

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Necleto Pansera Júnior

A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM
CÉLULAS DE GÁS HIDROGÊNIO:
PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Passo Fundo

2019

Necleto Pansera Júnior

A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM
CÉLULAS DE GÁS HIDROGÊNIO:
PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação da Prof. Dra. Aline Locatelli.

Passo Fundo

2019

CIP – Catalogação na Publicação

P196p Pansera Júnior, Necleto
A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio :
perspectiva para o ensino de física / Necleto Pansera Júnior. – 2019.
80 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Locatelli. Dissertação (Mestrado
em Ensino de Ciências e
Matemática) – Universidade de Passo Fundo, 2019.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Energia elétrica - Produção. 3.
Hidrogênio. I. Locatelli, Aline, orientadora.
II. Título.

CDU: 372.853

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

Necleto Pansera Júnior

A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM
CÉLULAS DE GÁS HIDROGÊNIO:
PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

A banca examinadora, em 29 de junho de 2019, aprova a dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial de exigência para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de Ciências e Matemática.

Dra. Aline Locatelli - presidente
Universidade de Passo Fundo

Dr. João Carlos Krause
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa
Universidade de Passo Fundo

Dr. Carlos Ariel Samudio Pérez
Universidade de Passo Fundo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre mostrar o melhor caminho, me iluminar e me encorajar a vencer obstáculos todos os dias. Devo a Ele tudo o que sou.

Aos meus pais, Necleto e Maria, que me estimularam e me apoiaram em todos os momentos e em todas as minhas decisões.

Ao meu maior amor, Aline Koproski, por me incentivar a busca por meu melhor.

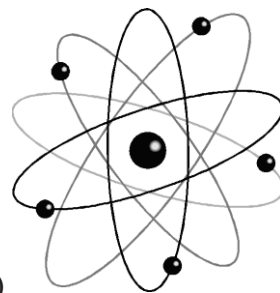
Aos meus Orientadores, Professores Aline Locatelli e Luiz Eduardo S. Spalding, por compartilhar, com dedicação, carinho e paciência, suas experiências profissionais e que sempre se disponibilizaram a me atender e instruir para a realização de um ótimo trabalho.

Aos meus familiares, professores, amigos e colegas de trabalho que, diretamente ou indiretamente, influenciaram nesta caminhada, através de sugestões de materiais, críticas e incentivo nos momentos de preocupação.

Enfim, a todos vocês e aos que aqui não foram citados, mas que fazem parte da minha vida e por quem tenho um imenso carinho. Muito Obrigado!

“Feliz daquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina” (Cora Carolina).

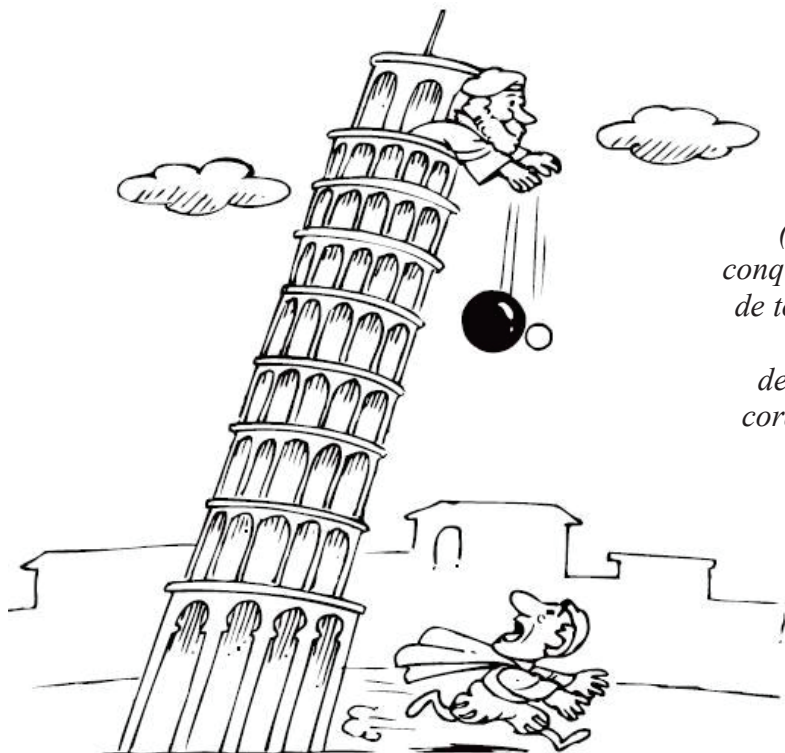
“O mais competente não discute, domina a sua ciência e cala-se” (Voltaire).



“Ninguém é tão grande que não possa aprender, nem tão pequeno que não possa ensinar” (Esopo).

“Quem de manhã compreendeu os ensinamentos da sabedoria, à noite pode morrer contente” (Confúcio).

“Loucura é fazer a mesma coisa e esperar um resultado diferente” (Albert Einstein).



“A verdade não pertence a ninguém (para ser comerciada) nem é um prêmio conquistado por competição. Ela está diante de todos nós como algo a ser procurado e é encontrada por todos aqueles que a desejarem, que tiverem olhos para vê-la e coragem para buscá-la” (Marilena Chauí).

RESUMO

O ensino de Física na Educação Básica tem como uma de suas metas, ampliar nos estudantes a compreensão que eles têm do mundo que os circunda, possibilitando romper com conhecimentos adquiridos fora do ambiente escolar. Busca, ainda, proporcionar aos estudantes a aquisição de elementos conceituais que permitam a compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos. Nesse sentido a presente investigação parte da necessidade de inserir o conteúdo de produção de energia elétrica com células a combustível de hidrogênio, no Ensino Médio, uma vez que carece de formas para transpor didaticamente tais conhecimentos. Tal constatação ocorreu por meio da análise dos livros didáticos de Física de Ensino Médio fornecidos pelo PNLD 2018 onde apenas um dos dez livros avaliados apresentou a forma a produção de energia elétrica por meio das células de combustível de hidrogênio. Ainda, por meio de pesquisas no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) verificou-se a inexistência dessa temática em trabalhos de pesquisa nas grandes áreas de Ensino e Educação. Nesse sentido, surge a seguinte pergunta que norteou este trabalho: Que competências e habilidades associadas ao Ensino de Física podem ser favorecidas mediante a abordagem do tema hidrogênio para produção de energia elétrica com células a combustível? Para responder a esse questionamento toma-se como referencial a transposição didática proposta por Yves Chevallard (2005) e o conceito de competências de Philippe Perrenoud (1999). O objetivo desse estudo foi selecionar e aplicar atividades voltadas a discutir o uso de células a combustível de hidrogênio no ensino de Física baseada no desenvolvimento de competências e habilidades. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi estruturada uma sequência de atividades abordando o tema: “Produção de energia elétrica com células a combustível de hidrogênio”. Tal estudo é estruturado com base na transposição didática e com intenção de desenvolver e aprimorar as competências dos estudantes, sendo apoiada no construtivismo. A pesquisa toma como pressuposto a abordagem qualitativa e participante, envolvendo a produção de dados a partir dos registros do professor/pesquisador na forma de diário de bordo e da resposta dos estudantes nos questionários aplicados pré e pós intervenção didática. Os resultados apresentados apontam que a sequência de atividades revelou-se favorecedora à construção e ao desenvolvimento de competências e habilidades. O produto educacional que acompanha a presente dissertação refere-se a um site destinado para professores de Física do Ensino Médio e que reúne as atividades desenvolvidas durante a intervenção didática. O referido produto educacional encontra-se disponível no site <<https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio>> e também no Portal EduCapes <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/552541>>.

Palavras-chave: Células a combustível. Competências. Transposição Didática. Produto educacional.

ABSTRACT

The teaching of physics in basic education has as one of its goals, to broaden in students the understanding they have about the world around them, making it possible to break with knowledge acquired outside the school environment. It also seeks to provide students with the acquisition of conceptual elements that allow the understanding and/or handling of technological devices. In this sense, the present investigation starts from the need to teach the content of electric energy production with hydrogen fuel cells in high school, since it has no ways to didactically transpose such knowledge. This finding occurred through the analysis of the High School Physics textbooks provided by PNLD 2018 where only one of the ten books evaluated presented the form the production of electricity through hydrogen fuel cells. Also, through researches in the Catalog of Theses and Dissertations of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), it was found that this theme did not exist in research work in the major areas of Education and Education. In this sense, the following question arises that guided this work: What competences and skills associated with Physics Teaching can be favored by approaching the hydrogen theme for the production of fuel cell electric energy? To answer this question, we take as reference the didactic transposition proposed by Yves Chevallard (2005) and the concept of competences of Philippe Perrenoud (1999). The aim of this study was to select and apply activities aimed at discussing the use of hydrogen fuel cells in the teaching of physics based on the development of competences and skills. For the development of the research, a sequence of activities was structured addressing the theme: "Production of electricity with hydrogen fuel cells". This study is structured based on didactic transposition and with the intention to develop and improve students' skills, supported by constructivism. The research assumes the qualitative and participatory approach, involving the production of data from the records of the teacher / researcher in the form of logbook and the students' response in the questionnaires applied before and after didactic intervention. The results show that the sequence of activities was favorable to the construction and development of competences and skills. The educational product that accompanies this dissertation refers to a website made for high school physics teachers and which gathers the activities developed during the didactic intervention. This educational product is available on the website <<https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio>> and also on the EduCapes Portal <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/552541>>.

Keywords: Fuel Cells. Skills. Didactic Transposition. Educational product.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Ilustração da célula de combustível	15
Figura 2 - Desenho Esquemático de um empilhamento de células unitárias para a formação de um stack	15
Figura 3 - Célula a combustível de 300 watts	16
Figura 4 - Modelo de funcionamento de uma célula do tipo PEM.....	17
Figura 5 - Os três pontos de Chevallard.....	18
Figura 6 - Materiais utilizados para construção do 1º experimento	35
Figura 7 - Eletrólise da água.....	36
Figura 8 - Materiais utilizados.....	37
Figura 9 - Recipiente com a solução ácida e os pedaços de papel alumínio	37
Figura 10 - Reação entre o alumínio e o ácido clorídrico	38
Figura 11 - Kit didático da empresa Horizon	39
Figura 12 - Aba Sequência didática	41
Figura 13 - Aba Mídias Digitais	42
Figura 14 - Aba Textos de Apoio	42
Gráfico 1 - Alternativas assinaladas para a questão 1.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Livros didáticos analisados.....	26
Quadro 2 - Categorias para análise	27
Quadro 3 - Representação dos dados obtidos.....	27
Quadro 4 - Disposição dos encontros	32
Quadro 5 - Competências vs Acertos e Erros.....	53
Quadro 6 - Questão 1	54
Quadro 7 - Questão 4	55
Quadro 8 - Questão 5	55
Quadro 9 - Questão 6	56
Quadro 10 - Questão 7	57
Quadro 11 - Questão 12	57
Quadro 12 - Questões sobre hidrogênio vs Acertos e Erros.....	58
Quadro 13 - Questões competência C2 vs Acertos e Erros.....	59
Quadro 14 - Questão 1	59
Quadro 15 - Questões competência C5 vs Acertos e Erros.....	60
Quadro 16 - Questão 5	61
Quadro 17 - Comparativo entre as competências C2 e C5	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	APORTES TEÓRICOS	14
2.1	A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio.....	14
1.2	Transposição Didática em Yves Chevallard	17
2.3	Competências e Habilidades no Ensino de Física	21
2.4	Ensino da produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio no PNLD .	25
3	INTERVENÇÃO DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO NA ESCOLA.....	30
3.1	Lócus da prática e público-alvo	30
3.2	Estrutura das atividades desenvolvidas	30
3.3	Descrição dos encontros	32
3.3.1	<i>Primeiro encontro: Apresentação e Questionário Inicial</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Segundo encontro: Estudo utilizando reportagens sobre o gás hidrogênio, geração de eletricidade e carros elétricos.....</i>	<i>34</i>
3.3.3	<i>Terceiro encontro: Estudo sobre o gás hidrogênio.....</i>	<i>34</i>
3.3.4	<i>Quarto encontro: Produção de Gás hidrogênio</i>	<i>35</i>
3.3.5	<i>Quinto encontro: Células a Combustível.....</i>	<i>38</i>
2.3.6	<i>Sexto encontro: Experimentação utilizando o Kit didático da Horizon.....</i>	<i>39</i>
3.3.7	<i>Sétimo encontro: Geração eletricidade: Na sua Casa ou na Usina?</i>	<i>40</i>
3.4	O produto educacional.....	40
4	ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS	43
4.1	Aspectos metodológicos: a pesquisa e os instrumentos de coleta de dados.....	43
4.2	Análise e discussão dos resultados	44
4.2.1	<i>Memórias das aulas.....</i>	<i>44</i>
4.2.2	<i>Análise dos questionários inicial e final.....</i>	<i>52</i>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS.....	66
	APÊNDICE A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO COLÉGIO	69
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INICIAL.....	70
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO FINAL	78
	APÊNDICE D - SITE DESENVOLVIDO	80

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na Educação Básica tem como uma de suas metas, ampliar nos estudantes a compreensão que eles têm do mundo que os circunda, possibilitando romper com conhecimentos adquiridos fora do ambiente escolar. Busca, ainda, proporcionar aos estudantes a aquisição de elementos conceituais que permitam a compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos.

Na grande parte das escolas de Educação Básica brasileiras, o ensino é regido por um currículo que passa por diversas etapas antes de chegar aos educandos, como escolha do programa das disciplinas nas escolas, da matriz curricular, do livro didático, entre outras. Tais processos fazem com que exista um grande intervalo de tempo para que uma nova tecnologia ou conhecimento já aceito pela comunidade científica e, até mesmo, presente na vida dos estudantes, se torne um saber a ser ensinado no Ensino Médio.

Percebi¹ tal fato quando cursava o Ensino Médio e em paralelo cursava o curso técnico em eletrotécnica, onde no ensino na disciplina de Física não fora abordado conhecimento sobre as tecnologias fotovoltaicas para geração de energia elétrica, enquanto no técnico já a estudávamos, e apontando para um futuro recurso a ser usado para a geração de energia elétrica em nossas residências e em pequenas usinas.

Em 2009, ingressei no curso de Física - Licenciatura, já interessado em pesquisar na área da eletricidade e acabei ficando apaixonado pelo curso e pelo “ser professor”, particularmente ao ter oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid). Em 2011, retornei ao curso técnico, mas desta vez como professor das disciplinas de Eletrônica e Automação Industrial, as quais, ministro até hoje.

Em 2012, comecei a trabalhar no Colégio Marista Medianeira como professor de Física no Ensino Médio. Em 2014, conclui a especialização em Ensino de Física e Novas Tecnologias, o que oportunizou iniciar o trabalho nessa instituição como instrutor de robótica educacional.

No ano de 2017, ansiando aumentar meu conhecimento e prática escolar, ingressei no programa de mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, com a intenção de pesquisar sobre novas tecnologias digitais no ensino de Física. Porém, em umas das disciplinas, fui questionado sobre a geração de energia e o potencial futuro das células de combustível de hidrogênio.

¹ A fim de tornar o tom da escrita mais pessoal, opto, em algumas partes do texto, pelo emprego da primeira pessoa do singular.

Após algumas leituras, a temática me conquistou e decidi pesquisar e construir minha dissertação dentro desta área considerando a possibilidade de trazer o tema para os estudantes do Ensino Médio. Ademais, anseio evitar que os estudantes não tenham uma experiência como a minha, ou seja, a de sair do Ensino Médio e encontrar uma tecnologia que desconhecem e que será de extrema importância no futuro.

No ensino de Física percebemos com facilidade que os conteúdos estudados e abordados no Ensino Médio não passam por uma evolução significativa, tornando-se inúmeras vezes ultrapassados e descontextualizados, o que pode desmotivar e não fazer sentido aos estudantes, visto que também contraria os objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ensino Médio, publicados em 2002, os quais buscam orientar como deve ser o trabalho pedagógico no Ensino Médio a nível nacional.

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo (BRASIL, 2002, p. 6).

Uma nova tecnologia que está em grande ascensão no mundo é a utilização do gás hidrogênio para a geração de energia elétrica com as células a combustível. Há países que já possuem estreita ligação com o tema, gerando energia para residências, como é o caso de Nagasaki no Japão (GUADAGNIN, 2016), ou como algumas montadoras que já utilizam o gás hidrogênio nos carros elétricos. Porém, em relação ao uso deste gás ainda existem muitas informações incompletas ou contraditórias.

Nesta linha de pensamento, percebemos que somos bombardeados por diversas notícias e reportagens que evidenciam o “poder” e a “magia” do gás hidrogênio, principalmente quando trazem como título: *“Retrovisor: carro movido a água foi inventado muitas vezes”*²; *“Carro ecologicamente correto faz até 21 km por litro de combustível no AC”*³.

Logo, nossos estudantes necessitam aprimorar a capacidade de analisar e posicionar-se criticamente diante das informações que recebem em seu cotidiano.

Se a geração de eletricidade com o uso de células a combustível utilizando-se o gás hidrogênio, já é uma realidade e este tema surge de forma equivocada (ou enganosa) no dia a

² Retrovisor: carro movido à água foi inventado muitas vezes. Disponível em: <<https://glo.bo/2WmEcVe>>.

³ Carro ecologicamente correto faz até 21 km por litro de combustível no AC. Disponível em: <<https://glo.bo/2Ikfyeg>>.

dia de nossos estudantes, é necessária alguma mudança na prática dos professores, a fim de aproximar as novas tecnologias de suas aulas.

A geração de eletricidade com células a combustível, na disciplina de Física, poderia estar presente no 3º ano do Ensino Médio, juntamente com os processos de geração de eletricidade, como: a eólica, hidráulica, nuclear, fotovoltaica, química (baterias) e as geotérmicas. Entretanto, isto não acontece, como será explicitado mais adiante.

A Física por trás do gás hidrogênio parece estar longe de nossas salas de aula e, dessa forma, cabe aos professores propiciar conhecimentos suficientes para nossos educandos, a fim de que possam julgar e compreender as informações presentes no mundo que os cerca, bem como os PCNs orientam.

A perspectiva é de uma aprendizagem permanente, de uma formação continuada, considerando como elemento central dessa formação a construção da cidadania em função dos processos sociais que se modificam. [...]. Prioriza-se a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. Não há o que justifique memorizar conhecimentos que estão sendo superados ou cujo acesso é facilitado pela moderna tecnologia. O que se deseja é que os estudantes desenvolvam competências básicas que lhes permitam desenvolver a capacidade de continuar aprendendo (BRASIL, 2002, p. 13-14).

Como professores devemos sempre buscar novas formas de transpor os saberes, as quais possibilitem aos nossos educandos desenvolver habilidades e competências que colaborem para sua formação integral, visando à “construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2002, p. 31).

Por meio de pesquisas no Catálogo de Teses e Dissertações⁴ da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) verificou-se a inexistência desta temática em trabalhos de pesquisa nas grandes áreas de Ensino e Educação. Por conseguinte, o problema de investigação é: **Que competências e habilidades associadas ao Ensino de Física podem ser favorecidas mediante a abordagem do tema hidrogênio para produção de energia elétrica com células a combustível?**

Desta forma, o objetivo é selecionar e aplicar atividades voltadas a discutir o uso de células a combustível de hidrogênio no ensino de Física baseada no desenvolvimento de competências e habilidades.

De forma mais específica, assume-se como objetivos:

- Analisar os livros didáticos de Física buscando relações com o tema hidrogênio;

⁴ Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, disponível em: <<https://bit.ly/2ABCG27>>.

- elaborar, aplicar e avaliar uma intervenção didática no terceiro ano do Ensino Médio;
- organizar um site como produto educacional final para professores do Ensino Médio e que comporte diferentes recursos estratégicos.

