**REDEQUIM**

Revista Debates em Ensino de Química

Execução de uma proposta didática interdisciplinar sobre o tema "Energia"

Juliano de Almeida Elias¹, Maria de Fátima da Silva Verdeaux¹
(elias.juliano@gmail.com)

1. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília

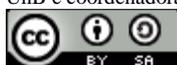
13

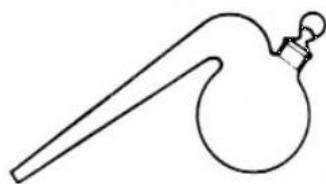
RESUMO

A necessária conexão da escola com a complexidade do mundo recomenda a adoção de estratégias interdisciplinares. Essas estratégias podem partir das contribuições importantes dos profissionais da educação no âmbito de seus respectivos campos de formação, mas são especialmente frutíferas quando educadoras e educadores buscam um conhecimento de outras disciplinas além daquela em que se especializaram, ao menos no nível de profundidade em que essas disciplinas são desenvolvidas no Ensino Médio. Essa busca não é trivial, especialmente quando envolve a interação entre Ciências Naturais e Ciências Humanas. Este artigo discute um trabalho interdisciplinar que desenvolvemos em uma escola de Ensino Médio durante um semestre letivo, com eixo no tema "Energia", abordado através do estabelecimento de uma linha do tempo da história humana. Mesclando aulas expositivas intensamente dialogadas, recursos audiovisuais e experimentação, realizamos transposição didática do conceito de energia e das transformações de uma forma de energia em outra, por meio do estudo das demandas e soluções energéticas adotadas pelas sociedades ao longo da história, em seus aspectos químicos e físicos, dando ênfase a três disciplinas: Química, Física e História.

PALAVRAS-CHAVE: Interdisciplinaridade, transposição didática, ensino de ciências.

Juliano de Almeida Elias: mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília – UnB. Maria de Fátima da Silva Verdeaux: doutora em Física pela Universidade de São Paulo – USP. É professora associada da Universidade de Brasília – UnB e coordenadora do Polo da Universidade de Brasília do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.





REDEQUIM

Revista Debates em Ensino de Química

Implementation of an interdisciplinary didactic proposal on the subject "Energy"

ABSTRACT

The necessary connection of the school with the complexity of the world recommends the adoption of interdisciplinary strategies. These strategies can be built upon the important contributions of education professionals within their respective fields of training, but are especially fruitful when educators seek knowledge of disciplines other than those in which they have specialized, at least at the level of depth at which these disciplines are developed in high school. This quest is not trivial, especially when it involves the interaction between Natural Sciences and Human Sciences. This article discusses an interdisciplinary work that we developed in a secondary school during a semester with a focus on the theme "Energy", approached through the establishment of a timeline of human history. By combining intensely dialogic expository classes, audiovisual resources and experimentation, we carried out a didactic transposition of the concept of energy and the transformations of one form of energy into another, through the study of the energy demands and solutions adopted by societies throughout history, in their chemical and physical aspects, with emphasis on three disciplines: Chemistry, Physics and History.

KEYWORDS: Interdisciplinarity, didactic transposition, science teaching.



1 INTRODUÇÃO

A juventude está imersa em um mundo “digital”, no qual a informação está por toda parte, mas o que alunos e alunas encontram ao atravessar o portão da escola, é o ensino tradicional, “analógico” e linear. Com o objetivo de tornar a escola mais conectada com a complexidade do mundo, muito tem sido teorizado sobre interdisciplinaridade e contextualização. Por acreditar que a interdisciplinaridade deva ser um processo baseado em uma *práxis*, que caminhe junto com a teoria, concordamos com Haas (2011), quando afirma que professoras e professores necessitam desenvolver constantemente sua capacidade de concretizar. Para isso devem ser capazes de se colocar na posição de estudantes, preferencialmente buscando um aprendizado amplo, que vá além da zona de conforto de sua formação acadêmica específica.

Para tanto, é necessário que a formação docente inicial e continuada supere a fragmentação característica da educação disciplinar (FAZENDA, 1979, apud HAAS, 2011). É fortemente desejável que docentes atuantes no Ensino Médio (e certamente professoras e professores de Ciências do Ensino Fundamental) desenvolvam uma qualificação mínima nas disciplinas em que pretendem atuar interdisciplinarmente, pelo menos no nível de profundidade em que essas disciplinas são abordadas no Ensino Médio, para que não corram o risco de se perder em imprecisões conceituais e no senso comum.

Foi a busca por essa qualificação interdisciplinar, com curiosidade e humildade (ELIAS, 2015), e sua utilização na prática docente do ensino básico que motivou o trabalho que aqui será descrito.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho que relatamos neste texto se estruturou a partir de uma visão da interdisciplinaridade como um processo prático. Concordamos com a definição de interdisciplinaridade de Menezes e Santos (2002), como uma “perspectiva de articulação interativa entre as diversas disciplinas no sentido de enriquecê-las através de relações dialógicas entre os métodos e conteúdos que as constituem”. Nessa perspectiva, nosso trabalho consistiu em um curso ministrado em uma escola pública no Distrito Federal, com uma turma de segundo ano de Ensino Médio. A atividade foi executada em turno

reverso, durante o período da chamada "Prática Diversificada" (PD), utilizando o tema integrador "Energia".

