilizando diversos recursos didáticos. Explicamos que ele serviria também para levantar o conhecimento da turma sobre esses conteúdos. E, que nesse sentido, faríamos uma leitura compartilhada, pausando ao final de cada parágrafo para questionamentos.

Feita a leitura do primeiro parágrafo, discutimos as vantagens econômicas resultantes da exploração de um parque eólico para os proprietários de terras onde este será construído.

Perguntamos o que é uma fonte renovável de energia? Os alunos não souberam conceituar, mas citaram dois exemplos: as energias solar e eólica. Porém, quando questionados por que o petróleo não é renovável? A resposta foi simples e unânime: porque um dia ele irá acabar. Na ocasião abordamos as vantagens e desvantagens da queima de combustíveis fósseis na atualidade.

Após a leitura do segundo parágrafo destacamos a condição do nosso estado como líder nacional na produção de energia eólica. Aproveitamos para questionar sobre o conceito de matriz energética? De imediato, a turma não soube responder. Esse conceito de matriz energética parece ser novo para os alunos. Eles apenas conseguem mencionar duas componentes: as energias solar e nuclear. Constatamos que eles não tinham visto de perto um parque eólico. Disseram que sabiam da sua existência ao ver, de longe nas rodovias, as hélices dos aerogeradores e de imagens de TV. Como nesse parágrafo se apresenta o valor da produção de energia eólica do RN, utilizando o GW, questionamos a turma sobre essa unidade de medida. Nenhum aluno soube responder. Nos limitamos a dizer que $1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$. Perguntamos sobre o consumo médio de energia nas residências dos discentes. Eles não mencionaram o quilowatt hora (kWh), unidade de medida utilizada para indicar o consumo de energia elétrica nas residências. Expressaram os valores do consumo em Reais.

No terceiro parágrafo se explica a formação dos ventos. A primeira pergunta que fizemos após a sua leitura foi: o que significa aquecimento não homogêneo da Terra? Os alunos disseram que nas regiões mais altas a temperatura era menor. Citaram o caso da cidade de Martins/RN, situada aproximadamente a 745 metros acima do nível do mar. Uma aluna destacou que “a inclinação e o formato esférico” do planeta contribuem para o aquecimento não uniforme. Utilizamos a lanterna de um celular e um globo terrestre para mostrar esse fenômeno do aquecimento não homogêneo. Na sequência questionamos sobre os movimentos de rotação e translação da Terra. A grande maioria da turma mostrou ter conhecimento sobre esses movimentos do nosso planeta. Na ocasião, falamos do caráter determinante da inclinação do eixo de rotação em relação ao plano da órbita da Terra nas estações do ano. Finalizamos a discussão desse parágrafo, perguntado sobre o fenômeno da propagação do calor. Um aluno mencionou a propagação do calor por convecção associando-a com o movimento do ar dentro de uma geladeira.

Os questionamentos realizados a partir da leitura do quarto parágrafo revelaram que os alunos não lembravam o conceito de energia cinética? Eles não tiveram dificuldade para mencionar dispositivos que utilizam a energia do vento para seu funcionamento, tais como barcos a vela, moinhos de vento e aerogeradores. O quinto parágrafo suscitou uma pergunta relacio-

nada com a possibilidade de que uma alta velocidade do vento pudesse danificar o aerogerador. Dissemos que nesses equipamentos tem um dispositivo, a ser estudado nas próximas aulas, que permite regular a velocidade de rotação da hélice. Ao constatar o desconhecimento da turma do que é um anemômetro, o indicamos também como futuro objeto de estudo. Apesar de conhecer da existência dos aerogeradores o sexto parágrafo revelou que a turma não sabia o princípio de seu funcionamento.

Concluída a leitura do texto, apresentamos, com breves comentários sobre seu conteúdo, a sequência didática que segue abaixo:

Nº	Título da aula	Conteúdo	Recursos didáticos
1.	Apresentação da sequência didática	<ul style="list-style-type: none"> • Justificativa da pertinência da energia eólica como contexto de ensino e de aprendizagem. • Levantamento do conhecimento prévio. • Apresentação da sequência didática. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo • Texto de apoio • Leitura com comentários e questionamentos.
2.	Origem e formação do vento	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentos da Terra • Força de Coriolis • Formas de propagação do calor • Ventos globais • Conceito de calor específico • Ventos locais (brisas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo • Texto de apoio • Experimentos com materiais alternativos • Radiômetro
3	Energia e potência do vento	<ul style="list-style-type: none"> • Energia cinética do vento • Densidade • Potência do vento • Regimes de escoamen- 	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro negro • Experimento com materiais alternativos

		to dos fluidos (laminar e turbulento) <ul style="list-style-type: none"> • Equação de Bernoulli • Número de Reynolds 	
4	Medição da velocidade do vento	<ul style="list-style-type: none"> • Energia cinética do vento • Densidade • Potência do vento • Regimes de escoamento dos fluidos (laminar e turbulento) • Equação de Bernoulli • Número de Reynolds 	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro negro • Experimento com materiais alternativos
5	As rotações no aerogerador	<ul style="list-style-type: none"> • Escala de Beufort • Medição da velocidade do vento 	<ul style="list-style-type: none"> • Texto de apoio • Experimentos com materiais alternativos
6	O princípio de funcionamento do aerogerador - a indução eletromagnética	<ul style="list-style-type: none"> • Experimento de Oersted • Princípio de indução eletromagnética de Michael Faraday • Lei de Lenz 	<ul style="list-style-type: none"> • Texto de apoio • Experimentos com materiais alternativos • Software livre Gerador no site do PhET • Vídeo

3.2.2 Segundo encontro. Origem e formação do vento

Iniciamos o encontro recapitulando o anterior, no qual a questão sobre a origem do vento havia sido colocada para levantar o conhecimento prévio da turma. Dissemos que nesta aula apresentaremos, utilizando diversos recursos didáticos, assuntos e conceitos relevantes para explicar a formação do vento, tais como a incidência da radiação solar sobre a superfície da Terra, os movimentos desta, as formas de propagação do calor e o conceito de capacidade calorífica. Em seguida orientamos a releitura do terceiro parágrafo do texto de apoio. Nele explica-se que os ventos são originados pelo aquecimento não homogêneo da superfície da Terra, indicando as principais causas desse fenômeno: o formato esférico do planeta e a incli-

nação de seu eixo de rotação em relação ao plano da sua órbita em torno do Sol. A releitura foi feita buscando o envolvimento dos alunos. Eles conseguiram entender a relação entre a forma e o movimento da Terra e seu aquecimento não homogêneo. Não tiveram dificuldades para conceituar os movimentos de rotação e translação do planeta. Pudemos constatar que tinham assimilado esse assunto no Ensino Fundamental. No que diz respeito às formas de propagação do calor, tema estudado no segundo ano do Ensino Médio, as lembraram sem dificuldades: radiação, condução e convecção. Não conseguiram explicar o que são correntes de convecção. Alguns as relacionaram com o movimento do ar dentro de uma geladeira. Esse contexto parece que foi significativo na aprendizagem dessa forma de propagação do calor. Avaliamos como satisfatória a maneira acima esboçada de utilização do texto de apoio para o ensino de seu conteúdo. Ela propiciou a mobilização do conhecimento prévio dos alunos, facilitando sua participação ativa.

Concluída a leitura e discussão do terceiro parágrafo, apresentamos o vídeo, de aproximadamente 4 (quatro) minutos, intitulado “A Energia eólica para geração de eletricidade e bombeamento de água”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xzpUOLIKGbw>. O vídeo traz de forma detalhada conceitos envolvidos nos ventos globais (alísios e contra-alísio) e ventos continentais (monções e brisas). Sua utilização serviu para discutirmos conteúdos de CTSA, especificamente: efeito estufa, monitoramento de furacões, utilização dos ventos no meio rural para o bombeamento de água e a possibilidade de produção de eletricidade em pequena escala para beneficiar comunidades rurais. Os alunos se mostraram satisfeitos com a apresentação do vídeo.

Para complementar o conteúdo do vídeo convidamos o professor de Geografia para juntos abordarmos um tema contemplado nessa disciplina: a circulação atmosférica. Concebemos essa iniciativa como uma ação de contextualização baseada na interdisciplinaridade. O professor utilizou um slide como ferramenta para orientar sua apresentação. Iniciou sua fala abordando as camadas da atmosfera, começando em zero até seiscentos quilômetros de altura. Deu ênfase à primeira camada, a troposfera. Conceituou o vento como sendo “o deslocamento das massas de ar procurando o equilíbrio”. Destacou a distribuição da luminosidade na superfície do planeta relacionando-a com seu aquecimento não homogêneo: mais intenso no equador do que nos polos. Atribuiu esse fato ao formato esférico e à inclinação do eixo de rotação do planeta em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol. Nesse ponto nós entrevistamos, destacando que o aquecimento no equador é maior que nos polos. Na sequência o professor falou dos ventos globais: alísios e contra-alísios. E ainda dos ventos locais, evidenciando as brisas. Nós dissemos que os ventos alísios, próximo da superfície, sopram dos polos para o

equador, e os contra-alísios, nas altas camadas da atmosfera, do equador para os polos. Explicamos que a densidade do ar é inversamente proporcional a sua temperatura: o ar frio é mais denso que o quente. E, que essa diferença da densidade provoca as correntes de convecção: o ar quente sobe e o frio desce. Além disso, dizemos que devido a seu movimento de rotação a Terra é um referencial não inercial no qual os ventos sofrem a ação da força de Coriolis. Não nos aprofundamos nesse assunto. Apenas comentamos que, como essa força depende da direção da velocidade do vento, com base nela se pode explicar, por exemplo, a diferença de flexão dos alísios nos hemisférios norte (para a direita) e sul (para a esquerda), pois a direção desses ventos nesses hemisférios tem sentidos contrários.

Em seguida, convidamos a turma para realizarmos um experimento, visando atribuir novos significados a um conceito anteriormente estudado no segundo ano: o calor específico. Utilizamos três copos descartáveis, água, areia, vela e fósforo. Para realizar o experimento solicitamos um voluntário. Inicialmente o aluno pegou o copo vazio com uma mão e com a outra foi lentamente aproximando a chama da vela. Concomitante questionávamos o que aconteceria. A classe inteira respondeu “o fundo irá derreter!”. Ao aproximar a chama do copo, todos comprovaram a hipótese. Logo após o aluno colocou um pouco de areia em um outro copo. Repetimos o mesmo questionamento. A turma ficou em dúvida. Uns falaram que iria derreter, outros que não derreteria. Ao aproximar a chama do copo, o fundo deste rapidamente derreteu. A justificativa da grande maioria foi que “como a areia esquenta muito e está em contato direto com o fundo do copo, contribui no derretimento”. Em seguida repetimos o experimento, utilizando um terceiro copo com água. A grande maioria da turma disse que “vai derreter!”. Ao colocar o copo sobre a chama da vela, eles ficaram surpresos ao perceberem que o fundo do copo não derreteu imediatamente. As falas dos alunos revelaram que a aprendizagem do conceito de calor específico no segundo ano não foi consistente. Eles não foram capazes de mobilizar esse conceito para tornar inteligíveis os resultados dos experimentos realizados. Na ocasião, explicamos que esse conceito caracteriza a capacidade dos materiais de absorver calor. Mostramos uma tabela com o calor específico de algumas substâncias dando destaque para a água ($c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) e a terra ($c = 0,219 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$). Explicamos o significado desses valores do calor específico. Convidamos a turma a estabelecer uma relação entre eles e o experimento. Os alunos rapidamente perceberam que um grama de terra precisaria receber uma quantidade de calor cerca de cinco vezes menor que a necessária para provocar o mesmo aumento da temperatura de igual massa de água. Dessa maneira eles entenderam o motivo que levou o copo com água a não derreter rapidamente como aconteceu com o que continha areia.

