

O IMPACTO AMBIENTAL DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E DOS BIOCOMBUSTÍVEIS: AS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE O TEMA

Ayla Márcia Cordeiro Bizerra ¹

Jorge Leandro Aquino de Queiroz ²

Demétrios Araújo Magalhães Coutinho ³

Resumo: A Química desempenha um papel fundamental no mundo contemporâneo, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias e soluções que impulsionam o progresso da sociedade. Uma das principais contribuições da Química para o desenvolvimento tecnológico foi, certamente, o estudo da utilização de combustíveis como fonte de energia, o que proporcionou o surgimento de diversas máquinas que foram aperfeiçoadas até chegar ao estado em que se encontram atualmente. Os impactos causados pela queima de combustíveis é um dos assuntos mais estudados pelos ambientalistas e discutidos pelas mídias em geral, que nem sempre fornece informações seguras ou suficientemente detalhadas sobre os mesmos. Assim, este trabalho buscou desenvolver e aplicar uma metodologia na qual estudantes do Ensino Médio pudessem pesquisar e desenvolver suas próprias concepções sobre a temática. Na atividade realizada, a turma foi dividida em dois grupos: onde um grupo ficou responsável pela pesquisa sobre os combustíveis fósseis, e o outro, sobre os biocombustíveis. Após a pesquisa inicial, os grupos apresentaram e debateram os resultados de suas pesquisas. Os resultados foram satisfatórios, demonstrando que os estudantes se mantiveram interessados e empenhados na pesquisa e exposição de ideias. A atividade também teve grande aprovação por parte dos estudantes, mostrando-se uma abordagem eficiente para se trabalhar em sala de aula diversos aspectos de conteúdos químicos. Aumentando dessa forma, o engajamento e a interação dos alunos.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

E-mail: aylamarcia@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: jorgeleandro2009@hotmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

E-mail: demetriosamc@gmail.com

Palavras-chave: Combustíveis; Educação Ambiental; Argumentação em Ciências.

Introdução

A Química desempenha um importante papel na sociedade atual, pois são através das pesquisas científicas que se desenvolveram e continuam se desenvolvendo produtos e soluções que proporcionam o avanço, progresso e conforto para a sociedade moderna. Estes avanços, entretanto, muitas vezes trazem consequências negativas, principalmente em relação ao aspecto ambiental, o que vem recebendo a atenção de diversos pesquisadores.

Autores como Baird e Cann (2011) e Rocha *et al.* (2013) citam os combustíveis fósseis como grandes responsáveis pela degradação ambiental na atualidade, citando problemas como o efeito estufa e o aquecimento global. Já autores, como Oliveira *et al.* (2013), Schuchardt, Ribeiro e Gonçalves (2001), Ogeda e Petri (2010), citam os biocombustíveis, derivados da biomassa, como uma alternativa tanto aos problemas ambientais quanto à escassez de recursos não renováveis. Seiffert (2010) destaca que a educação é um instrumento indispensável à gestão adequada dos recursos naturais.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002, p. 31), enfatizam que, entre as prioridades do ensino da Química no Ensino Médio estão a promover relações entre o conhecimento químico e a sociedade, meio ambiente e cotidiano; auxiliar na interpretação de informações da mídia e da tradição popular e enfatizar que o conhecimento científico não é uma “verdade absoluta”, estando sujeito a diversas críticas, aprofundamentos e reformulações.

Assim, neste trabalho buscou-se a realização de uma atividade escolar que integrasse os conhecimentos químicos às questões ambientais. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, pois estes já conheciam os conceitos químicos básicos para o entendimento da atividade (como substâncias e reações químicas e os conceitos básicos de Química orgânica). Para a análise dos dados foram utilizadas tanto ferramentas quantitativas, como questionários objetivos; quanto qualitativas, como a observação da participação e empenho dos estudantes na realização das tarefas propostas e os comentários dos alunos.

Referencial teórico

A busca por fontes de energia é, e sempre foi, uma das grandes preocupações da humanidade. Inicialmente, o ser humano utilizava apenas fontes naturais, como a luz e calor do sol e, posteriormente, aprendeu a produzir e utilizar o fogo. Entretanto, foi com o advento da urbanização e do surgimento das atividades industriais que a busca por novas fontes energéticas se tornou um fator decisivo para o desenvolvimento de várias atividades humanas que surgiram neste novo panorama.

Revbea, São Paulo, V. 13, Nº 3: 299-315, 2018.

Segundo Baird e Cann (2011, p. 284), houve um aumento acentuado no consumo de energia, em níveis globais, principalmente a partir do século XX, com a segunda etapa da Revolução Industrial e o aumento do padrão de vida dos países desenvolvidos. Segundo os autores, a taxa de aumento global de consumo energético se mantém em um patamar de 2% ao ano.

O principal combustível utilizado durante a Revolução Industrial foi o carvão mineral, cuja queima gerava calor para a produção de vapor, através do qual era gerada energia. Com o avanço tecnológico, entretanto, esta fonte começou a perder importância, sendo substituída em muitos casos por outras formas de geração de energia.