Abordamos o tema interdisciplinarmente, com ênfase – mas não exclusivamente – nas disciplinas de Química, Física e História. Tivemos cuidado em evitar uma exploração excessivamente aprofundada do tema, o que poderia gerar desinteresse entre os/as estudantes. Assim, procuramos realizar uma adequada transposição didática dos conteúdos relacionados, no sentido que Yves Chevallard atribui ao termo. Chevallard (2009) considera que para que seja possível ensinar um elemento, “esse elemento deve sofrer certas deformações que o deixarão apto a ser ensinado. O saber tal como é ensinado é necessariamente distinto do saber inicialmente designado como o que deve ser ensinado” (CHEVALLARD, 2009, p. 16-17).

Realizar uma transposição didática apropriada de conteúdos científicos para o nível de uma turma de segundo ano de Ensino Médio, realizando as “deformações” que o deixarão apto a ser ensinado, mas sem desfigura-lo em demasia é uma tarefa especialmente desafiadora quando se trata de uma proposta interdisciplinar. Foi isso o que procuramos fazer, aproximando nossa proposta da ideia de interdisciplinaridade como enriquecimento das disciplinas pelo diálogo (Menezes e Santos, 2002), mas sem perda de substância, buscando harmonização das conexões entre as disciplinas em um todo coordenado e coerente, como definido por Bernard Choi e Anita Pak (CHOI; PAK, 2006).

Nesse projeto priorizamos essa coordenação e coerência, cientes de que a defesa da interdisciplinaridade em um nível que vai além de agrupar disciplinas, que procura "harmonizar as conexões entre as disciplinas", exige de professores e professoras a ousadia de irem além dos seus próprios campos disciplinares, como foi intensamente significado por Chevallard (2009):

Creio que uma das razões para a obstinação teimosa em defender o próprio espaço, ignorando o resto do mundo – que a força das coisas nos obriga, no entanto, a frequentar – foi o medo de ver-se um dia expulsos desses verdes paraísos – da matemática, da física – onde todos tinham crescido e amadurecido. (...) não pode ser o filho pródigo quem se limita a brincar entre as saias de sua mãe (CHEVALLARD, 2009, p. 142, tradução nossa).

Essa obstinação em defender o espaço próprio e ignorar o resto do mundo é um importante obstáculo para a adoção da interdisciplinaridade como ferramenta didática. “O medo de ver-nos expulsos do verde paraíso disciplinar”, como poeticamente descreveu Chevallard no trecho acima, não nos deve impedir de buscar a aventura de ser “filho pródigo” e aprender a ensinar uma ou mais disciplinas fora da zona de conforto da nossa formação acadêmica.

A utilização da interdisciplinaridade como ferramenta pedagógica encontra eco nas normas educacionais em vigor no Brasil, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e o Plano Nacional de Educação (PNE), e na proposta de Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em elaboração desde 2014 e ainda em discussão no ano de 2017 (BRASIL, 2017b).

Em relação ao Ensino Médio, a proposta da BNCC privilegia a articulação interdisciplinar, seja no interior de cada área do conhecimento ou entre as áreas, ao tratar questões como “a obtenção e distribuição da **energia** ou a sustentabilidade socioambiental, envolvendo, por exemplo, história, sociologia, geografia e ciências naturais” (BRASIL, 2015, p. 9, grifo nosso).

Essa tendência se mantém com a divulgação pelo Ministério da Educação (MEC) da apresentação “Fundamentos Pedagógicos e Estrutura Geral da BNCC”, de 2017. A apresentação se refere ao Ensino Fundamental, mas traz reflexões válidas para todo o Ensino Básico, relativas à importância de colocar os “conteúdos curriculares a serviço do desenvolvimento de competências”.

Entre outras competências essenciais, o documento detalha as competências cognitivas, entre elas “exercitar a curiosidade intelectual” ao analisar criticamente problemas e buscar soluções “com base nos **conhecimentos das diferentes áreas**” e “dominar e valorizar os conhecimentos construídos sobre o mundo físico, social e cultural para explicar a realidade”, competência que possibilita “assumir, com consciência crítica e responsabilidade, atitude proativa em relação aos desafios contemporâneos” (BRASIL, 2017a, p. 5, grifo nosso).

Em sintonia com as normas educacionais já vigentes, e com o que já é consensual na proposta da BNCC, buscamos a articulação interdisciplinar no trato do tema “Energia”, em especial quanto aos modelos energéticos

adotados pelos povos e suas consequências socioambientais, com um coerente e produtivo diálogo entre a história e as ciências naturais. Esse diálogo interdisciplinar exercitou a curiosidade intelectual entre estudantes e mostrou a necessidade de recorrer às diferentes áreas para explicar e transformar as situações desafiadoras da realidade contemporânea.