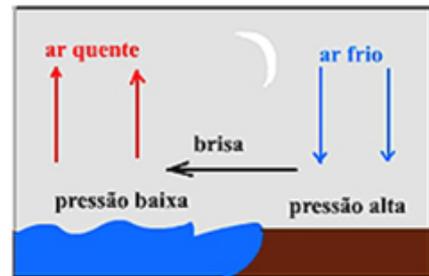
Na sequência buscamos contextualizar o conceito de calor específico com o fenômeno das brisas marítima e terrestre. Para tanto utilizamos a figura 1.

Figura 1 Representação das Brisas Marítima



<https://pt.wikipedia.org/wiki/Brisa#/media/File:Brisa.jpg>

Durante o dia, a terra fica mais quente do que o mar. O ar quente que está sobre a terra sobe e o ar mais frio que está sobre o mar sopra em direção à terra: é a brisa marítima.



<https://pt.wikipedia.org/wiki/Brisa#/media/File:Brisa.jpg>

Durante a noite, a terra fica mais fria do que o mar. O ar quente que está sobre o mar sobe e o ar mais frio que está sobre a terra sopra em direção ao mar: é a brisa terrestre.

Comentamos os dizeres presentes nessas figuras com base na diferença dos calores específicos da terra e da água e na dependência da densidade do ar da temperatura. A turma ficou impressionada com a explicação desse fenômeno com base nesses dois conceitos da Física.

Na sequência o professor de Geografia finalizou sua participação na aula destacando o potencial eólico do Rio Grande do Norte, em particular da região de Areia Branca. Depois, conversamos sobre como havíamos desenvolvido a aula juntos, o que foi avaliado positivamente pelos alunos como uma experiência de prática da interdisciplinaridade em sala de aula.

Continuamos a aula realizando experimentos demonstrativos sobre os processos de propagação do calor. No caso da condução utilizamos como material, dois pedaços de fios metálicos (cobre e ferro), tarraxa, vela, lata de leite em pó e fosforo, como se mostra na figura 2.

Figura 2 Experimento com propagação do calor



Fonte: Própria do autor

Esse experimento tinha como objetivo exemplificar a condutividade térmica de materiais diferentes. Antes de iniciarmos o experimento os alunos foram questionados sobre em qual dos fios a parafina da vela derreteria primeiro, fazendo a tarraxa cair. Uma parte da turma respondeu que seria no cobre, já outra que seria no ferro e uma pequena parte considerava que a propagação seria igual por se tratar de metais. O experimento mostrou que tarraxa colada ao fio de cobre cai primeiro que a colada ao fio de ferro. Justificamos o resultado do experimento, dizendo que a condutividade térmica do cobre é cerca de cinco vezes maior que a do ferro.

Para ilustrar a radiação térmica utilizamos um radiômetro e uma vela, como mostrado na figura 3. Colocamos a vela próxima ao radiômetro e logo após alguns segundos as hélices do radiômetro começaram a girar. Esse experimento chamou a atenção dos alunos. Muitos se perguntavam como o calor chegaria ao aparelho, fazendo as hélices girar. Dissemos que nesse caso a transmissão do calor acontece por radiação, por meio de ondas eletromagnéticas, as quais não precisam de um meio para se propagar. Nesse sentido, trata-se de uma forma de propagação do calor qualitativamente diferente da condução e da convecção. Com base nessa explicação a turma unanimemente chegou ao entendimento de como a energia do Sol chega a nosso planeta. Os alunos conseguiram entender que a energia eólica é uma manifestação da energia solar.

Figura 3 Experimento com Radiômetro



Fonte: Própria do autor

Em seguida a turma foi dividida em grupos para realizarem uma atividade experimental. Nela os alunos construíram uma hélice que ao ser aproximada à chama de uma vela começou a girar (figura 4).

Figura 4 Experimento Hélice Girante



Fonte: Própria do autor

Utilizaram como materiais: barbante, uma hélice de alumínio, vela e caixa de fósforo. Após a montagem da instalação experimental, solicitávamos que um integrante do grupo aproximasse a hélice, amarrada ao barbante, da vela, deixando-a a uma distância de aproximadamente cinco centímetros da chama. Ao proceder dessa forma, a hélice começava a girar. Quando questionados sobre o que estaria provocando o movimento da hélice, a turma fez a

seguinte observação: o ar próximo a chama apresenta uma temperatura maior que a do ambiente, com isso sobe chocando-se com a hélice, provocando seu giro.

Para concluir o encontro, fizemos uma intervenção na fala dos alunos, relacionando o giro da hélice com as correntes de convecção do ar resultantes do aquecimento não homogêneo da superfície da Terra.

3.2.3 Terceiro encontro. A Energia e a potência do vento

Iniciamos o encontro com um diálogo, recapitulando os temas vistos no encontro anterior: formas de propagação do calor, conceito de calor específico, contextualização desses conceitos para explicar a formação dos ventos. Em seguida questionamos sobre qual seria o tipo de energia associada aos ventos. Os alunos indicaram algumas respostas, mas nenhuma com sucesso. Diante disso dissemos que essa energia é cinética. E que ela seria o tema desta aula na qual estudaríamos também o movimento do vento, considerando-o como um caso particular de fluido. Destacamos nossa pretensão de contextualizar os conteúdos a serem abordados na exploração da energia eólica, utilizando aerogeradores. Nossa fala motivou os alunos. Mostraram interesse em querer aprender temas associados ao vento, fator que consideramos importante para que ocorra a aprendizagem.

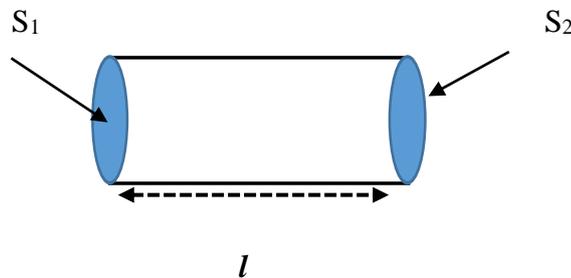
Concluída essa breve apresentação do tema da aula, escrevemos no quadro a expressão para o cálculo da energia cinética:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

A despeito de não conseguir denominar a energia associada aos ventos, os alunos não se surpreenderam com a expressão, mostrando que tinham conhecimento dela de seu estudo no primeiro ano do Ensino Médio. Na sequência problematizamos sobre o que eles entendiam por massa (m), no caso da energia cinética do vento. Eles não souberam responder. Destacamos que o ar é um meio contínuo, um fluido. Dessa forma, sua massa não está concentrada em uma pequena região do espaço, mas se distribui por todo ele. Lembramos o conceito de densidade. Dissemos que no caso dela ser constante se calcula dividendo a massa (m) pelo volume (V). Apresentamos essa relação no quadro: $\rho = m / V$. Para contextualizar essa relação no caso do vento convidamos os alunos a calcular a massa de ar que atravessa a seção

transversal de um cilindro num certo intervalo de tempo. Para tanto propusemos utilizar a figura 5.

Figura 5: Escoamento do ar num cilindro



Depois de dilucidar que no intervalo de tempo considerado o ar que atravessa a seção S_1 ocupa o volume compreendido entre as seções transversais S_1 e S_2 , os alunos não tiveram dificuldades para calcular esse volume como sendo:

$$V = S \cdot l \quad (2)$$

Onde S é a área da seção transversal

Em seguida, supondo a velocidade do ar como constante, junto com os alunos realizamos os desenvolvimentos algébricos que seguem abaixo:

$$v = \frac{l}{t} \quad (3)$$

Onde t é o intervalo de tempo durante o qual o ar se move de S_1 até S_2 .

$$m = \rho V = \rho S l = \rho S v t$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho S t v^3$$

$$E = \frac{1}{2} \rho S t v^3 \quad (4)$$

Concluído o cálculo acima da energia cinética do vento questionamos sobre a variação de seu valor se a velocidade fosse duplicada. A turma não sentiu dificuldade em responder que a energia aumentaria oito vezes, pois ela aumenta com o cubo da velocidade.

Em seguida perguntamos sobre a relação entre a energia cinética e a potência. Com a nossa ajuda a turma conseguiu relacionar os conceitos de energia cinética, trabalho e potência.

Assim, chegaram a expressão 3 abaixo da potência do vento, simplesmente dividendo a expressão anteriormente obtida para a energia cinética pelo tempo.

$$P = \frac{1}{2} \rho S v^3 \quad (5)$$

Na ocasião, contextualizamos os fatores presentes nessa expressão para o caso de um aerogerador. Relacionamos a área (S) com a envergadura da hélice e comentamos a necessidade de dispor de ventos cujas velocidades os tornem economicamente viáveis para a instalação de parques eólicos. Nesse sentido, novamente destacamos as excelentes características que apresentam os ventos em nosso estado.

Em seguida a turma foi dividida em grupos de quatro ou cinco alunos para realizar uma atividade experimental com a qual objetivamos mostrar a transformação da energia eólica em cinética de rotação e desta em potencial gravitacional. Para sua realização foi utilizado um aparato (figura abaixo 5), construído por nós. Ele é constituído por uma hélice, feita com chapa de exames de radiografia, presa à base reaproveitada de um ventilador velho. A hélice é ligada ao eixo e neste se fixa um barbante em cuja outra extremidade se amarra um corpo de cem gramas de massa. Ao aproximar um ventilador ligado da hélice, o corpo é suspenso.

Figura 6 Experimento transformação de energia eólica



Fonte: Própria do autor

Com esse aparato posto no centro da sala cada grupo realizou as seguintes atividades:

Atividade 1.1 Um membro do grupo aproximava o ventilador do aparato e outro, utilizando o cronômetro do celular, media o tempo que o corpo (pacote de cem gramas) levava para chegar até a altura de um metro e dez centímetros do chão. Foram coletados os dados para duas posições do ventilador em relação ao aparato: uma próxima deste e outra mais distante.

Atividade 1.2 Com os valores do tempo, cada grupo calculava a velocidade, a energia cinética e a energia potencial do corpo.

Feitas as atividades, os grupos foram questionados sobre os valores encontrados. Transcrevemos abaixo as respostas de um grupo.