O carvão, entretanto, ainda é utilizado em diversos países para produção de energia elétrica. Conforme explicado por Baird e Cann (2011, p. 293), “o calor que a queima de combustível fóssil produz é utilizado para gerar vapor de alta pressão, empregado para mover as turbinas e, assim, produzir eletricidade”. Ainda segundo os autores, este processo é desvantajoso, pois produz uma quantidade muito grande de gás carbônico se comparado a outros combustíveis.

O petróleo, segundo Carvalho (2008, p. 30), já era usado há 4.000 a.C no Oriente Médio. Entretanto, foi no final do século XIX e início do século XX que o óleo passou a ser utilizado em larga escala como combustível. Baird e Cann (2011, p. 300-301) afirmam que as reservas globais de petróleo, que levaram cerca de meio bilhão de anos para serem formadas serão consumidas em aproximadamente 200 anos. Os autores, no entanto, demonstram que há divergências entre os analistas sobre quando a produção do óleo alcançará o seu pico:

Alguns analistas acreditam que a produção de óleo global atingirá o pico em algum momento entre 2005 e 2015, enquanto outros argumentam que isso não ocorrerá até pelo menos 2030. Uma pesquisa realizada em 2006 com geólogos de petróleo revelou que a maioria acredita que o pico ocorrerá entre 2020 e 2040 (BAIRD; CANN, 2011, p. 300-301).

Apesar das incertezas quanto ao tempo necessário para a produção do petróleo chegar ao seu limite, é certo que esta fonte energética não é infinita. Assim, atualmente diversos pesquisadores e empresas buscam alternativas viáveis aos combustíveis fósseis.

As fontes energéticas predominantes atualmente são as fontes não renováveis, representadas principalmente pelo petróleo e derivados e pelo carvão mineral, respondendo por 81% da matriz energética global e 53,4% da matriz energética brasileira. Já as fontes renováveis, entre as quais se incluem os biocombustíveis representam 13% e 45%, respectivamente. Como se pode observar, os combustíveis de origem fóssil representam a grande maioria da matriz energética em termos globais. Já no cenário brasileiro, observa-se que, apesar destes combustíveis não renováveis representarem a maior parte das

fontes energéticas, os meios renováveis de produção têm também um amplo espaço.

Ogeda e Petri (2010, p. 1549) afirmam que a exaustão das reservas de combustíveis fósseis, associada aos danos ambientais causados por estas fontes levou a um grande interesse no desenvolvimento de fontes energéticas alternativas, como as derivadas da biomassa. Conforme explicam Guedes *et al.* (2010, p. 781), a biomassa é composta principalmente de madeira e resíduos de madeira, colheitas agrícolas e seus resíduos, microalgas e outros, tendo como principais componentes os elementos carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

De acordo com Schuchardt, Ribeiro e Gonçalves (2001, p. 247), “*para um país tropical como o Brasil, o substituto natural para o petróleo seria a biomassa. Além de ser renovável ela reduz a poluição, aproveitando a energia solar*”.

Combustíveis fósseis e Biocombustíveis

Combustíveis fósseis é a denominação dada a um grande grupo de combustíveis não renováveis e que foram formados a milhares de anos a partir de restos de animais e vegetais. Estão incluídos nestas fontes o carvão mineral, o gás natural e o petróleo e derivados, como o óleo diesel e a gasolina.

De acordo com McMurry (2008, p. 91), os depósitos de gás natural e petróleo são a maior fonte de alcanos disponível. O gás natural é constituído principalmente de metano (CH₄), estando presentes também etano (C₂H₆), propano (C₃H₈) e butano (C₄H₁₀). Já o petróleo é formado por uma complexa mistura de hidrocarbonetos, que são destilados de forma fracionada. Ainda segundo o autor, a era do petróleo se iniciou em agosto de 1859, quando foi perfurado o primeiro poço, em Titusville, na Pensilvânia. O produto buscado era o querosene, utilizado para iluminação. A gasolina não recebeu importância neste momento, pois era muito volátil, não servindo, portanto, para utilização na iluminação.

Como citado anteriormente, o petróleo, em sua forma bruta é uma complexa mistura de hidrocarbonetos e apresenta composição variada. Além disso, Mariano (2001, p. 10), cita que o óleo contém, ainda, contaminações variadas de enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais, e que em seu estado bruto tem pouquíssimas aplicações. Assim, o óleo bruto deve ser submetido a uma série de processos que visam aproveitar ao máximo o seu potencial energético.

Diversos fatores levaram pesquisadores e empresas a buscar alternativas viáveis aos combustíveis fósseis. Entre estes motivos, os principais são as reservas limitadas destas fontes e os danos ambientais causados pela extração e queima destes combustíveis como a poluição do ar e das águas e o efeito estufa e aquecimento global, apontados por diversos ambientalistas.

Neste contexto, uma alternativa que vem se mostrando vantajosa é a produção e utilização de biocombustíveis, combustíveis produzidos a partir de

recursos naturais, como a biomassa e óleos de origem animal. Entre estas fontes estão o biodiesel e o etanol (álcool combustível).