Contudo, o diálogo interdisciplinar envolve complexidade, que se não for bem administrada pode prejudicar ao invés de estimular a aprendizagem. Para se tornar ensinável, o conhecimento complexo precisa ser adaptado à faixa etária, à série e à realidade da turma. A linguagem precisa ser ajustada, conteúdos essenciais precisam ser selecionados, conteúdos considerados herméticos ou supérfluos precisam ser suprimidos.

Profissionais da educação que vivenciam a realidade do ensino básico geralmente consideram essas adaptações um mal necessário. Avaliam que sem esse distanciamento do conhecimento de referência, não se atingiria o aprendizado da maioria, senão da totalidade dos estudantes. Yves Chevallard identificou essa relação de tensão entre o conhecimento de referência e o conhecimento que é efetivamente ensinado. Seu livro “La transposición didáctica – del saber sabio al saber enseñado” (CHEVALLARD, 2009), ajudou a popularizar o polêmico conceito de transposição didática, entendida como essa ação transformadora a que o conhecimento de referência é submetido para poder ser ensinado (RODRIGUES, 2009).

Sempre levando em consideração os desafios da transposição didática em uma abordagem interdisciplinar, desenvolvemos um trabalho transpositivo de um semestre, tendo como eixo as demandas e soluções energéticas das sociedades ao longo da história da humanidade, da pré-história à atualidade, com foco em seus aspectos químicos e físicos.

3 METODOLOGIA

Nosso trabalho conduziu-se em sentido diferente – quase oposto – a propostas que buscam inserir a História da Ciência no ambiente da Física e da Química. Mais do que inserir a História na Ciência, procuramos inserir a Ciência na História.

Considerando que a abordagem de todos os eventos ao longo da história humana em que a Química e a Física foram relevantes seria impraticável,

procuramos delimitar o tema. Assim, optamos pelo tema unificador "Energia", passando a buscar elementos das ciências naturais, especialmente Física e Química, que permitissem realizar a transposição didática para a educação de nível médio e que tivessem relação com a demanda e a oferta de energia ao longo da história da humanidade.

Essa busca abrangeu os cinco estágios da divisão convencional da cronologia humana: Pré-História, História Antiga, Idade Média, Idade Moderna e Idade Contemporânea. Ainda que cientes das críticas que se faz à periodização clássica, escolhemos essas divisões por razões didáticas, para organizar as aulas, com algumas divisões ocupando um número menor de aulas, outras um número maior. Por exemplo, em razão da revolução científica e tecnológica que a Idade Contemporânea abriga, esse período exigiu um tempo quatro vezes maior para ser abordado do que a Idade Média.

A proposta filia-se à ideia de que devemos associar a história interna (das ciências) à externa (do mundo),

selecionando aqueles conteúdos estruturantes que permitam ao estudante abordar problemas significativos, levantando situações que possibilitem, por parte desses estudantes, a reconstrução permanente de suas estruturas conceituais e metodológicas relacionadas ao conhecimento científico. (BADILLO et al, 2004, p. 572, tradução nossa).

Fomos organizando os conteúdos estruturantes na cronologia histórica, a partir dos subtemas apresentados no quadro 1.

Quadro 01: Divisões Temáticas e Cronograma do Minicurso Interdisciplinar sobre Energia.

PRÉ-HISTÓRIA - SEM INÍCIO DEFINIDO, ATÉ O SURGIMENTO DA ESCRITA - 1º MÊS DE CURSO
a) Introdução ao minicurso. O conceito de energia. Energia dos alimentos.
b) Coletores, caçadores, pescadores e o senso de grupo.
c) Descoberta do fogo e uso da lenha como fonte de energia.
d) Revolução agrícola e os animais de tração e de transporte – bois, cavalos...
e) Idade dos Metais – arados, armas, adornos...
IDADE ANTIGA - DO SURGIMENTO DA ESCRITA (4000 A 3000 A.C.) À QUEDA DO IMPÉRIO ROMANO DO OCIDENTE (INVASÕES BÁRBARAS DE 476 D.C.) – 2º MÊS DE CURSO
a) Energia da água – rodas d'água.
b) Energia do vento – barcos a vela.
IDADE MÉDIA – DE 476 D.C. À QUEDA DO IMPÉRIO ROMANO DO

ORIENTE (TOMADA DE CONSTANTINOPLA PELOS TURCOS, 1453) – INÍCIO DO 3º MÊS DE CURSO
a) Madeira versus carvão; e a turfa, um velho combustível fóssil.
b) Energia do vento – moinhos de vento.
IDADE MODERNA – DE 1453 À REVOLUÇÃO FRANCESA (1789) – FINAL DO 3º MÊS DE CURSO
a) Energia hidráulica levada aos seus limites e o tear mecânico.
b) Máquina a vapor e a energia do carvão mineral.
IDADE CONTEMPORÂNEA - DA REVOLUÇÃO FRANCESA ATÉ OS DIAS DE HOJE – 4º MÊS
a) Expansão das máquinas a vapor – navios e trens.
b) Mecanização – dos moinhos de água e vento às turbinas hidrelétricas e eólicas.
c) Petróleo – origem e derivados, motor a combustão interna.
d) Energia elétrica.
e) Crises energéticas do século XX e os biocombustíveis – etanol e outros.
f) Energia nuclear.
g) Gás natural, hidratos de metano e energias alternativas para o futuro.

