

# Análise da circulação do tema biocombustíveis em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio

## RESUMO

**Giovanna Olenik**[nana\\_olenik@hotmail.com](mailto:nana_olenik@hotmail.com)[orcid.org/0000-0001-8327-9147](https://orcid.org/0000-0001-8327-9147)Universidade Federal da Fronteira  
Sul (UFFS), Realeza, Paraná,  
Brasil**Claudia Almeida Fiorese**[claudia.fiorese@uffs.edu.br](mailto:claudia.fiorese@uffs.edu.br)[orcid.org/0000-0002-1044-3863](https://orcid.org/0000-0002-1044-3863)Universidade Federal da Fronteira  
Sul (UFFS), Realeza, Paraná,  
Brasil**Letiére Cabreira Soares**[letiере.soares@uffs.edu.br](mailto:letiере.soares@uffs.edu.br)[orcid.org/0000-0002-8789-7089](https://orcid.org/0000-0002-8789-7089)Universidade Federal da Fronteira  
Sul (UFFS), Realeza, Paraná,  
Brasil

Diante do esgotamento dos combustíveis fósseis e dos problemas ambientais associados, surge a necessidade de buscar novas fontes de energia, como os biocombustíveis, e desenvolver tecnologias para explorar energias renováveis e menos poluidoras. A atual situação exige uma mudança de postura em relação ao meio ambiente, o que demanda a formação de cidadãos críticos, e a escola é um ambiente crucial para isso. A educação pode promover uma atuação mais responsável dos alunos na sociedade, e uma forma de inserir temas relevantes para o desenvolvimento sustentável é através dos livros didáticos. Esta pesquisa teve como objetivo analisar como o tema dos biocombustíveis é abordado em sete coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, selecionadas pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático de 2021 para o Ensino Médio das escolas públicas brasileiras, conforme as recomendações da Base Nacional Comum Curricular. A análise foi realizada com base nos pressupostos de Bardin (2011). Observou-se que a abordagem do tema variou entre as coleções, com alguns livros tratando o assunto de forma mais aprofundada e outros de maneira superficial. Além disso, a pesquisa identificou a utilização de diferentes recursos didáticos, como imagens e esquemas. As articulações do tema com as competências da Base Nacional Comum Curricular mostraram que o foco estava mais nos conteúdos específicos sobre biocombustíveis, revelando algumas limitações na aplicação prática desses conhecimentos e na formação crítico-cidadã dos alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocombustíveis; Livros didáticos; Ensino de Ciências.

# Analysis of the circulation of the topic of biofuels in natural sciences and technology textbooks for high school

## ABSTRACT

Given the depletion of fossil fuels and the associated environmental problems, there is a growing need to seek new energy sources, such as biofuels, and to develop technologies to harness renewable and less polluting energy. The current situation calls for a shift in attitudes toward the environment, which requires the formation of critical citizens, and the school is a crucial environment for this. Education can promote more responsible behavior among students in society, and one way to introduce relevant topics for sustainable development is through textbooks. This research aimed to analyze how the topic of biofuels is addressed in seven collections of Natural Sciences and Technology textbooks selected by the 2021 National Textbook and Teaching Material Program for High School in Brazilian public schools, following the recommendations of the National Common Curricular Base. The analysis was based on Bardin's (2011) framework. It was observed that the approach to the topic varied among the collections, with some books addressing the subject in more depth and others more superficially. Additionally, the research identified the use of different didactic resources, such as images and diagrams. The articulation of the topic with the competencies of the National Common Curricular Base showed that the focus was more on specific content about biofuels, revealing some limitations in the practical application of this knowledge and in the critical-citizen education of students.

**KEYWORDS:** Biofuels; Textbooks; Science Teaching.

## INTRODUÇÃO

A Educação em Ciências/Química é essencial para promover uma formação cidadã aos alunos que conduza a uma atuação consciente em diferentes contextos. Assim, acreditamos que a Educação em Ciências da Natureza, especialmente a Química, pode proporcionar que os estudantes desenvolvam sua maneira de pensar sobre o mundo que os cerca de forma que consigam construir argumentos para explicar os fenômenos naturais e científicos que observam, além de aplicar seus conhecimentos científicos em situações cotidianas.

Dessa maneira, para que a educação química contribua significativamente na construção de uma visão ampla do conhecimento e no desenvolvimento crítico-cidadão dos alunos, ela deve ser feita incluindo nas aulas temas socialmente relevantes, relacionando-os aos processos e aos conceitos químicos, de forma a construir um conhecimento científico que proporcione aplicações em situações cotidianas e em contextos ligados ao ambiente, à tecnologia, à economia e à sociedade.

A extrema importância do cuidado que devemos ter com o meio ambiente é constantemente mencionada nos meios de comunicação de massa e também nos livros didáticos sobre o desenvolvimento sustentável, com o propósito de despertar a necessária tomada de consciência em relação às atitudes da sociedade perante o meio ambiente. Quando se trata de sustentabilidade é fundamental levarmos em conta a constituição da matriz energética mundial e a possibilidade de substituição das fontes de energia não renováveis por fontes renováveis, o que pode reduzir os danos causados ao meio ambiente. No que diz respeito a isso uma das habilidades específicas (EM13CNT309) previstas pela Base Nacional Comum Curricular é:

Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais. (Brasil, 2018, p. 560).

Nesse contexto, uma abordagem em sala de aula sobre o tema biocombustíveis e sua inserção na matriz energética em substituição aos combustíveis fósseis mostra-se importante, pois possibilita que as decisões e ações individuais e coletivas dos alunos sejam feitas visando minimizar os impactos socioambientais, o que pode melhorar as condições de vida em âmbito local, regional e global e favorecer o desenvolvimento sustentável.

Além dos conteúdos conceituais químicos associados ao tema biocombustíveis, podem ser trabalhadas na escola as questões relacionadas à educação ambiental e também à sustentabilidade, proporcionando que os discentes explorem e conheçam os recursos naturais que podem ser utilizados na matriz energética, de maneira a reduzir os danos à natureza e manter um equilíbrio saudável na relação entre a sociedade e o meio ambiente. De acordo com Pinto (2016), desenvolver o assunto “biocombustíveis” como tema no ensino é importante, pois:

[...] a sociedade apresenta pouco conhecimento no que concerne às questões ambientais. Sendo assim, se faz necessário a inclusão desses assuntos no contexto

escolar, porque é nesse meio que os assuntos são discutidos de forma efetiva, pois permite a compreensão das temáticas ambientais e do desenvolvimento de uma postura ativa de participação, direcionando para o desenvolvimento sustentável. (p. 14).

Ainda sobre esse tema é de ressaltar a discussão desenvolvida por Angeli e Carvalho (2020), que chamam a atenção “para o fato de que as injustiças geradas pelo modelo de produção capitalista vão além das desigualdades socioeconômicas, interferindo, também, no acesso aos recursos ambientais e na exposição à degradação ambiental” (p. 2).

A inserção do tema biocombustíveis no contexto escolar possibilita que desde o início da sua formação social as crianças e os adolescentes estejam cientes da importância dos cuidados com o meio ambiente e das atitudes pautadas na sustentabilidade.

Uma das formas de inserir esse tema junto aos estudantes é por meio da sua abordagem nos livros didáticos, materiais de cunho pedagógico com foco no ensino e na exposição de conteúdos e conceitos disciplinares, os quais, além de serem instrumentos de apoio à prática docente, servem como base para que os alunos adquiram conhecimentos e informações.

Diante do exposto, partindo da relevância da abordagem do tema biocombustíveis em sala de aula para promover o pensamento argumentativo e autônomo e também a consciência sustentável dos alunos acerca de questões ambientais, neste artigo temos como objetivo analisar como ocorre a circulação desse tema nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio selecionados pelo PNLD 2021.

## **BREVE TRAJETÓRIA DOS LIVROS DIDÁTICOS**

O início da trajetória dos Livros Didáticos (LDs) no Brasil remete à década de 30 do século XIX, quando sob influência do liberalismo francês foi criado o Colégio Pedro II no Rio de Janeiro, o qual atendia apenas às classes privilegiadas. Nesse contexto, tendo como referência a educação europeia, os colégios utilizavam manuais didáticos em francês ou traduzidos para o português que eram importados para o Brasil (Silva, 2012).