De acordo com Goldemberg (2009, p. 582), as fontes energéticas derivadas da biomassa moderna, onde estão incluídos os biocombustíveis, apresentam grande crescimento na participação global de fontes de energia e representarão no fim do século XXI cerca de 10 a 20% de toda energia utilizada no planeta.

Dentre os combustíveis de origem vegetal, o biodiesel se destaca por sua grande versatilidade, uma vez que pode ser obtido através de óleos extraídos de diversas plantas (como soja, algodão, girassol e milho) e também de gorduras animais. De acordo com Rinaldi et al (2007, p. 1374-1375), estes óleos e gorduras são constituídos de triglicerídeos, ésteres formados por ácidos carboxílicos de cadeia longa e glicerol. Também estão presentes, em quantidades significativas, ácidos graxos livres, notoriamente os ácidos láurico ($C_{12}H_{24}O_2$), mirístico ($C_{14}H_{28}O_2$), palmítico ($C_{16}H_{32}O_2$), esteárico ($C_{18}H_{34}O_2$), oleico ($C_{18}H_{32}O_2$), linoleico ($C_{18}H_{30}O_2$) e linolênico ($C_{18}H_{28}O_2$), fosfolípidios, esteróis e tocoferóis.

O biodiesel apresenta diversas vantagens em relação ao diesel convencional (derivado do petróleo) em sua aplicação como combustível automotor. Oliveira et al (2013, p. 734) relacionam as principais:

Do ponto de vista ambiental, é livre de compostos de enxofre e aromáticos, tem uma menor contribuição no efeito estufa, é biodegradável e obtido a partir de fontes renováveis. Com relação aos aspectos econômicos, pode diminuir a dependência dos países importadores de petróleo daqueles que o produzem e estimular a produção agrícola e o desenvolvimento rural. No que diz respeito ao desempenho, o biodiesel apresenta maiores ponto de fulgor, número de cetano e poder lubrificante. Por fim, pode ser usado em motores com ignição por compressão sem que haja a necessidade de modificações mecânicas.

Ainda de acordo com o autor, o uso deste biocombustível também apresenta alguns problemas: notoriamente o menor poder calorífico quando comparado ao óleo diesel, a facilidade de degradação por oxidação e a possibilidade de formação de cristais em baixas temperaturas.

Impactos ambientais dos combustíveis

Segundo Seiffert (2010, p. 6), foi a partir da década de 1960 que as preocupações em relação à poluição do ar atmosférico foram acentuadas. De acordo com a autora, a percepção de que os recursos naturais não são inesgotáveis e a ocorrência de diversos acidentes ambientais contribuiu para o aumento da consciência do ser humano em relação ao meio ambiente.

De acordo com Baird e Cann (2011, p. 292), os combustíveis fósseis ainda são a fonte energética predominante atualmente. Entre estas fontes destaca-se o petróleo e derivados, como a gasolina e o óleo diesel, utilizados principalmente em automóveis e indústrias. Um dos principais problemas ambientais decorrentes da utilização destes combustíveis é a poluição atmosférica causada pela emissão de gases como os óxidos de enxofre e nitrogênio e dos gases estufa, como o dióxido de carbono e o metano.

Rocha et al. (2013, p. 1549) enfatizam que as mudanças climáticas estão diretamente ligadas ao petróleo e gás, e que os combustíveis fósseis são um ponto central na discussão entre recursos energéticos, desenvolvimento e impactos ambientais.

Assim, intensificaram-se os esforços para substituir estas fontes poluentes e limitadas por combustíveis limpos e renováveis. Neste contexto, o biodiesel surge, segundo Quintella *et al.* (2009, p. 1) como uma alternativa vantajosa em diversos aspectos, notavelmente o ambiental, econômico e científico-tecnológico. Entre as principais vantagens desta fonte energética, os autores citam a melhoria das condições ambientais pela redução das emissões de gás carbônico, o impacto social do cultivo de plantas utilizadas na produção dos combustíveis e a independência energética.

Educação Ambiental

Um dos grandes desafios da educação atual é estender os conhecimentos escolares para além da sala de aula, auxiliando os alunos a utilizar seus conhecimentos para refletir e intervir na realidade em que vivem. A educação precisa, portanto, estar contextualizada com temas atuais e, sempre que possível, ligados à realidade dos estudantes. Ao aproximar os assuntos das disciplinas escolares à realidade dos estudantes e a estes temas, a escola contribui para a formação social dos alunos e também torna as disciplinas mais convidativas e dinâmicas.

Um dos temas que mais tem suscitado debates na sociedade são as relações entre o ser humano e o meio ambiente. Assim, pode ser ponto de partida para diversos estudos em sala de aula, envolvendo temas como o desenvolvimento tecnológico e humano, a degradação do meio ambiente e as possibilidades de intervenção. O estudo dos impactos causados pelas atividades humanas teve um grande crescimento no decorrer da história, e junto com esses estudos surgiram iniciativas para inserir as questões ambientais nos currículos escolares.