Fonte: ELIAS (2015).

Desenvolvemos essas divisões temáticas do curso através de aulas expositivas intensamente dialogadas, com o uso de apresentações “Prezi”, material escrito, exercícios e experimentos demonstrativos, e com bastante espaço para discussões. O material escrito completo do curso pode ser obtido em formato digital através do link disponibilizado nas referências deste artigo, em Elias (2015).

As discussões em aula permitiram confirmar a percepção de especialistas em Ensino de Ciências sobre as dificuldades enfrentadas por estudantes de Ensino Básico no entendimento de conceitos abstratos como o de energia (AMARAL e MORTIMER, 2001), mesmo esse sendo um conceito fundamental para a ciência (MORTIMER e AMARAL, 1998). Tentando vencer essas dificuldades, procuramos já de início oferecer uma conceituação simples e clara, em uma transposição didática consistente e adequada para uma turma de ensino médio, de forma a permitir o desenvolvimento subsequente do tema Energia. Em consonância com o espírito interdisciplinar do trabalho, abordamos o conceito de energia a partir de seus aspectos físicos (a definição clássica de energia associada à capacidade de realizar trabalho) e químicos (energia térmica liberada ou absorvida nas reações químicas). Vale a pena recordar a historicidade dessas formas de conceituar energia, cuja natureza é bem mais complexa e pouco compreendida, embora

possa ser quantificada por modelos matemáticos (SIMÕES NETO e AMARAL, 2016).

Feita essa ressalva, em relação aos aspectos físicos, trabalhamos brevemente com os conceitos de massa, aceleração, força, distância, para só então introduzir o conceito de trabalho e de energia. Sobre os aspectos químicos, começamos indagando à turma o que significava o termo científico “calor”. Nesse ponto, foi possível observar a clássica confusão, descrita por Mortimer e Amaral (1998), entre os conceitos de calor e temperatura, que precisou ser superada analisando as unidades de grandeza, e em seguida associando calor à energia e temperatura à vibração das partículas. Procuramos identificar o calor como “energia térmica em trânsito entre corpos de diferentes temperaturas”, evitando a confusão com um fluido, que na história da ciência iludiu importantes cientistas como Carnot (AMARAL e MORTIMER, 2001). Conferimos destaque à transformação da energia química do petróleo em energia térmica (calor), através da combustão (SMIL, 2009; ELIAS, 2015, apêndice: p. 1 e 8).

Concluída a introdução ao conceito de energia, passamos a estudar as fontes de energia na Pré-História, estabelecendo um vínculo entre a energia armazenada pelas plantas na fotossíntese e o consumo de cereais na alimentação. Discutimos as consequências do domínio do fogo pela humanidade, do desenvolvimento do polimento das ferramentas, e da Revolução Agrícola do Neolítico (BLAINEY, 2012; PROENÇA, 2012).

Sobre a Revolução Agrícola (ou as várias Revoluções Agrícolas que aumentaram enormemente a disponibilidade da energia dos alimentos), mencionamos a introdução do trigo no Crescente Fértil, do arroz na China e do milho do México (BLAINEY, 2012). Comparamos as dietas baseadas na coleta e na caça, predominantes no Período Paleolítico e as dietas baseadas na monocultura de cereais ricos em carboidratos, predominantes no Neolítico e com reflexos na nossa alimentação atual.

Discutimos o desenvolvimento da roda na Mesopotâmia (BLAINEY, 2012) e a vantagem dessa tecnologia na minimização da energia dissipada pelo atrito. Em relação à Idade dos Metais, pudemos abordar em Física as formas de propagação do calor nos altos-fornos, e em Química a fila de reatividade dos metais, entre outros aspectos (ELIAS, 2015).

Passamos à divisão temática Idade Antiga. Foi necessária a delimitação prática do tema a três civilizações: egípcia, grega e romana. Em relação à civilização egípcia enfatizamos o uso da energia do vento na navegação a vela no rio Nilo. Destacamos a racionalização do uso da energia mecânica através do desenvolvimento de máquinas nas civilizações grega e romana.

Entre essas máquinas, demos destaque às transformações de energia cinética nas engrenagens das rodas d'água, e à evolução tecnológica dos moinhos de vento após a queda do Império Romano, que teve seguimento durante a Idade Média e a Idade Moderna (WEISSENBACHER, 2009). Estabelecemos correlação entre os moinhos medievais e as turbinas eólicas contemporâneas.

