



Verificação da temática biodiesel no Enem (1998-2017) em consonância com sua evolução no contexto nacional

Thalyta Pessoa Freire, Geórgia Batista Vieira de Lima & Luciano Leal de Moraes Sales

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Formação de Professores, Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, Casas Populares, Cajazeiras 58900-000, Paraíba, Brasil. E-mail: thalytafreire1@gmail.com, georgiabvl@hotmail.com

Freire T.P., Lima G.B.V. & Sales L.L.M. (2018) Verificação da temática biodiesel no Enem (1998-2017) em consonância com sua evolução no contexto nacional. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 2(2): 242–257. <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v2i2.1073>

Editor acadêmico: Silvano Silvério Lopes da Costa. **Recebido:** 01 Março 2018. **Aceito:** 15 Junho 2018. **Publicado:** 28 Dezembro 2018.

Resumo: O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) foi criado em 1998 e desde lá passou por duas mudanças. Exige dos candidatos a articulação dos conhecimentos aprendidos no ensino médio, relacionando-os com ilustrações, para encontrar uma resolução aos problemas. Entre eles, a produção e uso de biodiesel é um dos assuntos cobrados na matriz do exame. Portanto, a pesquisa procurou entender o perfil das questões sobre este biocombustível, considerando a sua abordagem, o contexto nacional e a apresentação das informações sobre ele na avaliação. De um universo de 1.503 questões (1998 e 2017) foram selecionadas nove. Entre as edições de 1998 e 2002 não houve a menção direta ao biocombustível escolhido. De 2003 em diante, o exame aborda desde a transformação do óleo vegetal em biodiesel, através da reação de transesterificação, às suas políticas de uso e produção.

Palavras chave: Biocombustível, ensino contextualizado, química, ensino médio.

Verification of the biodiesel theme in Enem (1998-2017) in connection with its evolution in the national context

Abstract: The *Exame Nacional do Ensino Médio* (Enem) was created in 1998 and has undergone two changes since then. It demands from the candidates the articulation of the knowledge learned in high school, relating them with illustrations, to find a resolution to the problems. Among them, the production and use of biodiesel is one of the subjects charged in the matrix of the exam. Therefore, the research sought to understand the profile of the questions about this biofuel, considering its approach, the national context and the presentation of the information about it in the evaluation. From a universe of 1.503 questions (1998 and 2017), nine were selected. Between the editions of 1998 and 2002 there was no direct mention of the biofuel chosen. From 2003 onwards, the exam addresses from the transformation of vegetable oil into biodiesel, through the transesterification reaction, to its use and production policies.

Key words: Biofuel, contextualized teaching, chemistry, high school.

Introdução

Desde sua criação, o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) vem evoluindo seu caráter sociopolítico. Em contraste, com a memorização de conhecimentos ao longo do Ensino Médio, o Enem trabalha a resolução de problemas baseados no exercício da cidadania e no mundo do trabalho, considerando as tecnologias utilizadas pela sociedade nessas atividades (Brasil 1998).

Hoje, sua aplicação acontece em todo o território nacional, anualmente. A participação é voluntária para os candidatos que estão concluindo ou já concluíram o Ensino Médio, incluindo

aqueles que necessitam de atenção específica, como é o caso de pessoas com deficiências físicas, lactantes, idosos, pessoas privadas de liberdade e jovens sob medidas socioeducativas (Brasil 2017).

Uma característica importante deste exame é que ele tem acompanhado o avanço científico-tecnológico ao longo dos anos em que o Ministério da Educação (MEC), responsável pelo seu planejamento, execução e avaliação, juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) o tem aplicado (Cruz 2011).

Criado em 1998, o Enem passou por mudanças significativas em 2009, deixando de ser o chamado “Velho Enem” e passando a ser o “Novo Enem”. Até 2008, o exame era constituído de uma redação e 63 questões objetivas realizadas em um único dia, a partir de 2009, o exame passou a ter 180 questões objetivas divididas em quatro áreas de conhecimento e aplicado em dois dias seguidos, sendo 45 de cada uma das áreas do exame (“Ciências Humanas e suas Tecnologias” e “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” no sábado e “Linguagens, Códigos e suas Tecnologias” e “Matemática e suas Tecnologias” no domingo), além de uma redação também no segundo dia (Andrade 2012; Ferreira 2014).