De acordo com Jacobi (2003, p. 190), foi a partir da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental realizada em Tbilisi (EUA) em 1977 que se iniciaram os esforços globais para orientar os processos educacionais para a formação de uma consciência sobre o valor da natureza, utilizando a interdisciplinaridade e os princípios da complexidade.

O paradigma da complexidade, segundo Ramos (2008, p. 80-81) surgiu na década de 1970 com Edgar Morin como uma crítica ao saber fragmentado, buscando romper os limites entre as áreas do conhecimento. Assim, a Educação Ambiental deve ser vista como um tema transversal, que pode ser aplicado a diversas disciplinas e ser trabalhado de diversas formas.

De acordo com dados do Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA (Brasil, 2005, p. 21), a Educação Ambiental no Brasil se iniciou antes de ser formalizada e institucionalizada através de iniciativas isoladas durante o século XIX e início do século XX. Ainda segundo o ProNEA (BRASIL, 2005, p. 22), a institucionalização da Educação Ambiental pelo governo brasileiro teve início em 1973, com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Este processo continuou em 1981, com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e se consolidou na Constituição Federal, que prevê a necessidade de incluir a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino.

Conforme dados do ProNEA (Brasil, 2005, p. 22-25), a partir da década de 1980 a Educação Ambiental continuou a ganhar destaque nos currículos escolares brasileiros, através de ações como a inclusão da garantia constitucional da Educação Ambiental nas escolas e a criação de diversos órgãos ligados à preservação do meio ambiente, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A preocupação de incluir a Química Ambiental no currículo acadêmico no Brasil é uma iniciativa relativamente recente. Conforme relatam Mozeto e Jardim (2002, p. 9), foi apenas na década de 1980 que surgiram as primeiras disciplinas de Química Ambiental nos cursos de graduação em Química.

Metodologia

A aplicação da pesquisa foi realizada com 32 alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Gilney de Souza, localizada na cidade de São Miguel, Rio Grande do Norte. Foram escolhidos alunos do terceiro ano pelo fato destes já conhecerem os conceitos básicos de Química orgânica, como as funções orgânicas e algumas reações químicas.

O tipo de pesquisa desenvolvido foi a pesquisa participante, que segundo Gil (2009, p. 31) se caracteriza “pelo envolvimento dos pesquisadores e dos pesquisados no processo de pesquisa”. Assim, afasta-se da abordagem clássica, na qual o grupo de pessoas pesquisadas é visto apenas como um objeto.

Descrição da aplicação

A atividade desenvolvida consistiu de uma pesquisa em grupo sobre os combustíveis fósseis e biocombustíveis e seus impactos ambientais, com posterior socialização e debate de ideias.

Para isto, a turma de 32 alunos foi dividida em dois grupos com 16 alunos cada. Um grupo ficou responsável pela pesquisa e socialização de conhecimentos sobre os combustíveis fósseis, enquanto o outro grupo se encarregou do estudo dos biocombustíveis. Os estudantes puderam escolher livremente o grupo e o tema desejado.

Inicialmente foi aplicado um questionário para analisar as concepções prévias dos estudantes sobre a temática. O questionário era composto por dez questões no qual os mesmos indicavam suas ideias sobre os combustíveis fósseis e biocombustíveis e também suas experiências anteriores com atividades argumentativas na escola.

Após esta pesquisa inicial, cada grupo foi orientado a buscar informações sobre o tema escolhido, incluindo suas características químicas, seus impactos ambientais, sociais e econômicos e outros temas relevantes, como facilidade de obtenção e beneficiamento.

Ainda nesta etapa inicial foram discutidos em sala de aula alguns dos principais aspectos sobre o tema em estudo (combustíveis fósseis e biocombustíveis) para que os estudantes tivessem uma base para iniciar suas pesquisas. Os temas discutidos na aula foram as principais diferenças entre as duas fontes energéticas, sua disponibilidade e suas relações com a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente.

Os estudantes foram acompanhados durante o período de pesquisa e organização de informações e argumentos para auxiliá-los no desenvolvimento de suas apresentações e também para trabalhar dúvidas que apareciam. Ao final do levantamento de informações, os grupos apresentaram seus resultados em um debate no qual, inicialmente cada grupo apresentou suas ideias e, em um segundo momento, houve uma sessão de perguntas e respostas entre as equipes. A metodologia da aplicação será detalhada a seguir.

Primeira parte

Nesta etapa inicial, os grupos se reuniram e levantaram diversas informações sobre o tema escolhido. Os principais temas estudados foram:

Aspectos químicos da fonte energética, envolvendo questões como: se o combustível estudado é uma substância pura ou mistura, as funções orgânicas presentes em sua composição, as fontes de onde são extraídos, o processo de formação, as reações químicas ocorridas neste processo e o tempo necessário para que estas reações ocorram entre outros.

Aspectos ambientais: quais são os produtos e subprodutos das reações, como estes produtos interagem no meio ambiente e os riscos ambientais da extração e beneficiamento dos combustíveis entre outros.

Aspectos econômicos: quais são os custos de produção, quais são as condições que favorecem ou desfavorecem sua produção e utilização, etc.