A partir da Reforma Francisco Campos, de 1931, os livros didáticos sofreram algumas mudanças. A principal modificação foi em relação à apresentação dos livros, sendo que a maioria deles passaram a ser livros seriados com conteúdos baseados no programa oficial da Reforma. Em 1942 ocorreu a Reforma Capanema, a qual exigiu mudanças no conteúdo de determinados tópicos. Tais livros foram publicados mantendo a apresentação de exercícios e questionários ao final dos capítulos (Mortimer, 1988).

Promulgada em 1961, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) vigorou até 1970, período caracterizado pela heterogeneidade dos livros didáticos, em função da inexistência de legislação e diretrizes que orientassem a organização dos programas para cada disciplina (Mortimer, 1988). Em decorrência das inúmeras críticas feitas aos processos de distribuição dos livros didáticos, no ano de 1985 foi criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), por meio do Decreto nº 91.542, de 19/08/85 (Schirmer & Sauerwein,

2017). Desde então, a cada três anos é publicado um edital no qual as editoras submetem coleções para serem avaliadas por comissões do Ministério de Educação.

Atualmente está em vigência o edital PNLD 2021 do novo Ensino Médio, no qual o Programa foi dividido em objetos. O primeiro objeto apresenta obras envolvendo um Projeto de Vida e os Projetos Integradores, enquanto o Objeto 2 dispõe de obras organizadas por áreas do conhecimento e não mais disciplinares, com base na organização da BNCC: Matemática e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Linguagens e suas Tecnologias, com seis volumes para cada área (Brasil, 2021).

No histórico conturbado da construção da BNCC houve inúmeros episódios de busca pela legitimidade através de alguns mecanismos, como por exemplo as consultas formais a segmentos do campo educacional. Entretanto devemos considerar que cada escola tem sua particularidade, e é subjetivo pensar em competências e em um currículo comum para todas as escolas do país. Além disso, é importante frisar que a construção dessa Base deve ser constante, e cabe aos pesquisadores em Educação questionar e debater com criticidade os processos de produção e implementação do documento (Franco & Munford, 2018; Silva, 2018).

A BNCC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aborda aspectos ambientais que podem ser trabalhados em sala de aula e que visam incentivar ações individuais e coletivas que minimizem impactos socioambientais tanto em âmbito local, quanto regional e global. Dessa forma, o tema biocombustíveis se constitui uma temática relevante, capaz de proporcionar que os alunos conheçam alguns dos recursos naturais e renováveis que podem ser utilizados como fonte de energia na matriz energética com a finalidade de reduzir os danos ambientais.

## **O TEMA BIOCOMBUSTÍVEIS EM UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL**

A inserção dos biocombustíveis na matriz energética mundial é de extrema importância, bem como a sua abordagem no contexto escolar. Existem na literatura alguns trabalhos em que esse tema é desenvolvido em diferentes contextos sob uma perspectiva ambiental.

Melo, Bara, Fernandes, Vieira e Freitas-Reis (2021) propõem uma sequência didática envolvendo o ciclo da cana-de-açúcar para alunos do terceiro ano do Ensino Médio com o objetivo de melhorar a compreensão da química por trás da fabricação de açúcar e da produção de etanol. Como resultado os autores verificaram tanto a importância de abordar os conceitos químicos de forma contextualizada, aproximando os alunos de seu cotidiano, quanto a necessidade de utilizar diferentes metodologias e estratégias que despertem o interesse dos estudantes.

A partir do desenvolvimento do Projeto “Biogás – Energia Renovável para o Futuro” foi realizada uma investigação em que os alunos puderam reconhecer o biogás como uma fonte de energia viável em âmbito econômico, social e ambiental, e também compreender conteúdos científicos conceituais e

procedimentais e a importância da experimentação nas atividades científicas (Souza & Martins, 2011).

Já Pereira, Marciniuk, Pricinotto, Crespan e Soares (2021), por meio da perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), desenvolveram uma proposta didática utilizando os três momentos pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento) e direcionaram situações-problemas acerca do biodiesel para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, para que eles refletissem e solucionassem os problemas de forma crítica, cidadã e democrática.

Martins, Auth, Epoglou, Tavares e Silva (2015) investigaram a utilização de diferentes atividades didáticas interdisciplinares baseadas em uma situação-problema sob o tema gerador “combustível fóssil x biocombustível”. Dentre as atividades didáticas utilizadas estavam presentes discussões, questionários, relatórios e um júri simulado, o que permitiu que os alunos pudessem estabelecer uma relação entre conhecimentos científicos e aspectos culturais e socioeconômicos.

Bizerra, Queiroz e Coutinho (2018), por sua vez, realizaram uma atividade com estudantes do Ensino Médio, dividindo uma turma em dois grupos, um responsável pela pesquisa acerca dos combustíveis fósseis, e o outro, acerca dos biocombustíveis. Em um segundo momento foi realizado um debate e apresentados os resultados da pesquisa. A partir dessa atividade os alunos puderam pesquisar e criar suas próprias concepções sobre o tema “O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis”.

Diante desse breve relato, podemos concluir que existem diferentes abordagens, estratégias e metodologias possíveis para trabalhar com o tema biocombustíveis no contexto escolar. Além disso, na maioria dos trabalhos a realização das atividades voltadas para o tema despertaram o interesse dos alunos e puderam contextualizar os conceitos químicos, aproximando-os de situações do cotidiano dos estudantes, despertando neles criticidade e autonomia para atuar como cidadãos. Observamos também que nenhuma dessas pesquisas investigou o tema em LDs, acentuando assim a pertinência do presente trabalho.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa se configura como qualitativa, de natureza documental, por se tratar de uma análise de livros didáticos. Dessa forma nossa amostra foi composta por sete coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio, as quais foram aprovadas pelo PNLD 2021, quais sejam: Ser Protagonista (LD1), Moderna Plus (LD2), Matéria Energia e Vida (LD3), Diálogo (LD4), Multiversos (LD5), Conexões (LD6) e Ciências da Natureza Lopes & Rosso (LD7).

Para compreendermos como o tema biocombustíveis circula nos LDs de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021, utilizamos o método da Análise de Conteúdo (AC) seguindo os pressupostos de Bardin (2011). Segundo a autora, a AC se configura como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo de mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (Bardin, 2011, p. 46).

A organização da AC proposta por Bardin (2011) dispõe de três etapas: 1) pré-análise; 2) a exploração do material; e 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Com base nessa metodologia é possível coletar dados a partir de uma questão investigativa acerca de determinado material, para depois analisar o que foi coletado não somente em relação ao que está explícito, mas também no que se refere ao que está implícito na mensagem.

É importante mencionar que neste trabalho estabelecemos uma categoria *a priori*: Competências e habilidades da BNCC. Após a leitura do *corpus*, na exploração do material definimos alguns capítulos dos livros como unidades de contexto, e outras duas categorias de análise: Forma de abordagem temática e Recursos didáticos utilizados. Além disso, as subcategorias também emergiram posteriormente à exploração dos LDs. A Tabela 1 apresenta uma sistematização dessas ideias.

**Tabela 1**  
*Categorias e subcategorias de análise*

| Categorias                                       | Subcategorias   | Unidades de análise |
|--|---|---------------------|
| Categoria 1 – Forma de abordagem temática        | Subcategoria 1.1 – Biodiesel: uma alternativa renovável ao uso dos combustíveis fósseis                 | 14                  |
|  | Subcategoria 1.2 – Produção e utilização do biocombustível etanol no Brasil                             | 10                  |
|  | Subcategoria 1.3 – Biogás – uma alternativa aos combustíveis fósseis: condições de produção e vantagens | 5                   |
|  | Subcategoria 1.4 – Biocombustíveis: a biomassa como fonte de energia em uma perspectiva geral           | 12                  |
| Categoria 2 – Recursos didáticos                 | Subcategoria 2.1 – Esquemas e imagens   | 12                  |
|  | Subcategoria 2.2 – Atividades e questões de pesquisa  | 12                  |
|  | Subcategoria 2.3 – Utilização de textos de divulgação científica  | 3                   |
| Categoria 3 – Competências e habilidades da BNCC | Subcategoria 3.1 – Análise das competências e habilidades da BNCC no LD2                                | 5                   |
|  | Subcategoria 3.2 – Análise das competências e habilidades da BNCC no LD7                                | 6                   |

Fonte: Os autores (2022).