Em 2017, o Enem passou por outra reformulação. Após uma consulta pública foi decidido que o exame seria realizado em dois domingos seguidos, deixando também de emitir o certificado de conclusão do Ensino Médio. A maioria dos entrevistados optou em manter a prova presencial ao invés de virtual (INEP 2017).

Apesar do Brasil estar entre as dez maiores economias do mundo, no ranking de desenvolvimento tecnológico ocupou a 43ª posição em 2016, patamar de países em desenvolvimento, como Bolívia, Peru e Trinidad e Tobago. Isso pode ser atribuído à falta de investimentos no setor de ciência e tecnologia (C&T). Especialistas justificam, inclusive, a importância desses investimentos na busca de alternativas para a miséria e desigualdade social (Vasconcelos 2016).

A exemplo desta associação entre o desenvolvimento tecnológico e fatores socioeconômicos, pode ser citado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), criado em 2004, que busca alternativas sustentáveis para utilização de óleo diesel, desenvolvendo a agricultura familiar e investindo em pesquisas científicas a fim de melhorar a produção e uso desse biocombustível (ANP 2016).

Após a implementação do PNPB, o Enem tem utilizado o biodiesel como temática para algumas questões. São explorados o seu conceito, suas aplicações, vantagens, rendimento energético em massa, resistência oxidativa, adulteração de combustíveis em relação ao percentual obrigatório e tecnologias necessárias para a sua produção e utilização em território nacional (Mattei 2010).

Com base neste contexto, o presente estudo buscou responder quais os conhecimentos necessários para a resolução de questões do Enem referentes ao biocombustível, com o objetivo de compreender a maneira como o exame aborda os conteúdos da sua Matriz de Referência, levantando um breve histórico do avanço da produção e utilização do biodiesel no Brasil. Assim, investigou de que forma o Enem inclui dados atuais e como exige do aluno a percepção da sua convivência com os temas abordados.

Metodologia

A pesquisa surgiu a partir da observação da inserção de temas ambientais nos objetos de conhecimento associados à matriz de referência do Enem, publicada em 2009, pelo MEC. Escolheu-se o biodiesel e sua abordagem após um aprofundamento neste tema e a sua recorrência nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio.

O cotidiano é à base das questões da Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Enem. Segundo Maceno *et al.* (2011), o Enem emerge como uma possibilidade de introdução das mudanças curriculares e pedagógicas que valorizam a conexão entre a ciência, a tecnologia e as questões sociais, priorizando a integração das disciplinas e a mobilização das

informações diante de situações do cotidiano, desconsiderando o ensino propedêutico e indo além da memorização superficial dos conteúdos.

Sob a percepção de que o exame traz cenários que ajudam ao candidato a refletir sobre as práticas sociais através dos instrumentos tecnológicos, o biodiesel é um importante tema a ser levado em consideração, pois desponta como um substituinte ao óleo diesel mineral, uma vez que é biodegradável, não tóxico e produzido a partir de fontes renováveis (Knothe *et al.* 2006).

O desenvolvimento da pesquisa se deu a partir do levantamento de questões das provas do Exame Nacional do Ensino Médio desde a sua criação em 1998 até o ano de 2017 e que constam no site oficial do INEP com abordagem à temática “Biodiesel”, de forma direta ou indireta. Ao todo, foram observadas onze avaliações do Velho Enem (1998-2008), com um total de 693 questões, das quais foram extraídas três, e 17 avaliações do Novo Enem (2009-2017), com 810 questões de “Ciências Exatas e da Natureza”, onde seis foram selecionadas.

Ou seja, de um universo de 1503 itens, foram selecionados 9. A **Tabela 1** abaixo exhibe informações dos itens analisados, com suas respectivas identificações: ano, tipo de abordagem, número da questão, aplicação e cor da prova selecionada. É importante lembrar que, embora escolhida a cor identificada nesta tabela, às demais cores apresentam as mesmas questões, mas com a ordem alterada.

Tabela 1. Informações a respeito das questões selecionadas.