Questão 1: *Os valores encontrados para energia potencial são iguais ou diferentes quando o corpo é levantado em alturas distintas?*

Resposta do grupo A: *maior, pois a energia potencial aumenta com a altura*

Questão 2: *E os valores para a potência? Justificar a resposta*

Resposta do grupo A: *A diferença é que o tempo sendo maior a potência deu menor, e com tempo menor a potência deu maior.*

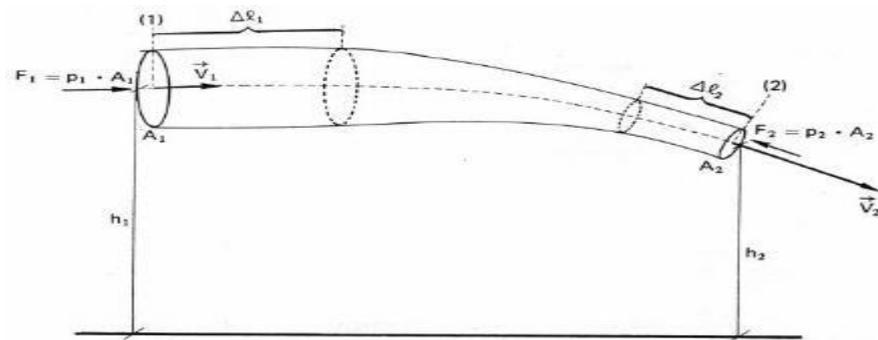
Questão 3: *Quando a fonte de energia eólica (vento ou ventilador) é colocada em distâncias diferentes do cata-vento, o que acontece com os valores da energia potencial e da potência? Justificar a resposta.*

Resposta do grupo A: *a energia potencial deu a mesma, pois depende de uma constante, a altura. Já a potência deu valores diferentes, pois depende inversamente variável tempo.*

Os alunos manifestaram ter ficados satisfeitos com a realização dessas atividades. Na ocasião, destacamos que o experimento visava, fundamentalmente, mostrar as transformações de energia nele presentes. Dissemos que os cálculos realizados eram extremamente aproximados, sem ter muita preocupação com os erros das medições. Em particular, explicamos que a velocidade calculada era a velocidade média.

Concluído o experimento, e antes de conceituar os regimes de escoamento dos fluídos, laminar e turbulento, associado aos ventos, lembramos a equação de Bernoulli, anteriormente estudada pela turma no tema de hidrodinâmica. Para isso, mostramos a figura abaixo e a equação.

Figura 7 Equação de Bernoulli



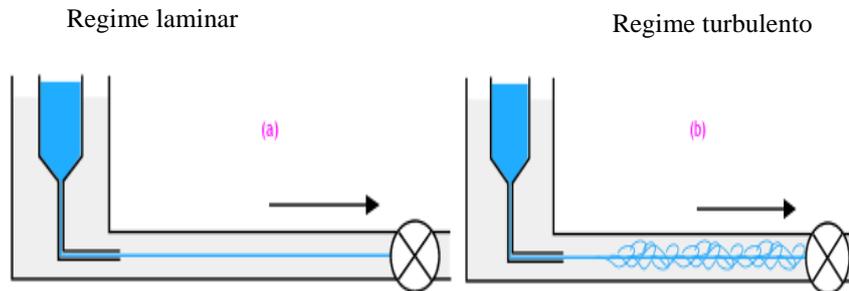
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhBWEAD/modulo-03-equacao-bernoulli>

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2$$

Explicamos os termos dessa equação e as possibilidades de sua utilização no caso de um fluido ideal. Destacamos suas limitações para descrever o movimento de fluidos reais que se caracterizam por ser compressíveis e possuir viscosidade. Nesse sentido, indicamos que o vento se comporta como um fluido real e que tal constatação é importante para poder justificar alguns parâmetros técnicos dos aerogeradores como, por exemplo, a altura da torre de sustentação da hélice, visando a captação de ventos mais fortes, buscando a maior eficiência do equipamento, inclusive em terrenos que apresentam obstáculos. Explicamos que ao contornar um corpo a velocidade da camada de ar em contato com a superfície deste é zero. E que esse fato experimental é considerado na definição da altura em relação ao solo na qual os aerogeradores serão instalados. Os alunos se mostraram impressionados com a aplicação da Física na energia eólica.

Em seguida, iniciamos uma discussão sobre os regimes de escoamento laminar e turbulento. Projetamos no quadro as duas figuras abaixo para relatar o que acontece quando um líquido colorido, no caso em azul, é depositado na corrente de água dentro de um tubo. Explicamos que quando a velocidade da corrente de água é pequena, nela se pode observar uma linha do líquido colorido que não se mistura com a água e que para valores maiores da velocidade a linha desaparece, misturando-se com a água, que se torna colorida. Durante nossa exposição pedíamos aos alunos para eles predizer possíveis resultados do experimento.

Figura 8 Regime laminar e turbulento



Fonte: <http://tinyurl.com/y85jcpqx>

Para complementar a explicação anterior sobre os regimes de escoamento orientamos a realização, em grupos pequenos, de uma atividade experimental denominada cachoeira de fumaça, por meio da qual os alunos poderiam vivenciar os regimes de escoamento de outro fluido. Eles montaram a instalação experimental com uma garrafa PET e um canudo de papel, como se mostra na figura abaixo. O experimento consiste em queimar o canudo de papel, utilizando um fósforo.

Figura 9 Experimento cachoeira de fumaça



Fonte: Próprio do autor

Durante a realização do experimento os grupos eram solicitados a observar a fumaça que sai do canudo de papel e a que toca o fundo da garrafa. Questionamos sobre os regimes de escoamento da fumaça em diferentes alturas dentro da garrafa. Sem muitas dificuldades os alunos disseram que o regime de escoamento da fumaça que saía da extremidade do canudo de papel para dentro da garrafa era laminar e turbulento nas proximidades do fundo desta. Pedimos que explicassem o fato de a fumaça estar descendo e não subindo como é comum

observar durante a queima ao ar livre. Eles levantaram algumas hipóteses, mas nenhuma chegou a uma resposta convincente. Explicamos que a fumaça ao passar pelo canudo de papel, sofria um resfriamento. Assim, sua densidade se tornava maior que a do ar dentro da garrafa, fazendo-a descer.

Em seguida começamos a introduzir a o número de Reynolds (Re) Para tanto, com a sua expressão, abaixo, explicamos que se trata de uma grandeza adimensional que permite determinar o regime de escoamento do fluido em cada caso concreto.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

onde:

ρ – densidade do fluido;

v - velocidade do fluído;

D – diâmetro da tubulação (no caso específico de um tubo);

μ - viscosidade do fluido.

Comentamos que nesse número se relacionam grandezas físicas que caracterizam propriedades físicas do fluido como a densidade e a viscosidade e as condições de escoamento como a velocidade do fluido e a geometria do sistema por onde este escoar. Dissemos que para cada escoamento específico existe um valor crítico do Re que determina o passo do regime laminar para o turbulento. Assim, por exemplo, num tubo horizontal o escoamento é laminar quando $Re < 2100$. Acima desse valor o escoamento é turbulento. Para propiciar uma melhor compreensão, propusemos a realização do seguinte exercício: calcular o Re para a água e para o ar no caso do escoamento com velocidade de 0,05 m/s em uma tubulação com diâmetro de 4 cm.

Ao encontrarem os valores, os alunos perceberam que o Re do ar é aproximadamente 15 vezes menor que o da água. Com base nesse resultado eles conseguiram inferir que o passo do regime laminar para o turbulento acontece no ar para valores maiores da velocidade que na água. Na ocasião, dissemos que a igualdade do número de Reynolds é considerada como um critério da semelhança do comportamento de corpos colocados em fluidos diferentes. Apresentamos um exemplo: os resultados de testar o comportamento aerodinâmico da asa de um avião num fluxo de água com velocidade de 7 km/h e em outro de ar com velocidade de 105 (7 x 15) km/h resultam ser iguais.

Em seguida falamos do escoamento do vento nos aerogeradores. Destacamos a sua semelhança com o que acontece na asa do avião, dizendo que a parte inferior das asas da hélice é mais reta que a superior, mais curvada. Agregamos que tal formato aerodinâmico é essencial para que ocorra o movimento da hélice. E ainda falamos da resistência dos materiais utilizados na fabricação desta, considerando a altura de seu funcionamento, a velocidade do vento e os possíveis regimes de escoamento, visando alcançar o maior aproveitamento da energia desse recurso natural.

Encerramos o encontro dizendo que a exploração da energia eólica constitui um complexo problema que exige um tratamento multidisciplinar no qual conhecimentos da Física, como os anteriormente discutidos, ocupam um lugar importante e que nos próximos encontros outros seriam abordados.

3.2.4 Quarto encontro. Medição da velocidade do vento

Iniciamos o encontro fazendo uma breve recapitulação do anterior. Constatamos que os alunos tinham gostado da forma como foram abordados os conceitos de energia e potência do vento, contextualizando-os no funcionamento dos aerogeradores e utilizando experimentos demonstrativos. Dissemos que no presente encontro nos dedicaríamos à construção de um anemômetro didático utilizando materiais de baixo custo e a medir a velocidade do vento com esse aparelho.

Em seguida orientamos a leitura do quinto parágrafo do texto de apoio. Nele se explica que, *“para a instalação de um parque eólico em determinada região, são necessários ventos constantes que apresentem uma velocidade média de, no mínimo, 23 a 27 Km/h”*. Concluída a leitura, os alunos foram questionados sobre qual aparelho é utilizado para medir a velocidade do vento. Eles não conseguiram responder. Intervimos. Falamos que tal aparelho é o anemômetro. Dissemos que em função da grandeza física em cuja variação em relação à velocidade do vento se baseia seu funcionamento existem vários tipos de anemômetros. Destacamos, em particular, o de copos, tipo padrão para medir a velocidade dos ventos horizontais, utilizado nos parques eólicos.

Dando continuidade ao encontro apresentamos um anemômetro (figura 9) construído, em casa, utilizando materiais como garrafa PET, motor de sua sucata de impressora, cano de PVC, palitos de churrasquinho e um multímetro. Uma adaptação de: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/21211/S11_quanto_pesa_uma_nuvem.pdf.

Figura 10 Anemômetro didático



Fonte: Próprio do autor

Dissemos que nesse anemômetro a velocidade do vento é determinada pelo valor da força eletromotriz de indução eletromagnética. Na ocasião, mostramos as partes do motor antes mencionado. Aproveitamos para contextualizar o princípio de indução eletromagnética na explicação do funcionamento do gerador elétrico eólico. Agregamos que em um próximo encontro nos aprofundaríamos nesse fenômeno da geração de uma força eletromotriz como resultado da variação do fluxo magnético através de uma espira.

Feita a demonstração do aparelho, os alunos foram questionados sobre o conceito de calibração desse instrumento de medição da velocidade. Uma parte da turma não soube responder, mas outra prontamente disse que para calibrar o anemômetro é necessário estabelecer uma relação entre a velocidade do vento e a tensão registrada pelo multímetro. Em seguida foi problematizado sobre como obter velocidades do vento utilizando um veículo em movimento. Questionamos sobre as condições a serem observadas para adotar a velocidade do veículo como sendo igual à do vento. Os alunos prontamente relataram que: em um veículo em movimento, segurando o aparelho com uma das mãos e o multímetro com a outra, bastaria considerar a velocidade registrada no velocímetro do veículo como sendo igual ao do vento e relacioná-la com a tensão registrada no multímetro. Nós, previamente, já tínhamos obtido uma tensão de 0,25V para a velocidade de 10km/h de uma moto.

Em seguida a turma foi dividida em grupos com o objetivo de medir a velocidade do vento produzida por um ventilador. Um de cada vez realizava as medições da tensão. Após obter os valores da tensão os grupos eram questionados como poderiam a partir deles encontrar a velocidade. Com nossa ajuda os alunos foram capazes de relacionar, por meio de uma regra de três, os valores da tensão por eles medidos com o indicado por nós correspondente a 10 km/h.

Concluída a atividade, projetamos no quadro a escala de Beaufort (figura abaixo). Indicamos que com base nela, ou seja, a partir dos efeitos provocados pelo vento em terra e na água, se pode inferir a sua velocidade. Consideramos a tabela (figura10) como um bom recurso didático para aproximar possíveis valores da velocidade do vento ao universo vivencial dos alunos.