Na Categoria 3 foram selecionados para serem analisados o LD2 e o LD7, pois no decorrer da pesquisa observamos que esses livros foram os que apresentaram uma abordagem mais completa em relação aos biocombustíveis. Além disso, esse recorte se justifica pela análise minuciosa que essa categoria requeria, de forma que fosse possível apresentar uma discussão mais aprofundada dos dados.

Portanto essa categoria é composta por duas subcategorias de análise, uma para cada um dos livros.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### ANÁLISE DA CATEGORIA 1: FORMA DE ABORDAGEM TEMÁTICA

A Categoria 1 está voltada para a abordagem temática envolvendo os conteúdos de biocombustíveis que circulam nos LDs de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, sendo que todos os LDs analisados fazem parte dessa categoria. Como já descrito, essa categoria é composta por quatro subcategorias de análise, as quais discutiremos a seguir, apresentando alguns exemplos das unidades de análise encontradas nos LDs.

#### Subcategoria 1.1 – Biodiesel: Uma Alternativa Renovável ao Uso dos Combustíveis Fósseis

Nessa subcategoria encontramos aspectos relacionados ao biodiesel em quatro livros didáticos, totalizando 14 unidades de análise: (LD1=2, LD2=2, LD4=6, LD7=4).

Como podemos perceber, nem todos os LDs abordaram o biodiesel, o que consideramos um ponto negativo, já que nos dias de hoje ele vem sendo muito discutido e difundido nos meios de comunicação de massa, pois é um biocombustível de extrema importância por conta de suas vantagens ambientais e econômicas, sendo obrigatória atualmente uma mistura de 10% de biodiesel ao óleo diesel comercializado no país (Brasil, 2021).

Algumas das unidades de análise encontradas nos LDs acerca do biodiesel o apresentam como uma alternativa aos combustíveis fósseis devido às circunstâncias ambientais:

O biodiesel tornou-se há poucas décadas uma alternativa ao uso do diesel de petróleo. Ele apresenta propriedades semelhantes ao diesel, mas é biodegradável e não contém enxofre. Essas características tornam esse combustível uma opção de grande relevância para o controle da poluição. (LD1, p. 152).

De acordo com estudos, o uso do biodiesel reduz até aproximadamente 78% das emissões de dióxido de carbono em relação ao uso do diesel. Isso ocorre porque, durante seu desenvolvimento, as plantas oleaginosas cultivadas capturam e consomem o CO<sub>2</sub> emitido pela queima desse combustível, reduzindo o acúmulo desse gás na atmosfera. Assim, o uso da biomassa orgânica não altera o ciclo do carbono, como é observado com o uso de combustíveis fósseis. (LD4, p. 99).

Como já dissemos, o biodiesel é um combustível derivado de biomassa, renovável e biodegradável. Por ser obtido de fontes renováveis ele apresenta ciclo do carbono neutro, reduzindo emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que é o principal responsável pelo efeito estufa, isso porque todo o CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera na queima desse biocombustível é absorvido novamente no processo de fotossíntese pelas fontes vegetais que são utilizadas como sua matéria-prima. Esse é um fato importante relacionado ao biodiesel que deveria ser abordado nos LDs, pois proporciona que os discentes entendam o motivo de o biodiesel emitir

quantidades reduzidas de gases poluentes em relação ao diesel. Entretanto apenas o LD4 fez referência a esse ciclo do carbono neutro.

Para além disso existem outros aspectos relacionados ao biodiesel e ao diesel de petróleo que poderiam ser trabalhados, mas que não foram encontrados nos LDs analisados, como por exemplo as diferenças estruturais entre eles, destacando que o biodiesel é uma mistura de ésteres de ácidos graxos com monoálcoois de cadeia curta, enquanto o óleo diesel é constituído por hidrocarbonetos com cadeias que podem chegar a vinte e oito átomos de carbono, contendo baixas concentrações de átomos de enxofre, oxigênio e nitrogênio. Além disso, apenas o LD7 evidenciou a presença obrigatória de uma percentagem de biodiesel adicionado ao óleo diesel comercial.

Algumas outras unidades de análise encontradas nos LDs abordam aspectos relacionados à produção de biodiesel:

Se o bioetanol brasileiro é baseado em uma única matéria-prima, a cana-de-açúcar, o biodiesel usa diferentes oleaginosas para a sua produção: o óleo de dendê, no Pará, a mamona, no Nordeste semiárido, e a soja, nas regiões Centro-Oeste e Sul. Existem ainda outras alternativas: o algodão, o babaçu, o girassol, o amendoim, a colza (canola), a palma e o pinhão-manso, além de gorduras animais (sebo bovino, suíno e de aves). (LD2, p. 141).

A transesterificação é a reação entre um éster e um álcool que leva à formação de um novo éster e de um novo álcool. No caso da síntese do biodiesel, um óleo vegetal é tratado com um álcool de cadeia curta, normalmente metanol ou etanol. Os produtos formados são ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos presentes no material original, além de glicerol (glicerina). (LD7, p. 106-107).

No que diz respeito à produção do biodiesel, alguns LDs falam de maneira muito superficial sobre as reações de transesterificação dos ácidos graxos para síntese do biodiesel. Entretanto o LD7 explica esse processo de forma mais detalhada do que os demais LDs e também apresenta as vantagens de sua utilização em motores movidos a diesel, o que é pertinente, uma vez que apenas falar sobre a reação de transesterificação sem explicar como ela ocorre e quais são seus benefícios pode gerar dúvidas nos alunos, considerando que dependendo do ano do Ensino Médio em que o tema está sendo discutido, as reações orgânicas podem ainda não terem sido trabalhadas. Ressaltamos também o fato de o LD7 mencionar que o biodiesel pode ser produzido com matérias-primas residuais, pois de acordo com Oliveira, Mota, Oliveira e Sampaio (2017):

Muitas fontes de energia alternativa são desperdiçadas, como o óleo de fritura que é descartado poluindo o meio ambiente. Cada litro de óleo despejado no esgoto urbano tem potencial para poluir cerca de um milhão de litros de água, o que equivale praticamente à quantidade que uma pessoa consome ao longo de quatorze anos de vida. (2017, p. 914).

Dessa maneira, ao se inteirarem da possibilidade da produção de biodiesel a partir do óleo residual, os alunos podem compreender um dos pilares da sustentabilidade, a reutilização, processo que reduz os impactos ambientais promovidos pelo descarte indevido dos óleos residuais de fritura e que permite uma redução de custo. Em dois dos LDs analisados também encontramos alguns recortes que tratam de aspectos históricos relacionados à utilização do biodiesel:

Outro combustível que pode ser obtido a partir da biomassa é o biodiesel. A história do biodiesel começou com a criação dos motores a diesel no final do século XIX, concebidos pelo alemão Rudolf Diesel (1858-1913) e projetados para funcionar com óleos vegetais ou animais. (LD2, p. 141).

Em 1900, na França, durante a Exposição Universal de Paris, evento criado para a divulgação de novas tecnologias, o engenheiro alemão Rudolph Diesel (1858-1913) apresentou um protótipo de motor que funcionava com óleo de amendoim. Ele acreditava que essa tecnologia poderia ajudar no desenvolvimento agrário dos países e que o uso de óleos vegetais (ou uma gordura animal, substâncias da classe dos triacilglicerídeos) poderia se tornar tão importante quanto o de petróleo. [...] Muitos cientistas desenvolveram e testaram diversos métodos, mas nenhum obteve resultados significativos, até que, em meados da década de 1930, a reação de transesterificação foi empregada para produzir o biodiesel. (LD7, p. 106).

É importante introduzir o contexto histórico no ensino e aprendizagem de ciências, pois os fatos históricos podem contribuir para uma melhor reflexão acerca da construção do conhecimento científico. De uma forma geral a ciência é apresentada nas escolas apenas em forma de conteúdo, conceitos e fórmulas para que os alunos decorem, mas através da articulação com aspectos históricos da ciência nas aulas, os conteúdos podem ser contextualizados e abordados de forma reflexiva, conferindo significado à aprendizagem de ciências e possibilitando maior interação e participação nas discussões.