Segunda parte

A partir das informações apresentadas, os grupos elaboraram uma apresentação sobre as principais características e benefícios da utilização da fonte energética escolhida, justificando o motivo de julgar o combustível escolhido como o mais adequado.

Terceira parte

Ao final da pesquisa, as equipes apresentaram seus resultados. Após a apresentação dos grupos houve uma seção de perguntas e respostas entre as equipes. As perguntas deveriam ser focadas, respectivamente, em um aspecto químico, um ambiental um socioeconômico da fonte energética pesquisada, além de uma pergunta final, de tema livre.

Ao final da atividade, foi aplicado um segundo questionário com o objetivo de analisar os conceitos adquiridos através da prática de pesquisa e observar as opiniões dos estudantes sobre a atividade desenvolvida.

Resultados e discussões

Como a etapa inicial foi observar e verificar os conhecimentos dos estudantes acerca do tema desta pesquisa por meio de questionário, observou-se as opiniões discutidas logo a seguir.

Em relação ao primeiro questionário, quando questionados sobre as características gerais dos combustíveis fósseis, a maioria dos estudantes (64%) destacou o fato de estes serem formados por compostos orgânicos, o fato de não serem renováveis e serem formados em um longo espaço de tempo. Entretanto, uma concepção equivocada também foi muito citada pelos estudantes: muitos indicaram que estas são fontes energéticas renováveis (17%). Uma das prováveis causas para estas respostas pode ser a dificuldade dos estudantes em conhecer os conceitos de recursos renováveis e não renováveis. Assim, o conceito de fonte natural renovável se mostrou um tema central a ser trabalhado, uma vez que demonstra uma das maiores dificuldades dos estudantes acerca do tema. A atividade de pesquisa e discussão poderia, portanto, representar uma oportunidade para que os estudantes desenvolvessem melhor estes conceitos.

Quando questionados sobre os problemas ambientais causados pela queima dos combustíveis fósseis, a maioria dos estudantes (78%) destacou os impactos mais discutidos pela sociedade e pela mídia atualmente: o efeito estufa, aquecimento global e a poluição do ar. Estes problemas têm recebido grande atenção da mídia atualmente e geralmente estão entre os primeiros tópicos abordados quando se fala nos efeitos da ação humana no meio ambiente. Assim, é natural que sejam os temas mais lembrados pelos estudantes.

Quando questionados sobre as características gerais dos biocombustíveis, a maioria dos estudantes (71%) destacou aspectos relacionados à origem e composição destes, citando, em sua maioria, o fato de serem originados de produtos vegetais e animais e formados por compostos orgânicos. O fato de serem fontes energéticas renováveis também foi lembrado pelos alunos. Estas respostas demonstram que os discentes já conheciam, mesmo que superficialmente, o tema dos biocombustíveis. Isto pode ser atribuído, em grande parte, à atenção que estas fontes energéticas vêm recebendo nos cenários científico, tecnológico, econômico e ambiental.

Grande parte dos estudantes, entretanto, citou que os biocombustíveis demandam um grande espaço de tempo para ser formados, o que não acontece na realidade. Pode-se notar novamente a dificuldade dos alunos em estabelecer relações entre fontes renováveis e não renováveis. Assim, ressalta-se outra vez a importância da realização da atividade para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos conceitos dos estudantes sobre as diferenças entre as fontes renováveis e não renováveis e os demais aspectos do tema.

Na quarta questão os estudantes expuseram suas ideias sobre os impactos positivos e negativos dos biocombustíveis no meio ambiente. As respostas demonstraram que os alunos possuíam ideias diversas sobre estas fontes energéticas, uma vez que a maioria citou a sua utilização como fonte de aumento de emissão dos gases poluentes (27%); em segundo lugar, muitos alunos também acreditam que estes combustíveis reduzem a emissão destes gases (20%). O problema dos desmatamentos realizados para as plantações também recebeu atenção dos alunos (25%).

Neste quesito os estudantes demonstraram um certo desconhecimento em relação às reações de combustão, indicando a queima dos biocombustíveis como causador do aumento das emissões de gases poluentes. Novamente mostra-se necessário a realização de uma atividade que estimulasse os estudantes a conhecer melhor o tema, buscando informações e aperfeiçoando seus conceitos sobre o tema. É importante ressaltar também, que apesar do erro, os alunos mostraram conhecer um dos impactos negativos mais comentados sobre a utilização de biocombustíveis: o desmatamento realizado para o plantio de culturas destinadas à produção de combustível.

Nas últimas questões os estudantes expuseram um pouco de sua relação com o conhecimento químico e suas relações com a sociedade e o meio

ambiente, além de indicarem a importância que associam às atividades argumentativas em ciências e o fato de já terem ou não realizado este tipo de atividade na escola. A maioria (65%) indicou que não costuma questionar e estudar os produtos e processos químicos presentes no cotidiano, indicando como principal fator a dificuldade e complexidade destes assuntos, entretanto, todos indicaram que consideram a Química útil para o desenvolvimento social e ambiental.