O texto desta dissertação está organizado de forma que o capítulo 2 apresenta os aportes teóricos relacionados a produção de energia elétrica com células a combustível, bem como a transposição didática na perspectiva de Yves Chevallard e o desenvolvimento de competências em Philippe Perrenoud. Além disso, esse capítulo apresenta uma pesquisa nos livros didáticos disponíveis no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018, com o objetivo de verificar a presença dessa importante temática, analisando como os livros a explanam. O capítulo 3 apresenta a intervenção didática e sua aplicação na escola, apresentando os sujeitos participantes da pesquisa, a descrição dos encontros e o produto educacional desenvolvido. O capítulo 4 traz a pesquisa e a descrição dos instrumentos aliados a coleta dos dados que subsidiaram a busca por responder ao questionamento central desse estudo. Ainda, esse capítulo é destinado a apresentar o que é revelado pelos referidos instrumentos, ou seja, o diário de bordo os questionários pré e pós intervenção didática. Por fim, são relatadas as considerações finais do presente estudo.

Em relação ao produto educacional, vinculado a presente dissertação, confeccionou-se um site que hospeda as atividades aplicadas e validadas. Tais atividades serão apresentadas mais especificamente no capítulo 3. O site reúne diversas informações/atividades compreendendo conceitos vinculados à energia do gás hidrogênio, de fácil acesso e voltado para os professores de Física do Ensino Médio.

2 APORTES TEÓRICOS

Considerando que a proposta deste trabalho é potencializar e avaliar uma forma de aprimorar as competências dos estudantes por meio do estudo sobre células de combustível de hidrogênio, foram necessários estudos teóricos sobre: produção de energia elétrica com células a combustível; transposição didática na perspectiva de Yves Chevallard; desenvolvimento de competências em Philippe Perrenoud; e sobre o que já existe acerca da produção de energia elétrica nos livros didáticos de Física de Ensino Médio fornecidos pelo PNLD 2018. Tais aspectos estão contemplados neste segundo capítulo da dissertação.

2.1 A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio

Apesar do tema “célula a combustível” estar associado a tecnologias modernas, o seu princípio de funcionamento foi descoberto em 1835, por *Sir* William Robert Groove, mesmo antes da criação dos motores a combustão. Atualmente, elas já são utilizadas em diversas aplicações, principalmente ligadas à geração de energia elétrica. No entanto, ele ainda é pouco explorado nos meios de comunicação e, muitas vezes, a mídia fornece concepções equivocadas sobre o uso do gás hidrogênio.

Existem alguns produtos que são utilizados nas células a combustível para produzir eletricidade. Um deles é o gás hidrogênio - $H_2(g)$ - puro e outro exemplo é o metanol - $CH_3OH(l)$ - na forma líquida. Neste último caso, há um equipamento que transforma este composto químico para obter o gás hidrogênio que, então, irá ser utilizado na célula a combustível.

Atualmente, há muitas tecnologias disponíveis, mas as principais células a combustível comercializadas no mundo são as: alcalinas (AFC), células de combustível de membrana de permuta de prótons (PEM), células combustível de metanol diretas (DMFC), células de combustível de carbonato fundido (MCFC), células de combustível de ácido fosfórico (PAFC) e células de combustível de óxido sólido (SPFC). Não obstante, o que as difere é o tipo de eletrólito.

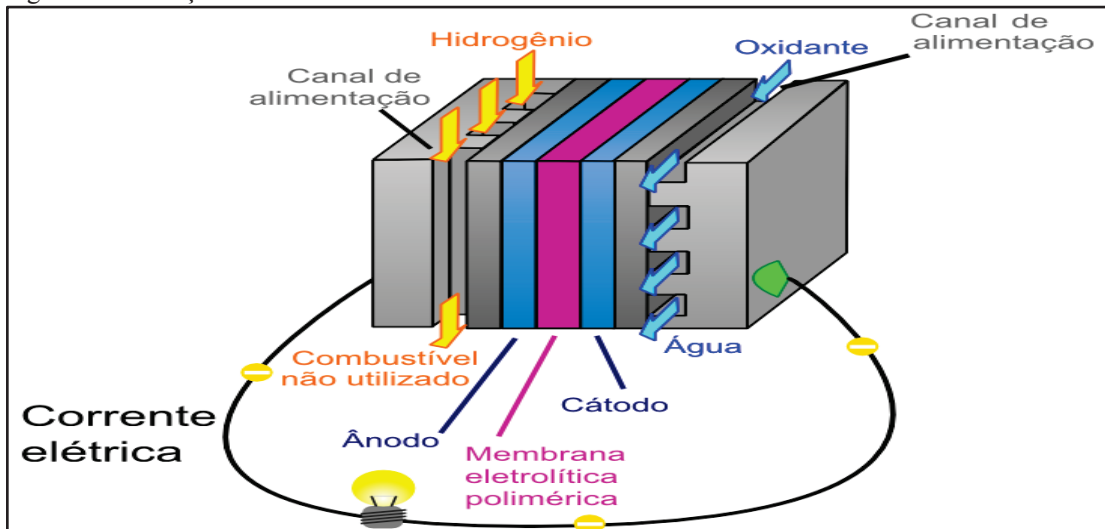
Cabe ressaltar que neste trabalho serão exploradas as células do tipo PEM, pois será com estas que iremos desenvolver as atividades da proposta didática.

Uma célula a combustível é um dispositivo que converte energia potencial química (energia armazenada em ligações moleculares) em energia elétrica, através de dois processos químicos: a oxidação e a redução.

Uma célula PEM utiliza $H_2(g)$ e $O_2(g)$ como matéria prima e os produtos da reação na célula são: água, e com resultado temos eletricidade e calor (DOE, 2000).

São quatro os elementos básicos de uma célula de combustível PEM: o anodo, o catodo, o eletrólito e o catalisador. Eles são montados como um “sanduíche” lado a lado, conforme a Figura 1.

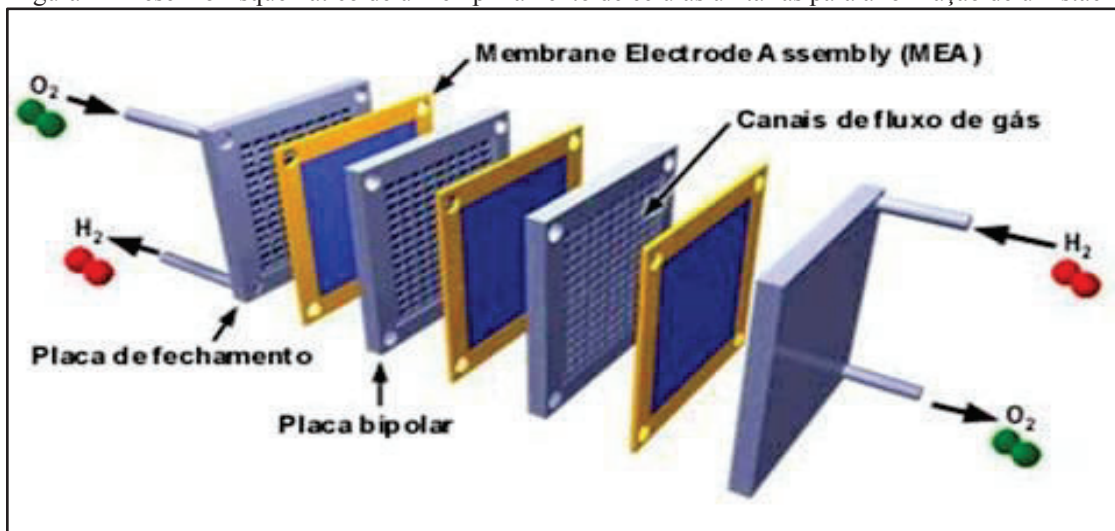
Figura 1 - Ilustração da célula de combustível



Fonte: Jafet / via Wikimedia Commons [adaptado]. Disponível em: <<https://bit.ly/2PA82h2>>.

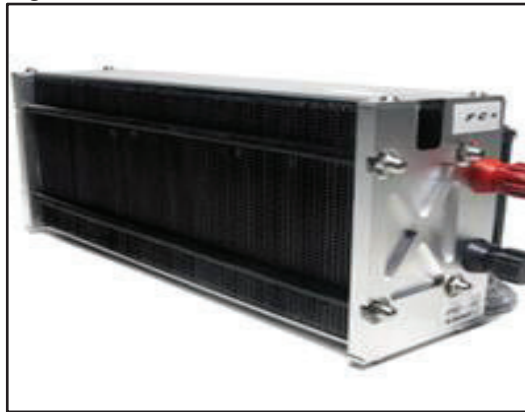
Assim, a célula é capaz de produzir um potencial teórico de 1,23 volt e, portanto, por muitas vezes são empilhadas diversas células para aumentar a potência elétrica gerada, como na Figura 2, que apresenta um desenho esquemático e na Figura 3 que mostra um modelo comercial de célula.

Figura 2 - Desenho Esquemático de um empilhamento de células unitárias para a formação de um stack



Fonte: <http://www.electrocell.com.br/oqueeacc_pt.htm>.

Figura 3 - Célula a combustível de 300 watts



Fonte: <<https://bit.ly/2wDLLry>>.

O anodo é o terminal negativo da célula de combustível e possibilita a condução dos elétrons que são liberados das moléculas de gás hidrogênio para que estes possam circular por um circuito externo onde estão os equipamentos para os quais desejamos fornecer eletricidade. No anodo há canais que dispersam o gás hidrogênio igualmente sobre a superfície do catalisador.

O catalisador é um material especial que facilita a reação do oxigênio e do hidrogênio, acelerando o processo sem ser consumido durante a reação. Geralmente, é constituído de nanopartículas de platina metálica revestidas em papel ou tecido de carbono. O catalisador é áspero e poroso, de modo que a superfície máxima da platina possa ser exposta ao hidrogênio ou ao oxigênio. Assim, o lado revestido de platina do catalisador está voltado ao anodo.

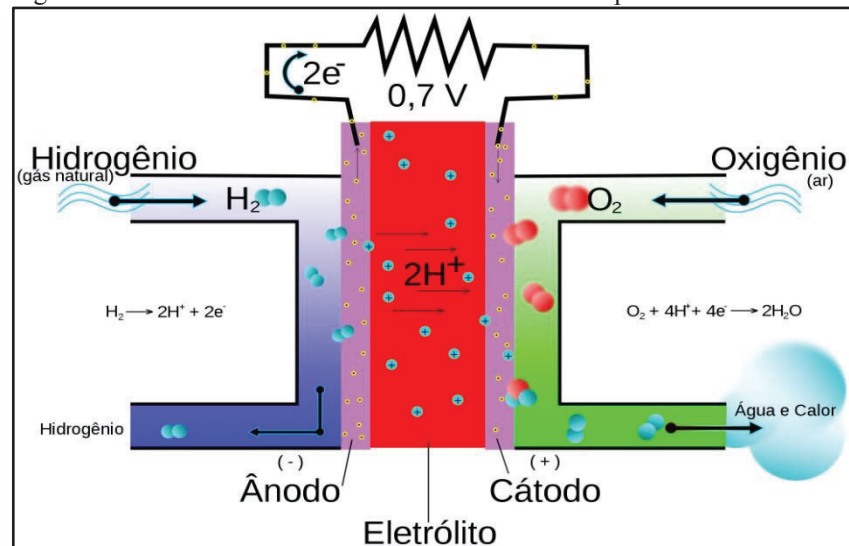
O catodo é o terminal positivo da célula de combustível e possui canais que distribuem o oxigênio para a superfície do catalisador. Ele também conduz os elétrons do circuito externo para o catalisador, onde eles se juntam com os íons de hidrogênio (H^+) e oxigênio para formar água.

O eletrólito é a membrana de troca de prótons, um material especialmente tratado, parecido com um tecido. É o coração da célula, o qual permite que apenas os prótons provenientes do gás hidrogênio atravessem a membrana praticamente sem impedimento, enquanto os elétrons são bloqueados.

Assim, quando o gás hidrogênio atinge o catalisador e se separa em prótons e elétrons ocorrendo a oxidação do gás, originam-se, dessa forma, dois íons H^+ com carga positiva, e libera-se um elétron de carga negativa. Os íons H^+ vão diretamente para o lado do cátodo atravessando o eletrólito, enquanto os elétrons são forçados a percorrer um circuito externo formando uma corrente elétrica orientada. Ao longo do caminho eles podem realizar algum trabalho, como por exemplo, acender uma lâmpada ou acionar um motor.

No lado do catodo, o gás oxigênio está sendo forçado através do catalisador, que se encontra com os íons H^+ e os elétrons, onde eles se combinam por meio da reação química de oxirredução, ou seja, um processo redox, onde o oxigênio gasoso é reduzido, originando água (H_2O) e liberando calor. A Figura 4 exemplifica o comportamento de uma célula PEM.

Figura 4 - Modelo de funcionamento de uma célula do tipo PEM



Fonte: <<https://bit.ly/2ZdhRqp>>.

Segundo Appleby (1993), as vantagens que as células a combustível oferecem são: conversão direta da energia (energia química – energia elétrica), sem partes móveis na célula a combustível, resultando em menor manutenção; flexibilidade para obtenção do hidrogênio; instalações modulares.

Sendo assim, são facilmente aplicadas em estações estacionárias como *back-up* de geradores e torres de sinal, bem como, em veículos elétricos (carros, ônibus, empilhadeiras).

Os principais impedimentos que limitam a comercialização das células a combustível são a durabilidade e a confiabilidade que são insuficientes, além de seu alto custo. Além disso, há, também, a falta de uma infraestrutura para o transporte do combustível.

1.2 Transposição Didática em Yves Chevallard

O conceito de transposição didática ficou conhecido pelos trabalhos de Yves Chevallard, didata francês do campo do ensino de Matemática, mas que tem sua origem na Tese de Doutorado do sociólogo francês Michel Verret, intitulada como *Le temps des études*, publicada em 1975. Nela, ele faz um estudo sociológico sobre o tempo didático, explicitando o tempo do conhecimento e o tempo da didática.

O tempo do conhecimento de um conteúdo seria regulado pelo próprio objeto de estudo, determinando o período levado pelo estudante e/ou professor para desenvolver o estudo deste conhecimento.

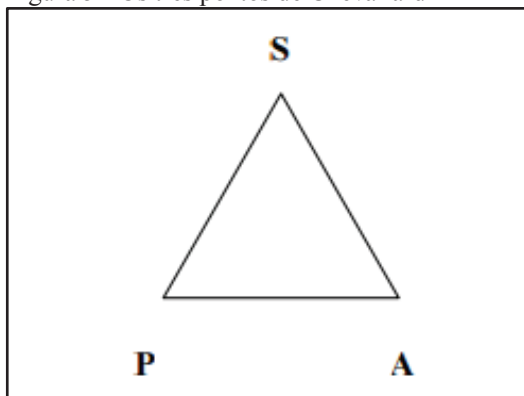
Já o tempo da didática estaria vinculado ao processo de “transmissão”, pois para Verret, a didática “é a transmissão de um saber adquirido, transmissão dos que sabem para os que ainda não sabem, daqueles que aprenderam para aqueles que aprendem” (1975, p. 139).

Segundo o autor (1975), os conteúdos a serem transmitidos devem possibilitar recortes que sigam um percurso aceitável, tanto por critérios pedagógicos como institucionais. Assim, passam por um processo de “dessincronização” na medida em que a sua essência da aplicação teórica desenvolvida pelos cientistas é substituída por novas e mais adequadas práticas da aprendizagem, o que, por vezes, acaba se desenvolvendo como um saber “despersonalizado” e ao fim, organizando-se de modo a permitir sua apropriação pelos que deverão transmiti-lo e recebê-lo.

No entanto, Chevallard (2005) não vê o ensino da mesma forma, pois para ele, o sistema didático é formado por três elementos: professor – saber – aluno, e suas inter-relações. O autor considera a base ternária como parte das relações didáticas, onde existe a necessidade de se inserir o próprio conhecimento como objeto do sistema de ensino e aprendizagem.

Então, para definir o sistema didático, Chevallard utiliza um esquema teórico representado com três pontos e as relações entre os mesmos, em que S representa o saber ensinado, E representa os estudantes e P representa os professores, conforme podemos observar na Figura 5 a seguir. Assim sendo, a abordagem sociológica de Verret não é suficiente para analisar o Sistema de Ensino, pois devemos tratar o saber como parte importante do processo de ensino.

Figura 5 - Os três pontos de Chevallard



Fonte: Chevallard, 2005, p. 26.

Além do mais, Chevallard deixa claro o motivo da escolha do termo “transposição”, pois para ele a palavra remete à música e às formas melódicas quando passamos de um tom para outro, ou seja, um processo de “transformação adaptativa” a um novo contexto (CHEVALLARD, 2005).

Um conteúdo de conhecimento sábio designado como saber ensinar passa por um conjunto de transformações adaptativas que o tornarão adequado para ocorrer entre objetos de ensino. O ‘trabalho’ que um objeto de saber ensinar faz para transformá-lo em um objeto de ensino é chamado de transposição didática (CHEVALLARD, 2005, p. 45, tradução nossa).

Enfatizando a importância do tema tratado nesta dissertação, identifica-se a necessidade de criar uma adaptação do conteúdo que já existe na esfera do saber sábio e fazer a transposição do mesmo para o universo do Ensino Médio. Para Chevallard (2005), essa transposição didática é composta por três esferas do saber, explicitadas a seguir.

O “saber sábio” é o desenvolvido por cientistas e intelectuais, ou seja, é fruto de suas pesquisas e dirigido ao mundo acadêmico ou industrial, que para torná-lo público, o mesmo deve passar por processos adaptativos que são determinados pela comunidade científica, como, por exemplo, normas e regras próprias para ser publicado e difundido.

O saber a ensinar vem logo abaixo nas esferas da transposição. Este, diz respeito às sequências de transformações que o saber sábio passa antes de chegar à sala de aula. Pode-se destacar aqui o processo de escolha e validação do mesmo, isto é, existe um grupo, a noosfera, como Chevallard escreve, que determina os conteúdos que serão ensinados na escola e qual o contexto em que eles estarão inseridos na mesma.

Como exemplo, menciona-se os “interesses de grupos sociais, estando especificados nas políticas públicas educacionais, como os PCN, que determinam as orientações do que precisa ser ensinado” (BAGETTI et al., 2005, p. 78). Tais processos podem fazer com que determinados estudos, teorias e descobertas científicas cheguem às ementas escolares com um determinado *delay*⁵ em relação a sua aplicação no mundo.

Assim, a transposição didática permite que o saber sábio seja adequado de forma a ser utilizado em diferentes modalidades do ensino, ou seja, desde o Ensino Básico até a formação universitária em suas linguagens e aprofundamentos necessários. Logo, o saber a ensinar pode ser difundido por meio de livros didáticos e, até mesmo, mídias digitais.

Assim, o conhecimento é reestruturado para uma linguagem mais simples adequando-se ao nível de ensino, sendo “desmontado” e só então reorganizado de uma maneira lógica e

⁵ Intervalo de tempo, neste contexto, quer-se dizer que demora muito tempo.

atemporal (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006). Por vezes, esta nova linguagem e adaptação acabam perdendo a essência que os cientistas descobriram, tornando-se muito simples e superficial.

O “saber ensinado”, terceiro aspecto considerado por Chevallard (2005), representa aquele descrito nos planos de aula dos professores, ou seja, é o que será abordado em sala de aula. Para que isso aconteça, o professor se serve dos conteúdos e adapta da melhor forma possível, tendo em vista: a turma, o tempo (quantidade de períodos), a sequência de conteúdos e o nível de conhecimentos prévios dos estudantes.

O desafio para os docentes seria transformar o saber a ensinar para que este não perca suas características essenciais. Sendo assim, a tarefa do professor “consiste em extrair um elemento de saber do seu contexto universitário, social para recontextualizá-lo no ambiente sempre singular, sempre único, da própria classe” (D’AMORE, 2007, p. 226).