Utilizando os recursos atraentes das apresentações “Prezi”, como a movimentação em várias direções, a interatividade, os efeitos de zoom para ocultar ou revelar elementos da apresentação (GULKA, 2015), foi possível construir uma linha do tempo dinâmica e navegar pelos principais eventos da Idade Moderna, discutindo tópicos como o Renascimento, a conquista da América pelos europeus, o Mercantilismo, o Capitalismo, a Reforma Protestante, o Iluminismo, a Revolução Industrial, a Independência Americana e a Revolução Francesa, em 1789 (WEISSENBACHER, 2009; BLAINEY, 2012), bem como os aspectos de Física e Química inerentes às fontes de energia significativas no período.

Em razão de seus importantes aspectos energéticos, a Revolução Industrial foi um tema de grande destaque no curso. Abordamos o aperfeiçoamento da metalurgia do ferro e o uso do carvão como combustível, em um enfoque estequiométrico no qual, como medida de transposição didática simplificadora (CHEVALLARD, 2009), representamos o carvão como a substância simples carbono (mas deixando claro que o carvão é constituído por outros materiais além do carbono, seu constituinte principal, e que isso era uma simplificação). Esse carvão “simplificado” permitiu-nos avançar na discussão sobre a combustão, pois através da estequiometria simples da queima do carbono diferenciamos combustão completa e incompleta, reação endotérmica e exotérmica, com ênfase para o uso da última em máquinas térmicas.

Realizamos experimento demonstrativo de máquina térmica, fazendo funcionar um pequeno motor Stirling alimentado pela chama de uma vela,

conforme mostrado na Figura 1. Trata-se de um motor de quatro fases em um ciclo termodinâmico, que foi representado na apresentação “Prezi” por meio de um diagrama volume x pressão.

Figura 01: Motor Stirling usado no curso.



Fonte: Acervo pessoal.

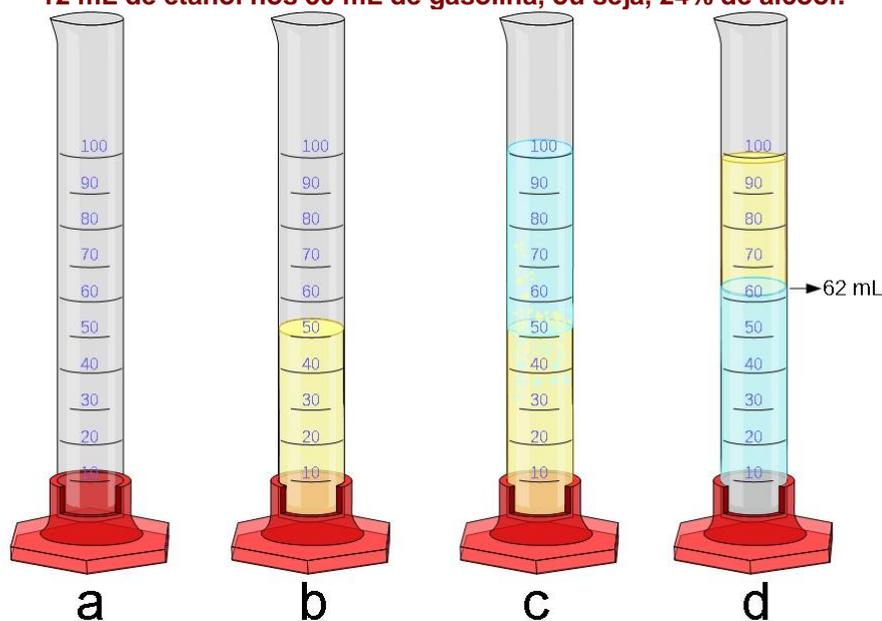
Nas quatro semanas finais do curso discutimos a Idade Contemporânea, esboçando um “panorama” global e brasileiro do período, iniciado na Revolução Francesa, na vinda da Família Real para o Brasil e mencionando o processo de Independência, sem deixar de lado a Revolução Industrial, que se acelerava, através da crescente exploração da classe trabalhadora, o que acabou fomentando os movimentos socialistas de diferentes matizes que marcariam o século XX.

Destacamos a importância do surgimento dos motores a combustão interna (gasolina), dos motores elétricos, e das usinas hidrelétricas. Discutimos a orientação das relações geopolíticas pelas necessidades energéticas dos povos (WEISSENBACHER, 2009), bem como a ascensão e as crises do petróleo como matriz energética principal.

No contexto da resposta brasileira às crises do petróleo, iniciamos o estudo dos biocombustíveis, com destaque para o etanol da cana-de-açúcar. Nesse contexto, realizamos o experimento clássico da determinação do teor de

álcool na gasolina (Figura 2). A análise do potencial geralmente subestimado desse experimento, que permite transitar entre importantes aspectos dos níveis macroscópico, microscópico e representacional de Johnstone (WARTHA, REZENDE, 2011), está além dos objetivos deste artigo.

Figura 02: Determinação do teor de álcool na gasolina. a) Representação da proveta de 100 mL usada no teste. b) Acrescidos 50 mL de gasolina comum. c) Adicionados 50 mL de água. d) Após agitação e repouso, a fase aquosa (água+álcool) ocupou 62 mL da parte inferior da proveta, o que indica que havia 12 mL de etanol nos 50 mL de gasolina, ou seja, 24% de álcool.