Quando questionados sobre a argumentação nas ciências naturais, 94% dos alunos declararam nunca ter realizado nenhuma atividade argumentativa, mas todos disseram considerar estas atividades importantes, citando como principais vantagens a exposição de ideias e a preparação para se tornar um cidadão mais atuante.

Ideias discutidas durante o debate

Durante a exposição de debate de ideias os estudantes se mostraram participativos e interessados, ouvindo as exposições dos outros grupos e construindo argumentos para as perguntas.

Os principais temas expostos pelo grupo responsável pela pesquisa dos combustíveis fósseis foram a sua origem, principais exemplos (carvão, petróleo e gás natural) e um breve retrospecto histórico da utilização destas fontes energéticas. Neste momento inicial, o grupo mostrou-se certo que, apesar do uso destes combustíveis trazer certos benefícios, o “saldo final” da utilização deles é negativo, uma vez que os problemas causados pelos poluentes se sobressai às vantagens produzidas, conforme denotado na fala de um estudante:

“– Os combustíveis fósseis são os principais responsáveis pelo efeito estufa.”

O grupo se mostrou focado nas questões ambientais inerentes à utilização dos combustíveis fósseis, mas destacaram também assuntos referentes ao aspecto econômico, como a tendência de aumento do preço dos derivados do petróleo, conforme explicitado por um dos estudantes:

“– O preço dos combustíveis fósseis cresce em proporcionalidade inversa” [à sua disponibilidade].

A equipe também trouxe estatísticas sobre a produção e utilização destes combustíveis e finalizou a apresentação reafirmando os impactos ambientais trazidos por estas fontes energéticas: liberação de dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e metais pesados e sua consequente influência no aquecimento global.

O grupo que estudou os biocombustíveis se mostrou favorável a esta fonte energética, entretanto também apresentou algumas críticas notáveis em relação à sua produção. A exposição começou com um breve resumo sobre os estudos em relação aos impactos ambientais dos combustíveis fósseis, que impulsionaram a busca por fontes mais limpas e sustentáveis. Também foram apresentadas as fontes de produção do biodiesel: óleos vegetais (com destaque para o de milho, soja, algodão e mamona) e animais.

Neste aspecto, o grupo aproveitou para mostrar uma das consequências negativas mais comentadas a respeito da produção de combustíveis a partir de vegetais: a possibilidade de direcionamento da produção destinada à produção de alimentos e também o problema dos desmatamentos realizados para as plantações. O grupo, entretanto, citou também que estas atividades agrícolas podem representar um incremento na renda dos produtores rurais.

Por fim, foram apresentados os aspectos que o grupo considerava mais positivos em relação aos biocombustíveis: a redução das emissões de gases poluentes, a grande diversidade de matérias-primas para sua produção e o fato de se basear em produtos renováveis.

Após esta exposição inicial de ideias houve uma rodada de perguntas e respostas entre os grupos, que estão representadas nos Quadros 1 e 2, a seguir.

Quadro 1: Perguntas do grupo dos combustíveis fósseis.

Tema	Pergunta do grupo dos combustíveis fósseis	Resposta do grupo dos biocombustíveis
Aspectos químicos da fonte energética	O grupo questionou como a utilização dos biocombustíveis pode reduzir o aquecimento global, comparando estes aos combustíveis fósseis.	O grupo explicou que um dos principais causadores do efeito estufa é o CO ₂ , que é formado como produto da combustão dos combustíveis fósseis, o que é minimizado no caso da queima de biocombustíveis.
Aspectos ambientais da fonte energética	O grupo perguntou sobre as possíveis desvantagens da utilização de biocombustíveis.	A resposta do grupo se focou nos possíveis prejuízos à agricultura, conforme havia demonstrado na apresentação inicial.
Aspectos socioeconômicos da fonte energética	A pergunta do grupo foi sobre quais vantagens a outra equipe destacava na utilização dos biocombustíveis.	A equipe destacou que esta fonte energética apresenta diversos aspectos vantajosos, como na área ambiental e econômica.
Pergunta de tema livre	O grupo perguntou quais foram os principais conhecimentos adquiridos pelos integrantes do outro grupo em relação aos biocombustíveis.	O grupo destacou questões que disseram desconhecer antes da realização da pesquisa, como o processo de produção do biodiesel e as grandes possibilidades apresentadas pelo Brasil na produção deste combustível alternativo.

Quadro 2: Perguntas do grupo dos biocombustíveis.