Ano	Abordagem	Questão	Aplicação	Caderno
2003	Rendimento do óleo de girassol comparado ao óleo diesel.	40	Primeira	Amarelo
2004	Experimentação do biodiesel como substituinte aos combustíveis fósseis.	43	Primeira	Amarelo
2008	Benefícios da introdução dos biocombustíveis na matriz energética brasileira.	28	Primeira	Amarelo
2011	Rendimento energético em massa de alguns biocombustíveis.	49	Segunda	Branco
2011	Reação de transesterificação.	57	Segunda	Branco
2012	Reação de transesterificação.	75	Segunda	Branco
2014	Resistência oxidativa.	54	Primeira	Azul
2016	Adulteração de combustíveis.	76	Terceira	Branco (9)
2017	Funções orgânicas.	96	Primeira	Amarela

Em seguida, após a coleta e seleção das questões, foi realizada uma investigação com o objetivo de compreender quais eram os conhecimentos necessários para que os candidatos pudessem responder corretamente às questões. Concomitante a esta análise, buscou-se entender qual o contexto do biodiesel no Brasil no momento da aplicação do item, a fim de compreender como o Enem explorou o tema diante daquela realidade. Os resultados aqui apresentados concentram-se principalmente numa abordagem química.

Resultados e Discussão

No que se diz respeito à Química, a matriz de referência do exame traz os biocombustíveis juntamente com combustíveis fósseis e energia nuclear listados no tópico “Energias Químicas no Cotidiano”. Os conteúdos são definidos com a perspectiva de incluir o aluno de forma consciente no que tange a busca por alternativas sustentáveis diante dos problemas ambientais (Marcelino & Recena 2012).

Entre 1998 e 2003, o termo biodiesel não foi inserido em nenhuma das questões do exame. As primeiras avaliações de viabilidade do uso de óleos vegetais in natura e de biodiesel começaram em 1982, quando foram realizados testes com a colaboração da indústria automobilística, mas o governo federal só lançou programas para seu desenvolvimento em 2002 e o inseriu na matriz energética brasileira em 2005 (Suarez & Meneghetti 2007).

Em 2003, a questão 40 (**Figura 1**) do caderno amarelo contextualiza a respeito do uso do óleo de girassol como combustível alternativo ao óleo diesel. Outras informações significativas também são constatadas no enunciado deste item, quanto ao óleo de girassol ser menos

poluente, proveniente de fonte renovável, ainda estar em fase experimental e possuir maior rendimento em relação ao óleo diesel.

40

O setor de transporte, que concentra uma grande parcela da demanda de energia no país, continuamente busca alternativas de combustíveis.

Investigando alternativas ao óleo diesel, alguns especialistas apontam para o uso do óleo de girassol, menos poluente e de fonte renovável, ainda em fase experimental. Foi constatado que um trator pode rodar, nas mesmas condições, mais tempo com um litro de óleo de girassol, que com um litro de óleo diesel.

Essa constatação significaria, portanto, que usando óleo de girassol,

(A) o consumo por km seria maior do que com óleo diesel.
 (B) as velocidades atingidas seriam maiores do que com óleo diesel.
 (C) o combustível do tanque acabaria em menos tempo do que com óleo diesel.
 (D) a potência desenvolvida, pelo motor, em uma hora, seria menor do que com óleo diesel.
 (E) a energia liberada por um litro desse combustível seria maior do que por um de óleo diesel.

Figura 1. Item nº 40, presente no ENEM 2003. Fonte: INEP (2017).

A questão tanto no enunciado quanto nas alternativas explora as vantagens do óleo de girassol como substituinte ao óleo diesel. No Brasil esse assunto ganhou destaque nacional em 2002 com o programa nacional de substituição do diesel de petróleo, que foi batizado de PROBIODIESEL na Portaria MCT nº 702, de 30 de outubro de 2002, e no ano de 2003 com os primeiros estudos para a criação de uma política do biodiesel no país, criando a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e o Grupo Gestor (GG) pelo governo federal. (Brasil 2002).

Diversas notícias foram publicadas em maio de 2003 sobre a temática da questão 40, sendo isso possibilitado pela realização da Exposição Feira Agropecuária, Industrial e Comercial de Maringá (Expoingá) e do Seminário sobre Fontes Alternativas de Combustível. A notícia selecionada (**Figura 2**) é do Portal Folha de Londrina, publicada em 14 de maio de 2003, com informações básicas a respeito do baixo custo e fácil manuseio do óleo de girassol, além da programação do evento com seminários e palestras.