Segundo Chevallard (2005), para que o saber ensinado não se torne “banalizado” perante a sociedade, ele não deve estar demasiadamente afastado do senso comum. Portanto, os professores precisam estar cientes que o saber que irão transmitir aos seus alunos não esteja descontextualizado, despersonalizado ou obsoleto.

Como se conhece, o caminho do saber sábio até a sala de aula passa por processos que, muitas vezes, não estão totalmente ligados ao ensino, isto é, existe “um grupo” que define qual saber deve chegar à escola e também como este deve estar inserido. Chevallard chama este “grupo” de noosfera.

Cada uma das esferas do saber pertence a diferentes grupos sociais, cada qual com seus interesses, com regras próprias e que influenciam nas mudanças sofridas pelo saber. A definição de quais conteúdos ensinar e do que é desejado que os estudantes saibam é influenciada por estes. A noosfera estuda a seleção que ocorre através de uma rede de influxos, a qual envolve diversos segmentos do sistema educacional.

Por noosfera pode-se entender o lugar (em sentido abstrato) dos debates de ideias significativas sobre o ensino, por exemplo: sobre as finalidades da escola, os objetivos da formação, as expectativas da sociedade no que se refere à escola e à cultura (por exemplo, os programas oficiais ou as expectativas de diferentes associações, como, por exemplo, a dos industriais). A noosfera é a zona intermediária entre o sistema escolar (e as escolhas do professor) e o ambiente social mais amplo (externo à escola) (D’AMORE, 2007, p. 223).

Nesta noosfera o ensino é regido e constituído pelos documentos educacionais do Brasil que neste caso são a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB 9.394/96) como a legislação que regulamenta o sistema educacional do Brasil (da Educação Básica ao

Ensino Superior); a Base Nacional Comum Curricular que é um documento de caráter normativo, estabelecendo o conjunto de aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica; e os PCNs que representam uma forma de orientar os educadores em relação a fatores fundamentais de cada disciplina. Podemos então dizer, que primeiramente, um saber sábio para se tornar um saber ensinado deve ser selecionado pela noosfera que define se este saber é necessário para os estudantes.

Posteriormente, ter-se-ão os sistemas de ensino que determinam os conteúdos que serão ensinados em cada um dos anos do Ensino Básico, juntamente com as editoras dos livros didáticos que estabelecem como estes conhecimentos serão disponibilizados aos alunos.

Na noosfera predomina os “conhecedores” dos processos de ensino, mas mesmo assim, conseguimos encontrar diversas formas de apresentar o conhecimento nos mais variados livros didáticos, e também, percebemos imensas diferenças entre a seleção e quantidade de conteúdos presentes nas redes de ensino (público e particular), bem como, o grau de importância dado aos mesmos.

“A noosfera é o centro operacional do processo de transposição didática que traduzirá em fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado” (CHEVALLARD, 2005, p. 34). E então, o papel dela é imprescindível na seleção dos saberes que devem ser levados aos alunos, mas é imprescindível lembrar que o professor tem a função de fazer a mediação final entre os interesses políticos e sociais com os acadêmicos e pedagógicos inerentes ao magistério e à educação.

Dessa forma, torna-se assim, o docente como parte essencial da noosfera, pois segundo Chevallard (2005), é pela ação do professor que ocorre de fato a inserção de qualquer saber em sala de aula.

2.3 Competências e Habilidades no Ensino de Física

Para contemplar um ensino baseado no desenvolvimento e aprimoramento de competências devemos buscar compreender o que é uma competência, e a partir disso, buscar promover atividades associadas a ela.

Para Perrenoud (1999, p. 7), competência é: “Uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles”. Ou seja, o estudante deve ser formado em um meio que o mobilize a administrar o conhecimento que lhe é passado, e assim, precisa ser instigado a usá-lo, por exemplo, através de esquemas.

É preciso ter em mente que para formar competências é necessário enfrentá-las no dia a dia. Por isso, deve-se exigir frequentemente um raciocínio lógico que faça o estudante utilizar os seus conhecimentos em prol da resolução de problemas. Além disso, é necessário que se formule hipóteses e esquemas mentais que promovam o estudante a aprendizagem, levando ao sucesso.

Logo, os conteúdos precisam estar contextualizados com a realidade escolar do discente, sendo que, o professor deve ter uma postura interdisciplinar e focar na aprendizagem do aluno e não somente em transmitir os conteúdos propostos. Desta maneira, poderá ser superada e modificada a forma de ensinar do sistema tradicional.

Sendo assim, para ter um ensino baseado em competências, precisa-se romper com as atuais rotinas pedagógicas escolares, tanto dos educandos como dos educadores. Tendo em vista que a função da escola é de formar para uma continuidade, ou seja, o estudante não pode aprender um conteúdo engessado em um único contexto e sim compreender o seu uso para que possa usufruir desta aprendizagem em seu futuro, o ensino deve recorrer a diversos artifícios que levarão a despertar os educandos para as competências.

A ação competente é uma “invenção bem-temperada”, uma variação sobre temas parcialmente conhecidos, uma maneira de reinvestir o já vivenciado, o já visto, o já entendido ou já dominado, a fim de enfrentar situações inéditas o bastante para que a mera e simples repetição seja inadequada. As situações tornam-se familiares o bastante para que o sujeito não se sinta totalmente desprovido (PERRENOUD, 1999, p. 31).

Para formar competências na escola, o educando precisa estar constantemente em confronto com problemas complexos e realistas, só assim, irá mobilizar diversos tipos de recursos cognitivos.

Pode-se afirmar que as competências são conjuntos de saberes (conhecimentos), incluindo capacidades para usar habilidades, ademais do emprego de atitudes adequadas à realização de tarefas e operações mentais.

Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do ‘saber fazer’. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências (INEP, 1999, p. 7).

E o que são habilidades na Educação? De certa forma, desenvolvê-las inclui ter: aptidão, capacidades, conhecimentos e excelência na proposição e realização de objetivos. Elas estão ligadas a atributos do saber-conhecer, saber-fazer, saber-conviver e saber-ser.

Um exemplo simples para se entender as habilidades e as competências é o seguinte: pode-se ler em voz alta um texto sobre as paredes e o conforto térmico, mesmo que não se compreenda a respeito do que se está lendo. Um arquiteto, ao ouvir, irá compreender. Tais fatos ocorrem desta maneira, pois ler e compreender são habilidades diferentes, além de que o ato de ler em voz alta é uma competência.

No Ensino de Física a noção de competência deve ser percebida como uma possibilidade de colocar a relação didática em um panorama. É desnecessário repassar aos alunos conteúdos específicos compartimentados, macetes para resolução de determinadas fórmulas e ou exercícios, já que o retorno será o mesmo: conteúdos reprodutivos, sem a menor reflexão e de pouco uso para uma formação continuada.

Um ‘simples erudito’, incapaz de mobilizar com discernimento seus conhecimentos diante de uma situação complexa, que exija uma ação rápida, não será mais útil que um ignorante. Uma abordagem por competências determina o lugar dos conhecimentos – eruditos ou não - na ação: eles constituem recursos, frequentemente determinantes, para identificar e resolver problemas, para preparar e para tomar decisões. Só valem quando disponíveis no momento certo e quando conseguem ‘entrar em sintonia’ com a situação (PERRENOUD, 1999, p. 53).

Sendo que toda a relação didática está imersa dentro da escola, a noção de competência pressupõe que o aluno mobilize seus conhecimentos em contextos distintos daquele que ele aprendeu, para assim se relacionar com o mundo, pois é na possibilidade de associar, pertinentemente, os conhecimentos prévios e os problemas que se reconhece uma competência.

Em outras palavras, pode-se dizer que as competências são alcançadas quando fazemos o estudante transpor os seus saberes para fora do meio escolar, e, dessa forma, correlacionando com ambiente em que vive por meio dos conhecimentos adquiridos na escola, possibilitando assim, resolver problemas ou tomar iniciativas perante as situações do cotidiano.

Para, seguir um ensino por competências, os professores de Física precisam saber e conhecer a noção de interdisciplinaridade, contextualizando os conteúdos de uma maneira que possua o intuito de buscar e promover as habilidades nos estudantes, fazendo com que eles percebam como cada um deles apreende.

Deve-se, cada vez mais, instigar os estudantes a buscar maiores conhecimentos, assumindo o papel de mediadores deste processo de investigação, assim, despertando neles um desejo de conhecer o mundo em que vivem e “como tudo nele funciona”.

Portanto, é preciso deixar um pouco de lado o forte apelo à Matemática na hora de ensinar alguns conteúdos, uma vez que a Física a ser abordada na educação básica vai muito além dessas fórmulas. Sendo assim, é importante mostrar suas aplicações, sua presença no cotidiano e sua riqueza e beleza, levando o educando a compreender melhor os conteúdos, evitando a tradicional e frequente pergunta feita nas aulas de Física: “Pra que serve isso professor?”.

O foco no conteúdo deve ser o fenômeno, o que deixa claro que, escolhas bem feitas do objeto de estudo, que sejam significativas aos estudantes, assumem um papel fundamental, uma vez que deste modo, notadamente, não será possível trabalhar com extensos conteúdos programáticos.

Por tal motivo, os PCN+ trazem uma lista de temas estruturadores que articulam competências e conteúdos a serem desenvolvidos no decorrer do Ensino Médio, assim especificam-se os temas:

Tema 1: Movimento, variações e conservações (unidades temáticas: fenomenologia cotidiana, variação e conservação da quantidade de movimento, energia e potência associadas aos movimentos, equilíbrios e desequilíbrios).

Tema 2: Calor, ambiente e usos de energia (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social).

Tema 3: Som, imagem e informação (unidades temáticas: fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens).

Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações (unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores).

Tema 5: Matéria e radiação (unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática).

Tema 6: Universo, Terra e vida (unidades temáticas: Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do universo) (BRASIL, 2002, p. 71).

Cada um dos temas apresentados anteriormente e suas unidades temáticas são acompanhados de competências mais específicas. Com os mesmos, podem-se retirar os conteúdos que devem ser trabalhados em sala de aula, tendo como princípio os com maior potencial contextualizador e interdisciplinar. Neste sentido, eles servem para que o professor tenha um parâmetro possível de comparar suas práticas pedagógicas e didáticas, e se elas estão atingindo o desenvolvimento das competências desejadas.

A seguir apresentam-se as oito competências, conforme a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas tecnologias, as quais foram desenvolvidas baseadas nos PCNs e são utilizadas pelos elaboradores para a construção dos itens para a prova do Enem (Exame Nacional do Ensino Médio).

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas (BRASIL, 2009, p. 8).

Observa-se que as competências de área 7 (C7) e 8 (C8) são específicas aos conteúdos de Química e Biologia, respectivamente, e a competência de área 4 (C4) é dirigida à interação entre organismos e meio ambiente. Salienta-se que, a cada uma das oito competências estão vinculadas no mínimo três habilidades, que serão apresentadas na discussão dos resultados.

2.4 Ensino da produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio no PNLD

Como procedimento metodológico inicial, realizou-se uma pesquisa nos livros didáticos disponíveis no PNLD de 2018, com o objetivo de verificar a presença desta importante temática, analisando como os livros a exploram, pois sabemos que eles são grandes aliados de muitos professores no momento de organização e planejamento das aulas.

Entendendo o valor e amplitude do uso do livro didático no processo de ensinar e aprender, em 1985 o governo federal lançou o PNLD, que possui como objetivo a distribuição gratuita de livros didáticos para servir de material de auxílio aos professores nos trabalhos pedagógicos. Logo, é

[...] indiscutível a importância do livro didático no cenário da educação pode ser compreendida em termos históricos, através da relação entre este material educativo e as práticas constitutivas da escola e do ensino escolar. Esta importância é atestada, entre outros fatores, pelo debate em torno da sua função na democratização de saberes socialmente legitimados e relacionados a diferentes campos de conhecimento, [...] pelos interesses econômicos em torno da sua produção e comercialização, e pelos investimentos de governos em programas de avaliação (MARTINS, 2006, p. 118).

De acordo com Lajolo (1996, p. 6), os livros didáticos nos últimos anos têm ocupado um papel extremamente importante nas salas de aula do Brasil, onde “a precaríssima situação educacional faz com que ele acabe determinando conteúdos e condicionando estratégias de ensino, pois, de forma decisiva, o que se ensina e como se ensina o que se ensina”.

Sendo assim, surge a preocupação de fazer a análise deste instrumento, tendo em vista que é um dos principais objetos utilizados na transposição dos saberes, já que, por inúmeras vezes, serve como base e orienta na sequência de conteúdos que os professores irão utilizar.

O livro é um instrumento de trabalho para o professor onde quando bem organizado e articulado com as diretrizes, estabelece uma ferramenta didática em que a disciplina adquire forma e estrutura de ensino e passa a fazer parte do fazer pedagógico diário do professor (BRASIL, 2017a).

Nesta seção, pretende-se expor a análise realizada em livros didáticos de Física do PNLD 2018, verificando como os conteúdos de geração elétrica (e seus tipos) são explorados e abordados pelos autores dos livros.

Para a análise do conteúdo presente nos livros didáticos utilizou-se categorias que colaborem para refletir e examinar os dados obtidos.

O *corpus* da pesquisa é composto por dez livros didáticos do componente curricular de Física dos doze que compõem a totalidade dos livros ofertados e disponíveis no PNLD 2018 e as categorias criadas tiveram o intuito de evidenciar os objetivos da pesquisa dispostas no quadro 2. Esses dez livros selecionados são utilizados nas Escolas Estaduais da região de Erechim, RS. No Quadro 1, colocou-se os livros por ordem alfabética e identificou-se por números de 1 a 10 com a intenção de facilitar a leitura desta pesquisa.

Quadro 1 - Livros didáticos analisados

Livro	Referência
1	BARRETO, Benigno; SILVA, Claudio X. <i>Física aula por aula: eletromagnetismo e Física moderna</i> . 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
2	BISCUOLA, Gualter J.; BÔAS, Newton V.; DOCA, Ricardo H. <i>Física, 3: eletricidade e Física moderna</i> . 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
3	BONJORNIO, José R. et al. <i>Física: eletromagnetismo, Física moderna</i> . 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
4	GASPAR, Alberto. <i>Compreendendo a Física</i> . 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.
5	GONÇALVES, Aurélio; TOSCANO, Carlos. <i>Física: interação e tecnologia</i> . 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
6	GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José R; CARRON, Wilson. <i>Física 3</i> . 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.
7	MÁXIMO, Antônio R. L.; ALVARENGA, Beatriz; COSTA, Carla G. <i>Física contexto e aplicações</i> . 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.
8	TORRES, Carlos M. A. et al. <i>Física ciência e tecnologia</i> . 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
9	VÁLIO, Adriana B. M. et al. <i>Ser protagonista: Física</i> . 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
10	YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz F. <i>Física para o Ensino Médio</i> . V. 3: eletricidade e Física moderna. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

Fonte: Autor, 2018.

Depois de selecionados, iniciou-se uma leitura dinâmica para buscar evidências de que os livros tratam sobre produção de energia elétrica, geradores e células a combustível, podendo assim, obter as primeiras hipóteses e, então, realinhar os objetivos da pesquisa nos livros. Posteriormente, foi feita uma exploração mais minuciosa com o objetivo de perceber como estes conceitos estão sendo abordados pelos autores dos livros, para então, criar-se categorias (Quadro 2) para guiar a análise de tais obras. As categorias foram baseadas nos autores: Lajolo (1996), Coracini (1999), Frison et al. (2000) e Jones (2012).

Quadro 2 - Categorias para análise

Item	Categorias e definição
A	Conceitos importantes: O material apresenta os conceitos de geração de energia e suas diferentes formas.
B	Conteúdos ajustados ao nível dos alunos: A linguagem, o vocabulário e a construção das frases acessíveis e compatíveis com a série em questão.
C	Estímulo à interação com o mundo: Além de trabalhar os conteúdos propostos, a obra promove uma articulação com conhecimentos em outras publicações e mídias.
D	Interdisciplinaridade: o livro apresenta a interdisciplinaridade entre as diferentes Ciências.
E	Aplicação e contextualização: o material discute a produção de energia elétrica por meio das células de combustível de hidrogênio, relacionado ao cotidiano do aluno e/ou com aplicações tecnológicas e científicas.

Fonte: Autor, 2018.

Para representar com maior clareza o estudo realizado e os dados obtidos na investigação, cada livro selecionado foi classificado dentro de cada categoria, atribuindo regular (R) caso apresente de forma clara, aprofundada e concisa as informações, parcialmente regular (PR) se o livro apresenta, mas não discute as informações e irregular (IR) caso o livro não tenha informações que satisfaça a categoria ou esteja muito superficial, de acordo como os autores abordam as definições de cada uma das categorias. O Quadro 3 apresenta os resultados das análises efetuadas para cada uma das obras.

Quadro 3 - Representação dos dados obtidos

Livros	Categorias				
	A	B	C	D	E
1	PR	R	IR	R	PR
2	R	R	R	R	IR
3	R	R	IR	R	IR
4	PR	R	R	R	IR
5	R	R	IR	R	IR
6	R	R	IR	R	IR
7	R	R	IR	R	R
8	PR	R	IR	R	PR
9	R	R	R	R	PR
10	PR	R	R	R	IR

Fonte: Autor, 2018.

Na **categoria A** analisou-se se os autores apresentam os conceitos de geração de energia e suas diferentes formas. Com a investigação verificou-se que em todos os livros o processo de geração de energia elétrica e seus conteúdos similares estão apresentados e explicados. Porém, em apenas seis deles os autores a expõem e expressam o seu funcionamento, ou seja, citam as diversas formas de obtenção de energia elétrica, como nas usinas hidráulicas, nucleares, eólicas, termoeletricas, solares e outras.

Na **categoria B** buscou-se verificar se a linguagem, o vocabulário e a construção das frases e textos são acessíveis e compatíveis com a série em questão. Assim, entende-se que todos são regulares, pois apresentam textos de fácil interpretação, leitura e na sua grande maioria, acompanhado de imagens e figuras que contribuem para o entendimento dos estudantes.

Com a **categoria C** tinha-se como intenção, verificar se os autores tinham a preocupação em fornecer outros métodos de busca por conhecimento e entendimento para os educandos, fornecendo assim, uma articulação com outras publicações e mídias. Classificaram-se os livros 2, 4, 9 e 10 como regulares, pois apresentam no decorrer do material um espaço destinado para fornecer dicas aos estudantes de materiais externos como a leitura de determinados livros ou revistas, bem como, a indicação de filmes e vídeos sobre os assuntos que estão sendo discutidos na página.

Todos os livros apresentam em algumas seções do material interconexões com outras disciplinas e, até mesmo, propõem trabalhos interdisciplinares com disciplinas externas às da Ciências da Natureza. Sendo assim, na **categoria D** todos os livros estão classificados como regulares, pois apresentaram de forma satisfatória e clara para quem ler o material que os conteúdos e discussões podem extrapolar o mundo da Física e interagir com outras disciplinas, fazendo assim que o estudante perceba o mundo como algo inteiro e não em gavetas formadas por áreas e disciplinas.

Destaca-se que apenas um dos livros analisados foi classificado como regular na **categoria E**, se buscou identificar se no decorrer dos livros os autores apresentam a produção de energia elétrica por meio das células de combustível de hidrogênio, pois os autores nas páginas 78 e 79 do livro apresentam um infográfico sobre o funcionamento de um veículo elétrico que utiliza a tecnologia, e, com pequenos textos, explicam o funcionamento das células de combustível de hidrogênio.