Tema	Pergunta do grupo dos biocombustíveis	Resposta do grupo dos combustíveis fósseis
Aspectos químicos da fonte energética	O questionamento do grupo foi sobre como a sociedade iria se comportar com o fim do petróleo.	O grupo citou o petróleo como importante fonte de matérias-primas e comentou que se deve investir em pesquisas para a busca de materiais alternativos.
Aspectos ambientais da fonte energética	O grupo questionou o porquê de se utilizar os combustíveis fósseis com tanta intensidade, uma vez que estes seriam grandes causadores de problemas ambientais.	O grupo destacou o capitalismo e a busca pela eficiência dos processos industriais, citando que a sociedade atual busca a geração de lucros independentemente da conservação ambiental.
Aspectos socioeconômicos da fonte energética	O grupo questionou sobre como os seres vivos reagem à queima de combustíveis fósseis.	O grupo citou os prejuízos à saúde, como a contaminação do ar e águas.
Pergunta de tema livre	O grupo questionou sobre o que os integrantes da outra equipe, caso morassem em uma metrópole, fariam para reduzir a queima de combustíveis fósseis.	O grupo citou a formação de grupos para cobrança às autoridades públicas, reestruturação de fábricas poluentes e utilização de transportes alternativos. Um aluno do grupo, entretanto, citou que apesar de já ter vivido em uma grande cidade não conhecia os malefícios causados pela queima destes combustíveis.

As ideias e perguntas expostas durante o debate demonstram que os estudantes fizeram os estudos e pesquisas com senso crítico, uma vez que estes se importaram em apresentar as vantagens e desvantagens do tema escolhido relacionando-o a aspectos contemporâneos como a economia e sociedade.

Durante toda a atividade, os alunos se mostraram empenhados e interessados em defender seu ponto de vista, buscando construir argumentos baseando-se nas pesquisas realizadas e nos assuntos discutidos em sala de aula. É importante destacar também que durante toda a exposição e seções de perguntas e respostas todos os integrantes dos grupos se mostraram envolvidos tanto em suas apresentações quanto nas do outro grupo.

Respostas ao questionário 02

Em relação ao segundo questionário pretendeu-se verificar se houve mudança nas ideias dos estudantes antes e após a realização da atividade. Ressalta-se que este instrumento não foi utilizado para medição do conhecimento ou avaliação da aprendizagem propriamente dita, em virtude da

curta duração da atividade. O outro objetivo das perguntas foi obter informações sobre a avaliação dos estudantes em relação à metodologia proposta.

Comparando as respostas sobre as características gerais dos combustíveis fósseis antes e depois da atividade, observa-se que os estudantes passaram a demonstrar uma maior percepção de que estas fontes são limitadas, uma vez que não podem ser renovadas e também demandam um longo espaço de tempo para se formarem. Por outro lado, e apesar deste ter sido um tema muito debatido, muitos alunos ainda indicaram estas fontes como renováveis, o que demonstra ainda uma confusão dos conceitos.

Em relação às concepções gerais sobre os biocombustíveis, também se notou um avanço dos estudantes, uma vez que estes passaram a identificar melhor as suas principais características. A ideia de que os biocombustíveis demandavam um longo espaço de tempo para serem produzidos, por exemplo, passou de 17% no primeiro questionário para apenas 3% no segundo. Isto se deve principalmente à pesquisa e exposição de ideias realizadas, uma vez que os alunos foram estimulados a buscar mais informações sobre o tema, não se detendo apenas a informações superficiais. Um exemplo disto é que, durante a apresentação dos resultados da pesquisa um dos estudantes citou a reação de transesterificação (reação pela qual pode ser produzido o biodiesel), que comumente não é trabalhada no Ensino Médio nem divulgada em mídias.

A maior mudança observada foi em relação às concepções dos estudantes sobre os biocombustíveis. Inicialmente, a maioria deles acreditava que estes combustíveis causavam um aumento na emissão de gases poluentes. Após a atividade realizada, os estudantes apresentaram ideias significativamente diferentes e mais compatíveis com o que é observado. Neste aspecto, foram destacadas como características positivas a redução da emissão de poluentes e aproveitamento de resíduos; os impactos negativos mais lembrados foram o prejuízo aos solos agrícolas e desmatamentos, temas bastante discutidos tanto na apresentação dos grupos quanto na seção de perguntas e respostas.

Quando questionados sobre a fonte energética mais vantajosa em relação ao meio ambiente, os estudantes se mostraram mais favoráveis aos biocombustíveis, uma vez que a exposição das ideias durante o debate demonstrou que os mesmos encontraram, em suas pesquisas, ideias mais favoráveis aos biocombustíveis e desfavoráveis aos combustíveis fósseis. Entre as principais justificativas apresentadas pelos que escolheram os biocombustíveis constavam o fato destes reduzirem a emissão de poluentes atmosféricos e serem renováveis. Os que optaram pelos combustíveis fósseis não apresentaram justificativas.

Em relação à viabilidade dos combustíveis na atualidade, houve uma mudança sensível na opinião dos estudantes, que passaram a considerar os combustíveis fósseis como mais viáveis atualmente. Isto pode ser uma consequência das pesquisas, nas quais encontraram diversos fatores que

limitam a produção dos combustíveis através de matérias-primas animais e vegetais. Entre as razões apresentadas pelos que escolheram os combustíveis fósseis estavam o fato de estes apresentarem alto desempenho e serem mais usados na atualidade; já os principais argumentos a favor dos biocombustíveis estão o fato destes serem produzidos a partir de matéria-prima renovável e gerarem menos poluentes.