FOLHA Economia & Negócios

MAI. 14, 2003

Óleo de girassol é usado como combustível

Desenvolvido por pesquisadores de Campinas, produto tem baixo custo e não exige adaptação em trator

QR Code

Enviar por Email

Compartilhar

Twitter

LinkedIn

A+ Fonte A-

Comunicar erro

Maringá O uso de óleo de girassol como combustível alternativo para tratores agrícolas é uma das novidades que estão sendo apresentadas na Expoingá 2003. Desenvolvido pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (Cati), de Campinas (SP) - empresa co-irmã da Emater, o biocombustível tem como vantagem o baixo custo e o fato de ser um produto extraído de uma cultura que já é conhecida entre os agricultores. Além disso, o óleo de girassol pode ser utilizado nos tratores sem que as máquinas sofram qualquer readequação.

Figura 2. Folha de Londrina noticia o uso de óleo de girassol em fase experimental. Fonte: Parra (2003).

Para responder à questão o estudante não necessitava de conhecimentos específicos sobre composição, produção, utilização, benefícios ou impactos ambientais do óleo de girassol e óleo diesel. No entanto, são necessários conceitos fundamentais de Física sobre potência, velocidade, rendimento e energia, conteúdos presentes nos livros didáticos do 1ª ano do Ensino Médio. A resposta correta seria a letra “e”.

O óleo de girassol debatido na questão 40 se trata do óleo bruto, obtido a partir de sementes de girassol, quimicamente inalterado, utilizado na cozinha e que serve também para movimentar motores, inclusive os de irrigação e dos tratores. Entretanto, existe confusão em alguns materiais sobre a nomenclatura, onde biodiesel e óleo vegetal são usados como sinônimos. O biodiesel é resultante de um processo químico, a reação de transesterificação, onde o principal elemento é a biomassa (Suarez *et al.* 2007).

A palavra biodiesel apareceu pela primeira vez em uma questão do Velho Enem somente em 2004. As suas informações se mostram bastante contextualizadas. A questão 43 do caderno amarelo do exame de 2004 (**Figura 3**) aborda a preocupação com o declínio da produção mundial de petróleo e a busca por medidas, principalmente no setor de transportes, por combustíveis renováveis em substituição ao petróleo.

A questão busca uma alternativa de combustível renovável, que seja utilizado nos transportes além do etanol. O Brasil é o pioneiro na implantação de programas de incentivo a biocombustíveis, com destaque para o PROÁLCOOL, lançado em 1975, sendo o crescimento do setor sucroalcooleiro estimulado pelo forte investimento do governo.

43.

As previsões de que, em poucas décadas, a produção mundial de petróleo possa vir a cair têm gerado preocupação, dado seu caráter estratégico. Por essa razão, em especial no setor de transportes, intensificou-se a busca por alternativas para a substituição do petróleo por combustíveis renováveis. Nesse sentido, além da utilização de álcool, vem se propondo, no Brasil, ainda que de forma experimental,

(A) a mistura de percentuais de gasolina cada vez maiores no álcool.
(B) a extração de óleos de madeira para sua conversão em gás natural.
(C) o desenvolvimento de tecnologias para a produção de biodiesel.
(D) a utilização de veículos com motores movidos a gás do carvão mineral.
(E) a substituição da gasolina e do diesel pelo gás natural.

Figura 3. Item nº 43, presente na prova amarela do ENEM de 2004. Fonte: INEP (2017).

Em 2003, um fato marcou o surgimento de um novo impulso para o setor, com a fabricação dos veículos flex-fuel, os quais podem usar indiscriminadamente álcool ou gasolina. Com isso a popularização e produção do álcool acentuou o seu crescimento. No ano de 2004, a venda de veículos flex-fuel aumentou em mais de cinco vezes, atingindo 328 mil unidades (Mendonça *et al.* 2008).

Diferentemente do álcool, o biodiesel ainda estava em fase de desenvolvimento, mas em 2004 foi lançado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), por meio da Medida Provisória nº 214 que posteriormente foi convertida na Lei 11.097/2005, tendo como principal objetivo garantir a produção viável economicamente do combustível renovável, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional e também a sua mistura ao diesel fóssil, em caráter experimental (Brasil 2005).