Nessa mesma categoria, três livros recebem a classificação de parcialmente regular, pois citam em pequenos textos a existência desta tecnologia de produção de energia, porém de forma sucinta e/ou como exemplificado no livro 9: “Uma célula de hidrogênio funciona como

uma bateria” (VÁLIO, 2016, p. 186). Entretanto, registra-se que este tipo de explicação pode causar confusão nos estudantes, afinal uma bateria não precisa ser abastecida com combustível constantemente como nas células.

Os resultados demonstram que a maioria dos livros analisados adotam uma linguagem clara e acessível para os estudantes do Ensino Médio, tanto na apresentação dos conceitos relacionados à geração de energia elétrica como nas formas em que apresentam as conexões interdisciplinares, o que facilita na contextualização e compreensão dos conceitos por eles abordados.

Fica evidente que com os resultados alcançados deve-se fornecer alguma forma de subsídio aos estudantes, que fomente e aproxime-os do contexto atual de geração de energia elétrica, pois em um futuro muito próximo eles farão uso destas novas formas de obtenção e produção de energia elétrica e, possivelmente, não terão conhecimentos suficientes para se posicionarem criticamente sobre estes meios.

3 INTERVENÇÃO DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO NA ESCOLA

O presente capítulo se ocupa em apresentar as características do público alvo, o qual participou das atividades da pesquisa, apresentar e descrever os encontros nos quais se desenvolveram as atividades, assim como apresentar o produto educacional decorrente da pesquisa.

3.1 Lócus da prática e público-alvo

As atividades foram desenvolvidas em uma turma de 3º ano do Colégio Estadual Haidée Tedesco Reali do município de Erechim-RS.

O Colégio Haidée Tedesco Reali é uma das escolas pioneiras do município, localizada em frente a uma das praças da Avenida principal; possui um grande complexo de quatro pavimentos, um ginásio poliesportivo, pista de saltos, parques para o Ensino Fundamental e quadra de esportes ao ar livre. A escola atende estudantes da rede estadual desde o 1º Ano do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio e também possui três cursos técnicos.

A instituição é composta por 74 professores e 21 funcionários. Possui 388 estudantes no turno da manhã, 390 no turno da tarde e 259 no turno da noite, o que posiciona a escola entre as maiores da cidade.

A escolha por este colégio se justifica uma vez que sou integrante do quadro docente, ministrando as disciplinas de Automação Industrial e Eletrônica para o curso técnico de Eletrotécnica. Este ramo de atuação contribuiu para perceber a necessidade de realizar este estudo, já que o público dos cursos técnicos é pós-médio e estará fazendo escolhas para suas famílias e, possivelmente, instalando células de combustível de hidrogênio em um futuro próximo.

Para a aplicação da sequência atividades, selecionou-se uma turma de 3º ano do Ensino Médio diurno, composta por dezoito estudantes, sendo 12 meninas e 6 meninos. Como caracterização geral, os alunos estão na faixa etária entre 16 e 19 anos e vêm de diversos bairros da cidade, trazendo em si a cultura de suas localidades.

3.2 Estrutura das atividades desenvolvidas

A proposta didática sugerida parte da necessidade de inserir o conteúdo de produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio e, assim, consequentemente, estimular um

estudo que envolva os estudantes durante o processo, tornando-os protagonistas de sua aprendizagem.

Para tanto, a proposta didática está fundamentada em um ensino voltado para a formação e o desenvolvimento de competências e habilidades. Neste sentido, ela está organizada em oito encontros de 45 minutos, os quais serão descritos a seguir. A aplicação da intervenção ocorreu no final do segundo semestre de 2018.

A estruturação das atividades foi adequada de acordo com os resultados do primeiro encontro com os estudantes, para que se pudesse, dessa forma, aprimorar as competências que apresentaram menor índice de desenvolvimento por parte deles.

Opta-se por desenvolver atividades apoiadas em uma concepção de ensino construtivista,

Colocando em termos simples, o construtivismo pode ser descrito essencialmente como uma teoria sobre os limites do conhecimento humano, uma crença de que todo conhecimento é necessariamente um produto de nossos próprios atos cognitivos. Não podemos ter conhecimento direto ou imediato de qualquer realidade objetiva ou externa. Construimos nosso entendimento através de nossas experiências, e o caráter de nossa experiência é influenciado profundamente por nossas lentes cognitivas (CONFREY, 1990, p. 108).

Nesse sentido, tem-se como pressuposto que os estudantes não são seres vazios e que já possuem algum tipo de conhecimento em suas estruturas cognitivas, e que os novos conhecimentos somente irão se integrar a eles por meio de um processo de acomodação.

A acomodação é o processo que tem por finalidade a busca e ajustamento às condições novas e mutáveis no ambiente, de tal modo que os padrões comportamentais preexistentes são modificados para lidar com as novas informações ou com o feedback das situações externas (BRÊTAS, 2006, p. 47).

Segundo Piaget (1975) podemos apresentar a acomodação de duas maneiras: como a modificação constante das estruturas cognitivas do sujeito ou como a origem de novos esquemas. Podemos concluir que este processo de acomodação fornece oportunidade ao sujeito de reorganizar os seus esquemas mentais durante o seu desenvolvimento, criando novos ou ajustando-os para a sua nova realidade.

Ainda para Piaget, o processo de acomodação é a chave para a aprendizagem. Através dela nós reorganizamos as nossas ideias, melhoramos as nossas habilidades e mudamos as nossas estratégias.

Assim, ensinar por meio de uma concepção construtivista requer que o professor conheça que

[...] aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso-comum. Aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e de ver o mundo, em última análise, um processo de “enculturação”. Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba (MORTIMER, 1996, p. 24).

Sendo assim as atividades aplicadas sempre buscaram estar de acordo com a faixa etária dos estudantes bem como o mais próximo possível do seu cotidiano, ou seja, o conteúdo e as atividades devem sempre partir do contexto que o educando está inserido e assim aumentando o grau dificuldade progressivamente.

3.3 Descrição dos encontros

O Quadro 4 demonstra como foram dispostos os encontros com a turma, o tema abordado na aula e as atividades propostas.

Quadro 4 - Disposição dos encontros

Encontros	Períodos	Tema / Atividade proposta
1	2	Apresentação e Questionário Inicial.
2 e 3	2	Estudo utilizando reportagens sobre o gás hidrogênio, geração de eletricidade e carros elétricos. Estudo sobre o gás hidrogênio.
4 e 5	2	Produção de Gás hidrogênio. Células a Combustível.
6 e 7	2	Experimentação utilizando o Kit didático da Horizon. Geração eletricidade: Na sua Casa ou na Usina?

Fonte: Autor, 2019.

3.3.1 Primeiro encontro: Apresentação e Questionário Inicial

Iniciou-se o encontro com a apresentação das atividades que foram desenvolvidas, apresentando-se o professor que acompanharia os estudantes e, posteriormente, aplicando-se o questionário inicial (Apêndice B) que é composto de questões empregadas em edições passadas do Enem vinculadas aos conteúdos previamente trabalhados com a turma a partir da primeira série do Ensino Médio até o final do 1º semestre de 2018, além das questões sobre a era do hidrogênio.

As competências a serem analisadas foram escolhidas a partir das propostas na Matriz de Referência do Enem, onde para as Ciências da Natureza apresentam-se oito competências,

as quais foram desenvolvidas baseadas nos PCNs e são utilizadas pelos elaboradores para a construção dos itens para a prova do Enem.

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas (BRASIL, 2009, p. 8).

No questionário não foram utilizadas as competências C7 e C8, pois, conforme mencionado anteriormente, são específicas aos conteúdos de Química e Biologia, respectivamente, e a competência C4 porque é dirigida à interação entre organismos e meio ambiente.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas (BRASIL, 2009, p. 8).

Juntamente com as 15 questões vinculadas às competências retiradas das provas Enem, os estudantes responderam as 5 perguntas ligadas a conteúdos sobre a produção de energia elétrica com células a combustível de hidrogênio, que foram elaboradas especificamente para o presente estudo e nos padrões do Enem, elas estão disponíveis nos Apêndices B e C.

A partir da análise das respostas das questões, foi elaborado e aprimorado o plano de aula para os demais encontros, para assim aplicar e desenvolver atividades que melhorem as competências que a turma mais necessita.

Os resultados obtidos com a aplicação deste questionário serão objeto de discussão do próximo capítulo, todavia, registra-se que o resultado não apresentou grande distinção de erros entre as competências e que a turma não apresentou um bom desempenho.

3.3.2 Segundo encontro: Estudo utilizando reportagens sobre o gás hidrogênio, geração de eletricidade e carros elétricos

Para este encontro os estudantes realizaram pesquisas na internet com o auxílio dos computadores do laboratório de informática da escola, sendo questionado pelo professor sobre a melhor forma de buscar informação em sites. Para essa busca foi necessário mostrar alguns recursos dos buscadores mais utilizados na atualidade.

A tarefa dos estudantes para este encontro foi a de encontrar notícias e reportagens sobre a utilização do hidrogênio como combustível para veículos. Eles tiveram um tempo de 30 minutos para selecionar a reportagem, realizar a análise da veracidade da mesma e preparar para os colegas um arquivo de texto online que pudesse ser compartilhado com os demais.

Deste modo, o professor pôde acompanhar o trabalho dos estudantes em tempo real e apontar possíveis alterações no trabalho. Para a última parte, ele agrupou os estudantes em trios, a fim de discutirem sobre as reportagens.

3.3.3 Terceiro encontro: Estudo sobre o gás hidrogênio

Na primeira parte do encontro os alunos apresentaram seus trabalhos efetuados na aula anterior e, então, iniciou-se um estudo sobre o gás hidrogênio, sua estrutura e propriedades. Para esta aula, o professor apresentou de maneira introdutória o hidrogênio e sua importância para a vida. Além disso, foram utilizadas falas dos estudantes e uma apresentação de slides.

O objetivo de destinar dois encontros a buscar discussões mais gerais em relação a temática, estava em oportunizar um resgate prévio dos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Além disso, na perspectiva construtivista há necessidade de partir de situações conhecidas dos alunos e estruturar conexões com novos conhecimentos.

Outro aspecto fundamental desse entendimento é a importância de que o estudante retome constantemente seus saberes para que, com base neles, possa construir o novo. O estudante vai de passivo a ativo, de “tábula rasa” para sujeito com uma bagagem de conhecimentos, pondo em movimento toda sua estrutura cognitiva, revendo antigas concepções pessoais, de modo a, se não as substituir, ao menos, vincular a elas novos conhecimentos construídos cientificamente (ROSA, 2011, p. 134).

Tal perspectiva oportuniza que os estudantes se aproximassem do objeto de estudo, aguçando sua curiosidade e interesse na temática. A interação entre o novo conhecimento e o seu prévio vem de encontro com os processos de assimilação e acomodação proposto por

Piaget, o primeiro que consiste em incorporar objetos do mundo exterior a esquemas mentais já existentes. Já a acomodação refere-se a modificações dos sistemas de assimilação por influência de novos conhecimentos fomentados pelo mundo externo.

3.3.4 Quarto encontro: Produção de Gás hidrogênio

Esse encontro foi destinado a demonstrar duas formas básicas de produção de gás hidrogênio separando-o de duas substâncias usadas no cotidiano dos educandos, mostrando que a sua obtenção não extremamente complexa.

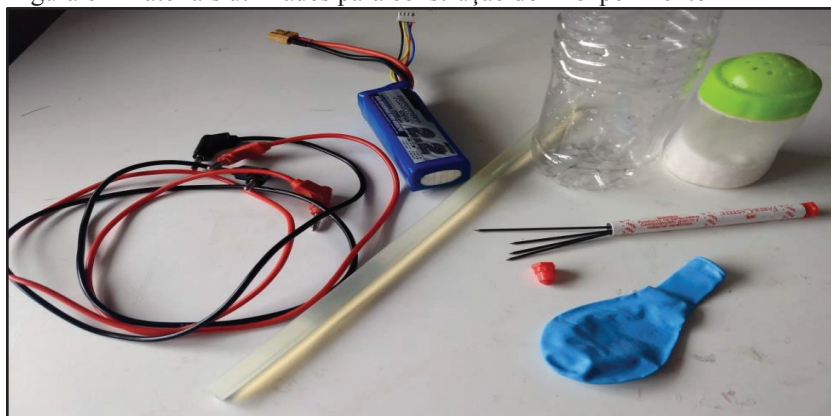
Trabalhou-se de forma interdisciplinar com conteúdos de Física e Química discutindo-se as formas de obtenção do gás hidrogênio. Foram explicados, então, os conceitos vinculados ao processo de eletrólise realizando Atividades Experimentais (AE). Para este encontro realizou-se dois experimentos: a eletrólise da água e a reação química entre alumínio metálico e uma solução ácida. A opção destes dois métodos foi feita pois são simples de serem reproduzidos por professores de demais colégios.

Tais AE foram aplicadas seguindo uma abordagem construtivista na qual partindo das situações contextualizadas nos encontros anteriores buscou-se criar hipóteses sobre o fenômeno e, na sequência, construir o conhecimento.

Primeiro Experimento: Eletrólise da água.

Para este experimento utilizou-se uma fonte de corrente contínua (bateria de 11,1 volt), dois terminais de grafite, água, cloreto de sódio (sal de cozinha), cola quente, balão, fios de cobre e um recipiente (garrafa pet de capacidade de 600 mL) para conter o processo de decomposição da solução, conforme elucidado na Figura 6 a seguir:

Figura 6 - Materiais utilizados para construção do 1º experimento



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 7 pode-se perceber o esquema completo do primeiro experimento já com a corrente elétrica circulando e o balão que foi colado na boca da garrafa já inflado pelos gases liberados por meio das reações envolvidas no processo de eletrólise da água.

Figura 7 - Eletrólise da água



Fonte: Autor, 2018.

Para a realização desse experimento foram inferidas pelos estudantes as seguintes hipóteses: Haverá um curto circuito entre os terminais da bateria? A água irá conduzir? O que irá acontecer? E como irá acontecer?

Segundo Experimento: obtenção de gás hidrogênio por meio da reação do alumínio com ácido.

Essa AE teve como objetivo obter gás hidrogênio realizando a reação entre alumínio metálico e ácido clorídrico. Como o ácido clorídrico é perigoso em alta concentração e para tornar o experimento mais próximo da realidade de outros professores, optou-se por utilizá-lo em baixa concentração, ou seja, empregou-se uma solução ácida vendida para limpeza de resíduos de obras.

Para esse experimento utilizou-se: um recipiente de vidro, tesoura, papel alumínio em pequenos pedaços e uma solução ácida para limpeza, conforme os materiais elucidados na Figura 8. O procedimento experimental consistiu em adicionar 100 ml da solução ácida a alguns pedaços de papel alumínio em um recipiente de acordo com a Figura 9.

Figura 8 - Materiais utilizados



Fonte: Autor, 2018.

Figura 9 - Recipiente com a solução ácida e os pedaços de papel alumínio



Fonte: Autor, 2018.

Com a tesoura cortou-se em pequenos pedaços o papel laminado e reservou-se, com bastante cuidado colocou-se aproximadamente 100 mL do ácido no recipiente com a embalagem já fechada e colocamos dentro do recipiente com ácido os pedaços de papel alumínio cortados.

Figura 10 - Reação entre o alumínio e o ácido clorídrico



Fonte: Autor, 2018.

Depois de alguns minutos a reação se inicia podendo ser evidenciada a partir da formação de pequenas bolhas de gás hidrogênio na superfície do papel alumínio, conforme registrado na Figura 10.

Passados alguns minutos pode-se perceber que o papel alumínio vai diminuindo seus pedaços parte dele em pequenas partículas se acumula no fundo do recipiente e depois de aproximadamente 10 minutos do início da formação das bolhas todo o papel alumínio já se desfez e não há mais aparecimento de bolhas de gás.

3.3.5 Quinto encontro: *Células a Combustível*

Iniciou-se a aula demonstrando possíveis usos do gás hidrogênio retomando as pesquisas feitas pelos estudantes realizadas no segundo encontro e, então, trabalhou-se sobre as células a combustível dando maior enfoque na do tipo PEM. Essas células são as que pesquisador possui e usou no encontro e também é o tipo que apresenta uma das melhores taxas de eficiência dentre as disponíveis no mercado.

Esta aula foi mais expositiva, onde o pesquisador utilizou-se de vídeos sobre a PEM, disponíveis no site elaborado como produto (Apêndice D) e esboços no quadro. Buscando sempre resgatar na bagagem de conteúdos que o estudante já adquiriu até o presente encontro fazendo assim que as conexões cognitivas sejam fortemente criadas.

2.3.6 Sexto encontro: Experimentação utilizando o Kit didático da Horizon

Neste encontro utilizou-se o Kit didático da empresa Horizon disposta na Figura 11 para realizar a experimentação de produção e utilização do gás hidrogênio como combustível da célula reversível que acompanha o kit.

Figura 11 - Kit didático da empresa Horizon



Fonte: <<https://www.fnac.pt/mp2303734/Horizon-FCJJ-37-kit-de-ciencia-para-criancas#>>.

No primeiro momento os estudantes observaram e manusearam as peças de maneira isolada criando hipóteses sobre o seu funcionamento, posteriormente o professor argumenta sobre umas das células do kit que é reversível e mostra o seu funcionamento ligando-a a uma fonte DC.

Nesta etapa os estudantes puderam expor suas hipóteses discutindo sobre a célula funciona para separar a água em gás hidrogênio e gás oxigênio bem como iríamos armazenar esses para posterior uso.

O próximo passo foi remover a fonte e adicionar um receptor de energia que iria fazer com que a célula transforma-se os dois gases em água, calor e gerando uma corrente elétrica que iria circular pelo receptor utilizado, que no caso foi um pequeno motor DC disponível no kit.

3.3.7 Sétimo encontro: Geração eletricidade: Na sua Casa ou na Usina?

O tema do sétimo encontro foi a distribuição de energia elétrica no Brasil, bem como, a geração local de eletricidade.

Iniciou-se a aula com um brainstorm⁶ sobre a geração de eletricidade e então se discutiu sobre onde ela pode ser gerada, destacando pontos positivos e negativos deste tipo de aplicação.

Por fim, mostrou-se uma imagem de como é a distribuição da energia elétrica dentro de nosso país, para que as opiniões dos estudantes ficassem algo do tipo o mais próximo possível da realidade.

Finalizados os sete encontros, foi aplicado um questionário aos estudantes para verificar se as competências propostas foram contempladas e aprimoradas durante os encontros.

Esta atividade foi desenvolvida com o apoio do Google Forms⁷. Esta ferramenta foi útil, devido ao fato que os estudantes não iriam mais comparecer ao colégio depois do sétimo encontro. Este formulário está disponível no Apêndice C.

3.4 O produto educacional

No decorrer do texto, destacou-se a importância do professor a respeito do processo de ensino e aprendizagem em Física, principalmente no momento de transpor o saber sábio ao saber a ser ensinado. Constatou-se ainda, a necessidade de inserir o conteúdo de produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio no Ensino de Física.

Para melhor divulgar e promover as ações desenvolvidas durante a intervenção didática na turma sobre o uso desta substância em células a combustível para o Ensino Médio, optou-se por desenvolver um *site* com as atividades, como forma de produto educacional vinculado a essa dissertação. Sendo assim, os recursos e atividades que compõem o *site* estão divididas em seis (6) abas e páginas que contém os conteúdos de maneira organizada e de fácil acesso.