Fonte: Elaboração própria.

Em relação à energia nuclear, abordamos os acidentes de Chernobyl, Goiânia e Fukushima, discutindo as vantagens e os perigos da energia nuclear (ELIAS, 2015). No contexto desse subtema, realizamos um experimento com um vaso de cristal de murano do tipo “*vaseline glass*”, contendo urânio. O objeto, que apresentava um brilho verde sob luz ultravioleta (figura 3), é seguro para o manuseio, uma vez que as quantidades de urânio (até 2% em massa) são pequenas (CYCLEBACK, 2013). Além de deixar os alunos fascinados pelo brilho verde do urânio, o experimento permitiu explorar a natureza energética quântica das emissões fluorescentes (ELIAS, 2015).

Figura 03: Vaso usado no experimento. As duas fotografias de cima foram obtidas com luz visível, a fotografia da esquerda com fundo branco e a da direita com fundo preto. As duas fotografias da parte de baixo foram obtidas sem luz visível, expondo o vaso a radiação UV, com fundo branco na fotografia da esquerda e com fundo preto na da direita. Em ambas as fotos observa-se a fluorescência verde brilhante provocada pela estimulação energética dos elétrons do urânio.



Fonte: Acervo pessoal.

Sob o tema “alternativas energéticas para o futuro”, discutimos o uso do gás natural, do hidrato de metano, e de suas consequências para o aquecimento global (ESTADOS UNIDOS, 2010). Discutimos ainda a energia fotovoltaica, heliotérmica, geotérmica, das marés, eólica, da biomassa, a célula de combustível, entre outras. Realizamos experimento com carrinho que utiliza energia fotovoltaica e célula de combustível (Figura 4).

Figura 04: Carrinho "flex" movido a energia solar ou a célula de combustível, utilizado no experimento da aula "alternativas energéticas para o futuro"..



Fonte: ELIAS (2015).

Abordamos problemas sociais resultantes da utilização da terra para produzir álcool combustível ao invés de alimento, mas também procuramos reforçar um aspecto positivo, que já havia sido discutido ao falar sobre etanol e outros biocombustíveis: de que os combustíveis derivados de biomassa vegetal liberam carbono na atmosfera como fazem os combustíveis fósseis, mas de uma maneira mais equilibrada e sustentável, uma vez que todo o carbono liberado na forma de CO₂ pela queima do biocombustível um dia foi capturado do CO₂ atmosférico pela fotossíntese e está apenas sendo devolvido para a atmosfera através da queima.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No final do semestre, solicitamos das/dos estudantes uma avaliação individual do curso, que poderia ser anônima. Nessa avaliação individual, cada estudante deveria atribuir nota de zero a dez para os itens apresentados no quadro 2.

Quadro 02: Itens da avaliação individual e objetivo do item conforme foi explicado à turma.

ITEM	OBJETIVO DO ITEM
Adequação do conteúdo ao tema proposto (Energia):	Explicamos à turma que cada estudante deveria dar nota à relação que os conteúdos desenvolvidos durante o semestre tinham com o tema "Energia".
Adequação do material didático:	Pedimos que fosse analisado se o material didático distribuído em forma de apostila era fácil de entender, interessante e útil.
Carga horária:	Se as duas horas-aula semanais dedicadas ao curso, durante um semestre letivo, eram adequadas.
Andamento do curso:	Pedimos analisar se a maneira como o curso foi organizado e a disposição das aulas foram adequadas.
Conhecimento do professor:	Se o professor que ministrou o curso demonstrava conhecer bem o tema desenvolvido.
Didática das aulas:	Se o professor do curso desenvolvia o tema de forma consistente e clara, se as técnicas utilizadas facilitavam a aprendizagem.
Relacionamento com a turma:	Se o professor manteve bom relacionamento com a turma durante todo o curso.
Experimentos:	Se os experimentos apresentados foram

	adequados para o tema proposto.
Recursos audiovisuais:	Pedimos à turma analisar se os recursos audiovisuais, como as apresentações Prezi e ferramentas baseadas na internet, foram adequadamente utilizados ao longo do curso.

Fonte: ELIAS (2015), adaptado.

Instruímos a turma a responder na sala ou em casa e devolver a avaliação preenchida. A taxa de devolução da avaliação preenchida foi de aproximadamente 60%. No quadro 3 apresentamos as médias das notas atribuídas pelos/as estudantes a cada um dos itens.

Quadro 03: Feedback da turma.

ITEM	MÉDIA ATRIBUÍDA PELA TURMA
Adequação do conteúdo ao tema proposto (Energia):	9,90
Adequação do material didático:	9,71
Carga horária:	8,90
Andamento do curso:	9,67
Conhecimento do professor:	10,00
Didática das aulas:	9,71
Relacionamento com a turma:	9,95
Experimentos:	9,52
Recursos audiovisuais:	8,95

Fonte: ELIAS (2015), adaptado.