Figura 11 Escala de Beaufort

Força	Designação	Velocidade	Influência em terra
2	brisa leve	1,8 - 3,3 m/s 7 - 12 km/h 4 - 6 nós	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpã começa a funcionar.
3	brisa fraca	3,4 - 5,2 m/s 13 - 18 km/h 7 - 10 nós	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
4	brisa moderada	5,3 - 7,4 m/s 19 - 26 km/h 11 - 16 nós	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
5	brisa forte	7,5 - 9,8 m/s 27 - 35 km/h 17 - 21 nós	Movem-se as pequenas árvores. A água começa a ondular.
6	vento fresco	9,9 - 12,4 m/s 36 - 44 km/h 22 - 27 nós	Assobios na faixa aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
7	vento forte	12,5 - 15,2 m/s 45 - 54 km/h 28 - 33 nós	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
8	ventania	15,3 - 18,2 m/s 55 - 65 km/h 34 - 40 nós	Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
9	ventania forte	18,3 - 21,5 m/s 66 - 77 km/h 41 - 47 nós	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
10	tempestade	21,6 - 25,1 m/s 78 - 90 km/h 48 - 55 nós	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.

Vento fraco Vento moderado Vento forte

semar
METEOROLOGIA

Fonte: <https://www.climadeensinar.com.br/single-post/2016/09/08/Como-%C3%A9-medida-a-velocidade-do-vento>

Na sequência o encontro foi dedicado a construção de um anemômetro (figura 12). Para isso dividimos a turma em grupos e disponibilizamos os seguintes materiais: copos descartáveis, cola quente, lápis, tesoura, e canudo de refrigerante.

Figura 12 Anemômetro produzido por um grupo

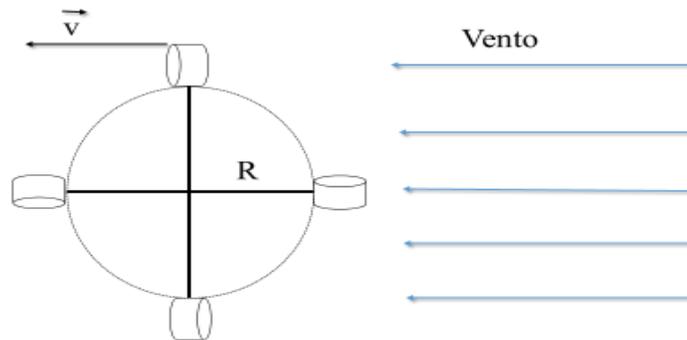


Fonte: Próprio do autor

Finalizada a construção do aparelho, os grupos foram orientados sobre como utilizar o aparelho e realizar sua calibração para medir a velocidade do vento de um ventilador nas suas

três possíveis opções de velocidade. Lembramos que como a velocidade de rotação do ventilador é constante, mantendo-o fixo numa determinada posição, a velocidade do vento por ele produzido ao atingir tangencialmente as conchas do anemômetro, também é constante (ver figura 13).

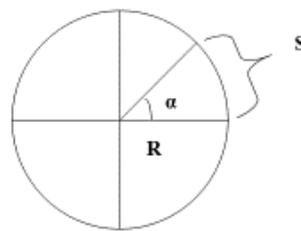
Figura 13 Vento atingindo tangencialmente as conchas



Fonte: Próprio autor

Solicitamos que os grupos calculassem a velocidade do vento utilizando seus aparelhos. Os alunos apresentaram questionamentos sobre como realizar esse cálculo. Fomos para a lousa e iniciamos uma discussão, contextualizando o movimento da hélice do anemômetro com o movimento circular uniforme. Lembramos os conceitos de período (T) e frequência (f) estudados no primeiro ano do Ensino Médio. Utilizamos a figura abaixo para ilustrar a definição, esquecida pelos alunos, da medição de ângulo em radianos.

Figura 14 Definição esquemática de um ângulo em radiano



Fonte: Próprio autor

Explicamos que um radiano é o valor do ângulo correspondente a um arco de circunferência cujo comprimento é igual ao raio desta. Assim sendo, a medição do ângulo em radianos se efetua com base na seguinte expressão:

$$\alpha = \frac{S}{R} \quad (6)$$

Lembramos o conceito de velocidade angular (ω) e junto com os alunos realizamos os seguintes desenvolvimentos algébricos para relacioná-la com a velocidade linear v :

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \quad (7) \quad \text{e} \quad v = \frac{s}{t} \quad (8)$$

Portanto:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{R \cdot \alpha}{t} = R \cdot \omega$$

Na ocasião, questionamos os alunos sobre como calcular ω do anemômetro. Sem muitas dificuldades eles disseram que $\omega = \frac{2\pi}{T}$, onde T é o período, ou seja, o tempo necessário para a hélice realizar uma volta. Na sequência perguntamos como experimentalmente obter o valor de T . Os alunos responderam que seria $T = \frac{t}{n}$, onde t é o tempo em que se realizam n voltas. Com base nessas relações explicamos que a velocidade (v) do vento nas posições escolhidas do ventilador obedece a expressão: $v = R \frac{2\pi \cdot n}{t}$ (9). Nesse experimento R será medido em centímetros e t em segundos.

Os grupos realizaram as medições contando o número de voltas n que o copinho colorido do anemômetro fazia em certo intervalo de tempo t . Discutimos os valores de n e t para as diferentes opções da potência do ventilador. Orientamos o uso do cronômetro do celular para a medição do tempo. Para a coleta dos dados utilizamos a tabela 1:

Tabela 1 Cálculo da velocidade do vento

<i>Controle do Ventilador</i>	<i>N</i>	<i>t (s)</i>	<i>v (cm/s)</i>
<i>1</i>			
<i>2</i>			
<i>3</i>			

Realizamos no quadro o cálculo de uma velocidade usando valores de n e t , não obtidos experimentalmente. Quando todos os grupos tinham encontrado os valores da velocidade para as três posições da potência do ventilador, questionamos sobre as unidades de medida utilizadas. Os alunos rapidamente perceberam que a velocidade encontrada seria medida em centímetro por segundo (cm/s). Pois o raio da hélice do anemômetro havia sido medido em

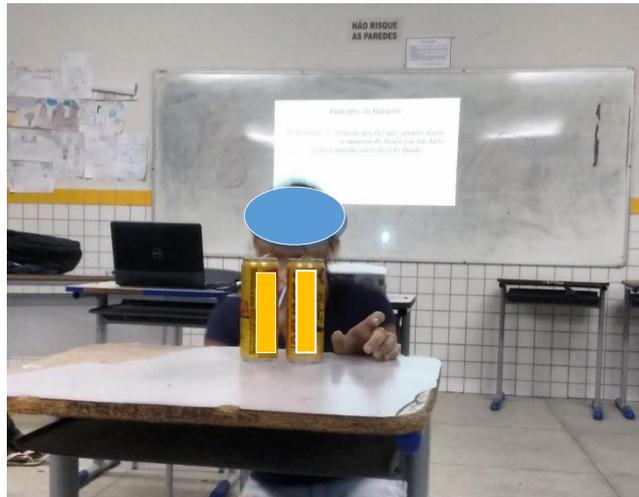
centímetros e o tempo em segundos. Imediatamente propusemos que realizassem o cálculo da conversão dessa unidade para km/h. Sem dificuldades a turma aplicou as transformações de unidades estudadas no primeiro ano do Ensino Médio para obter os resultados. Na ocasião discutimos a necessidade dessa conversão pois, km/h, é a unidade usada com mais frequência na caracterização técnica dos parques eólicos e na meteorologia.

Concluimos o encontro convidando os alunos a avaliar o desempenho de seus anemômetros, comparando-os com o primeiro que utilizamos na aula e cujo funcionamento se baseava no princípio da indução eletromagnética. A grande maioria da turma ficou satisfeita com o desempenho de seus aparelhos, pois os valores da velocidade, medida em ambos os casos não se diferenciavam significativamente. Aproveitamos a fala dos grupos para comentar alguns fatores que poderiam ter afetado os resultados das medições da velocidade como o atrito e o tempo de reação de quem determinava o tempo e contava o número de voltas. Um aprofundamento no cálculo do erro presente nessa medição da velocidade não foi concebido como um dos objetivos da nossa proposta de intervenção didática.

3.2.5 Quinto encontro. Transformação da Energia do Vento em Rotação na Turbina

Iniciamos esse encontro fazendo uma breve discussão do anterior. Com a discussão, percebemos que com pequenas modificações nas aulas, fugindo do tradicional, conseguimos resultados positivos na aprendizagem dos alunos e apontamentos para melhorias das estratégias que devem ser adotadas nos próximos encontros. Falamos que no presente encontro nos dedicaremos a estudar os fundamentos físicos que permitem explicar porque o vento ao bater na hélice de um aerogerador provoca sua rotação e o princípio de funcionamento da caixa de marchas utilizada nesse aparelho para controlar a velocidade dessa rotação. Para iniciar a aula distribuímos para cada aluno uma tirinha de papel e solicitamos observar o que acontece quando se sopra na parte superior desta. Ao realizar o experimento, alguns alunos relataram que brincavam muito com esse experimento, mas não sabiam explicar o motivo da folha subir. Outros, com seus conhecimentos de mundo, o relacionaram com as asas de um avião, explicando que provavelmente aparecia uma força maior na parte inferior do papel. Nesse momento não intervimos e deixamos os alunos fazerem suas proposições. Em seguida realizamos outro experimento demonstrativo no qual duas latinhas são colocadas sobre uma mesa e usando um canudinho de refrigerante sopradas entre elas (figura 15).

Figura 15 Aluna realizando o experimento com as latinhas

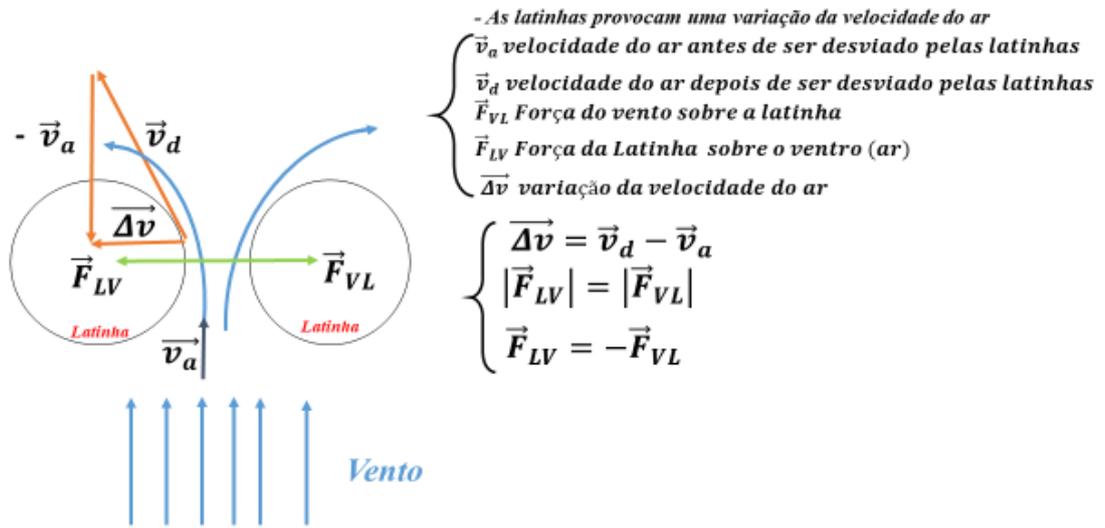


Fonte: Próprio autor

Concluídos os dois experimentos, perguntamos aos alunos o que haviam observado em comum neles. Disseram que havia uma força atuando em ambos os casos, fazendo o papel levantar e as latinhas se aproximarem uma da outra. Explicamos que os experimentos tinham como objetivo contextualizar a equação de Bernoulli: quando a aluna sopra entre as latinhas, o escoamento do ar (fluido) entre elas provoca uma diminuição da pressão nessa região em relação a pressão atmosférica presente no entorno. Como resultado dessa diferença de pressão elas “colam”. A explicação no caso da folha é a mesma. Quando sopramos sobre ela a pressão nessa região diminui em relação à parte inferior. Essa diferença de pressão provoca a flexão da folha para cima. Essas demonstrações permitiram contextualizar também a terceira lei de Newton: a toda ação corresponde uma reação igual em intensidade e oposta em sentido.