O desenvolvimento do site ocorreu na plataforma gratuita do *Google Sites*. Tal plataforma possibilita que sejam criadas várias abas, como, por exemplo, a página inicial, a

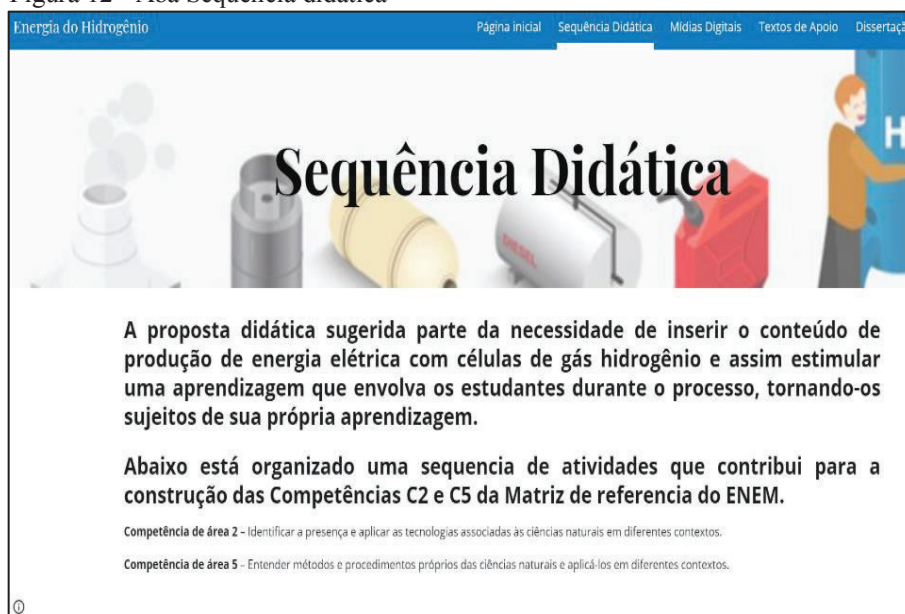
⁶ Significa “chuva de ideias”. É um termo utilizado em atividades de empreendedorismo, nas quais as pessoas lançam ideias ao grupo sem comprometer-se de serem boas ou ruins.

⁷ Formulários do Google.

sequência didática, os textos de apoio, e automaticamente ela se configura para ser multi-plataforma, ou seja, ela pode ser acessada em diferentes dispositivos como, celulares, computadores e tablets. O portal desenvolvido pode ser acessado gratuitamente a partir do link <<https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio/>>. Também, o site está disponível no portal público EduCapes, podendo ser acessado por meio do seguinte endereço <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/552541>>.

Na aba inicial apresenta-se uma breve explicação sobre o site e uma forma de como ele pode ser utilizado, bem como o contexto no qual ele foi criado. A seguir, a Figura 12 mostra a aba *sequência didática*, que busca trazer elementos dos encontros desenvolvidos pelo pesquisador/professor junto à turma de 3º ano do Ensino Médio. Nela existem alguns *hiperlinks* para as mídias utilizadas bem como para um tutorial de como foram desenvolvidas as AE.

Figura 12 - Aba Sequência didática



Fonte: Autor, 2019.

Na aba mídias digitais (Figura 13) podemos encontrar disponível alguns dos vídeos e apresentações digitais. Também estão disponibilizados alguns vídeos adicionais, apresentações digitais que fazem parte do tema geração de energia elétrica com células de combustível de gás hidrogênio. Nesta aba também estão disponíveis alguns Podcasts para caso o professor não tenha como utilizar o recurso da projeção, ele terá subsídios para utilizar seu smartphone para reproduzir os áudios e assim trazer para sala de aula as informações de forma mais diversificada.

Figura 13 - Aba Mídias Digitais



Fonte: Autor, 2019.

Na aba *texto de apoio* (Figura 14) encontram-se alguns textos de revistas, artigos científicos que tratam da temática. Também estão disponíveis dois textos no corpo da página, um que versa sobre a produção de gás hidrogênio por meio do processo de eletrólise e outro sobre a produção de energia utilizando as células de combustível de hidrogênio do tipo PEM.

Figura 14 - Aba Textos de Apoio



Fonte: Autor, 2019.

O site contém ainda uma aba *contato* a qual possui uma forma de contatar o autor para em caso de dúvidas ou sugestões e uma aba que contém a *dissertação* que deu origem ao site.

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo destina-se a responder ao questionamento inicial: Que competências e habilidades associadas ao Ensino de Física podem ser favorecidas mediante a abordagem do tema hidrogênio para produção de energia elétrica com células a combustível? Para tanto, realizou-se uma pesquisa qualitativa, cujas características e especificidades estão descritas a seguir.

4.1 Aspectos metodológicos: a pesquisa e os instrumentos de coleta de dados

O objetivo da pesquisa foi analisar as competências e habilidades desenvolvidas por um grupo de participantes (estudantes do 3º ano do Ensino Médio), realizando atividades didáticas de natureza teórica e experimental, com a finalidade de abordar a temática do hidrogênio com células de combustível.

Uma das características da pesquisa qualitativa é que seu foco é direcionado para as diferentes possibilidades de interpretação das informações coletadas. Sendo assim, é importante que o pesquisador atente para “maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a melhor compreensão do problema que está sendo estudado” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 12).

Neste sentido, conforme Severino (2007) pode-se classificar esta pesquisa como Pesquisa-Ação, uma vez que nas palavras do autor “A pesquisa-ação é aquela que, além de compreender, visa a intervir na situação, com vistas a modificá-la” (p. 120). Ademais, ressalta-se que também se fez um estudo inicial e exploratório dos documentos que explicitam como deve ser o Ensino Médio no Brasil.

Para o tratamento dos dados buscou-se referências em Minayo (1992), que elucidam procedimentos que envolvem a organização dos dados, sua divisão em categorias para, então, buscar por padrões e realizar o reconhecimento de aspectos importantes para a identificação de habilidades e competências demonstradas pelos educandos. Esta parte final foi elaborada posterior ao primeiro encontro e posterior ao último por meio dos questionários.

Além disso, também foram utilizadas as memórias das aulas elaboradas pelo pesquisador/professor descritas em forma de diário de bordo, pois estas são carregadas de fatos que ocorreram durante o desenvolvimento da sequência de atividades que auxiliam no processo de discussão dos resultados obtidos da pesquisa.

Ao utilizar um diário de bordo, o pesquisador preserva a memória das atividades em sala de aula, o que possibilita uma posterior análise. De acordo com o Zabalza (2004) isso contribui para o estabelecimento de um processo de reflexão sobre a ação do docente enriquecendo suas atividades, tornando possível o aprimoramento de suas ações como professor. No caso da presente pesquisa, tais registros servem de materiais para análise da pesquisa realizada.

4.2 Análise e discussão dos resultados

A avaliação das atividades desenvolvidas foi feita por meio das observações registradas pelo pesquisador/professor em seu diário de bordo ao final de cada aula como já mencionado. Além disso, por meio das respostas dadas aos questionários, aplicados no início e no final do conjunto de atividades.

Desta forma, a avaliação da aprendizagem dos estudantes aconteceu por meio dos instrumentos citados acima, uma vez que os resultados da pesquisa estão interligados com a performance do docente durante as atividades.

A análise dos dados, apresentada aqui, configura-se em duas partes: na primeira serão expostas as análises obtidas frente ao revelado pelo diário de bordo do professor/pesquisador (memórias de aula); na segunda os resultados dos questionários pré e pós intervenção didática.

4.2.1 Memórias das aulas

As aulas da sequência estavam planejadas para acontecer em 8 encontros de 45 minutos cada, porém como os 2 períodos de Física que a turma possui são juntos, os encontros 2 e 3; 4 e 5; 6 e 7 foram unidos, ou seja, em 90 minutos de aula.

O primeiro encontro estava programado para durar apenas um período, e iria ocorrer na sexta-feira no período de Física, no entanto, houve uma troca de horário na escola, logo surgiu uma surpresa, então, conversou-se com a professora que iria atender a turma no período e ela prontamente cedeu os seus períodos.

O sinal tocou às 10 horas e 15 minutos, 14 estudantes estavam presentes neste encontro, todos chegaram 10 minutos depois do sinal. Explicaram-se, os motivos de estar trabalhando com eles e prontamente entregou-se o questionário inicial. Os discentes finalizaram a resolução do questionário em 60 minutos. Acabado o encontro, explicou-se que

as atividades seriam retomadas em 15 dias para iniciar a aplicação de uma sequência atividades voltadas para o desenvolvimento de competências e com a temática energia do hidrogênio.

No segundo encontro havia sido reservado o laboratório de informática do colégio, porém nesta aula estavam presentes apenas seis estudantes do total de 30, que quando chegaram à sala, aproximadamente uns 6 minutos após o toque do sinal, ficaram animados com a ida ao laboratório.

Nesse encontro iniciou-se mostrando as ferramentas do Google: o Drive, que é uma nuvem para armazenar os arquivos e também foi explicado que eles iriam utilizar a ferramenta Documentos, que é uma aplicação online similar ao Word da Microsoft e que lá estariam compartilhados os arquivos da turma.

Após explicar sobre as ferramentas, solicitou-se para que eles ligassem os computadores e acessassem as suas contas e, então, foi explicado como criar um arquivo de texto para edição dentro da pasta compartilhada que foi criada pelo professor pesquisador.

A próxima atividade estava vinculada com a pesquisa sobre o gás hidrogênio e para tal foram apresentadas algumas ferramentas de busca. Na sequência, os estudantes tinham como objetivo encontrar reportagens sobre o gás hidrogênio em que houvesse a distância entre elas de 5 anos, no mínimo. Após lerem, deveriam selecionar duas reportagens para analisar a sua veracidade e as diferenças existentes entre as escritas dos textos.

Este tipo de atividade faz com que o estudante se torne parte do seu processo de aprendizagem e busque o seu melhor caminho para o êxito. Neste tipo de exercício devemos:

[...] oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvam-se em processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo natural e tecnológico, e sobre seu corpo, sua saúde e bem estar, tendo como referência os conhecimentos, as linguagens e os procedimentos próprios das Ciências da Natureza (BRASIL, 2017b; p. 283).

O que os documentos orientam é que nossos educandos possuem uma grande bagagem e devemos deixá-los livres para a organização de suas ideias e métodos para resolverem as situações ou problemas que os professores impõem.

Após a leitura, os alunos transcreveram partes de suas reportagens em arquivo online de texto, usando a aplicação Documentos do Google, dessa forma, construindo um roteiro de como iriam apresentá-las para os colegas e estruturaram cientificamente uma forma de como

justificar a veracidade de sua reportagem, bem como, o modo que os repórteres escreveram o texto.

Um dos estudantes encontrou uma reportagem de 2008 que trazia como manchete a proposta de uma empresa de construir um carro de luxo com motor movido a hidrogênio, mas a fabricante deixava claro que o modelo não entraria no mercado logo. O aluno discute que pelas fontes que conseguiu encontrar, a empresa, até a data da aula, não tinha lançado o modelo e que o motor não seria movido a hidrogênio, mas sim, seria um motor elétrico.

A sua outra reportagem escolhida é de 2018 e divulga que a Anheuser-Busch InBev, neste ano já estaria recebendo o seu primeiro caminhão (entre 600 encomendados) e que ele seria movido por motores elétricos alimentados por uma célula a combustível de hidrogênio.

O aluno faz a comparação entre a forma como as reportagens foram escritas e conclui que “O repórter Christopher Martin, escritor da segunda reportagem foi mais assertivo, pois além de uma boa manchete para a reportagem, ele apresentou os fatos e aproveitou para explicar a forma como este veículo usaria o hidrogênio como seu combustível” (DIÁRIO DE BORDO, 26 out. 2018).

Outra análise interessante foi a de uma estudante que fez o comparativo entre uma reportagem feita em 2013 no Acre, que possui a seguinte manchete: “Carro ecologicamente correto faz até 21 km por litro de combustível no AC”⁸, e a outra escolhida por ela, que por sua vez, intitula-se: “Toyota vai lançar SUVs e picapes movidos a hidrogênio”⁹.

Na sua comparação, a estudante destaca que ambas chamam muita atenção, porém uma delas não apresenta conceitos científicos corretos e trazendo apenas um relato de um “inventor” e que nas palavras da estudante “pode estar colocando em risco muitas pessoas, pois como li em outras reportagens é muito perigoso trabalhar com o gás hidrogênio, pois ele não possui odor e ele está usando em um carro a combustão” (DIÁRIO DE BORDO, 26 out. 2018).

A estudante fala na apresentação da segunda reportagem que já possui algumas empresas que produzem e vendem veículos similares aos que a Toyota promete entregar em breve. A forma com que todos os estudantes apresentaram e falaram sobre suas reportagens é muito interessante pelo fato que demonstrou que foram além de simplesmente selecionar um texto e falar sobre ele, fizeram análises, buscaram outras fontes e souberam justificar com propriedade suas ideias e percepções sobre as reportagens escolhidas.

⁸ Reportagem disponível em: <<https://glo.bo/2Ikfyeg>>.

⁹ Reportagem disponível em: <<https://glo.bo/2Axxlsc>>.

Tal modelo de aula entra em consonância com Ferraz e Sasseron (2017), pois cria situações argumentativas em sala de aula, o que favorece o ensino por investigação, o qual visa ao desenvolvimento de habilidades e ao contato e uso de termos científicos e tecnológicos presentes no cotidiano dos discentes.

Com esta atividade buscou-se explorar junto aos educandos as habilidades da Matriz de Referência do Enem que fazem parte das competências C2 e C5.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica (BRASIL, 2009, p. 9).

Nesta etapa, pode-se perceber que para os estudantes resolverem a sua tarefa, eles tiveram que usar, entre outras, as habilidades acima, sendo assim consegue-se inferir que estão aprimorando as competências ligadas a estas habilidades.

Na etapa da apresentação percebeu-se grande surpresa quando se solicitou para que cada um dos alunos acessasse o arquivo do colega no momento em que ele estava apresentando. Assim, todos, a partir de arquivos compartilhados, puderam relatar a sua reportagem, bem como, receber os apontamentos e justificar como foi que eles verificaram se as informações estavam ou não corretas cientificamente.

Um dos alunos disse: “Ainda bem que não perdi essa aula, pena que ela aconteceu apenas no último ano nosso no colégio, pois essas ferramentas poderiam ter me ajudado a fazer diversos trabalhos, principalmente os que eram em grupos” (DIÁRIO DE BORDO, 26 out. 2018).

Pode-se verificar que o ato de fazer, construir, ajuda os estudantes a desenvolverem suas habilidades, buscando a melhor forma de resolver a situação-problema, mobilizando assim diversos recursos cognitivos. Segundo Perrenoud (1999) quando se desafia o estudante a mobilizar os seus conhecimentos para tomar decisões favoráveis, as habilidades transformam-se em competências adquiridas.

Nos últimos 25 minutos de aula realizou-se um estudo sobre o gás hidrogênio, aproveitando-se, dessa forma, o que foi discutido na leitura deles e, assim, pôde-se introduzir novos conhecimentos.

Ao final da aula solicitou-se para que os estudantes fizessem leituras vinculadas a como podemos produzir hidrogênio e comentou-se que na próxima aula iríamos realizar algumas atividades experimentais para contribuir com a pesquisa realizada por eles.

No encontro seguinte estavam presentes 15 alunos e, como de costume, esperou-se por algum tempo para iniciar a aula, pois os estudantes, novamente, demoraram em voltar do intervalo, mas o tempo de espera para este dia foi de apenas 5 minutos.

Nessa aula deu-se enfoque no desenvolvimento e aprimoramento da habilidade: “H18 - Relacionar propriedades Físicas, Químicas ou Biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam” (BRASIL, 2009, p. 9) que contribui para o desenvolvimento da competência C5.

Iniciou-se, assim, retomando alguns conhecimentos sobre o gás hidrogênio, visto que na aula anterior estavam presentes apenas um terço dos estudantes.

Na sequência, questionou-se se os estudantes fizeram a leitura sobre a produção de gás hidrogênio e apenas um estudante disse que o havia realizado. Sendo assim, iniciou-se uma explicação utilizando o quadro acerca do processo da eletrólise fazendo uso de desenhos e explorando conceitos de Química sobre reações, tais como as fórmulas das substâncias envolvidas no experimento. Posteriormente, foram realizados duas atividades experimentais: eletrólise da água e a reação do alumínio com o ácido clorídrico.

O primeiro foi realizado com uma garrafa PET de 500 ml com dois pedaços de grafites separados por 6 cm e, então, ligou-se cada terminal de grafite a um de uma bateria de 11,1 volt. Assim, na boca da garrafa colocou-se um balão que lentamente encheu.

Importância de se realizar atividades experimentais tem uma ligação muito próxima com o desenvolvimento de competências nos estudantes pois,

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2002, p. 84).

Sempre ao realizar os experimentos o professor tenta atrair a atenção e mobilizar os conhecimentos dos estudantes fazendo perguntas, buscando assim verificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

Perguntou-se aos estudantes quais gases teríamos dentro do balão e como esperado obtivemos duas respostas principais: gás oxigênio e gás hidrogênio. Posteriormente, discutiu-

se o porquê adicionamos o sal na água e também o porquê do mesmo, durante a eletrólise, se transformar em gás cloro.

Cabe ressaltar que foi utilizado o quadro para explicar a eletrólise, usando a representação da equação de reação: $2 \text{NaCl(aq)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Na}^+\text{(aq)} + 2 \text{OH}^-\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$.

Para o segundo experimento utilizou-se um recipiente de vidro, pedaços de papel alumínio e um produto para limpeza de calçadas que em sua composição existe ácido clorídrico, HCl(aq) também chamado ácido muriático.

Assim, misturando os dois e esperando os efeitos, que pelos olhares dos alunos seria muito rápido e perigoso, retornamos para o quadro realizando o ajuste estequiométrico da representação da equação da reação, logo, apresentou-se que um dos produtos seria o gás hidrogênio. Os efeitos - aborbulhamentos - iniciaram depois de uns 5 minutos. Então, explicou-se sobre a velocidade da reação e sua dependência em relação à concentração dos reagentes.

Percebi durante a realização das atividades experimentais que os estudantes estavam mais atentos e questionam de maneira intensa o método que estava utilizando e até mesmo alguns levantavam hipóteses de o que estava por acontecer. Eu ia respondendo e dando continuidade à realização, e foi o primeiro momento que percebo que toda a turma está participando e fazendo anotações (DIÁRIO DE BORDO, 16 nov. 2018).

Zômpero e Laburú (2011) descrevem que apesar de existirem diferentes abordagens para o desenvolvimento de atividades no ensino de Física, todas elas devem sempre partir de um problema para ser analisado, para o qual os alunos devem emitir hipóteses, realizar um planejamento de atividades, interpretar as informações e comunicar os resultados.

A ideia de iniciar problematizando as atividades faz com que os estudantes exponham, retomem e organizem seus conhecimentos prévios, tornando o processo de acomodação de novos conhecimentos mais próximo de sua realidade.

Posteriormente, discutiu-se sobre o armazenamento do hidrogênio e o perigo de o injetarmos em motores a combustão, utilizando meios caseiros de produção do gás.

Para a próxima etapa foram apresentados os vídeos¹⁰, e então, por meio de um esquema no quadro, representou-se uma célula a combustível e explicou-se o funcionamento de cada parte que compõem uma célula do tipo PEM. Para maiores informações,

¹⁰ Disponíveis em: <<https://bit.ly/2ZfCylB>>; <<https://bit.ly/319CFRd>>; <<https://bit.ly/2XmrHpf>>.

disponibiliza-se também alguns outros vídeos que estão hospedadas no site desenvolvido: <<https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio>> (Apêndice D).

Na sequência, foram revisados os conceitos estudados sobre as células do tipo PEM, enquanto uma das células do kit didático da Horizon circulava pela turma para que os alunos observassem as finas camadas que a compõem.

Em seguida, explicou-se que a célula que iríamos utilizar era reversível, ou seja, ela é capaz de produzir eletricidade, mas também, poderíamos utilizá-la para produzir o gás oxigênio e o gás hidrogênio.

Após a montagem do kit e fornecendo energia por meio de uma bateria para a célula, o processo se iniciou separando os gases em dois recipientes e de acordo com um estudante: “Então teremos no tubo maior volume de hidrogênio, não é professor?” (DIÁRIO DE BORDO, 23 nov. 2018).