Nas últimas questões, os estudantes expuseram suas opiniões sobre a atividade desenvolvida, como sua avaliação e os aprendizados que obtiveram durante a realização da mesma. As respostas demonstraram que os alunos avaliaram positivamente a atividade e, segundo sua própria avaliação, conseguiram aprender e conhecer diversos temas que não conheciam. Todos os estudantes afirmaram que a atividade contribuiu para um melhor entendimento do assunto. A possibilidade de realizar uma seção de perguntas e respostas entre os próprios alunos também foi um aspecto destacado, já que, segundo eles, não costumavam ter este tipo de aproximação com os conhecimentos da disciplina.

Entretanto, foram apontadas algumas dificuldades, sendo a principal relacionada à compreender o aspecto químico do tema, o que pode ser considerado aceitável, uma vez que este foi o primeiro contato deles com o assunto, sendo assim, normal que encontrem algumas dificuldades em compreender aspectos como estruturas e reações químicas. É importante ressaltar, entretanto, que a maioria deles conseguiu superar estas dificuldades, conforme demonstrado no debate e nas respostas às questões anteriores.

A avaliação geral dos estudantes também foi positiva, sendo que a maioria classificou a atividade como “ótima” ou “boa”. Alguns dos comentários deixados pelos alunos foram de que a atividade foi muito informativa, que tinham estudado sobre um tema novo e que o trabalho em equipe foi fundamental para desenvolver e compartilhar ideias.

Assim, pode-se observar que o estudo obteve êxito, uma vez que foi nítida a interação e participação dos estudantes, bem como pelo fato dos mesmos terem apresentado ideias bem fundamentadas e desenvolvidas. Por fim, a boa avaliação deles sobre a atividade corrobora para o entendimento de que a mesma teve uma boa aceitação entre os estudantes.

Conclusão

Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que a atividade obteve êxito, atingindo os objetivos a que se propunha. A interação que os alunos tiveram com os conhecimentos abordados foi certamente maior do que se o mesmo tivesse sido trabalhado em uma aula expositiva, uma vez que os estudantes puderam pesquisar, construir suas próprias ideias, argumentar a favor delas, elaborar e responder questionamentos.

Pôde-se observar durante toda a realização da atividade que os participantes se mantiveram interessados e entusiasmados com a pesquisa e a exposição. Os mesmos demonstraram independência e organização na pesquisa, exposição e debate de ideias. O processo de pesquisa, seleção de informações e argumentação pelos estudantes foi satisfatório, sendo que todos os grupos apresentaram conceitos e informações corretas e relevantes sobre o tema pesquisado e também conseguiram desenvolver bem as perguntas e respostas.

Os principais pontos positivos observados durante a realização da atividade foram a boa participação dos estudantes, o empenho destes em realizar as atividades propostas e o fato de terem desenvolvido e aprimorado diversos conceitos nas áreas química, ambiental e social.

Assim, observa-se que a atividade contribuiu para aumentar o interesse dos alunos em relação ao tema, bem como estimulá-los a argumentar e defender suas ideias, o que é uma habilidade fundamental tanto nas ciências quanto na atuação em sociedade.

Referências

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+ Ensino Médio): Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002. 141 p. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>, acesso em 07 jan. 2014.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002. 58p. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>, acesso em 19 fev. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental; Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental. **Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA**. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 105p. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/pronea3.pdf>>, acesso em 09 jan. 2014.

CARVALHO, J.F. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 30-33, set. 2008.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

GUEDES, C.L.B. *et al.* Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para a gasolina. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 781-786, 2010.

Revbea, São Paulo, V. 13, Nº 3: 299-315, 2018.

JACOBI, P. Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

MARIANO, J.B. Impactos ambientais do refino de petróleo. 2001. 216f. **Tese** (Mestrado em Planejamento energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. v. 1. 925 p.

MOZETO, A.A.; JARDIM, W.F. A Química Ambiental no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, supl. 1, p. 7-11, 2002.

OGEDA, T.L.; PETRI, D.F.S. Hidrólise enzimática de biomassa. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 7, p. 1549-1558, 2010.

OLIVEIRA, D.M. *et al.* Obtenção de biodiesel por transesterificação em dois estágios e sua caracterização por cromatografia gasosa: óleos e gorduras em laboratório de química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 734-737, 2013.

QUINTELLA, C.M. *et al.* Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. **Química Nova**, São Paulo, Vol. 32, No. 3, p. 793-808, 2009.

RAMOS, R. A educação e o conhecimento: uma abordagem complexa. **Educar**, Curitiba, n. 32, p. 75-86, 2008. Editora UFPR.

RINALDI, R. *et al.* Síntese do biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para o laboratório de química geral. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.

ROCHA, G.O. *et al.* Química sem fronteiras: o desafio da energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1540-1551, 2013.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256p.

SCHUCHARDT, U.; RIBEIRO, M.L.; GONÇALVES, A.R. A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima?. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 247-251, 2001.

SEIFFERT, M.E.B. **Gestão ambiental**: instrumentos, esferas de ação e Educação Ambiental. 1. ed. 3. reimp. São Paulo: Atlas, 2010. 328 p.