Para tanto, utilizando a figura abaixo, propusemos discutir a interação entre o vento e as latinhas. Dissemos que as latinhas provocam uma variação da direção da velocidade do vento. A essa variação da velocidade, ou seja, a essa aceleração, com base na segunda lei de Newton, está relacionada a força que as latinhas exercem sobre o vento. A essa força corresponde a força de reação do vento que provoca a aproximação das latinhas. Agregamos que a explicação do experimento com a folha de papel é a mesma.(ver figura 16)

Figura 16 forças que atuam nas latinhas

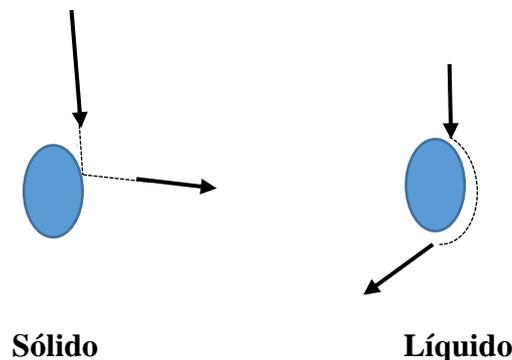


Fonte: Próprio autor

As discussões revelaram que a turma, apesar de considerar esses assuntos difíceis, quando apresentados em aulas tradicionais, não teve dificuldades para entendê-los de forma contextualizada.

Concluída essa discussão, iniciamos a introdução de outro fenômeno que contribui na rotação da hélice, o efeito Coanda. Utilizamos a figura abaixo. Explicamos que o efeito consiste em que quando um fluido escoar próximo da superfície de um objeto, tende a aderir a esta, acompanhando sua forma.

Figura 17 Líquido que escoar na superfície de um líquido e de um sólido



Fonte: Próprio autor

Para propiciar uma melhor compreensão do efeito, foi projetado no quadro um vídeo (figura 18) de autoria própria.

Figura 18 Filamento de água contornando um obstáculo



Fonte: Próprio auto

Neste um filamento de água que sai de uma torneira, sofre desvio ao tocar a superfície externa de uma concha de cozinha. Na ocasião, dissemos que o ar apresenta o mesmo comportamento da água por ambos serem fluidos.

Após a discussão do vídeo, separamos a turma em grupos de três ou quatro alunos para construir uma hélice (figura 19), usando materiais de baixo custo. Disponibilizamos para cada equipe o guia de trabalho e o material para sua realização.

Figura 19 Modelo de Hélice



Fonte: Próprio autor

Finalizada a construção do aparelho, solicitamos aos grupos aproximar suas hélices de um ventilador ligado (ver figura 20).

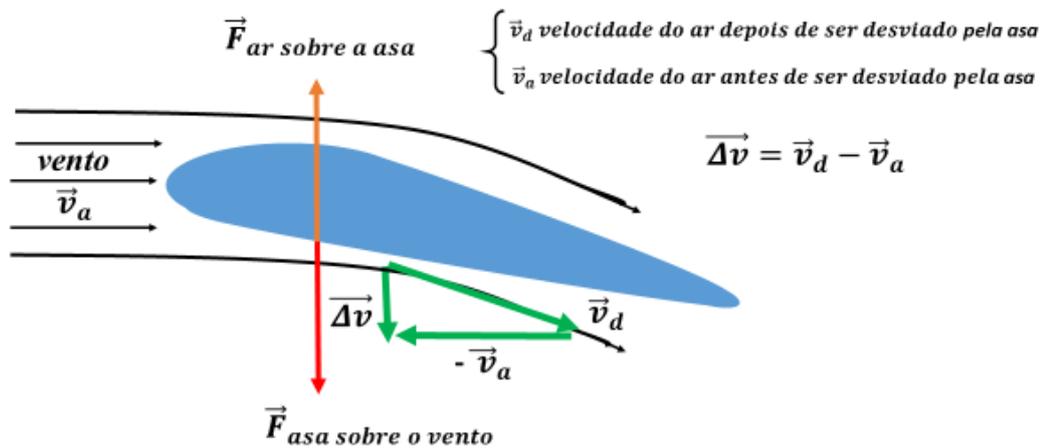
Figura 20 Hélice girante



Fonte: Próprio autor

Em seguida abrimos uma discussão para explicar o giro da hélice quando sobre ela bate o vento. Instigamos os alunos para se pronunciar ao respeito. Eles estabeleceram relações do movimento observado da hélice com os experimentos anteriormente realizados com a folha de papel, as latinhas e a concha. Utilizamos a figura 21 para explicar de maneira dialogada o que provocava esse movimento.

Figura 21 Forças que atuam numa hélice



Fonte: Próprio autor

Os grupos declararam que a apresentação da figura e sua discussão foram essenciais para conseguir relacionar os conceitos envolvidos na explicação da rotação da hélice.

Em seguida projetamos no quadro a figura 22, que apresenta a imagem da caixa multiplicadora de um aerogerador. Explicamos que sua função consiste em regular a frequência de rotação da hélice, sendo semelhante a uma caixa de marcha de um veículo. Solicitamos associá-la com outros dispositivos do nosso cotidiano. Os alunos citaram o sistema de marchas das bicicletas. Acrescentamos que esses dispositivos funcionam com base no acoplamento de polias. Constatamos que os alunos apresentavam subsunçores relacionados ao uso destas.

Figura 22 Esquema de um multiplicador de velocidade do aerogerador



Para subsidiar no entendimento do uso das polias e engrenagens, utilizamos como recurso didático o software gratuito Phun (Ver figura 23)

Figura 23 Simulador Phun

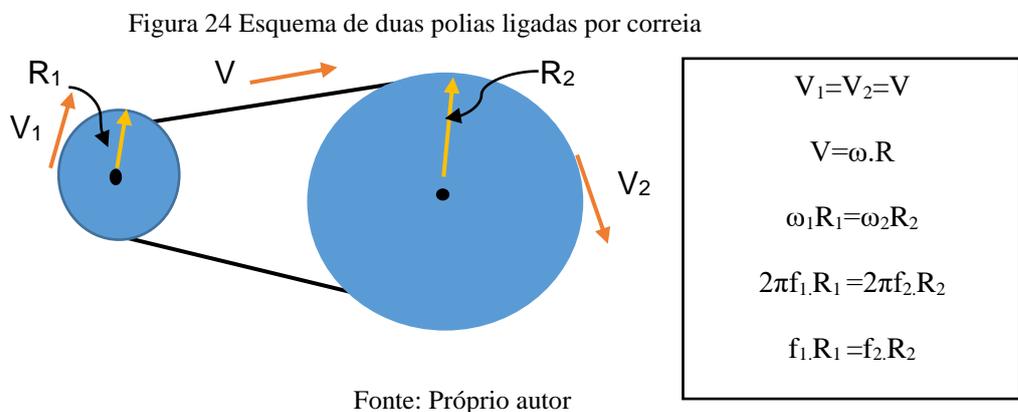


Fonte: Próprio autor

Com ele projetado no quadro, dividimos a turma em grupos e solicitamos a cada um deles, após realizar os procedimentos para utilizar o programa, construir duas engrenagens, uma com dez dentes e outra com vinte. Solicitados também construir duas engrenagens com diâmetros diferentes e prestar atenção a suas velocidades angulares. Alguns alunos perceberam que a polia com diâmetro menor apresentava velocidade angular maior. Outros conseguiram

ram estabelecer a relação entre duas polias com diâmetros diferentes, relatando que: a polia menor apresenta uma quantidade de giros maior, e esse número seria igual a quantidade de vezes que seu diâmetro fosse menor que o da polia maior. Intervimos. Falamos da possibilidade de projetar sistemas, utilizando polias, que reduzam ou ampliem o número de rotações em muitas aplicações tecnológicas. Contextualizamos com as hélices de um aerogerador que, apesar de apresentarem uma frequência de rotação baixa, o sistema multiplicador amplia essa frequência de modo satisfatório para a geração de energia elétrica

Em seguida apresentamos outra situação de aprendizagem sobre as polias utilizando a figura abaixo. Mostramos as relações entre as velocidades linear e angular no acoplamento de polias de diâmetros diferentes ligadas por uma correia.



Ao serem indagados sobre as relações matemáticas existentes entre as velocidades linear, angular, raio da polia e sua frequência, as respostas dos alunos foram coincidentes: uma parte da turma percebeu que a velocidade angular é inversamente proporcional ao raio, outra acrescentou que havia uma relação entre o diâmetro e o número de voltas.

Na sequência da aula apresentamos um vídeo: *Rodas e eixos* disponibilizado endereço <https://www.youtube.com/watch?v=q6stSJbttKU&feature=related>. Com de três minutos e dez segundo, visando complementar as explicações anteriormente expostas. Nele abordam-se as aplicações do acoplamento de polias em diversos equipamentos, em particular nas bicicletas. Com base no vídeo chamamos a atenção da turma para as diversas possibilidades de utilização das polias para obter a melhor combinação de força, distância e velocidade.

Para finalizar o encontro colocamos uma bicicleta de marcha no centro da sala (figura abaixo). E dividimos a turma em grupos de quatro ou cinco alunos para realizar uma atividade, usando o sistema de marchas da bicicleta, consistente em responder um questionário com

quatro questões. Para tanto disponibilizamos 20 minutos da aula. Os grupos não tiveram muitas dificuldades em responder.

Figura 25 Bicicleta



Fonte: Próprio do autor

Segue, abaixo as respostas de um dos grupos:

Questão 1: Se a coroa maior tem 40 dentes e a catraca menor 11. Quando a coroa dá uma volta quantas voltas dará a catraca?

Resposta: aproximadamente 3,63 voltas, pois encontramos esse valor dividindo o número de dentes da coroa maior pelo número de dentes da catraca (menor)

Questão 2: Se a bicicleta apresenta três coroas e dez catracas, quantas marchas a bicicleta apresenta?

Resposta: trinta marchas, pois para encontrar esse valor multiplicamos o número de coroas pelo número de catracas.

Questão 3: Se o pneu apresenta três metros e meio de comprimento e quando a coroa maior dá um giro a catraca menor dá aproximadamente três giros e meio. Nesse giro quantos metros a bicicleta percorre?

Resposta: Aproximadamente dez metros e meio, para isso, como a catraca está acoplada ao pneu, seu número de voltas corresponde ao mesmo número no pneu

Questão 4: A coroa de uma bicicleta apresenta quarenta dentes e sua catraca onze. Sendo o comprimento do pneu aproximadamente três vírgula seis metros de comprimento. Quantas pedaladas o ciclista dará ao percorrer mil duzentos e noventa e seis metros?