Evidenciou-se depois de 5 minutos que o estudante estava certo e, então, escreveu-se no quadro a representação da equação reação química que estava acontecendo, explicando o porquê ele estava correto.

Posteriormente removeu-se a bateria e, em seu lugar, conectou-se um pequeno motor DC que rapidamente começou a funcionar e parou depois de alguns minutos. Então, discutiu-se sobre o funcionamento da célula e foi explicado que o potencial de apenas uma célula é muito pequeno, logo, por tais motivos, os carros que foram vistos nos vídeos da aula anterior possuem várias células interligadas para que possam movimentar a carga necessária.

Realizou-se uma segunda vez a experiência e, então, iniciou-se uma discussão de como é a geração de eletricidade no Brasil e como poderíamos inserir as células de combustível a hidrogênio.

Como resultado da discussão, os estudantes previram que ela será muito utilizada em curto prazo, e que seu uso relacionar-se-á à energia fotovoltaica, ou seja, será implementada em pequenas usinas ou residências.

Além disso, os discentes também acreditam que elas têm um potencial futuro de se tornar a terceira energia mais utilizada no Brasil, perdendo a posição apenas para a hidráulica e a fotovoltaica.

É nesse aspecto que Oliveira (2017) fala sobre a importância de o educador proporcionar trabalhos colaborativos entre os educandos e cooperativos com o professor, o que possibilita o estudante a aprender em grupo, tomando para si o aprendizado e fazendo do professor a ferramenta de transposição entre os saberes.

Nesta atividade os estudantes tiveram a oportunidade e o desafio de operacionalizar a competência C5, dentro de uma situação notadamente complexa, tendo que mobilizar saberes de diferentes áreas junto com o desenvolvimento das habilidades que fazem parte desta competência.

H18 – Relacionar propriedades Físicas, Químicas ou Biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental (BRASIL, 2009, p. 9).

No final da aula comentou-se que esta seria a penúltima e que na semana seguinte teríamos a aplicação do questionário final, e que o mesmo seria muito similar ao inicial. E, então, um estudante noticiou: “que eles não irão vir mais à aula e que nesta quinta somente tinham vindo porque teriam aula com o professor/pesquisador” (DIÁRIO DE BORDO, 23 nov. 2018). Assim, em conversa com a turma combinou-se que seria enviado o questionário final para que eles fizessem em casa e todos aceitaram a proposta.

No final da aula foi conversado com a professora regente da turma e então questionou-se sobre o fato. Ela explicou que no mês de dezembro iriam acontecer apenas as avaliações finais e revisões necessárias, e que provavelmente poucos ou ninguém iria estar presente nestas aulas.

No planejamento previa-se a aplicação de um questionário ao final da sequência (pós intervenção didática) e que o mesmo iria ser realizado em aula, porém como nenhum estudante compareceu, a alternativa foi transferir o questionário para a plataforma do Google Forms, para a seguir enviar o mesmo aos estudantes que, prontamente, começaram a respondê-lo.

O questionário final foi construído a partir dos resultados obtidos no questionário inicial (pré intervenção didática), ou seja, buscando verificar se houve avanços nas competências C2 e C5, as quais, os estudantes apresentaram maior dificuldade, além dos conceitos que envolvem o tema células de combustível de gás hidrogênio.

Para seu desenvolvimento foram escolhidas e construídas questões que exploravam as habilidades que foram trabalhadas nos encontros e que ajudaram os estudantes a aprimorar as referidas competências.

No andamento do desenvolvimento dos encontros observou-se um aumento significativo na participação dos estudantes perante as discussões iniciais e questionamentos durante as aulas. Foi possível perceber que com o decorrer da aplicação da proposta didática

os alunos demonstraram-se satisfeitos com a mesma, pois estavam mais atentos e colaborativos.

Ademais, foi possível observar que os estudantes passaram a perceber a atividade experimental não como um show ou adendo para chamar atenção deles e, sim, como um espaço importante de construção de conhecimento e aprendizagem. Realmente tinham a intenção de participar e buscavam tirar suas dúvidas e tentar entender os fenômenos ali presentes.

Pelas observações realizadas em sala, falas dos estudantes durante as aulas, considera-se que o desenvolvimento das competências exploradas permitiu de maneira satisfatória o processo de transposição didática por meio da investigação, leitura, sistematização e comunicação, ou seja, conseguiu-se perceber, efetivamente, aprendizagens relacionadas à geração de energia elétrica com células de combustível de hidrogênio.

Em síntese, os estudantes aprimoraram suas competências, pois mobilizaram diversos recursos, conhecimentos, procedimentos, informações para inferir as situações exploradas em sala de aula e para a resolução dos problemas a eles apresentados baseadas no desenvolvimento de competências.

O desafio de propor uma sequência de atividades baseada em competências é de organizar os saberes, não mais a partir da lógica ou da sequência em que foram estruturados, e sim propor situações contextualizadas de aprendizagem, que permitam ao estudante se desenvolver de maneira a adquirir importantes habilidades que lhe possam ser úteis para os diferentes contextos em sua vida.

É preciso esclarecer que não existe receita pronta de como desenvolver e abordar as competências com nossos estudantes.

4.2.2 Análise dos questionários inicial e final

O questionário inicial contém 15 questões (Apêndice B) e foi aplicado no primeiro encontro com os estudantes. Para sua elaboração foram selecionadas 3 questões sobre cada competência vinculada com o ensino de Física, sendo elas a C1, C2, C3, C5 e C6 e dentre elas, 5 possuem como tema/conteúdo ao uso do gás hidrogênio.

Abaixo se apresentam os resultados obtidos dos 15 estudantes presentes na aula e que responderam ao questionário. O Quadro 5 mostra o desempenho dos estudantes por competência, evidenciando o número de acertos e erros vinculados a cada uma das competências.

Quadro 5 - Competências vs Acertos e Erros

Competência	Acertos	Erros
C1	19	26
C2	17	28
C3	19	26
C5	17	28
C6	18	27

Fonte: Autor, 2019.

É importante destacar que como há 3 questões sobre cada competência e que foram 15 estudantes que responderam as questões, logo, o número máximo entre acertos e erros será sempre de 45.

Mesmo que os resultados não apresentem grande diferença entre as demais competências e cientes de que não teremos como aprimorar todas em poucos encontros, ajustamos e desenvolvemos as atividades realizadas durante os demais encontros, para que os estudantes pudessem aprimorar as habilidades que formam as competências que apresentaram menor desempenho.

Analisando, pode-se perceber que as competências onde os estudantes indicaram menor desempenho foram a C2 e a C5, que de acordo com os PCNs, apresentam as seguintes habilidades.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

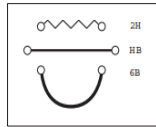
H18 – Relacionar propriedades Físicas, Químicas ou Biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental (BRASIL, 2009, p. 8-9).

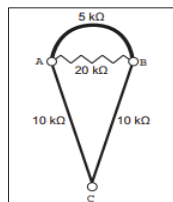
As questões 1, 4 e 5 são as que exploram a C2. Observa-se que a questão 1, apresentada no Quadro 6 logo a seguir, tem como conteúdo a associação de resistores. Esse conteúdo foi desenvolvido recentemente com a turma, isto é, foi estudado no início do terceiro trimestre.

Quadro 6 - Questão 1

1 – ENEM 2016 - C2 - Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas (R), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.



Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras R_{AB} e R_{BC} , respectivamente. Ao estabelecer a razão R_{AB} / R_{BC} , qual resultado o estudante obteve?

- A. $4/7$
- B. $10/27$
- C. $14/81$
- D. $4/81$

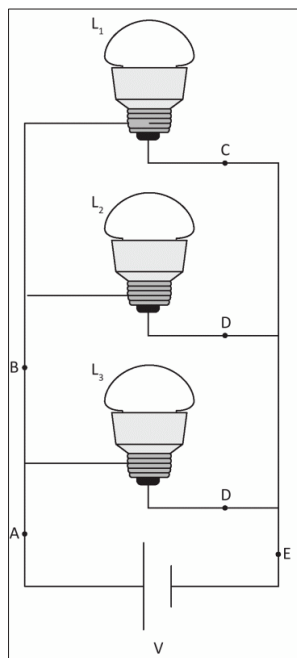
Fonte: Autor, 2019.

Para a questão temos 6 acertos e 9 erros totalizando os 15 estudantes que responderam ao questionário. Pode-se perceber a influência direta da habilidade H5 que busca verificar nos estudantes se os mesmos conseguem dimensionar circuitos elétricos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

A questão 4 (Quadro 7) explora o mesmo conteúdo da questão 1, porém traz a associação de resistores utilizando símbolos mais próximos do cotidiano dos estudantes, no caso as lâmpadas que estão associadas em paralelo, porém nesta o estudante não precisa realizar nenhum cálculo para responder à questão. Nesta questão a habilidade H6 aparece claramente, tendo em vista que para responder ela os estudantes devem ser capazes de relacionar informações para compreender ou utilizar aparelhos elétricos de uso comum. Na questão 4 apenas 6 estudantes acertaram a resposta assinalando a alternativa correta letra A.

Quadro 7 - Questão 4

4 - ENEM 2016 - C2 - Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas Correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

- A. $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$.
- B. $I_A = I_B = I_E$ e $I_C = I_D$.
- C. $I_A = I_B$, apenas.
- D. $I_A = I_B = I_E$, apenas.
- E. $I_C = I_B$, apenas.

Fonte: Autor, 2019.

A questão 5, apresentada no Quadro 8, explora conhecimentos sobre eletrolise desenvolvidos nas disciplinas de Física e Química. Nesta questão apenas 5 estudantes acertaram a resposta que tem como gabarito a letra C.

Quadro 8 - Questão 5

5 – AUTOR 2018 - C2 - É uma eletrólise onde há a dissociação de um composto iônico em solução aquosa. O eletrodo deve ser inerte. [...] O composto iônico é dissolvido em água, ocorrendo a formação de íons livres que produzirão a corrente elétrica. Devem ser montadas as quatro reações para obter a reação global dessa eletrólise.

Fonte: <http://www.soq.com.br/conteudos/em/eletroquimica/p5.php>

Quais os gases que são produzidos por meio da eletrólise da água e sal de cozinha.

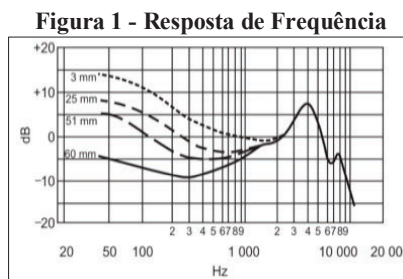
- A. H_2 e Cl_2 .
- B. H_2 e O .
- C. H_2 e Cl_2 e 2 NaOH.
- D. H_2 e 2 NaOH.

Fonte: Autor, 2019.

As questões 6, 7 e 12 são as que exploram a C5. Na questão 6 (Quadro 9) apenas um dos estudantes acertou assinalando a alternativa C, nesta questão fica evidente a habilidade H17, que busca verificar se os estudantes conseguem estabelecer relações nas ciências interpretando diferentes formas de linguagem. O conteúdo abordado na questão está vinculado com a Ondulatória e foi desenvolvido com a turma no segundo ano do Ensino Médio, segundo o plano de trabalho da disciplina no colégio.

Quadro 9 - Questão 6

6 - ENEM 2016 - C5 - A Figura 1 apresenta o gráfico da intensidade, em decibéis (dB), da onda sonora emitida por um alto-falante, que está em repouso, e medida por um microfone em função da frequência da onda para diferentes distâncias: 3 mm, 25 mm, 51 mm e 60 mm. A Figura 2 apresenta um diagrama com a indicação das diversas faixas do espectro de frequência sonora para o modelo de alto-falante utilizado neste experimento.



Disponível em: www.batera.com.br. Acesso em: 8 fev. 2015.

Figura 2 - Faixas do espectro de frequência sonora

Subgrave	Grave	Média baixa	Média	Média alta	Aguda
20 Hz	63 Hz	250 Hz	640 Hz	2,5 kHz	5 kHz
					20 kHz

Disponível em: www.somsc.com.br. Acesso em: 2 abr. 2015.

Relacionando as informações presentes nas figuras 1 e 2, como a intensidade sonora percebida é afetada pelo aumento da distância do microfone ao alto-falante?

- A. Aumenta na faixa das frequências médias.
- B. Diminui na faixa das frequências agudas.
- C. Diminui na faixa das frequências graves.
- D. Aumenta na faixa das frequências médias altas.
- E. Aumenta na faixa das frequências médias baixas.

Fonte: Autor, 2019.

A questão 7 (Quadro 10) além de estar vinculada a competência 5 ela está relacionada ao tema de produção de energia elétrica com uso de células de combustível de hidrogênio, para a criação desta questão o autor utiliza da habilidade H18 a qual busca investigar se os estudantes conseguem relacionar propriedades Físicas, Químicas ou Biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos as finalidades a que se destinam. Nesta obtém-se 10 acertos e 5 erros.

Quadro 10 - Questão 7

7 – AUTOR 2018 - C5 - Embora seja o elemento mais abundante do universo e com grande potencial energético, ele não é encontrado na natureza de forma pura e isolada. Para extrair-lo é necessária muita energia, e esse é o primeiro grande desafio: descobrir qual é o processo de obtenção e armazenamento mais eficiente do gás hidrogênio e como fazê-lo com o mínimo de emissão de poluentes.

Fonte: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/novo-petroleo-hidrogenio-funciona-como-um-coringa-das-fontes-renovaveis-1tzp2da3n1u7ildhq6ogdbfxj>

É possível produzir eletricidade a partir do gás hidrogênio?

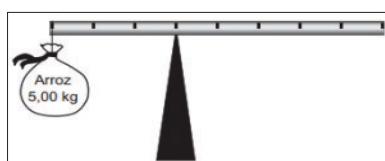
- A. Sim, utilizando células de combustível.
- B. Sim, somente utilizando o gás em geradores eletromecânicos.
- C. Não, o gás hidrogênio não tem eficiência energética suficiente.
- D. Não, apesar do grande potencial energético é impossível de isolá-lo e armazená-lo.

Fonte: Autor, 2019.

A questão 12 (Quadro 11) explora o conteúdo de condições de equilíbrio de um corpo, estudado pela turma no primeiro ano do Ensino Médio, e a questão explora conjuntamente as habilidades H17 e H18, pois os estudantes devem saber interpretar o problema a partir de diferentes linguagens bem como utilizar de propriedades Físicas para analisar o procedimento que seguir para responder à questão de maneira assertiva, assinalando a alternativa E. Nesta questão apenas 6 estudantes acertaram.

Quadro 11 - Questão 12

12 - ENEM 2015 - C5 - Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.



Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?

- A. 3,00 kg
- B. 3,75 kg
- C. 5,00 kg
- D. 6,00 kg
- E. 15,00 kg

Fonte: Autor, 2019.

A respeito das questões vinculadas com o gás hidrogênio, os estudantes obtiveram 28 acertos e 47 erros. As questões que exploram o tema são: 3, 5, 7, 10 e 15. O Quadro 12 mostra o número de erros e acertos em cada questão.

Quadro 12 - Questões sobre hidrogênio vs Acertos e Erros

Questão	Acertos	Erros
3	2	13
5	5	10
7	10	5
10	3	12
15	7	8

Fonte: Autor, 2019.

Destaca-se que as questões 3, 5 e 10 apresentaram o maior número de erros, e que apenas na questão 7 os estudantes acertaram acima de 65%. Por conseguinte, demonstra-se a necessidade de abordar esta temática no ensino de Física do Ensino Médio. Uma vez que os PCN+ indicam o estudo desta área, no tema 2 “Calor, ambiente e usos de energia” (BRASIL, 2000, p. 71) por meio

Esses temas apresentam uma das possíveis formas para a organização das atividades escolares, explicitando para os jovens os elementos de seu mundo vivencial que se deseja considerar. Não se trata, certamente, da única releitura e organização dos conteúdos da Física em termos dos objetivos desejados, mas serve, sobretudo, para exemplificar, de forma concreta, as possibilidades e os caminhos para o desenvolvimento das competências e habilidades já identificadas (BRASIL, 2002, p. 71).

O uso do gás hidrogênio para a produção de energia elétrica já realidade em diversos países e sua utilização vem crescendo constantemente, sendo assim, o ensino deste tema no Ensino Médio tem um papel muito importante, principalmente no futuro destes jovens.

O **questionário final** (Apêndice C) aplicado de forma online para os estudantes foi respondido apenas por 12 estudantes. A primeira pergunta do mesmo é: “Você gostou de como foram desenvolvidas as aulas?”. Obtivemos “sim” em 100% das respostas, o que demonstra e colabora em plenitude com a percepção observada pelo pesquisador no decorrer das aulas.

A segunda pergunta: “Das 4 aulas (8 períodos), em quantos você esteve presente?”. Neste questionamento, pode-se perceber que apenas 6 alunos estiveram em todas as aulas; 4 estiveram presentes em 3; e 2 estiveram em apenas 2 encontros.

A partir destas duas inquirições, os estudantes responderam a 8 questões similares às do questionário inicial, porém, destaca-se que elas estavam vinculadas, somente, às competências C2 e C5.

Para a competência C2 os estudantes responderam 4 questões onde obtiveram 21 acertos e 27 erros. As questões estão dispostas no Quadro 13, que vincula a questão e o número de acertos e erros.

Quadro 13 - Questões competência C2 vs Acertos e Erros

Questão	Acertos	Erros
1	2	10
3	4	8
6	10	2
7	5	7

Fonte: Autor, 2019.

No entanto, se compararmos o questionário inicial, onde os estudantes acertaram apenas 37% das questões vinculadas à competência C2 com o resultado deste onde os estudantes obtiveram 43,75% de acertos, obtemos um crescimento de 5%. Independentemente de apresentar uma melhora pequena, devemos levar em conta que as atividades propostas aconteceram em poucos encontros, e que se os professores se atentarem para atividades que promovam o desenvolvimento e aprimoramento de competências no decorrer de suas aulas a entrega final dos estudantes será muito maior.

A questão 1, apresentada no Quadro 14, não tinha ligação direta com o tema de produção de energia com células a combustível de hidrogênio, porém, ela explora conteúdos vinculados as Leis de Ohm e que foram estudados pela turma, ainda no terceiro ano do Ensino Médio.

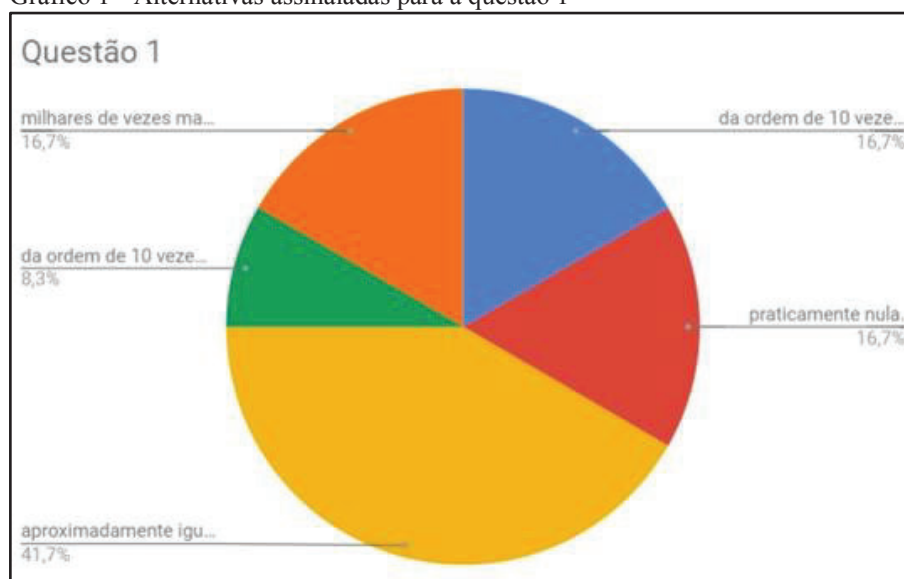
Quadro 14 - Questão 1

<p>1 - ENEM 2017 - C2 - Em algumas residências, cercas eletrificadas são utilizadas com o objetivo de afastar possíveis invasores. Uma cerca eletrificada funciona com uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 10 000 V. Para que não seja letal, a corrente que pode ser transmitida através de uma pessoa não deve ser maior do que 0,01 A. Já a resistência elétrica corporal entre as mãos e os pés de uma pessoa é da ordem de 1000 Ω.</p> <p>Para que a corrente não seja letal a uma pessoa que toca a cerca eletrificada, o gerador de tensão deve possuir uma resistência interna que, em relação à do corpo humano, é</p>	
a)	praticamente nula.
b)	aproximadamente igual.
c)	milhares de vezes maior.
d)	da ordem de 10 vezes maior.
e)	da ordem de 10 vezes menor.