A reportagem publicada no dia 01 de maio de 2004 (**Figura 4**) no portal Ambiente Brasil aborda o lançamento do PNPB, a realização de testes complementares, inserção da agricultura familiar no processo, previsões animadoras sobre a produção nacional do biocombustível e desenvolvimento regional, além de expressar os avanços do Programa Biodiesel em diversos estados do Nordeste.

Em um aspecto geral, para resolução do item 43, além de conceitos atuais, o aluno necessitava de uma carga de conhecimentos de Química Orgânica básica, apenas sobre os tipos de combustíveis renováveis e não renováveis. O contexto das informações auxiliava fortemente os estudantes na busca pela alternativa correta. Os conteúdos abordados são apresentados nos livros didáticos de Química para o 3º ano do Ensino Médio. A resposta correta seria a letra “c”.

Em 2008, o tema biodiesel esteve presente na questão 28 (Figura 5) do caderno amarelo. Assim como os demais itens investigados da avaliação, o combustível renovável é abordado como alternativa aos combustíveis derivados do petróleo, alertando para os benefícios ao meio ambiente. O contexto do enunciado trata da Lei n° 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, além da definição de biocombustível.

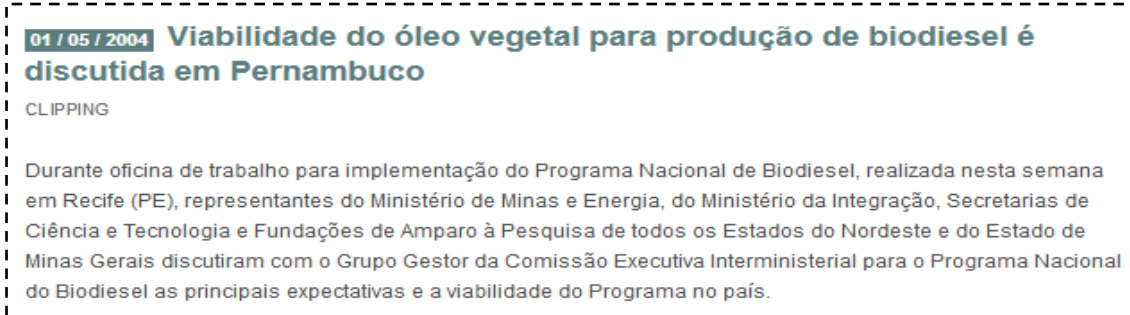


Figura 4. Ambiente Brasil noticia porque é possível utilizar óleo vegetal para a produção de biodiesel. Fonte: Ambiente Brasil (2004).