Por fim, em relação a análise dessa subcategoria, percebemos que dentre os LDs em que o assunto foi encontrado, foram identificadas formas de abordagens diferentes, sendo algumas mais superficiais e outras mais aprofundadas. Entretanto nenhum dos LDs fez referências às vantagens econômicas e sociais decorrentes da utilização do biodiesel. Segundo Guarieiro, Vasconcellos e Solci (2011 citados por Pereira et al., 2021, p. 34116), a utilização de biodiesel adicionado ao diesel pode ser considerada uma estratégia tanto econômica, na medida em que pode reduzir a importação de diesel, como social, considerando que contribui com a fixação do homem no campo. A inserção dessa matriz energética pode gerar emprego e renda para o campo, uma vez que a política utilizada para incentivo da produção de biodiesel no Brasil obriga que parte de sua produção tenha como matéria-prima oleaginosas oriundas da agricultura familiar.

### Subcategoria 1.2 – Produção e Utilização do Biocombustível Etanol no Brasil

Nessa subcategoria temos os aspectos relacionados ao etanol que apareceram em quatro LDs e que constituíram dez unidades de análise: (LD1=3, LD2=2, LD5=1, LD7=4).

Assim como observado em relação ao biodiesel, não foram todos os LDs que abordaram o etanol, o que foi ainda mais inesperado devido à elevada produção e utilização desse biocombustível no Brasil, como os próprios LDs relatam:

O bioetanol brasileiro movimenta boa parte da frota nacional de veículos leves e se destaca em relação ao produzido no resto do mundo por sua grande produtividade e relativo baixo custo. A safra brasileira de 2018/2019 de cana-de-açúcar, de 620,4 milhões de toneladas, segundo o Conselho Nacional de Abastecimento (CONAB), gerou 33,14 bilhões de litros de etanol. (LD2, p. 141).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol. Em primeiro lugar estão os Estados Unidos, onde a principal fonte é o milho, que fornece menor volume de etanol por unidade de área cultivada. (LD7, p. 102).

Diversos aspectos importantes relacionados ao etanol que poderiam ser trabalhados em sala de aula não foram abordados nos LDs, como por exemplo: aspectos históricos da utilização de etanol como combustível e a implantação do Proálcool, visto a importância de inserir a história da ciência no contexto escolar; a produção de etanol de segunda geração, o qual vem sendo alvo de inúmeras pesquisas e que é produzido a partir da fermentação controlada de diversas fontes de biomassa vegetal, inclusive dos resíduos que são descartados no processo produtivo do etanol de primeira geração.

Os LDs também não abordaram as vantagens ambientais do etanol levando em conta as diferenças de sua combustão em relação à da gasolina. A gasolina é uma mistura de substâncias extraídas do petróleo, cuja combustão produz uma série de gases nocivos ao ambiente, além de dióxido de carbono, monóxido de carbono e vapor de água, enquanto o etanol, por ser menos complexo, constituído basicamente pelas substâncias etanol e água, libera apenas dióxido de carbono, monóxido de carbono em quantidade reduzida e vapor de água em sua queima.

Dentre os assuntos relacionados ao etanol que foram tratados nos LDs estão aspectos referentes à sua produção, a exemplo destes recortes das unidades de análise encontradas:

Entre os álcoois mais conhecidos está o etanol, usado como combustível. No Brasil, o etanol é obtido principalmente da fermentação dos açúcares presentes na cana-de-açúcar. Ele também pode ser obtido do milho, da beterraba, da batata, entre outras fontes. (LD1, p. 153).

Na indústria, a cana-de-açúcar passa por processos de lavagem, trituração e moagem para a obtenção do caldo de cana, que, em seguida, é filtrado para separá-lo dos resíduos [...] (LD7, p. 102).

Novamente, da mesma forma que para a Subcategoria 1, alguns livros apresentam de forma mais geral e simplista a produção de etanol, enquanto o LD7 explica o processo realizado nas indústrias mais minuciosamente, o que é importante para aproximar os conhecimentos químicos das situações da realidade vivida pelos estudantes, de forma que eles possam compreender a importância dos conteúdos aprendidos e sua aplicação em diferentes cenários do cotidiano.

Além do exposto, um ponto assertivo também foi o fato de que dois dos LDs (LD1 e LD7) evidenciaram a diferença entre o etanol anidro e o etanol hidratado, outro conhecimento que pode ser relacionado ao cotidiano dos alunos, uma vez que representa as duas formas em que o etanol é utilizado como combustível nos motores.

### Subcategoria 1.3 – Biogás – Uma Alternativa aos Combustíveis Fósseis: Condições de Produção e Vantagens

Com relação à Subcategoria 1.3, correspondente às características do biogás, encontramos cinco unidades de análise em dois LDs: (LD2=4, LD5=1). De acordo com Souza e Martins (2011) é importante trabalhar o tema biogás, pois:

[...] esse biocombustível não apresenta uma ampla divulgação nos meios de comunicação, apesar dos muitos pontos favoráveis ao seu uso, dentre os quais se podem destacar: a facilidade de obtenção de matéria-prima (sobretudo esterco de animais); a reutilização de resíduos orgânicos; a redução das emissões de gases estufa; a produção de biofertilizante como um subproduto; e a obtenção de energia térmica e elétrica a baixo custo. (2011, p. 20-21).

Como citado no excerto, o biogás não é amplamente divulgado nos diferentes meios de informação, e isso é corroborado pelo fato de que dentre os biocombustíveis analisados nas subcategorias anteriores o biogás foi o que apareceu com menos frequência nas pesquisas, estando presente apenas em dois dos LDs.

O biogás é uma fonte de energia renovável que apresenta inúmeras vantagens, entre elas: a geração de energia elétrica e térmica; a variedade de matérias-primas que podem ser utilizadas em sua produção; a possibilidade de criação de produtos a exemplo de fertilizantes; por ser uma alternativa aos combustíveis fósseis, inclusive o gás de cozinha (GLP); e por poder ser obtido pela transformação do lixo orgânico em energia, dando nova utilidade a aterros sanitários e diminuindo os problemas enfrentados com o lixo urbano. Entretanto apenas duas unidades de análise sobre essas questões foram encontradas nos LDs analisados.

Além de apresentar as vantagens do biogás, o LD2 também abordou algumas desvantagens, o que é importante para que os alunos tenham uma visão mais ampla, conhecendo aspectos positivos e negativos relacionados à utilização desse biocombustível, de forma que possam refletir, analisar e criar sua opinião com criticidade para posteriormente discutir e tomar decisões na sociedade:

Há alguns inconvenientes que devem ser considerados em relação ao biogás, entre eles: a possibilidade de explosões no biodigestor; a contaminação do solo e de lençóis de água nas regiões de instalação dos biodigestores em virtude do descarte da água residual; vazamento de gases tóxicos, como o gás sulfídrico. Porém, esses inconvenientes podem ser controlados. (LD2, p. 142).

Quanto ao processo de produção de biogás, ambos os livros trabalharam essa questão, como por exemplo:

O biogás compreende uma mistura gasosa, produzida pela decomposição de matéria orgânica. Muitos países têm utilizado o biogás para a geração de energia elétrica, devido à sua eficiência energética e aos seus benefícios ambientais associados ao reaproveitamento de resíduos orgânicos, como cascas de frutas e restos de alimentos, e resíduos do tratamento de esgoto, como o lodo de esgoto. (LD5, p. 31).

As abordagens envolvendo a produção de biogás nos LDs são coerentes e abrem oportunidades para que sejam realizadas atividades e experimentos simulando a produção do biocombustível levando em conta todas as etapas presentes nesse processo de biodigestão anaeróbia.

Apesar de o tema biogás aparecer em apenas dois dos LDs, ambos explicitam de maneira eficiente alguns aspectos de sua produção, faltando apenas

especificar as diferentes etapas como, por exemplo, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, para que assim ficasse mais claro o processo de biodigestão. Um aspecto favorável em relação ao uso do biogás em termos ambientais que nenhum dos livros abordou diz respeito à sua combustão que, embora contribua com o aquecimento global com a liberação de CO<sub>2</sub>, ela promove a queima e consumo do gás metano para conversão em energia, evitando que esse gás, que tem impacto mais severo para o efeito estufa, seja liberado diretamente na atmosfera a partir da decomposição da matéria orgânica. Cabe destacar como um aspecto positivo encontrado no LD2 o fato deste correlacionar as vantagens e desvantagens presentes na utilização do biogás para além de sua definição e produção.