Fonte: Autor, 2019.

Mesmo assim, é possível perceber que o número de erros foi muito elevado, o que leva a crer que, por se tratar de uma questão que envolvia cálculo, provavelmente os alunos não se envolveram adequadamente com a sua resolução do problema, o que se mostra evidente com Gráfico 1.

Gráfico 1 - Alternativas assinaladas para a questão 1



Fonte: Autor, 2019.

As questões 3, 6 e 7, além de estar relacionadas com a competência C2 elas também buscavam verificar se os estudantes compreenderam os conceitos sobre a geração de energia elétrica com uso de células de combustível de hidrogênio.

Para a competência C5, os estudantes responderam 4 questões, onde obtiveram 32 acertos e 16 erros. As questões e seu número de acertos e erros estão disponíveis no Quadro 15 a seguir.

Quadro 15 - Questões competência C5 vs Acertos e Erros

Questão	Acertos	Erros
2	9	3
4	9	3
5	6	6
8	8	4

Fonte: Autor, 2019.

Demonstra-se uma melhora de aproximadamente 29%, certificando que as atividades que buscavam aprimorar o entendimento dos estudantes sobre as aplicações das ciências da natureza em diferentes contextos obtiveram um grande efeito sobre a aprendizagem dos estudantes. Fato que vem de encontro com as orientações propostas em documentos como os PCNs+,

Em termos gerais, a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo (BRASIL, 2002, p. 31).

Sempre que possível no decorrer dos encontros buscávamos integrar os conhecimentos prévios dos estudantes e o contexto no qual os conceitos que estávamos a explorar estão no cotidiano dos estudantes.

A questão 5 (Quadro 16) foi a que para competência 5 os estudantes apresentaram maior dificuldade, sendo uma questão que abordava a habilidade H18, a qual busca investigar se os estudantes conseguem relacionar propriedades Físicas, Químicas ou Biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos as finalidades a que se destinam, ou seja, se houve uma aprendizagem significativa vinculada ao funcionamento das células de combustível de hidrogênio.

Quadro 16 - Questão 5

5 - AUTOR 2018 - C5 - A indústria automobilística sabe que entrou na contramão do desenvolvimento sustentável. A poluição dos carros nos grandes centros urbanos e o alarme diante das mudanças climáticas soou tão alto que, em Paris, pela primeira vez, uma conferência mundial sobre o clima terminou em consenso, com todos os países comprometendo-se com metas de redução das emissões e medidas para conter o aquecimento global e a poluição do ar nas grandes cidades.

Fonte: <http://envolverde.cartacapital.com.br/hidrogenio-o-padro-da-nova-era/>

A utilização de veículos movidos por células de combustível de hidrogênio pode contribuir para a redução dos gases do efeito estufa?

- A. Sim, pois seu produto final, após gerar eletricidade, ser apenas água e calor.
- B. Sim, pois hidrogênio quando entra em combustão não produz CO₂.
- C. Sim porque a produção de calor não é tão intensa se comparada ao petróleo.
- D. Não pois posterior a queima de qualquer gás é produzido CO₂.

Fonte: Autor, 2019.

A alternativa correta é a letra A, e 5 estudantes responderam marcando a alternativa B, que apesar de conter uma afirmação correta não é o gabarito, sendo apenas um bom distrator, pois não condiz com a pergunta principal.

Dentre as perguntas, 7 delas estavam vinculadas com a produção de energia elétrica com células a combustível de hidrogênio. Logo, constatou-se que, exclusivamente nestas questões, o desempenho dos estudantes aumentou em 24% em relação ao questionário inicial.

Quando comparamos o número de acertos de questões vinculadas com a produção de energia elétrica com células de combustível de hidrogênio e as competências C2 e C5 obtemos os seguintes resultados apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 - Comparativo entre as competências C2 e C5

Questionário	Competência	Porcentagem de Acertos	Porcentagem de Erros
Inicial	C2	33,33	66,66
	C5	66,66	33,33
Final	C2	43,75	56,25
	C5	66,66	33,33

Fonte: Autor, 2019.

Por meio do quadro 8 pode-se perceber que a competência C2 apresentou uma melhora de 10% e que a competência C5 não obteve crescimento, mas vale ressaltar que para este comparativo no questionário inicial temos apenas as questões 5 e 7 vinculadas respectivamente a competência C2 e C5 e já no questionário final temos as questões 3, 6 e 7 para a competência C2 e as questões 2, 4, 5, e 8 para a competência C5.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que muitas vezes no ensino de Física ocorre a transferência de conteúdo sem que este esteja vinculado ao contexto do estudante, com abordagens matemáticas e a utilização de métodos cheios de teorias e fórmulas, pouco contribuindo para a construção e desenvolvimento de habilidades e competências conforme as propostas dos PCNs.

E na versão de 2018 da BNCC (Base Nacional Comum Curricular), observa-se que o termo “competência” é bastante utilizado além de ser estruturador do referido documento (PAIVA, 2018). Além do mais, nessa versão

[...] competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018, p. 8).

Com a certeza de que não existe uma maneira única e nem pronta de ensinar Física, e a convicção de que os discentes não aprendem da mesma forma, deve-se “experimentalizar”, arriscar, inovar e fazer com que os educandos desenvolvam, construam e aprimorem suas competências e habilidades.

Se acreditamos que a formação de competências não é evidente e que depende em parte da escolaridade básica, resta decidir quais ela deveria desenvolver prioritariamente. Ninguém pretende que todo saber deve ser aprendido na escola. Uma boa parte dos saberes humanos é adquirida por outras vias. Por que seria diferente com as competências? Dizer que cabe à escola desenvolver competências não significa confiar-lhe o monopólio disso (PERRENOUD, p. 149)¹¹.

Sendo assim, ao propor uma reflexão sobre a era do hidrogênio e a produção de energia elétrica com células a combustível por meio de competências e habilidades, constatou-se que a maioria dos estudantes não tinham conhecimento sobre este tipo de tecnologia e os poucos que conheciam não transpuseram o senso comum, o que foi dificilmente alterado durante os encontros e a realização das atividades.

Além disso, percebe-se que há habilidades que devem ser exploradas no dia a dia do estudante, pois estas servem de base para a construção de competências fundamentais na aprendizagem de Física, bem como, para a vida em sociedade, ou seja, contribuirão na

¹¹ Philippe Perrenoud e a teoria das competências in Teorias da aprendizagem, p. 149, disponível em: <<http://www2.videolivaria.com.br/pdfs/14867.pdf>>.

formação continuada do educando tornando-o um ser humano melhor para a vida em sociedade.

O pouco interesse dos alunos, a falta de material didático e, por vezes, a desistência por parte dos professores em tornar as aulas mais atrativas e carregadas de motivação aos estudantes faz com que aumente a evasão deles, assim como, permeia a classe de motivos para que as habilidades e competências, as quais deveriam estar sendo desenvolvidas e aprimoradas, permaneçam distantes de suas realidades.

Pensa-se que existem maneiras de mudar tal realidade como, por exemplo, projetos que visem à interdisciplinaridade, onde o aluno consiga transpor para fora da sala o conhecimento obtido neste espaço, bem como o desenvolvimento por parte dos professores de novas técnicas pedagógicas e metodológicas que favoreçam a aprendizagem e a construção das competências e habilidades presentes na legislação nacional.

Os dados coletados com esta investigação, embora obtidos junto a conteúdos relacionados à Física e à Química, podem ser estendidos a toda a área da educação, tendo em vista que a construção e o desenvolvimento de competências e habilidades deriva da interdisciplinaridade.

Visto que há falta de material didático sobre o conteúdo de células a combustível, o mesmo teve de ser produzido e ajustado para as práticas propostas aos estudantes, ou seja, o processo de transposição didática teve que ser aplicado buscando fornecer meios e atividades para os discentes, de forma que o conhecimento se tornasse mais próximo de suas realidades.

Vinculado ao uso das células de hidrogênio para produção de energia elétrica ainda temos algumas dúvidas com relação à quantidade de insumos que a tecnologia utiliza, ou seja, a existência de materiais suficientes no planeta para uma utilização em massa da mesma.

Sendo assim, para fomentar o processo de planejamento dos professores desenvolve-se como produto final da dissertação um site, que pode ser usado integralmente ou de maneira segmentada e não somente para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, mas também, pode ser adaptado e utilizado no Ensino Fundamental nas etapas que estudam a produção e geração de energia elétrica.

Considera-se que este material pode ser usufruído por professores, pois há fortes indícios de que a tecnologia do hidrogênio estará entrando no hall de formas de obtenção de energia elétrica alternativa nos próximos anos e, por isso, se julga importante que nossos estudantes tenham conhecimento sobre a mesma.

Por fim, Espera-se que o produto educacional que acompanha a presente dissertação, o qual é um site gerado a partir dessa pesquisa, possa contribuir para o alinhamento da prática

docente com um ensino de Física inovador pautado no desenvolvimento de competências e habilidades, viabilizando a melhoria de aprendizado bem como a formação de cidadãos contemporâneos, de acordo com a orientação pautada nos documentos oficiais.

REFERÊNCIAS

- APPLEBY, Anthony John. Characteristics of Fuel Cell Systems. In: BLOMEN, Leo. J. M. J.; MUGERWA, Michel N. (Eds.). *Fuel Cell Systems*. Springer, Boston, 1993.
- BAGETTI, Aline. et al. *Metodologia do Ensino de Ciências Naturais e suas Tecnologias*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70, LDA, 2009.
- BARRETO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. *Física aula por aula: Eletromagnetismo e Física Moderna*. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Vilas; DOCA, Ricardo Helou. *Física 3: eletricidade e Física moderna*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BONJORNIO, Jose Roberto; RAMOS, Clinton Márcico; ALVES, Luís Augusto. *Física: eletromagnetismo, Física moderna*. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Matriz de Referência para o ENEM 2009*. Brasília: INEP, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Guia de Livros Didáticos PNLD 2018: Física*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura. 2017a.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Base Nacional Comum Curricular - 3ª versão*. Brasília: MEC, 2017b.
- BRÊTAS, Jose Roberto da Silva. Cuidados com o desenvolvimento psicomotor e emocional da criança. São Paulo: Látria, 2006.
- CHEVALLARD, Yves. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Trad. Claudia Gilman. 3. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2005.
- CONFREY, J.: What Constructivism Views on the Teaching and Learning of Mathematics, *National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, V. A. p. 107-124, 1990.
- CORACINI, Maria José. (Org.) *Interpretação, autoria e legitimação do livro didático*. São Paulo: Pontes, 1999.
- D'AMORE, Bruno. *Elementos de Didática da Matemática*. Tradução de Maria Cristina Bonomi. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2007.
- DOE - US. Department of Energy. *Fuel Cell Handbook*. 5. ed. EG&G Services Parsons, Inc. Science Applications International Corporation. Morgantown, West Virginia, EUA, 2000.

FERRAZ, Arthur Tadeu; SASSERON, Lúcia Helena. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

FRISON, Marli Dallagnol; VIANNA, Jaqueline; CHAVES, Jéssica Mello; BERNARDI, Fernanda Naimann. Livro Didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2000, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2000. Disponível em: <<https://bit.ly/2WiUry1>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

GASPAR, Alberto. *Compreendendo a Física*. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

GONÇALVES, Aurélio; TOSCANO, Carlos. *Física: interação e tecnologia*. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.

GUADAGNIN Claudia. Hotel japonês usa sol e hidrogênio para gerar energia. *Gazeta do Povo*. Abr. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2EUiJZ5>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. *Física 3*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. *Exame Nacional do Ensino Médio*: Documento Básico, Brasília, 1999.

JONES, Francês. Como escolher bem os livros didáticos. *Gestão Escolar*. 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2HVt2xW>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

LAJOLO, Marisa. Livro didático: um (quase) manual de usuário. *Em Aberto*, Brasília, n. 69, v. 16, jan./mar. 1996.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, Isabel. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos de Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para pesquisa. *Pró-Posições*, v. 17, n. 1, p. 117-136, 2006.

MÁXIMO, Antônio R. L.; ALVARENGA, Beatriz; COSTA, Carla Guimarães. *Física contexto e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Fase do Trabalho de Campo. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza. *Desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1992.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

OLIVEIRA, Valquíria Soares de. *Construindo significados em uma aula de Física: uma análise de interações discursivas sobre condutores e isolantes*. 2017. Trabalho de Conclusão

de Curso (Especialização em Física para a Educação Básica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PAIVA, Samuel da Silva Nunes. *Competências: significados para o ensino de Física*. 2018. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PERRENOUD, Philippe. *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PIAGET, Jean. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PORTUGAL, Ministério da Educação. Direção-Geral da Educação. *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Portugal: Editorial do Ministério da Educação e Ciência, 2017.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física. 2011. 344 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SEVERINO, Antonio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SIQUEIRA, Maxwell; PIETROCOLA, Maurício. A Transposição Didática aplicada à teoria contemporânea: a Física de Partículas elementares no Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA - EPEF, 10, 2006, Londrina. *Anais...* Londrina: Fapesp, 2006, v. 1, p. 1-1. Disponível em: <<https://bit.ly/2JTtNty>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

TORRES, Carlos Magno Azinaro; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. *Física ciência e tecnologia*. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques; FUKUI, Ana; FERDINIAN, Bassam; MOLINA, Madson de Melo; OLIVEIRA, Venerando Santiago. *Ser protagonista: Física*. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

VERRET, Michael. *Le Temps d'Étude*. Paris: Librairie Honoré Champion, 1975.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. *Física para o Ensino Médio 3: eletricidade e Física moderna*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

ZABALZA, Miguel Angel. *Diários de aula: contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores*. Porto: Porto Editora, 1994.

ZOMPERO, Andreia Freitas; LABURU, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/2lyVRHM>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

APÊNDICE A - Termo de autorização do Colégio**OFÍCIO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA ACADÊMICA**

Por este instrumento, o Colégio Estadual Haidée Tedesco Reali, autoriza o mestrando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, Necleto Pansera Júnior, conjuntamente com seu orientador professor Dr. Luiz Eduardo Schardong Spalding, a desenvolver a pesquisa intitulada “A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio no Ensino de Física”. A pesquisa refere-se à aplicação de uma sequência didática com alunos do terceiro ano do Ensino Médio na disciplina de Física. Todo material será analisado, mantendo-se o anonimato dos sujeitos envolvidos.

Erechim, 10 de outubro de 2018.

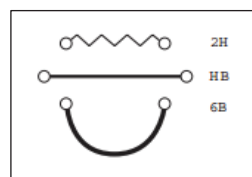
Maribel Haas de Toledo - Diretora

Colégio Estadual Haidée Tedesco Reali

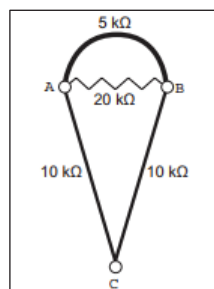
APÊNDICE B - Questionário Inicial

Este questionário tem por objetivo medir seu desempenho relacionado às competências da Matriz de Referência do INEP.

1 – ENEM 2016 - C2 - Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas (R), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.



Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras R_{AB} e R_{BC} , respectivamente. Ao estabelecer a razão R_{AB} / R_{BC} , qual resultado o estudante obteve?

- A. 1
- B. $4/7$
- C. $10/27$
- D. $14/81$
- E. $4/81$

2 - ENEM 2016 - C1 - Num experimento, um professor deixa duas bandejas de mesma massa, uma de plástico e outra de alumínio, sobre a mesa do laboratório. Após algumas horas, ele pede aos alunos que avaliem a temperatura das duas bandejas, usando para isso o tato. Seus alunos afirmaram, categoricamente, que a bandeja de alumínio encontra-se numa temperatura mais baixa. Intrigado, ele propõe uma segunda atividade em que coloca um cubo de gelo sobre cada uma das bandejas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, e os questiona em qual delas a taxa de derretimento do gelo será maior.

O aluno que responder corretamente ao questionamento do professor dirá que o derretimento ocorrerá

- A. mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.
- B. mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem inicialmente uma temperatura mais alta que a de alumínio.
- C. mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem uma maior capacidade térmica que a de alumínio.
- D. mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem um calor específico menor que a de plástico.
- E. com a mesma rapidez nas duas bandejas, pois apresentaram a mesma variação de temperatura.

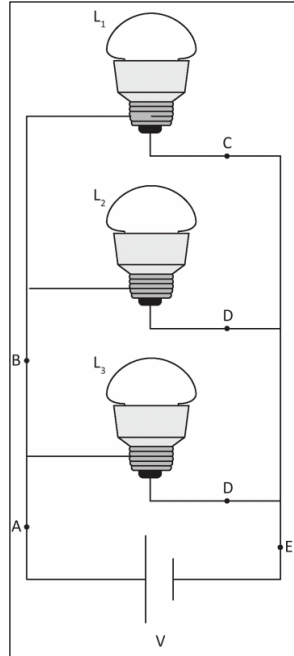
3 – AUTOR 2018 - C6 - Uma nova economia, baseada na utilização da energia proveniente do hidrogênio, está sendo criada e pode livrar a humanidade da dependência do petróleo. A afirmação é de Jeremy Rifkin, presidente da *Foundation on Economic Trends*, dos Estados Unidos, e especialista na análise de mudanças provocadas pelas inovações científicas e tecnológicas na economia, sociedade e no meio ambiente.

Fonte: <http://agencia.fapesp.br/o-mundo-na-era-do-hidrogenio/615/>

As fábricas de carros a hidrogênio, fabricados pela Toyota e Honda no Japão, utilizam o gás como combustível em motores a combustão em substituição a gasolina e óleo diesel?

- A. Sim, pois o hidrogênio possui maior poder de explosão apresentando melhor desempenho nos veículos.
- B. Sim, pois o gás hidrogênio possui menor massa, tornando mais fácil o seu transporte.
- C. Não, o hidrogênio não pode ser injetado nos motores a combustão, pois ele é um gás altamente explosivo.
- D. Não, pois os veículos produzidos não fazem uso de motores a combustão para funcionar.

4 - ENEM 2016 - C2 - Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas Correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

- A. $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$.
- B. $I_A = I_B = I_E$ e $I_C = I_D$.
- C. $I_A = I_B$, apenas.
- D. $I_A = I_B = I_E$, apenas.
- E. $I_C = I_B$, apenas.

5 – AUTOR 2018 - C2 - É uma eletrólise onde há a dissociação de um composto iônico em solução aquosa. O eletrodo deve ser inerte. [...] O composto iônico é dissolvido em água, ocorrendo a formação de íons livres que produzirão a corrente elétrica. Devem ser montadas as quatro reações para obter a reação global dessa eletrólise.