Os únicos itens com nota inferior a 9 foram carga horária e recursos audiovisuais. Em relação ao item carga horária, atribuímos a nota comparativamente baixa ao pouco tempo disponível para um adequado desenvolvimento do tema. Isso ficou evidenciado ao final do curso, quando discutimos o subtema Idade Contemporânea. As aulas eram dialogadas e no tratamento desse subtema (mais próximo da vida das/dos estudantes) as discussões se tornaram especialmente ricas e o tempo sempre parecia curto.

Em relação aos recursos audiovisuais acreditamos que a nota relativamente baixa atribuída pela média da turma tenha relação com a lentidão da conexão à internet disponibilizada pela escola. Muitas vezes surgia durante a discussão de um subtema a necessidade de apresentar vídeos e outros recursos disponibilizados *online*, necessidade que às vezes esbarrava em problemas de conexão.

Ao final do formulário para avaliação do curso, deixamos um espaço para observações pessoais anônimas, elogios e críticas. Em razão de sua

natureza mais espontânea, sem os itens pré-concebidos apresentados nos quadros 2 e 3, acreditamos que essas observações pessoais sejam um elemento importante do *feedback* da turma, no contexto da avaliação do curso. Transcrevemos no quadro 4, a seguir, algumas dessas observações, acompanhadas de comentário do professor que ministrou o curso.

Quadro 04: Observações Pessoais obtidas no *feedback* da turma.

OBSERVAÇÃO PESSOAL DE ESTUDANTE	COMENTÁRIO DO PROFESSOR DO CURSO
“De fato seu trabalho foi maravilhoso, pode-se perceber com a satisfação da turma. ”	Ao final do curso, estudantes permaneceram em sala para relatar a satisfação com a maneira como as aulas foram conduzidas.
“Se fosse para definir o curso em uma palavra, seria épico. Foi de extrema importância para o ENEM e muito mais que isso, irei levar para a vida o aprendido em sala. ”	Havia na turma uma preocupação com o ENEM, e o reconhecimento da relevância do tema para esse exame, mas principalmente como conhecimento significativo e útil na formação para a vida.
“Espero que o Professor volte logo. ”	O curso acabou se desdobrando com outras atividades, como a volta do professor à escola para ministrar aulas de apoio, como voluntário.
“Muito bom, amei o projeto, melhor que tive. ”	O entusiasmo da turma com o projeto foi um dos aspectos mais gratificantes desse curso interdisciplinar.
“Parabéns por nos ensinar de uma forma tão legal. Professor eu gostaria de agradecer a oportunidade que eu tive de participar desse curso, Parabéns por dedicar algumas horas para ensinar um pouquinho do que você sabe. Obrigada de verdade. Que você tenha muito sucesso e que todos os seus sonhos possam se tornar reais, e que você seja muito feliz. :-) ”	Esse e todos os outros comentários dos alunos em relação ao curso fazem-nos lembrar Rubem Alves (2000, p. 19), dirigindo-se aos professores: Lembrem-se de que vocês são pastores da alegria, e que a sua responsabilidade primeira é definida por um rosto que lhes faz um pedido: "Por favor, me ajude a ser feliz..."

Fonte: ELIAS (2015), adaptado.

Essas avaliações refletem o bom andamento do curso durante todo o semestre letivo. Embora alguns momentos possam ter sido cansativos, observamos o interesse da turma a maior parte do tempo, demonstrado pela assiduidade e atenção durante as aulas, e em pequenas coisas, como o cuidado entre os/as estudantes em quase nunca esquecer de trazer e usar o material escrito disponibilizado.

Atribuimos o reconhecimento demonstrado pela turma à importância do tema e ao modo como foi trabalhado, através de uma transposição didática baseada na priorização de temática relevante, selecionada e adaptada à faixa etária e aos conhecimentos que estudantes trazem da escola e das suas diferentes experiências de vida, situações em que diferentes formas de energia estão presentes (ELIAS, 2015). Entendemos que esse reconhecimento é também um resultado gratificante do nosso estudo de várias disciplinas para a preparação das aulas, na busca por uma interdisciplinaridade coerente e interessante, e, não menos importante, é resultado da empatia que se estabeleceu entre o professor e a turma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do início ao fim do semestre o curso obteve a consideração de estudantes, docentes e coordenação da escola com relação à importância da temática e da maneira acessível como foi trabalhada. Acreditamos que três fatores foram fundamentais ao sucesso desse trabalho: a disposição em tratar o tema Energia de forma coerentemente interdisciplinar, a realização de uma transposição didática que permitisse partir do conhecimento de referência ao conhecimento ensinado e aprendido, e a empatia estabelecida entre professor e estudantes. Esses três fatores possibilitaram à turma desenvolver uma ideia mais consistente do que é energia e do que ela não é, da impossibilidade de criar ou destruir energia, e das infinitas vias de transformação de uma forma de energia em outra. Possibilitaram estabelecer relações de harmonia entre os conhecimentos de diferentes disciplinas, que esperamos sejam úteis para estudos subsequentes da turma nessas e em outras disciplinas, e para a vida.