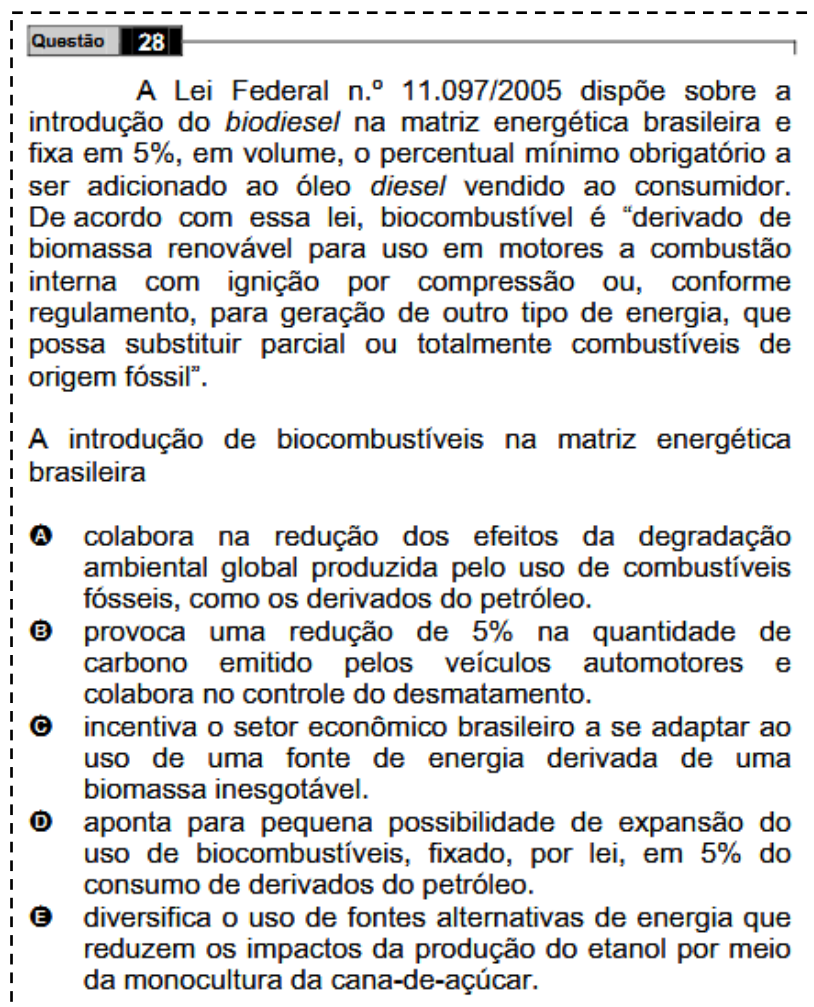


Figura 5. Item nº 28, presente no caderno amarelo do ENEM 2008. Fonte: INEP (2017).

Em 24 de novembro de 2004, foi divulgada a Resolução da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) nº 42, que determinou o teor de adição nacional do biodiesel ao óleo diesel na proporção de 2% (B2). Entre 2005 e 2007, a comercialização era voluntária.

Temática biodiesel no Enem

A obrigatoriedade veio no artigo 2º da Lei nº 11.097/2005, que estabeleceu que todo o diesel de petróleo comercializado no território nacional, deveria conter 2% de biodiesel. No entanto, o governo federal antecipou para 5% (B5) a mistura do biodiesel ao diesel comum a partir de 2010 (ANP 2017).

A **Tabela 2** mostra a evolução periódica do percentual de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil.

Tabela 2. Teor de biodiesel conforme período. Fonte: Adaptada de ANP (2017).

Período	Determinação de biodiesel
2003	Facultativo
Janeiro de 2008	02%
Julho de 2008	03%
Julho de 2009	04%
Janeiro de 2010	05%
Agosto de 2014	06%
Novembro de 2014	07%

As informações disponibilizadas na questão são imprescindíveis para a sua resolução. O leitor deveria estar inteirado sobre a Lei 11.097/2005 e conceitos a respeito de fontes renováveis de energia. Não havia menção à evolução percentual de biodiesel presente no diesel fóssil no país, como também que no ano de 2008 a determinação de biodiesel subiu de 2% para 3%, sendo a obrigatoriedade do 5% antecipada para começar a vigorar em 2010. A resposta correta seria a letra “a”.

A Lei nº 13.263/2016 alterou a Lei nº 13.033/2014 determinando um cronograma de aumento do teor de biodiesel a partir de 2017. Atualmente o diesel vendido nos postos pelo Brasil possui 8% de biodiesel e 92% de diesel, no entanto esse volume aumentou em março de 2018 passando a ser 10% de biodiesel (BRASIL 2016).

Existe ainda a possibilidade de usar mais biodiesel. O Conselho Nacional de Política Energética poderá aumentar esse percentual até 15% a qualquer momento após março de 2019. A **Figura 6** mostra quanto de biodiesel o país utilizou ou utilizará em cada ano (ANP 2017).