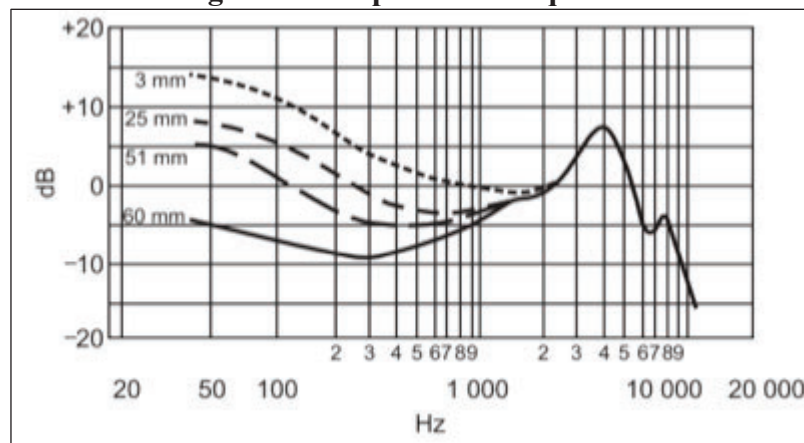
Fonte: <http://www.soq.com.br/conteudos/em/eletroquimica/p5.php>

Quais os gases que são produzidos por meio da eletrólise da água e sal de cozinha.

- A. H_2 e Cl_2 .
- B. H_2 e O .
- C. H_2 e Cl_2 e 2 NaOH.
- D. H_2 e 2 NaOH.

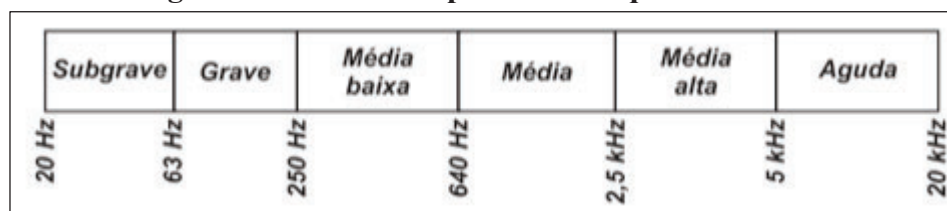
6 - ENEM 2016 - C5 - A Figura 1 apresenta o gráfico da intensidade, em decibéis (dB), da onda sonora emitida por um alto-falante, que está em repouso, e medida por um microfone em função da frequência da onda para diferentes distâncias: 3 mm, 25 mm, 51 mm e 60 mm. A Figura 2 apresenta um diagrama com a indicação das diversas faixas do espectro de frequência sonora para o modelo de alto-falante utilizado neste experimento.

Figura 1 - Resposta de Frequência



Disponível em: www.batera.com.br. Acesso em: 8 fev. 2015.

Figura 2 - Faixas do espectro de frequência sonora



Disponível em: www.somsc.com.br. Acesso em: 2 abr. 2015.

Relacionando as informações presentes nas figuras 1 e 2, como a intensidade sonora percebida é afetada pelo aumento da distância do microfone ao alto-falante?

- A. Aumenta na faixa das frequências médias.
- B. Diminui na faixa das frequências agudas.
- C. Diminui na faixa das frequências graves.
- D. Aumenta na faixa das frequências médias altas.
- E. Aumenta na faixa das frequências médias baixas.

7 – AUTOR 2018 - C5 - Embora seja o elemento mais abundante do universo e com grande potencial energético, ele não é encontrado na natureza de forma pura e isolada. Para extraí-lo é necessária muita energia, e esse é o primeiro grande desafio: descobrir qual é o processo de obtenção e armazenamento mais eficiente do gás hidrogênio e como fazê-lo com o mínimo de emissão de poluentes.

Fonte: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/novo-petroleo-hidrogenio-funciona-como-um-coringa-das-fontes-renovaveis-1t2p2da3n1u7ildhq6ogdbfxj>

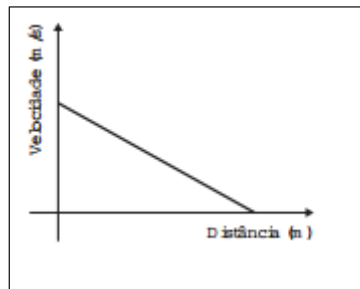
É possível produzir eletricidade a partir do gás hidrogênio?

- A. Sim, utilizando células de combustível.
- B. Sim, somente utilizando o gás em geradores eletromecânicos.
- C. Não, o gás hidrogênio não tem eficiência energética suficiente.
- D. Não, apesar do grande potencial energético é impossível de isolá-lo e armazená-lo.

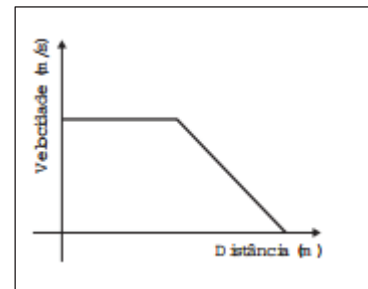
8 - ENEM 2016 - C6 - Dois veículos que trafegam com velocidade constante em uma estrada, na mesma direção e sentido, devem manter entre si uma distância mínima. Isso porque o movimento de um veículo, até que ele pare totalmente, ocorre em duas etapas, a partir do momento em que o motorista detecta um problema que exige uma freada brusca. A primeira etapa é associada à distância que o veículo percorre entre o intervalo de tempo da detecção do problema e o acionamento dos freios. Já a segunda se relaciona com a distância que o automóvel percorre enquanto os freios agem com desaceleração constante.

Considerando a situação descrita, qual esboço gráfico representa a velocidade do automóvel em relação à distância percorrida até parar totalmente?

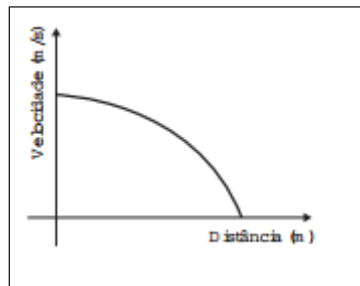
A)



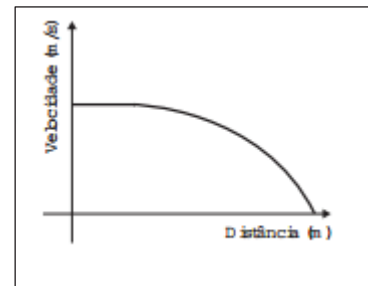
B)



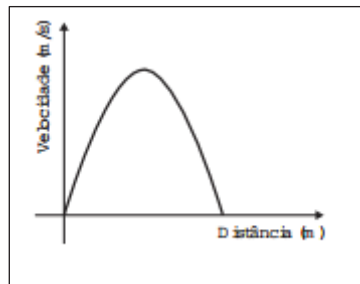
C)



D)



E)



9 - ENEM 2016 - C1 - O morcego emite pulsos de curta duração de ondas ultrassônicas, os quais voltam na forma de ecos após atingirem objetos no ambiente, trazendo informações a respeito das suas dimensões, suas localizações e dos seus possíveis movimentos. Isso se dá em razão da sensibilidade do morcego em detectar o tempo gasto para os ecos voltarem, bem como das pequenas variações nas frequências e nas intensidades dos pulsos ultrassônicos. Essas características lhe permitem caçar pequenas presas mesmo quando estão em movimento em relação a si. Considere uma situação unidimensional em que uma mariposa se afasta, em movimento retilíneo e uniforme de um morcego em repouso.

A distância e a velocidade da mariposa, na situação descrita, seriam detectadas pelo sistema de um morcego. Por quais alterações nas características dos pulsos ultrassônicos?

- A. Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida diminuída.
- B. Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.
- C. Intensidade diminuída, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida aumentada.
- D. Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.
- E. Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

10 – AUTOR 2018 - C3 - A indústria automobilística sabe que entrou na contramão do desenvolvimento sustentável. A poluição dos carros nos grandes centros urbanos e o alarme diante das mudanças climáticas soou tão alto que, em Paris, pela primeira vez, uma conferência mundial sobre o clima terminou em consenso, com todos os países comprometendo-se com metas de redução das emissões e medidas para conter o aquecimento global e a poluição do ar nas grandes cidades.

Fonte: <http://envolverde.cartacapital.com.br/hidrogenio-o-padrao-da-nova-era/>

As células a combustível podem ajudar na redução das emissões devido a/ao

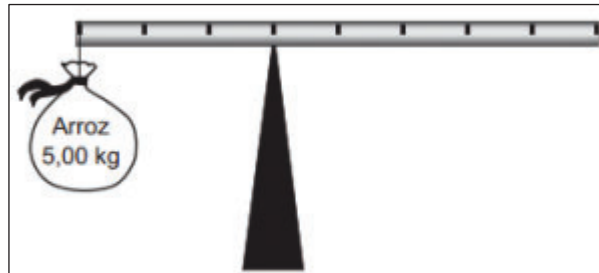
- A. seu produto final, após gerar eletricidade, ser apenas água e calor.
- B. hidrogênio quando entra em combustão não produz CO_2 .
- C. produção de calor não ser tão intensa se comparada ao petróleo.
- D. fato de produzirem um gás que reage e consome o CO_2 do ambiente

11 - ENEM 2015 - C6 - Uma pessoa abre uma geladeira, verifica o que há dentro e depois fecha a porta dessa geladeira. Em seguida, ela tenta abrir a geladeira novamente, mas só consegue fazer isso depois de exercer uma força mais intensa do que a habitual.

A dificuldade extra para reabrir a geladeira ocorre porque o(a)

- A. volume de ar dentro da geladeira diminuiu.
- B. motor da geladeira está funcionando com potência máxima.
- C. força exercida pelo ímã fixado na porta da geladeira aumenta.
- D. pressão no interior da geladeira está abaixo da pressão externa.
- E. temperatura no interior da geladeira é inferior ao valor existente antes de ela ser aberta.

12 - ENEM 2015 - C5 - Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.



Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?

- A. 3,00 kg
- B. 3,75 kg
- C. 5,00 kg
- D. 6,00 kg
- E. 15,00 kg

13 - ENEM 2015 - C3 - O ar atmosférico pode ser utilizado para armazenar o excedente de energia gerada no sistema elétrico, diminuindo seu desperdício, por meio do seguinte processo: água e gás carbônico são inicialmente removidos do ar atmosférico e a massa de ar restante é resfriada até -198°C . Presente na proporção de 78% dessa massa de ar, o nitrogênio gasoso é liquefeito, ocupando um volume 700 vezes menor. A energia excedente do sistema elétrico é utilizada nesse processo, sendo parcialmente recuperada quando o nitrogênio líquido, exposto à temperatura ambiente, entra em ebulição e se expande, fazendo girar turbinas que convertem energia mecânica em energia elétrica.

MACHADO, R. Disponível em: www.correiobraziliense.com.br. Acesso em: 9 set. 2013 (adaptado).

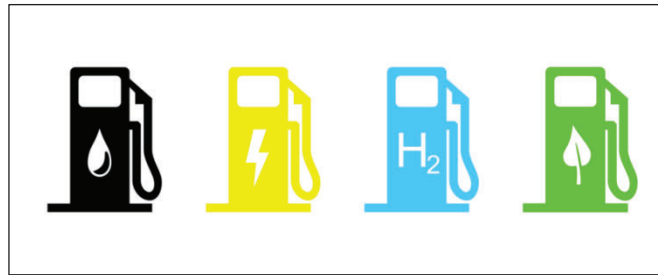
No processo descrito, o excedente de energia elétrica é armazenado pela

- A. expansão do nitrogênio durante a ebulição.
- B. absorção de calor pelo nitrogênio durante a ebulição.
- C. realização de trabalho sobre o nitrogênio durante a liquefação.
- D. retirada de água e gás carbônico da atmosfera antes do resfriamento.
- E. liberação de calor do nitrogênio para a vizinhança durante a liquefação

14 - ENEM 2003 - C3 - No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece

- A. na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
- B. nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
- C. na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
- D. na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
- E. na carburação, com a difusão do combustível no ar.

15 – AUTOR 2018 - C1 - Com base nas imagens responda a pergunta



Fonte: <https://garagem360.com.br/hidrogenio-biodiesel-e-ate-fezes-combustiveis-alternativos-ajudam-a-preservar-o-meio-ambiente/>



Fonte: http://radiowebms.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Reservat_rios_baixos_601967790-1.jpg

A respeito do valor de produção de energia elétrica:

- A. A energia hidrelétrica é a mais barata, pois é a única que provém de uma fonte renovável.
- B. A energia elétrica gerada por células de hidrogênio ainda é uma utopia.
- C. Com a diminuição das chuvas a energia elétrica gerada pelo hidrogênio passa a ser mais barata que a gerada pelas hidrelétricas.
- D. Nas condições atuais a geração hidrelétrica continua sendo a mais barata, se comparada às tecnologias do hidrogênio ou às fotovoltaicas.

APÊNDICE C - Questionário Final

1 - ENEM 2017 - C2 - Em algumas residências, cercas eletrificadas são utilizadas com o objetivo de afastar possíveis invasores. Uma cerca eletrificada funciona com uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 10 000 V. Para que não seja letal, a corrente que pode ser transmitida através de uma pessoa não deve ser maior do que 0,01 A. Já a resistência elétrica corporal entre as mãos e os pés de uma pessoa é da ordem de 1000 Ω .

Para que a corrente não seja letal a uma pessoa que toca a cerca eletrificada, o gerador de tensão deve possuir uma resistência interna que, em relação à do corpo humano, é

- a) praticamente nula.
- b) aproximadamente igual.
- c) milhares de vezes maior.
- d) da ordem de 10 vezes maior.
- e) da ordem de 10 vezes menor.

2 – AUTOR 2018 - C5 - Uma nova economia, baseada na utilização da energia proveniente do hidrogênio, está sendo criada e pode livrar a humanidade da dependência do petróleo. A afirmação é de Jeremy Rifkin, presidente da *Foundation on Economic Trends*, dos Estados Unidos, e especialista na análise de mudanças provocadas pelas inovações científicas e tecnológicas na economia, sociedade e no meio ambiente.

Fonte: <http://agencia.fapesp.br/o-mundo-na-era-do-hidrogenio/615/>

Os carros a hidrogênio, fabricados pela Toyota e Honda no Japão, utilizam o gás para gerar eletricidade?

- A. Sim, pois o hidrogênio possui maior poder de explosão apresentando melhor desempenho nos veículos.
- B. Sim, pois o gás hidrogênio é o combustível das células a combustível presentes nos veículos.
- C. Não, o hidrogênio não pode ser injetado nos motores a combustão, pois ele é um gás altamente explosivo.
- D. Não, pois eles apenas geram calor e o calor produz movimento como nas usinas termoeletricas.

3 - AUTOR 2018 - C2 - É uma eletrólise onde há a dissociação de um composto iônico em solução aquosa. O eletrodo deve ser inerte. [...] O composto iônico é dissolvido em água, ocorrendo a formação de íons livres, que produzirão a corrente elétrica. Devem ser montadas as quatro reações para obter a reação global desta eletrólise.

Fonte: <http://www.soq.com.br/conteudos/em/eletroquimica/p5.php>

Quais os gases que são produzidos por meio da eletrólise da água e sal de cozinha?

- A. H_2 e Cl_2 .
- B. H_2 e O.
- C. H_2 e Cl_2 e 2 NaOH.
- D. H_2 e 2 NaOH.

4 - AUTOR 2018 - C5 - Embora seja o elemento mais abundante do universo e com grande potencial energético, ele não é encontrado na natureza de forma pura e isolada. Para extraí-lo é necessária muita energia, e esse é o primeiro grande desafio: descobrir qual é o processo de obtenção e armazenamento mais eficiente do gás hidrogênio e como fazê-lo com o mínimo de emissão de poluentes

Fonte: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/novo-petroleo-hidrogenio-funciona-como-um-coringa-das-fontes-renovaveis-1tzp2da3n1u7ildhq6ogdbfxj>

É possível produzir eletricidade a partir do gás hidrogênio?

- A. Sim, utilizando células de combustível.
- B. Sim, somente utilizando o gás em geradores eletromecânicos.
- C. Não, o gás hidrogênio não tem eficiência energética suficiente.
- D. Não, apesar do grande potencial energético é impossível de isolá-lo e armazená-lo.

5 - AUTOR 2018 - C5 - A indústria automobilística sabe que entrou na contramão do desenvolvimento sustentável. A poluição dos carros nos grandes centros urbanos e o alarme diante das mudanças climáticas soou tão alto que, em Paris, pela primeira vez, uma conferência mundial sobre o clima terminou em consenso, com todos os países comprometendo-se com metas de redução das emissões e medidas para conter o aquecimento global e a poluição do ar nas grandes cidades.

Fonte: <http://envolverde.cartacapital.com.br/hidrogenio-o-padrao-da-nova-era/>

A utilização de veículos movidos por células de combustível de hidrogênio pode contribuir para a redução dos gases do efeito estufa?

- A. Sim, pois seu produto final, após gerar eletricidade, ser apenas água e calor.
- B. Sim, pois hidrogênio quando entra em combustão não produz CO₂.
- C. Sim porque a produção de calor não é tão intensa se comparada ao petróleo.
- D. Não pois posterior à queima de qualquer gás é produzido CO₂.

6 - AUTOR 2018 - C2 - É possível produzir eletricidade a partir do gás hidrogênio, sem utilizar motores a combustão.

- A. Correto, porém apenas utilizando geradores que queima o gás hidrogênio.
- B. Errado, pois o gás hidrogênio não possui alto poder de liberação de energia.
- C. Correto, pode-se utilizar células a combustível de hidrogênio.
- D. Errado, a mais eficiente e limpa é com os motores a combustão.

7 - AUTOR 2018 - C2 - A energia da hidroelétrica é mais barata do que a energia produzida pelo hidrogênio.

- A. Certo.
- B. Errado.
- C. Não sei responder.

8- AUTOR 2018 - C5 - Considerando apenas os carros movidos a hidrogênio fabricados em série, em seu escapamento eles eliminam?

- A. Monóxido de Carbono.
- B. Água.
- C. Dióxido de Carbono.
- D. Nitrogênio.

APÊNDICE D - Site desenvolvido

Site desenvolvido como produto educacional, podendo ser acessado pelos links:

<https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio>

<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/552541>



PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional encontra-se disponível nos endereços:

<http://docs.upf.br/download/ppgecm/Necleto_PRODUTO.pdf>

<<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/552541>>

A ENERGIA DO HIDROGÊNIO



PPGECM

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Instituto de Ciências Exatas e Geociências - ICEG

O material em questão constitui um Produto Educacional elaborado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) na Universidade de Passo Fundo (UPF) – Rio Grande do Sul. Este material é composto por um conjunto de atividades como: vídeos, apresentações digitais, textos de apoio, atividades experimentais e podcast, o qual tem como objetivo servir de apoio aos professores de Física de Ensino Médio. O produto está associado a dissertação de mestrado “A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio: perspectiva para o Ensino de Física” de autoria de Necleto Pansera Júnior, sob a orientação da Prof. Dra. Aline Locatelli.

www.upf.br/ppgecm

ISSN 2595-3672 - <https://www.upf.br/produtoseducacionais>

Link Produto - <https://sites.google.com/view/energiadohidrogenio>

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P196p Pansera Júnior, Necleto
A produção de energia elétrica com células de gás hidrogênio
[recurso eletrônico] : perspectiva para o Ensino de Física /
Necleto Pansera Júnior. Dados eletrônicos. – 2019.
1 Site – (Produtos Educacionais do PPGECM).

Inclui bibliografia.
ISSN 2595-3672
Modo de acesso gratuito: <<http://www.upf.br/ppgecm>>
Este material integra os estudos desenvolvidos junto ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e
Matemática (PPGECM), na Universidade de Passo Fundo (UPF),
sob orientação da Profa. Dra. Aline Locatelli.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Energia elétrica - Produção.
3. Hidrogênio. I. Locatelli, Aline. II. Título. III. Série.

CDU: 372.853

Bibliotecário responsável Luís Diego Dias de Souza da Silva - CRB 10/2241