#### Subcategoria 1.4 – Biocombustíveis: A Biomassa como Fonte de Energia em uma Perspectiva Geral

A Subcategoria 1.4 se refere às unidades de análise dos LDs que têm como tema os biocombustíveis de forma geral, e não um biocombustível em específico. Nessa subcategoria identificamos 12 unidades de análise, em cinco livros diferentes: (LD2=1, LD3=1, LD5=4, LD6=3, LD7=3). Nessa subcategoria encontramos diversos trechos que tratam da utilização da biomassa como fonte de energia, conforme os exemplos a seguir:

O uso da biomassa pelos seres humanos como fonte de energia teve início há milhares de anos com a descoberta do fogo, fonte de calor e de luz. A biomassa consiste no material de origem orgânica, animal ou vegetal, presente em um dado momento em uma determinada área. (LD2, p. 141).

Entre as vantagens relacionadas ao uso da biomassa como fonte energética está o reaproveitamento de resíduos de atividades agrícolas, provenientes da colheita de cultivos ou do corte de árvores. Além disso, seu uso emite menos gases poluentes, em comparação aos gases emitidos pelos combustíveis fósseis. Outra vantagem está relacionada à não dependência das condições climáticas. (LD5, p. 23).

A biomassa é toda matéria orgânica de origem vegetal ou animal que pode ser usada para a produção de energia. A partir do processo de fotossíntese as plantas absorvem dióxido de carbono e água, utilizando a energia captada da radiação solar, e os metabolizam produzindo as substâncias constituintes dos vegetais. A fotossíntese libera oxigênio para a atmosfera, e parte dele é consumido no processo de respiração, formando moléculas de glicose que servem como base de moléculas orgânicas como carboidratos, dentre outras substâncias presentes nas plantas.

Uma das formas de aproveitamento da biomassa em atividades humanas e na natureza é sua transformação em energia. Existem inúmeras matérias-primas que podem ser utilizadas como biomassa para produção de energia, e inúmeros biocombustíveis podem ser obtidos a partir dela, como por exemplo o biodiesel, o etanol, o biogás, o carvão vegetal, o biogás de síntese e o bio-óleo. A biomassa se constitui como uma fonte energética renovável e eficaz, que apresenta como principal vantagem o balanço de carbono, considerando que a queima dos biocombustíveis produzidos a partir dela liberam o CO<sub>2</sub> que já estava na atmosfera e foi absorvido pelas fontes vegetais, enquanto os combustíveis fósseis

liberam CO<sub>2</sub> fossilizado há milhares de anos. Em relação aos biocombustíveis derivados de biomassa que podem ser utilizados como alternativa aos combustíveis fósseis, os LDs trazem:

Biocombustíveis são derivados de biomassa usados como alternativa aos combustíveis fósseis em processos de obtenção de energia, seja em motores a combustão, seja em usinas. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (em inglês, International Energy Agency – IEA), a produção global de biocombustíveis, em 2018, foi de 154 milhões de litros, o que corresponde a cerca de 1/10 do suprimento de energia mundial. (LD7, p. 101).

Quando comparado a outras fontes de energia, o biocombustível emite menor quantidade de poluentes, além de possibilitar o reaproveitamento de seus subprodutos e aumentar a geração de empregos no meio rural. (LD6, p. 139).

Como já mencionamos, os biocombustíveis são vantajosos frente aos combustíveis fósseis por emitirem uma quantidade menor de gases poluentes agravantes do efeito estufa, e além disso, como referido no LD6, por possibilitarem o reaproveitamento de subprodutos e aumentarem a geração de empregos no meio rural. Entretanto a matriz energética mundial ainda é constituída em sua maioria por combustíveis fósseis derivados do petróleo.

Em contrapartida, a expectativa é de que cada vez mais os biocombustíveis ganhem espaço no cenário energético mundial, visando melhorias ao meio ambiente. A matriz energética brasileira é uma das mais “limpas” do mundo, pois cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no país são de origem renovável.

Além das numerosas e consideráveis vantagens dos biocombustíveis frente aos combustíveis fósseis, dois dos LDs (LD6 e LD7) também relatam algumas desvantagens, o que é relevante para que os alunos desenvolvam senso crítico e argumentativo a partir do conhecimento de diferentes perspectivas:

No entanto, seu uso também apresenta desvantagens: o processamento da cana-de-açúcar, por exemplo, gera resíduos que podem causar impactos ao ambiente se despejados em rios. Existe também o problema, mencionado anteriormente neste volume, de substituir espaços que seriam naturalmente ocupados por comunidades biológicas complexas por monoculturas. No caso do biodiesel, a plantação de diferentes espécies para sua produção pode esgotar a capacidade do solo e elevar o preço de produtos alimentícios. (LD6, p. 139).

No geral, os LDs apresentam uma abordagem adequada em relação aos biocombustíveis e à biomassa utilizada como sua matéria-prima, bem como às vantagens e desvantagens de sua utilização. Entretanto cabe salientar que verificamos carência nos LDs em relação à utilização de bio-hidrogênio e hidrogênio como combustíveis. O primeiro é produzido a partir de processos biológicos em resíduos orgânicos, e o segundo, a partir da eletrólise da água – matéria-prima barata e de fácil obtenção – de forma que sua combustão gera água novamente, ressaltando-se, ainda, que seu produto não polui o meio ambiente. Além disso, o hidrogênio é uma fonte não poluente, renovável e inesgotável, além de ser considerado por alguns cientistas o “combustível do futuro” (Santos & Mól, 2016).

## ANÁLISE DA CATEGORIA 2: RECURSOS DIDÁTICOS

A Categoria 2 é referente aos recursos didáticos utilizados nos LDs de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para trabalhar o tema biocombustíveis. Essa categoria é constituída de três subcategorias, sendo que todas elas emergiram após a exploração do material. Na sequência, discutimos cada uma delas, com exemplos de unidades de análise retiradas dos LDs.

### Subcategoria 2.1 – Esquemas e Imagens

Nessa subcategoria encontramos esquemas e imagens nas pesquisas realizadas em seis LDs, totalizando 12 unidades de análise: (LD1=1, LD3=1, LD4=1, LD5=2, LD6=1, LD7=6). Dentre essas unidades de análise, duas são tabelas, cinco são figuras, três são gráficos ou infográficos, além de uma fórmula estrutural e um esquema de reação. Segue abaixo alguns exemplos de imagens que constituem as unidades análises dessa subcategoria.

**Figura 1**

*Comparação entre gasolina e etanol*

| COMPARAÇÃO ENTRE GASOLINA E ETANOL |               |                            |   |                                     |   |
|------------------------------------|---------------|----------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Combustível                        |               | Poder calorífico (kcal/kg) | Reação de combustão completa (ideal e simplificada) | Mistura combustível/ar <sup>1</sup> | Rendimento médio comparado <sup>2</sup> |
| Gasolina                           | não renovável | 10 400                     | $C_8H_{18} + 12,5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$     | 15                                  | 1                                       |
| Etanol                             | renovável     | 6 750                      | $C_2H_5O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$          | 9                                   | 0,7                                     |

(1) Considerando a proporção estequiométrica da mistura oxigênio + nitrogênio.

(2) Considerando a gasolina como parâmetro, há fontes que apontam o rendimento médio do etanol como um pouco maior que 0,7.

Fonte: LD1 (2020, p. 153).

Ressaltamos que todas as imagens apresentadas nos LDs em análise são relevantes e que podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. A primeira unidade de análise (Figura 1), por exemplo, consiste em uma tabela que apresenta uma comparação entre o poder calorífico da gasolina e o do etanol. O poder calorífico corresponde à quantidade de energia liberada pela combustão completa de uma unidade de massa de um determinado combustível, à pressão e temperatura constantes, observado que o conhecimento do poder calorífico de diferentes combustíveis é de extrema importância, pois aproxima os estudantes de situações reais e palpáveis do seu cotidiano, tornando mais fácil a relação de conceitos químicos com o dia a dia. Além disso, a análise do poder calorífico proporciona uma compreensão tanto do potencial energético quanto da viabilidade econômica da utilização de determinados combustíveis em larga escala.