Aprendemos muito para produzir e colocar em prática esse curso, é da natureza desse tipo de trabalho fazer-nos aprender constantemente, com humildade, inclusive fora das disciplinas da nossa zona de conforto docente, e partilhar alegremente o que aprendemos. Desejamos que este relato reflita nosso entusiasmo – e o entusiasmo dessa turma de estudantes de Ensino Médio – com as possibilidades da realização de trabalhos transpositivos interdisciplinares. Esse trabalho foi recebido com curiosidade e carinho pelas alunas e alunos, a quem deixamos aqui nossos agradecimentos. Esperamos

com o curso “Energia” e com este artigo ter feito uma modesta contribuição na busca pelo aprimoramento da educação científica no Ensino Básico.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rubem. A alegria de ensinar. Campinas, SP: Papirus, 2000. ISBN 85-308-0590-9

AMARAL, E.R. e MORTIMER, E.F. Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Calor. In: Atas III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (III ENPEC), Atibaia, SP, 2001. p. 5-18. Disponível em: <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2357> Acesso em 07 de agosto de 2017.

BADILLO, R.G., MIRANDA, R.P., BELTRÁN, M.U., FERNANDEZ, L.C. e R.A. RODRÍGUEZ. El Concepto de Valencia: Su Construcción Histórica y Epistemológica y La Importancia De Su Inclusión en la Enseñanza. *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 10, n 3, p. 571-583, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/18.pdf> Acesso em 07 de agosto de 2017.

BLAINEY, G. Uma Breve História do Mundo. São Paulo: Editora Fundamento, 2012. ISBN 9781742282848

BRASIL. BNCC. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: Ministério da Educação (MEC), 2015. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/pdf/0_BNCC-Final_Apresentacao.pdf Acesso em 07 de agosto de 2017.

BRASIL. Fundamentos Pedagógicos e Estrutura Geral da BNCC. 3ª Versão. Brasília: Ministério da Educação (MEC), 2017a. Disponível em: <http://tinyurl.com/bnccversao3> Acesso em 07 de agosto de 2017.

BRASIL. Ministério da Educação apresenta avanços da terceira versão da Base Comum Curricular. Brasília: Assessoria de Comunicação Social do Ministério da Educação (MEC), 2017b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=44481> Acesso em 07 de agosto de 2017.

CHEVALLARD, Y. La transposición didáctica. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2009. ISBN 9789507013805

CHOI, B.C. e PAK, A.W. Multidisciplinary, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clin Invest Med*, v 29, n 6, p. 351 a 364, dezembro, 2006.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17330451> Acesso em 07 de agosto de 2017.

CYCLEBACK, D. Looking at Art and Artifacts. Londres: Hamerweit Books, 2013. ISBN 9781304344021

ELIAS, J.A. Física, Química e História: Uma Proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio. 2015. 160 folhas. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília (PPGEC – UnB). Brasília, 2015. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18846/1/2015_JulianoDeAlmeidaElias.pdf Acesso em 07 de agosto de 2017.

ESTADOS UNIDOS. Realizing the Energy Potential of Methane Hydrate for the United States. Washington: National Research Council of the National Academies, 2010. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/12831/realizing-the-energy-potential-of-methane-hydrate-for-the-united-states> Acesso em 07 de agosto de 2017.

GULKA, Juliana A. Passo a passo: Apresentações em Prezi. Florianópolis, 2015. Documento em PDF. Disponível em: http://portal.bu.ufsc.br/files/2013/10/Oficina_Prezi_20.03.2015.pdf Acesso em 07 de agosto de 2017.

HAAS, Celia Maria. A Interdisciplinaridade em Ivani Fazenda: construção de uma atitude pedagógica. International Studies on Law and Education. 8, mai-ago, p. 55-64, 2011. Disponível em: <http://repositorio.uscs.edu.br/handle/123456789/163> Acesso em 07 de agosto de 2017.

MENEZES, Ebenezer Takunode; SANTOS, Thais Helena dos. “Interdisciplinaridade” (verbetes). Dicionário Interativo da Educação Brasileira - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002. Disponível em <http://www.educabrasil.com.br/interdisciplinaridade/> Acesso em 07 de agosto de 2017.

MORTIMER, E.F. e L.F. AMARAL. Quanto Mais Quente Melhor: Calor e Temperatura no Ensino de Termoquímica. Química Nova na Escola, 7, p. 30-34, 1998. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf> Acesso em 07 de agosto de 2017.

PROENÇA, G. História da Arte. São Paulo: Editora Ática, 2012. ISBN 9788508113194

SIMÕES NETO, J.E. e AMARAL, E.M.R. Modos de Pensar e Formas de Falar o Conceito de Energia por Alunos do Ensino Médio. Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0614-1.pdf> Acesso em 07 de agosto de 2017.

SMIL, V. Energy: a beginner's guide. Oxford - UK: Oneworld Publications, 2009. ISBN 9781851684526

WARTHA, Edson José, REZENDE, Daisy de Brito. Os Níveis de Representação no Ensino de Química e as Categorias da Semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências* – V16(2), p. 275-290, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID264/v16_n2_a2011.pdf Acesso em 07 de agosto de 2017.