Resposta: cem pedaladas, pois, um giro na coroa corresponde a três vírgula seis giros na catraca, assim um giro na coroa (uma pedalada) corresponde a um deslocamento de doze

virgula noventa e seis metros. Assim dividindo mil duzentos e noventa e seis por doze virgula noventa e seis encontramos a resposta.

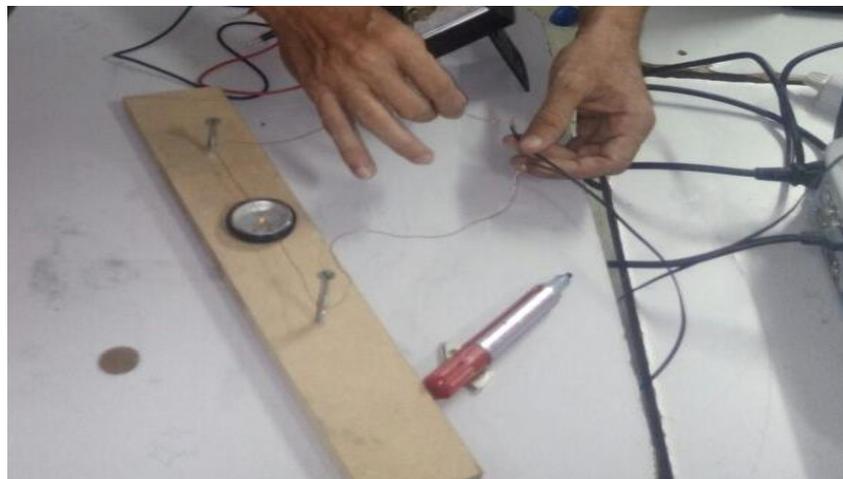
Consideramos que as situações de aprendizagem acima esboçadas facilitaram o entendimento e aplicação do acoplamento de polias.

3.2.6 Relato do encontro 6. Princípio de funcionamento do aerogerador – A indução eletromagnética.

Iniciamos esse encontro com a leitura do sexto parágrafo do texto de apoio. Nele explica-se que o aerogerador é um gerador elétrico que transforma, utilizando o princípio de indução eletromagnética, a energia eólica, captada por uma hélice, em energia elétrica, e que o princípio da indução eletromagnética consiste na geração de uma força eletromotriz como resultado da variação do fluxo magnético, através de uma espira. Dissemos que essa explicação do funcionamento do gerador é sucinta. Ela não revela detalhadamente o significado dos conceitos nos quais está baseada. Destacamos que o texto foi concebido como um guia para o desenvolvimento da a sequência didática, e que para o detalhamento de seu conteúdo eram necessários recursos didáticos tais como: experimentos, discussões, software livre entre outros, que seriam utilizados na presente aula. Em seguida declaramos que o tema do nosso encontro seria a indução eletromagnética.

Na sequência realizamos o experimento de Hans Chistian Oersted , utilizando materiais de baixo custo (ver figura 26). Explicamos que o movimento de cargas elétricas em um fio gera um campo magnético entorno dele.

Figura 26 Experimento de Oersted

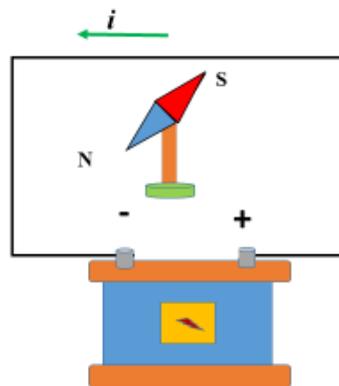


Fonte: Próprio do autor

Ao comentar o experimento dissemos que na época os fenômenos elétricos e magnéticos eram considerados independentes. Não se presumia existir alguma ligação entre eles. Destacamos que esse experimento mostrou a íntima relação entre esses fenômenos. Daí sua importância na história da Física. Uma parte da turma se mostrou impressionada com o experimento. Outra relatou que já conhecia um experimento semelhante, no qual enrola-se um prego com um fio condutor e suas extremidades são ligadas aos polos de uma bateria.

Para explicar a orientação da agulha magnética da bússola no experimento projetamos no quadro a figura abaixo:

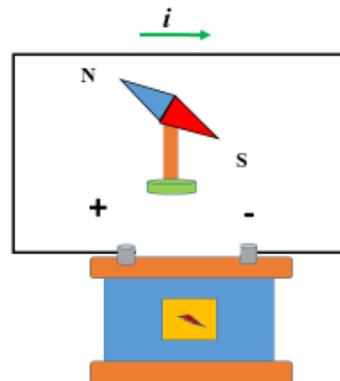
Figura 27 Orientação da agulha da bússola quando a corrente vai para a esquerda



Fonte: Próprio do autor

Dissemos que ao ligar o fio condutor nos polos da bateria, nele se estabelece uma corrente elétrica, e imediatamente a agulha sofre uma deflexão. Projetamos a figura abaixo para ilustrar que, ao inverter o sentido da corrente, a agulha se deflete em sentido oposto ao anterior.

Figura 28 Orientação da agulha da bússola quando a corrente vai para a direita



Fonte: Próprio do autor

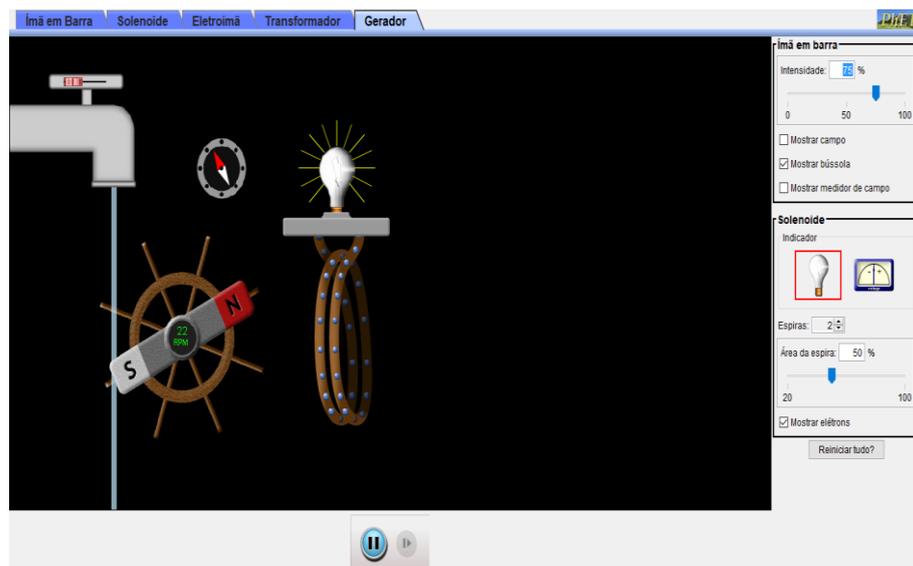
Assim, mostramos a relações entre os fenômenos elétricos, aqui contemplados com a corrente, e os magnéticos com a bússola. Na ocasião, destacamos que a ação da corrente sobre a bússola pode ser explicada considerando que ela gera um campo magnético, caracterizado por um vetor cuja direção e sentido dependem do sentido dessa corrente

Para trabalhar o experimento com mais detalhes, achamos interessante aborda-lo de forma problematizadora. Para isso fizemos os seguintes questionamentos:

- O que acontece quando ligamos o fio aos polos da bateria?
- O que acontecerá se invertemos os polos da bateria?
- A partir de um campo magnético seria possível conseguir corrente elétrica?
- Como poderíamos comprovar essa hipótese?

Os alunos não tiveram dificuldades em responder as duas primeiras questões, mas as duas últimas nenhum aluno soube responder. Para aborda-las e buscar novos subsunçores, que no decorrer do encontro poderiam ser progressivamente diferenciados e integrados, optamos por realizar uma atividade demonstrativa usando o software livre Gerador no site do PhET (figura abaixo). Logo no início da simulação eles perceberam que para gerar uma corrente elétrica bastaria realizar o processo inverso ao do experimento de Oersted, ou seja, variar o fluxo magnético. Tal percepção dos alunos mostra que a utilização de experimentos demonstrativos, especialmente com simulações, é um recurso didático importante na compreensão de conceitos.

Figura 29 Simulador de um gerador



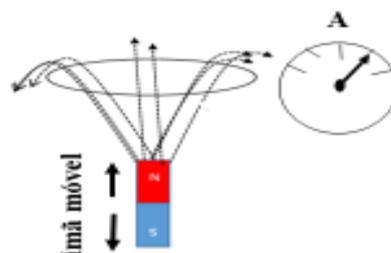
Fonte: Próprio do autor

Sabemos que o simulador traz uma exibição simplificada da realidade. Por isso, sua demonstração foi complementada com discussões tendo os alunos uma participação ativa. Assim, realizamos a simulação concomitante com questionamentos obedecendo os seguintes passos:

- **Passo 1** Ao abrir o programa na aba ímã realizamos um movimento de vai e vem no ímã, com isso os alunos foram solicitados a relatarem o que ocorreu. Rapidamente eles perceberam que o ponteiro da bússola se movia e que os polos do ímã e da agulha da bússola eram opostos, baseados nesses princípios não tiveram dificuldades para explicar o movimento da agulha.
- **Passo 2** No simulador PheT abríamos a aba solenoide e aproximávamos o ímã da luz, variando a velocidade com que ele passava pelo solenoide. Imediatamente os alunos conseguiram perceber que a frequência com que o ímã se aproximava e se afastava do solenoide tinha relação direta com a intensidade do brilho da luz. Além disso, percebiam que o sentido da corrente mudava.
- **Passo 3** Com a aba transformador aberta, íamos variando a intensidade da água que bate nas pás do gerador. Assim, os alunos perceberam que a luz acendia e, a medida que variávamos o fluxo de água a intensidade do brilho também variava. Conseguiram entender que se tratava de um gerador elétrico. Uma parte dos alunos o associou uma hidrelétrica. Já outra parte o relacionou com um gerador eólico, no qual a energia cinética dos ventos substituiria a energia potencial gravitacional da água no experimento.

Concluída essa discussão, começamos a introduzir, de forma expositiva e dialogada, buscando a interação com os alunos, o princípio de indução eletromagnética de Michael Faraday. Dissemos que experimentalmente se constata que, ao aproximar ou afastar um ímã de uma espira, nesta é gerada uma corrente elétrica, denominada de induzida. Para tanto projetamos no quadro a seguinte figura:

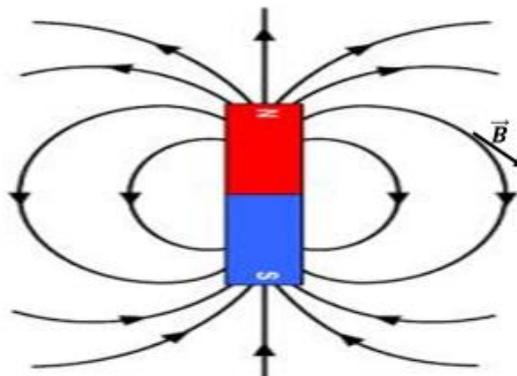
Figura 30 Aproximação e afastamento de um ímã da espira



Fonte: Própria do autor

Com a figura no quadro, abrimos uma discussão na tentativa de que a turma chegasse a conclusões para explicar o fenômeno. Explicamos que o ímã gera na região do seu entorno um campo magnético, caracterizado por um vetor, denominado de indução magnética (\vec{B}). E que a representação gráfica do campo magnético se pode fazer por meio das chamadas linhas de indução que, diferentemente das linhas representativas do campo eletrostático são fechadas. Indicamos que a tangente à linha de indução num determinado ponto do campo, determina a direção de \vec{B} nesse ponto. Acrescentamos que as linhas do campo magnético saem do polo norte e entram pelo polo sul do ímã.