A utilização de imagens na educação, sejam elas ilustrações, tabelas, esquemas, infográficos, fotografias, diagramas, gráficos ou charges, é fundamental, pois auxilia os alunos no processo de significação dos conteúdos aprendidos e na formulação de ideias científicas, já que aproxima e associa a leitura verbal e imagética, através da visualização. Ademais, imagens, esquemas ou representações visuais em geral constituem um recurso didático eficiente para estimular o interesse dos alunos pelos conteúdos.

---

De acordo com Marandino (2014 como citado em Zama, 2018, p. 18), o uso de imagens que exigem interpretação, como gráficos e outras ilustrações, tem como objetivo auxiliar na compreensão dos conceitos, ideias e processos científicos. Portanto verificamos também que, além dos aspectos positivos elencados, a utilização desses recursos visuais tem potencial de promover a prática da interpretação e compreensão dos fenômenos pelos estudantes.

## Subcategoria 2.2 – Atividades e Questões de Pesquisa

A Subcategoria 2.2 corresponde à presença de atividades e exercícios nos LDs analisados abordando o tema biocombustíveis ou questões envolvendo pesquisa. Nessa subcategoria identificamos 12 unidades de análise (LD1=2, LD2=2, LD3=2, LD4=2, LD5=1, LD6=2, LD7=1), a exemplo do apresentado nas Figuras 2 e 3.

### Figura 2

#### Atividade Enem

5. (Enem) A Lei Federal n. 11.097/2005 dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e fixa em 5%, em volume, o percentual mínimo obrigatório a ser adicionado ao óleo diesel vendido ao consumidor. De acordo com essa lei, biocombustível é "derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil".
- A introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira
- a) colabora na redução dos efeitos da degradação ambiental global produzida pelo uso de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo.
  - b) provoca uma redução de 5% na quantidade de carbono emitido pelos veículos automotores e colabora no controle do desmatamento.
  - c) incentiva o setor econômico brasileiro a se adaptar ao uso de uma fonte de energia derivada de uma biomassa inesgotável.
  - d) aponta para pequena possibilidade de expansão do uso de biocombustíveis, fixado, por lei, em 5% do consumo de derivados do petróleo.
  - e) diversifica o uso de fontes alternativas de energia que reduzem os impactos da produção do etanol por meio da monocultura da cana-de-açúcar.

Fonte: LD2 (2020, p. 142).

### Figura 3

#### Atividade de pesquisa sobre fontes de energia renovável

- C** Junte-se a três colegas e façam uma pesquisa sobre outras fontes de energia renovável utilizadas no Brasil. Pontuem as vantagens e desvantagens do uso dessa alternativa em relação ao uso de fontes fósseis. Com base nessa pesquisa, produzam um *podcast* para ser divulgado para as outras turmas da escola, para os seus familiares e amigos.

Fonte: LD4 (2020, p. 99).

As unidades encontradas pertencentes à Subcategoria 2.2 em geral abrangem diferentes formas de atividades, desde questões de exames ou do ENEM até estudos de caso, atividades práticas ou atividades de pesquisa com posterior apresentação, discussão ou produção de *podcasts*. Dentre as unidades de análise apresentadas como exemplo neste tópico, a Figura 2 é uma atividade presente no final do capítulo do LD2 como forma de revisão, sendo ela uma questão do ENEM acerca da introdução dos biocombustíveis na matriz energética brasileira. A Figura 3 apresenta uma atividade de pesquisa em grupo sobre as fontes de energia renováveis utilizadas no Brasil, bem como as vantagens e desvantagens de seu uso em relação aos combustíveis fósseis, que propõe a produção de um *podcast* apresentando o resultado da pesquisa, com o objetivo de ser utilizado como meio de divulgação científica para a escola, familiares e amigos.

Além dessas duas atividades, outros LDs também trazem atividades envolvendo a pesquisa científica, o que é muito positivo, considerando que a

pesquisa em sala de aula é uma grande aliada do processo de ensino e aprendizagem, pois contribui no desenvolvimento do espírito investigativo e da capacidade de indagação, reflexão e argumentação, despertando a consciência crítica dos estudantes.

Observamos que a pesquisa incentiva a participação dos alunos nas discussões em ambiente escolar, as quais podem ser sobre questões sociais, científicas, ambientais ou econômicas. Além disso, a pesquisa possibilita que os educandos sejam capazes de solucionar problemas e de transformar sua realidade através da curiosidade, de reflexões, do raciocínio e dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Todos esses aspectos contribuem para formação crítico-cidadã dos estudantes e para construção da ideia das ciências como algo em constante desenvolvimento, o qual se dá envolto em questões sociais, históricas, políticas e econômicas, deixando clara a importância e a necessidade do conhecimento científico.

### Subcategoria 2.3 – Utilização de Textos de Divulgação Científica

Com relação à Subcategoria 2.3, selecionamos unidades de análise referentes à utilização de textos de divulgação científica (TDC) como recurso didático nos LDs, totalizando três unidades de análise: (LD1=2, LD4=1). Na Figura 4 apresentamos um exemplo de unidade de análise dessa subcategoria.

**Figura 4**

*Carro elétrico: sua história é tão velha quanto o próprio automóvel*

**Carro elétrico: sua história é tão velha quanto o próprio automóvel**

É difícil precisar quando o carro elétrico foi inventado [...] Sabe-se, contudo, que já no século XIX, inventores na Hungria, Países Baixos e Estados Unidos trabalhavam em projetos do tipo, independentemente. A ideia deles era criar um veículo movido a bateria. E, nessa mesma época, ainda estava em desenvolvimento o próprio carro movido a combustão, como o conhecemos hoje.



Flocken Elektrowagen, de 1888: o carro elétrico existe desde o século XIX. Foto de 2011.

**O carro a combustão e o elétrico**

[...] por volta de 1890, já havia uma frota de táxis elétricos rodando em Nova York. E os automóveis, em geral, foram se tornando mais acessíveis e se popularizando. No início do século XX, as lojas ofereciam carros elétricos, a combustão, ou a vapor. Este último sendo a tecnologia mais antiga entre as três e, basicamente, movido a água.

[...] Nessa época, o carro elétrico tinha tudo para vencer a disputa de mercado, por ser o mais silencioso, prático e limpo. Só que, aí, a indústria petrolífera passou na frente.

**O petróleo matou o carro elétrico?**

Quando a categoria dos elétricos tinha tudo para ser a mais vendida, o automóvel ainda era um bem oneroso. E os movidos a bateria eram ainda mais caros, custando cerca de US\$ 1750, em comparação aos movidos a gasolina, vendidos por em torno de US\$ 650, segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos. Essa era a realidade em 1912, e o carro elétrico pouco avançou nos anos subsequentes. Na década de 1920, [o] petróleo foi encontrado em larga escala nos Estados Unidos, barateando a gasolina. Logo, um lobby se formou ao redor da matéria-prima. Sua exploração levou, inclusive, ao massacre de comunidades indígenas detentoras dos direitos sobre as terras que o ofereciam. Com isso, a gasolina se tornou a fonte de energia mais facilmente disponível, tornando o carro elétrico ainda menos atrativo em comparação ao movido a combustão. Por fim, a expansão das estradas pavimentadas terminou de sepultar os carros a bateria. Com a maior possibilidade de locomoção, a disponibilidade de combustível se tornou um diferencial.

**A volta dos elétricos**

Hoje, o carro elétrico está voltando à disputa. Com a ameaça do aquecimento global e legislações ambientais exigentes ao redor do mundo, a tecnologia está no alvo das fabricantes automotivas.

[...] Isso não quer dizer que [os elétricos] sejam desnecessários – afinal, carros a combustão são igualmente atraídos, apesar da vantagem econômica –, mas significa que precisam evoluir, para seu bem e [para] o nosso, também.

Carro elétrico: sua história é tão velha quanto o próprio automóvel. Autopago, 27 mar. 2020. Disponível em <https://autopago.uol.com.br/revista/carro-eletrico-historia/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

Fonte: LD1 (2020, p. 154).

A unidade de análise apresentada (Figura 4) corresponde a um texto retirado do site do UOL presente no LD1, texto esse que narra a história do surgimento do carro elétrico e faz comparações entre o carro a combustão e o elétrico. O artigo destaca que o aparecimento do petróleo em larga escala nos Estados Unidos na década de 1920 barateou a gasolina e tornou o carro elétrico menos atrativo por

um período de tempo, ressaltando que nos dias atuais os elétricos estão voltando à disputa. Resumidamente, esse texto relaciona aspectos históricos da utilização dos carros elétricos e dos carros a combustão, trazendo informações e curiosidades pertinentes ao tema e aos conteúdos estudados que contribuem no processo de aprendizagem dos alunos.

Consideramos como aspecto negativo o fato de serem encontrados poucos TDCs relacionados ao tema em questão nos LDs de Ciências da Natureza (apenas três), uma vez que a utilização desses textos no contexto escolar garante aos estudantes o acesso a informações relevantes, o desenvolvimento de discussões acerca de questões da atualidade em sala de aula e a possibilidade de contextualização dos conceitos e conteúdos estudados. Segundo Silva, Ferreira, Silva e Queiroz (2020, p. 246), “apontados como um bom artifício quando se deseja estender o ensino de conteúdos à preparação dos estudantes para a cidadania, o uso de TDC se configura como uma estratégia que alia o discurso da divulgação científica à promoção do hábito de leitura nos estudantes”. Consideramos que além de ser um meio de informação, a presença dos TDC nos livros didáticos ou em sala de aula de maneira geral auxilia no desenvolvimento de habilidades de leitura e de argumentação, bem como na aprendizagem de conceitos e na familiarização com termos científicos.

### ANÁLISE DA CATEGORIA 3: COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC

Na Categoria 3 analisamos se as competências e habilidades da BNCC que os LDs mencionam estar presentes nos tópicos relacionados ao tema biocombustíveis realmente estão condizentes com os conteúdos, abordagens e recursos didáticos por eles apresentados. Na sequência, discutimos as duas subcategorias, relacionando-as com as competências e habilidades da BNCC que se configuraram como unidades de análise dessa categoria.

#### Subcategoria 3.1 – Análise das Competências e Habilidades da BNCC no LD2

Ao explorarmos as orientações específicas apresentadas em LD2, verificamos que as habilidades relacionadas ao tópico “Energia da Biomassa” do Capítulo 11 – Energia hoje e amanhã foram a EM13CNT101, a EM13CNT307, a EM13CNT310, a EM13LGG303 e a EM13LGG304, constituindo cinco unidades de análise, algumas delas discutidas a seguir. A Habilidade EM13CNT101 corresponde a:

Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. (Brasil, 2018, p. 555).

Consideramos que o LD2 observou adequadamente a Habilidade EM13CNT101, na medida em que representa e demonstra os possíveis recursos naturais que podem ser utilizados em processos de transformação de energia. Nesse caso, foi apresentada a biomassa como fonte de produção de bioetanol, biodiesel e biogás, levando em conta que sua utilização como alternativa aos

combustíveis fósseis está atrelada a um desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a partir dessa abordagem, os estudantes podem analisar aspectos relacionados ao uso da biomassa e desses processos de transformação de energia, priorizando escolhas sustentáveis em situações cotidianas.

Os autores indicam que as Habilidades EM13LGG303 e EM13LGG304 foram desenvolvidas na atividade em grupo da página 141, a qual consiste em uma pesquisa sobre as contribuições da Ciência brasileira nos avanços tecnológicos atuais que buscam reduzir o uso de energia não renovável e aumentar o aproveitamento de fontes alternativas. As habilidades citadas, respectivamente, tratam sobre:

Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas. (Brasil, 2018, p. 493).

Formular propostas, intervir e tomar decisões que levem em conta o bem comum e os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global. (Brasil, 2018, p. 493).

Consideramos que essas habilidades são favorecidas parcialmente de acordo com a atividade de pesquisa já citada, pois, por mais que apresente uma questão de relevância social relacionada com uma consciência socioambiental, ela propõe apenas que os alunos realizem a pesquisa e posteriormente comuniquem seus resultados, sem instigá-los a debater, a formular argumentos, a fazer propostas e a intervir tomando decisões. Dessa forma, acreditamos que o enunciado poderia ser reformulado, deixando explícitas as possibilidades de argumentação e debate.

Desse modo, concluímos que o LD2 apresenta abordagem e recursos didáticos pertinentes, sendo parcialmente adequado às habilidades da BNCC, uma vez que apresenta as lacunas citadas.

### Subcategoria 3.2 – Análise das Competências e Habilidades da BNCC no LD7

De acordo com as orientações específicas apresentadas por unidade no início do LD7 para o Tema 2 – Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis da Unidade 2, constatamos que as competências apresentadas são, em sua maioria, propostas para que os professores realizem atividades de pesquisa e discussões acerca dos assuntos trabalhados nessa Unidade. Dessa forma, falta-nos dados para discutirmos a adequação dessas competências, uma vez que envolvem atividades abertas, a serem desenvolvidas a critério do professor. Assim sendo, nessa subcategoria são consideradas apenas as Habilidades EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT203, EM13CNT301, EM13CNT307 e EM13CNT309, totalizando seis unidades de análise. A título de exemplo a Habilidade EM13CNT104 e a Habilidade EM13CNT203, versam, respectivamente, sobre:

Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (Brasil, 2018, p. 555).

Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos

da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros). (Brasil, 2018, p. 557).

Com relação a essas duas habilidades, os autores evidenciam que para a sua promoção foram destacadas no livro as reações de obtenção dos biocombustíveis, relacionando as suas propriedades, aplicações e possíveis impactos ambientais com suas estruturas e interações intermoleculares, e confrontando os aspectos macroscópicos desses materiais com seus modelos estruturais, suas propriedades físico-químicas e sua reatividade. Tanto as reações de obtenção quanto as aplicações, características estruturais, propriedades e reatividade desses compostos foram identificadas no livro, sem que estabelecida uma relação desses aspectos com os impactos ambientais. Além disso, não há no livro uma relação dos impactos gerados pelos combustíveis fósseis e pelos biocombustíveis, o que potencializaria a possibilidade de os estudantes fazerem avaliações e comparações buscando soluções individuais e/ou coletivas para esses impactos, interferindo de maneira consciente nos ecossistemas.

A Habilidade EM13CNT301 envolve:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (Brasil, 2018, p. 559).

Nas orientações específicas por unidade os autores mencionam que essa Habilidade vai ao encontro da Habilidade EM13CNT307 (citada na subcategoria anterior), uma vez que ambas pretendem relacionar as propriedades dos materiais e sua explicação submicroscópica para avaliar e justificar seus usos como fontes de energia sustentáveis. Embora o livro explore esses modelos explicativos, ele não estimula que os discentes construam questões e elaborem hipóteses com perspectiva científica buscando solucionar situações-problema. Para contribuir com essas habilidades, o ideal é que o LD7 propusesse recursos didáticos que incentivassem a pesquisa científica e a elaboração de hipóteses e argumentos que solucionassem situações-problemas de contexto ambiental, social e econômico presentes no cotidiano dos alunos.

Em vista disso, pudemos constatar que o LD7 apresenta de forma ampla conteúdos químicos relacionados aos biocombustíveis, bem como os processos para sua obtenção, trazendo esquemas e imagens para representar esses processos. Entretanto, para estreitar ainda mais a relação desses conteúdos com as habilidades da BNCC, falta explorar mais recursos didáticos de pesquisa ou de divulgação científica que estejam atrelados a contextos ambientais, econômicos e sociais, de forma a despertar nos alunos a capacidade crítica e o protagonismo que a BNCC para o Ensino Médio tanto recomenda. A esse respeito Silva (2018, p. 12) argumenta que:

A noção de competências, incorporada como um dispositivo capaz de produzir mudanças na organização curricular do ensino médio com vistas a superar os limites da excessiva disciplinarização e baseado no acúmulo de informações, mostra-se limitada por seu caráter pragmático e a-histórico. Ela reproduz em outras bases os limites postos pelo currículo disciplinar e sequencial, pois não realiza a inversão necessária, ou seja, não permite o aprendizado e o exercício da reflexão com a profundidade que a formação cultural exige. (2018, p. 12).