Figura 31 Linhas de campo saindo do polo norte e entrando no polo sul



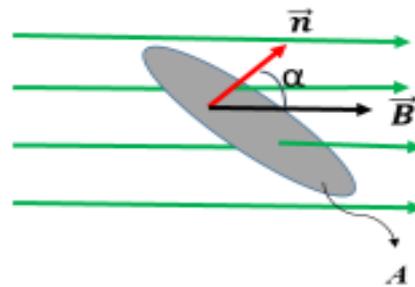
Fonte: <http://www.imaeneodimio.com.br/fisica/>

Em seguida explicamos outro conceito físico: o fluxo do vetor indução magnética. O representamos com a letra grega Φ . Dissemos que seu valor pode ser avaliado graficamente pelo número de linhas de indução que atravessam uma determinada superfície (\vec{A}). Continuando com a explicação justificamos que a avaliação gráfica do fluxo está em correspondência com sua definição como sendo o produto escalar dos vetores \vec{B} e \vec{A} . E ainda chamamos a atenção para a definição do vetor \vec{A} como o produto da área da superfície, A , pelo vetor unitário \vec{n} , perpendicular a essa superfície, que determina sua orientação: $\vec{A} = A\vec{n}$. Assim, apresentamos a expressão para o fluxo do vetor de indução magnética como:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = |\vec{A}||\vec{B}| \cos \alpha$$

Indicamos que α é o ângulo entre os vetores \vec{n} e \vec{B} como mostrado na figura abaixo.

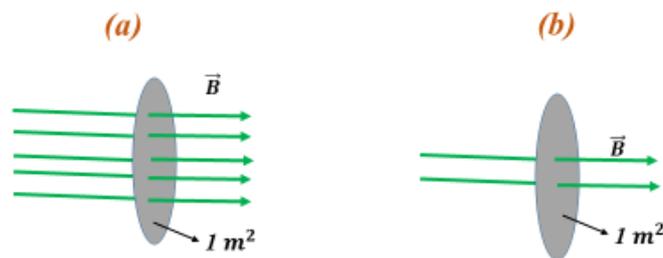
Figura 32 Linhas de campo atravessando um corpo



Fonte: Própria do autor

Complementamos a explicação com outras figuras abaixo apresentadas. Observa-se que em (a) cinco linhas atravessam perpendicularmente a superfície e em (b) duas. Pedimos aos alunos comparar os valores do fluxo através dessa superfície em ambos os casos.

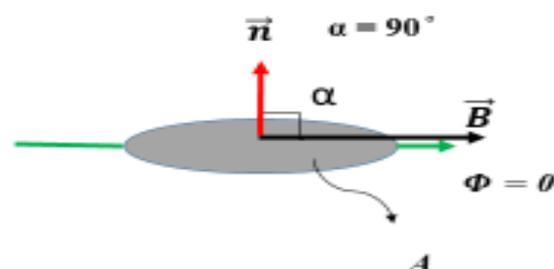
Figura 33 Variação do fluxo de campo passando por um corpo



Fonte: Própria do autor

Facilmente eles conseguiram perceber que na figura (a) o valor do fluxo é maior que na (b). Em seguida os questionamos sobre o valor do fluxo na situação ilustrada na figura abaixo.

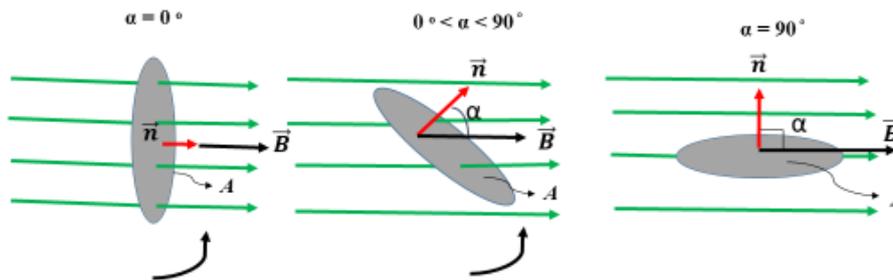
Figura 34 Valor do fluxo quando n e B são perpendiculares



Fonte: Própria do autor

Rapidamente responderam que o fluxo é zero, pois o ângulo entre \vec{A} e \vec{B} é igual a 90° e, conseqüentemente $\cos 90^\circ = 0$. Na seqüência chamamos a atenção para a variação do fluxo quando a superfície gira. (Figura 35).

Figura 35 Variação do fluxo quando a superfície gira



Fonte: Própria do autor

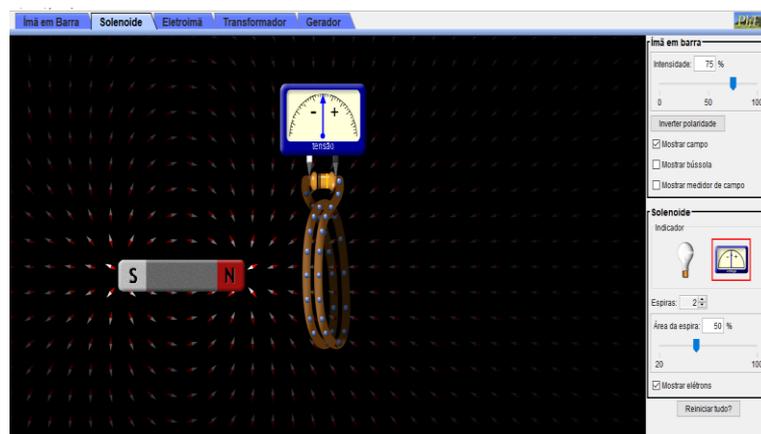
Com nossa ajuda a turma conseguiu inferir que quando uma espira rota num campo magnético, o fluxo do vetor indução magnética através dela varia.

Concluída a discussão sobre o fluxo, Φ , do vetor indução magnética, \vec{B} , apresentamos a lei de indução eletromagnética de Faraday dizendo que: a variação do fluxo do vetor de indução magnética $\Delta\Phi$ no intervalo de tempo Δt gera uma força eletromotriz induzida (*fem*), ε , igual a:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Na seqüência retomamos as demonstrações com o imã e a espira. (figura 36)

Figura 36 Simulação com imã e espira



Fonte: Própria do autor

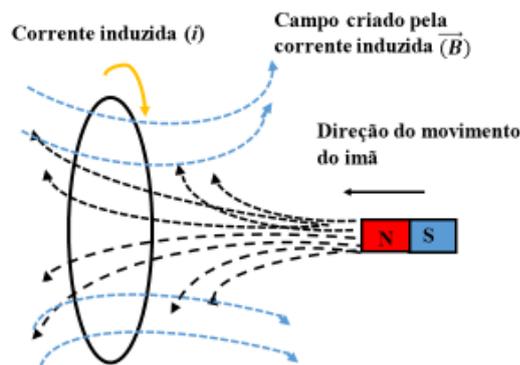
E explicamos com base nessa expressão que no caso da espira essa força eletromotriz de indução gera uma corrente que pode ser registrada, por exemplo, com um galvanômetro. Continuando, discutimos o sentido da corrente com base na lei de Lenz: a corrente induzida provoca um efeito contrário à causa que a produz. Essa lei é contemplada na expressão da força eletromotriz com um sinal negativo:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Buscando um melhor esclarecimento da situação, consideramos a mesma espira condutora fechada e o ímã sugerido anteriormente. Analisamos, utilizando as figuras abaixo, quando o ímã se aproxima da espira e depois quando se afasta:

- a) O ímã se aproxima da espira. Explicamos o sentido da corrente induzida da seguinte forma: quando o ímã se aproxima, o fluxo aumenta e na espira surge uma corrente induzida, cujo sentido, determinado pela regra da mão direita, deverá ser tal que gere um campo magnético que impeça o aumento do fluxo. Assim sendo, as linhas de indução do campo magnético gerado pela corrente induzida (em azul na figura) terão sentido contrário às linhas de indução do campo do ímã (em preto na figura 37).

Figura 37: Ímã se aproxima da espira

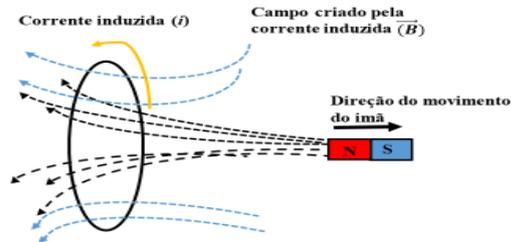


Fonte: Própria do autor

- b) O ímã se afasta da espira. Quando o ímã se afasta, o fluxo diminui e na espira surge uma corrente induzida, cujo sentido, determinado pela regra da mão direita, deverá ser tal que gere um campo magnético que impeça a diminuição do fluxo. Assim sendo, as linhas de indução do campo magnético gerado pela corrente in-

duzida (em azul na figura) terão o mesmo sentido que as linhas de indução do campo do ímã (em preto na figura 38).

Figura 38: Ímã se afasta da espira

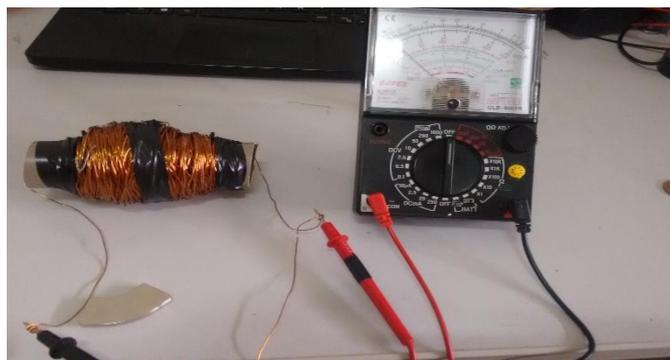


Fonte: Própria do autor

Os alunos não tiveram dificuldades para acompanhar essas explicações que a nosso entender contribuíram para exemplificar a aplicação da lei de Lenz e justificar a pertinência didática da representação gráfica do campo magnético, utilizando linhas de indução.

Na sequência, realizamos um experimento demonstrativo com um gerador caseiro construído com materiais de baixo custo. Nele, em torno de um pedaço de cano de PVC, de vinte e cinco milímetros de diâmetro, se enrola um fio dando aproximadamente seiscentas voltas. No interior da bobina, assim construída, coloca-se um ímã de HD (figura 39)

Figura 39 Gerador com ímã de HD

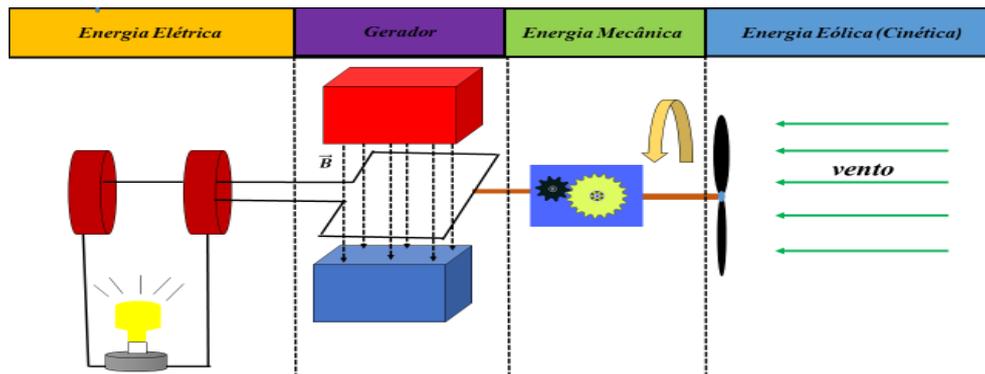


Fonte: Própria do autor

Pedimos à turma relatar suas observações. Uma parte dela verificou que a bobina era um conjunto de espiras e que o ímã ao se mover no interior do cano geraria uma corrente. Conseguiram transferir para essa situação a lei de indução eletromagnética de Faraday. Perceberam também que aumentando a frequência de rotação do ímã dentro da bobina a corrente induzida aumentava.