Dessa forma observamos que nas unidades analisadas o foco maior das habilidades está voltado aos conteúdos, havendo uma limitação em relação a uma aplicação prática desses conhecimentos na vida cotidiana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise objeto deste trabalho pudemos entender como o tema biocombustíveis é abordado nos LDs de Ciências da Natureza e suas Tecnologias selecionados pelo PNLD 2021, e também identificar quais conceitos estão relacionados com a temática nos livros. De maneira geral, as sete coleções de LDs apresentam abordagens diferentes, sendo algumas mais completas e outras com certas limitações. Além disso, os LDs relacionam o tema biocombustíveis com conteúdos diferentes.

O LD7 e o LD2 foram os livros que apresentaram uma abordagem mais completa em relação aos biocombustíveis, observado que fazem uso diferente dos conteúdos para trabalhar a temática. Enquanto o LD2 aborda o tema biocombustíveis em um capítulo sobre fontes de energia, o LD7 aborda a temática relacionando-a com conteúdos de Química Orgânica, propriedades estruturais, interações intermoleculares, modelos de ligação e reatividade.

O LD1 e o LD4 também apresentam abordagens adequadas e ambos associaram o tema biocombustíveis com conteúdos de termoquímica; entretanto o LD4 abordou apenas o biodiesel, sem tratar dos demais biocombustíveis. O LD5 e o LD6 desenvolveram a temática de forma mais breve e em uma perspectiva ambiental, em capítulos referentes às fontes de energia renováveis e aos impactos ambientais. Já o LD3 foi o livro em que o tema biocombustíveis esteve menos presente, sendo superficialmente citado em um capítulo sobre a química verde.

Com esta pesquisa verificamos também que são utilizados variados recursos didáticos para trabalhar o tema biocombustíveis nos LDs, observado que os esquemas, as imagens e as atividades e questões de pesquisa são os mais empregados. Por outro lado a utilização de textos de divulgação científica e sugestões de *sites*, filmes e livros estão ausentes na maioria dos LDs.

Em relação às articulações entre as competências e habilidades da BNCC e as abordagens envolvendo o tema biocombustíveis presente nos LDs analisados sob esse aspecto (LD2 e LD7), apesar de apresentarem uma abordagem adequada em relação ao tema biocombustíveis eles atendem apenas parcialmente às habilidades propostas pela BNCC. Em relação a essas competências e habilidades, por mais que boa parte delas tenham sido observadas por esses dois livros, identificamos também algumas limitações e lacunas acerca do desenvolvimento desses conhecimentos na prática, nas relações com o cotidiano do aluno e em sua formação crítico-cidadã. É de se ressaltar que a BNCC enfatiza os propósitos de direcionamento da educação brasileira para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, questões essas que não foram incentivadas de forma efetiva nos livros analisados.

## REFERÊNCIAS

- Angeli, T., & Carvalho, L. M. (2020). Significados e sentidos de justiça ambiental nas teses e dissertações brasileiras em educação ambiental. *ACTIO: Docência em Ciências*, 5(2) 1-21.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. (L. A. Reto, & A. Pinheiro, Trad.). São Paulo: Edições 70.
- Bizerra, A. M. C., Queiroz, J. L. A., & Coutinho, D. A. M. (2018.). O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 13(3), 299-315.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Educação. (2021). *Guia Digital PNL D 2021*. Brasília, DF.
- Franco, L. G., & Munford, D. (2018). Reflexões sobre a base nacional comum curricular: um olhar da área de ciências da natureza. *Horizontes*, 36(1), 158-171.
- Martins, R. A., Auth, M. A., Epoglou, A., Tavares, F. M., & Silva, A. A. (2015). O ensino-aprendizagem em ciências com base no tema gerador combustível fóssil x biocombustível. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, X*, Águas de Lindóia, SP.
- Melo, P. H., Bara, A. C. C., Fernandes, K. G., Vieira, F. A. C., & Freitas-Reis, I. (2021). Ciclo açucareiro: da fabricação de açúcar à produção de etanol. *Química Nova na Escola*, 43(3), 261-269.
- Mortimer, E. (1988). A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. *Em aberto*, 7(40)
- Oliveira, J. C. C., Mota, P. R. S., Oliveira, A. C., & Sampaio, I. S. (2017). Biodiesel: uma temática para o ensino de química. *Crítica Educativa*, 3(2), 913-923.
- Pereira, E. D., Marciniuk, L. L., Pricinotto, G., Crespan, E. R., & Soares, S. S. (2021). Biodiesel: uma proposta reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTSA. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 34113-34128.
- Pinto, W. F. (2016) *Biodiesel na escola: uma ferramenta para o ensino de química*. (Trabalho de Conclusão de Curso) Licenciatura em Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Santos, W. L. P., & Mól, G. S. (Coords.). (2016). *Química Cidadã – Vol. 2*, 3a. Ed., Editora AJS Ltda., São Paulo.

- Schirmer, S. B., & Sauerwein, I. P. S. (2017). Livros didáticos em publicações na área de ensino: contribuições para análise e escolha. *Investigações em ensino de ciências*, 22(1), 23-41.
- Silva, G. B., Ferreira, L. N. A., Silva, O. B., & Queiroz, L. S. (2020). Abordagem do tema biocombustíveis no ensino médio: textos de divulgação científica em foco. *Química nova na escola*, 43(3), 246-255.
- Silva, M. A. (2012). A fetichização do livro didático no Brasil. **Educação & Realidade**, 37(3), 803-821.
- Silva, M. R. (2018). A BNCC da reforma do ensino médio: o resgate de um empoeirado discurso. *Educação em revista*, 34, e214130. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698214130>
- Souza, F. L., & Martins, P. (2011). Ciência e tecnologia na escola: desenvolvendo cidadania por meio do projeto “biogás – energia renovável para o futuro”. *Química nova na escola*, 33(1), 19-24.
- Zama, M. Y. (2018) *Imagens no ensino de ciências: análise da taxonomia de imagens presentes no material didático “caderno do aluno” do estado de são paulo*. (Dissertação) Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PECEM) – Universidade Estadual de Londrina, PR.

#### REFERÊNCIAS DAS OBRAS ANALISADAS

- Amabis, J. M., Martho, G. R., Ferraro, N. G., Penteado, P. C. M., Torres, C. M. A., Soares, J., Canto, E. L., & Leite, L. C. C. (2020). *Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Matéria e Energia*. 1a. ed. São Paulo: Moderna.
- Fukui, A., Molina, M., & Oliveira, V. S. (2020). *Ser Protagonista, Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Energia e Transformações*. 1a. ed. São Paulo: SM Educação.
- Godoy, L., Dell’Agnolo, R. M., & Melo, W. C. (2020). *Multiversos, Ciências da Natureza – Eletricidade na Sociedade e na Vida*. 1a. ed. São Paulo: Editora FTD.
- Lopes, S., & Rosso, S. (2020). *Ciências da Natureza Lopes & Rosso – Energia e Consumo Sustentável*. 1a. ed. São Paulo: Moderna.
- Mortimer, E., Horta, A., Mateus, A., Panzera, A., Garcia, E., Pimenta, M., Munford, D., Franco, L., & Matos, S. (2020). *Matéria, Energia e Vida – Uma abordagem interdisciplinar – Materiais e Energia: Transformações e Conservação*. 1a. ed. São Paulo: Editora Scipione.
- Santos, K. C. (Ed.). (2020). *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. 1a. ed. São Paulo: Moderna.

Thompson, M., Rios, E. P., Spinelli, W., Reis, H., Sant'Anna, B., Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2020). *Conexões, Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Energia e Ambiente*. 1a. ed. São Paulo: Moderna.

**Recebido:** 03 jul. 2023

**Aprovado:** 05 ago. 2024

**DOI:** 10.3895/actio.v9n2.17208

**Como citar:**

Olenik, G.; Fiorese, C. A.; & Soares, L. C. (2024). Análise da circulação do tema biocombustíveis em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio. *ACTIO*, 9(2), 1-24.

<https://doi.org/10.3895/actio.v9n2.17208>

**Correspondência:**

Giovanna Olenik

Avenida Edmundo Gaievski, 1000, Rodovia BR 182 - Km 466, Realeza, Paraná, Brasil

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