Finalizada a discussão desse experimento, apresentamos o esquema de um gerador eólico (figura abaixo). Explicamos que a energia cinética do vento move a hélice, que, por sua vez, provoca a rotação da espira no campo magnético do imã. Durante a rotação da espira o fluxo do vetor indução magnética através dela varia, gerando a *fem* do aerogerador, que permite o estabelecimento da corrente num circuito elétrico, como o indicado na figura 40 com a lâmpada acesa.

Figura 40 Esquema produção de energia elétrica a partir do vento



Fonte: Própria do autor

Concluimos o encontro com um vídeo que contou com uma boa aceitação dos alunos: Energia eólica, disponibilizado em <https://www.youtube.com/watch?v=IXrOHFsihOkuma>. Nele mostra-se a transformação da energia do vento em energia elétrica.

4. Conclusão

A produção de energia elétrica utilizando os ventos quando pensada como um contexto de aprendizagem de Física no ensino médio exige algumas ponderações, como, por exemplo, a tensão entre o grande volume de conhecimentos envolvidos na discussão dessa temática e o tempo disponibilizado para a Física nesse nível de ensino (duas aulas por semana). Levando em consideração essa tensão, nossa proposta de atividades não implica na necessidade de sua implementação na sequência aqui apresentada, concebida para uma turma de terceiro ano que já havia discutido a maioria dos conceitos nela contemplados, visando avaliar as possibilidades de contextualização que essa temática possibilita. A aprendizagem, por exemplo, da lei da indução eletromagnética, discutida por nós em apenas duas horas, quando apresentada pela primeira vez, exige maiores aprofundamentos e outros contextos de aplicação além da energia eólica, requerendo, portanto, mais tempo de estudo. Assim sendo, as situações de aprendizagem aqui propostas podem ser utilizadas em diferentes momentos do ensino de Física no ensino médio, acompanhando outras sequências de apresentação diferentes da nossa, que está impregnada da ideia de estruturar os conteúdos com base em temas estruturadores, como proposto nos PCN+.

Nas atividades de cada encontro buscamos propiciar para a turma o conhecimento científico, contextualizando-o com coisas que estão presentes no dia-a-dia e muitas vezes não percebemos. Para isso, usamos recursos didáticos como experimentos, simulações computacionais e o texto guia. Com o uso de experimentos, podemos constatar que promovemos o contato do aluno com uma ciência que se aproxima do real, que favorece o entendimento dos porquês das coisas, mostrando que há relações entre os fenômenos e a vida. Eles despertaram o interesse dos educandos na sua montagem e no entendimento dos resultados. Os alunos faziam observações cuidadosas, coletando dados, discutindo seus valores com outros colegas, oportunizando uma participação ativa e a compreensão dos fenômenos subjacentes ao tema dos encontros. Assim, por exemplo, a construção do anemômetro didático contemplou a medição da velocidade do vento e a calibração do aparelho, procedimento pouco destacado na Física do ensino médio.

Encontramos obstáculos para a realização dos experimentos, fundamentalmente o relacionado com a falta de materiais para sua montagem. Nesse sentido, contamos com a contribuição da turma.

Com relação aos programas de computador, todos gratuitos, percebemos que eles se mostram como recursos didáticos eficientes que possibilitam a criação de situações de aprendizagem, contribuindo na visualização de fenômenos que, se expostos apenas por meio de figuras, de forma expositiva, resultam de difícil compreensão. Encontramos dificuldades para utilizá-los porque nossa escola não tem laboratório de informática, mas, com criatividade, projetamos os programas na lousa dando à turma a oportunidade de acessá-los.

O texto de apoio permitiu relacionar de maneira efetiva os temas de cada encontro com o tema geral de nossa proposta de trabalho. Ele foi bem avaliado pelos alunos como um recurso didático que contribuía no entendimento dos conteúdos das aulas, auxiliando na organização das ideias e dos conceitos nelas contemplados.

Com a utilização desses recursos didáticos, podemos constatar que os alunos aprovaram seu uso, pois propiciaram um ambiente de aprendizagem motivador em que a teoria pode ser visualizada e tocada. Perceberam também que seus conhecimentos sobre energia, transmissão de calor, eletromagnetismo e aerodinâmica eram poucos, mas com a implementação da sequência didática, seus conhecimentos sobre esses conceitos, melhoraram de forma considerável.

Não podemos aqui esquecer as contribuições teóricas que foram relevantes para o resultado satisfatório de nossa proposta de trabalho, tais como: as de Ausubel e Moreira, na criação de situações de aprendizagem potencialmente significativas, recomendadas também em documentos do MEC tais como os PCNEM e PCN+. A consideração da fundamentação teórica da contextualização nos orientou na condução das discussões que permitiram revelar as relações CTSA na produção em larga escala de energia elétrica utilizando os ventos. E, a participação do professor de Geografia na proposta de intervenção em sala de aula cuja apresentação estamos concluindo se constitui como uma experiência pioneira de prática da interdisciplinaridade em nossa escola.

Enfim, buscamos ajustar nosso trabalho no sentido de fazer com que os alunos aplicassem os conteúdos de ensino em situações que se aproximam do real, abandonando o velho modelo de ensino que até então vínhamos adotando. Aquele que consiste em repassar os conceitos do livro didático de forma mecânica e expositiva. Ao contrário disso possibilitamos aos educandos serem protagonistas na aquisição de seus conhecimentos.

Para nós, trabalhar com uma sequência didática sobre energia eólica sempre foi um sonho. Esse que foi o tema de um projeto orientado por nós e pesquisado por três alunos da primeira série do Ensino Médio na Escola Estadual 11 de Agosto Umarizal/RN no ano de 2011. Com esse projeto, conquistamos o primeiro lugar na Feira de Ciência da Universidade Federal Rural do Simi- Árido- UFERSA (CIENCIARN). O prêmio foi participar da Feira Brasileira de Ciência e Engenharia (FEBRACE) na USP/SP. Lá fomos convidados pela Rede do Programa de Olimpíadas do Conhecimento (REDE POC), para participar do CONCURSO DE PROYECTOS EMPRESARIALES, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN, evento que ocorre todos os anos na cidade de Ambato - Peru. Nessa feira conquistamos o primeiro lugar, recebendo um prêmio de três mil dólares em dinheiro e troféu. A partir desse projeto, orientamos outros, cujas premiações oportunizaram a participação em diversas feiras de ciências nacionais e internacionais tais como: London International Youth Science Forum LIYSF – Londres Inglaterra e CIENTEC – Lima Peru. Nesses projetos participava um número pequeno de alunos, nunca uma turma inteira. E muitas vezes a pesquisa se resumia em buscar alternativas para sanar determinados problemas, como por exemplo, no projeto da energia eólica, no qual, utilizando protótipos de aerogeradores, pretendíamos determinar o diâmetro e o número de aspas da hélice, visando obter seu melhor rendimento. Já, com o presente trabalho tivemos a oportunidade de trabalhar com uma turma inteira o estudo de toda a problemática relacionada com essa fonte renovável de energia, desde a formação dos ventos até a transformação da sua energia cinética em elétrica no gerador.

Para finalizar, destacamos que os resultados alcançados na aprendizagem dos alunos com a implementação desta proposta de intervenção em sala de aula representam um forte estímulo para consolidá-la como uma forma bem-sucedida de atuação docente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/ SEB, 2006. Educação, M. . (2007). Base Nacional Curricular Comum., (p. 9). Brasil.

HARTMANN, A. M., & ZIMMERMANN, E. (2009). FEIRA DE CIÊNCIAS: A INTERDISCIPLINARIDADE E A CONTEXTUALIZAÇÃO EM PRODUÇÕES DE ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO . *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* , 2.

PICOLO, A., BUHLERA, A. J., & RAMPINELLI, G. A. (2014). Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica . *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 4306-1.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1987

AUSUBEL, David. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo Editora, 2002. 222 p.

Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC/SEF,2000. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf. Acesso em: 29 abri. 2018.

MOREIRA, M.A. A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física. *Revista Brasileira de Física*, Vol. 9, NP 1, 1979

MOREIRA, M. A Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Instituto de Física – UFRGS – Versão 6.0, pp. 3-4, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; LINSINGEN, Von Linsingen: Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. *Revista ciência sociales*. Disponível em: <https://convergencia.uaemex.mx/article/view/1396/1070>. Acesso em 20 mai 2018.

RICARDO, E. C. *Problematização e Contextualização no Ensino de Física*. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/ivani/materiais/Problematiza__o_e_Contextualiza__o_Elio.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Brasília, DF: MEC, 2015. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> >. Acesso em: 05 mai. 2018.

Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1996. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 27 nov. 2017.

O potencial da Energia Eólica do Rio Grande do Norte. Ambiente e Energia. **YouTu-be**. 15 set. 2015. 5min16s. disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=tCYBNP5hWF0>> Acesso feito em: 17 set.2017

SALA DE PROFESSOR. Anderson Pifer e Patrícia Grupi. “Estação meteorológica artesanal: uma atividade interdisciplinar”, TV Escola. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/21211/S11_quanto_pesa_uma_nuvem.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Curso Energia Eólica - Formação dos Ventos - Cursos CPT. **YouTube**. 16 abr 2013. 4min36s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xzpUOLIKGbw>> Acesso em: 23 set. 2017

Acessa Física Conteúdos Digitais. Transformação de Energia. Transformação de energia eólica em energia cinética de rotação e energia potencial gravitacional. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/13996/open/file/etapas2.html>> Acesso em: 27 nov. 2017.

The Fibonacci Project. Anemômetro. Medição da velocidade do vento. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/projectos/fibonacci/anemometro.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

Programa Phun. Descubra o quanto a física pode ser divertida neste programa que ensina e estimula a criatividade. Disponível em: <<https://www.baixaki.com.br/download/phun.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

Rodas e Eixos. Flavio Cunha. 29 abr 2007. **YouTube**. 3min8s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=q6stSJbbtKU&feature=related>>. Acesso em 28 abr. 2017

University of Colorado Boulder. PhET Interactive Simulations. Gerador. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator>. Acesso em 20 abr. 2017.

Como fazer um gerador de energia com imã em casa. Manual do Mundo Publicado em 30 de dez de 2014. **YouTube**. 4min59s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EzEw_Mg0rcU>. Acesso em 18 abr 2017.

Energia eólica, uma animação bem simples. Publicado em 28 de dez 2015. **YouTube**. 27s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IXrOHFsihOk>>. Acesso em 14 ago. 2017.