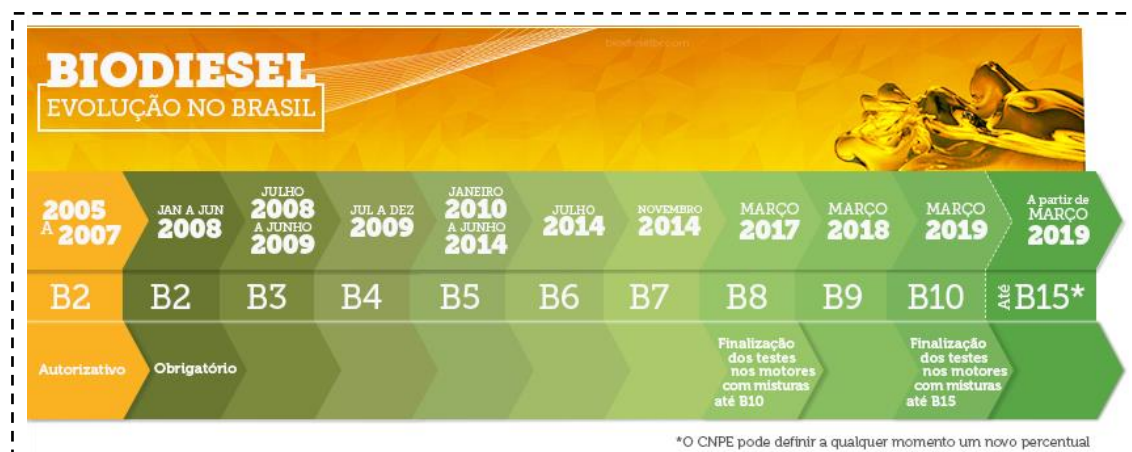


Figura 6. Evolução do biodiesel em território nacional. Fonte: Biodiesel.br (2017).

O Enem para pessoas privadas de liberdade (Enem PPL) em 2011 apresentou o maior número de questões sobre o biocombustível entre todas as 29 avaliações analisadas. A questão 49 (Figura 7) do 1º dia no caderno 3 (branco), da segunda aplicação, demonstrou seguir uma tendência a contextualização e integração de conteúdos diversificados da Química, semelhante às questões do Velho Enem já investigadas.

A questão 49 utiliza conhecimentos da Termoquímica, ramo da química que estuda a energia absorvida ou liberada nas transformações. Este conteúdo é apresentado nos livros

didáticos do 2ª ano do Ensino Médio, sendo a combustão assunto permanente. Toda combustão é uma reação exotérmica, na qual um combustível reage com o O₂, que é o comburente, liberando energia. A principal utilidade de qualquer combustível é liberar energia na forma de calor quando participa de uma reação de combustão.

QUESTÃO 49

Considera-se combustível aquele material que, quando em combustão, consegue gerar energia. No caso dos biocombustíveis, suas principais vantagens de uso são a de serem oriundos de fontes renováveis e a de serem menos poluentes que os derivados de combustíveis fósseis. Por isso, no Brasil, tem-se estimulado o plantio e a industrialização de sementes oleaginosas para produção de biocombustíveis.

No quadro, estão os valores referentes à energia produzida pela combustão de alguns biocombustíveis:

BIOCOMBUSTÍVEL	kcal/kg
Biodiesel (mamona)	8 913
Biodiesel (babaçu)	9 049
Biodiesel (dendê)	8 946
Biodiesel (soja)	9 421
Etanol (cana-de-açúcar)	5 596

Disponível em: <http://www.biodieselecooleo.com.br>. Acesso em: 8 set. 2010 (adaptado).

Entre os diversos tipos de biocombustíveis apresentados no quadro, aquele que apresenta melhor rendimento energético em massa é proveniente

A da soja.
B do dendê.
C do babaçu.
D da mamona.
E da cana-de-açúcar.

Figura 7. Item nº 49, presente no caderno branco do ENEM 2011, segunda aplicação. Fonte: INEP (2017).

O item apresenta no quadro o tipo de biocombustível à esquerda e o poder calorífico por unidade de massa correspondente à direita, em kcal/kg, onde as massas dos combustíveis são iguais. Uma das formas de comparar o rendimento dos diferentes combustíveis é analisar seus poderes caloríficos, grandeza definida como a quantidade de energia liberada na queima de uma unidade de massa do material combustível. A resposta correta seria a letra “a”.

Dados da ANP (2017) mostram a distribuição dos tipos de matérias-primas utilizadas no Brasil para a produção do biodiesel (B100) entre os anos de 2007 a 2016, conforme a **Figura 8**.

Como se pode notar no gráfico abaixo, o óleo de soja continuou sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel (B100). A segunda matéria-prima no “ranking” de produção das usinas é a gordura animal, mesmo depois da diminuição em relação a 2015, seguida pelos outros materiais graxos com maior participação em relação aos demais períodos e óleo de algodão.

A questão 57 (**Figura 9**) também da mesma prova de 2011 demonstra sua direta relação com o quesito anterior, exibindo um esquema do processo de produção do biodiesel a partir do óleo de soja. O enunciado é objetivo quanto à necessidade da reação química para transformação de óleo vegetal ou gordura animal em combustível alternativo. Assim como nas demais provas,

exalta os benéficos dos biocombustíveis serem oriundos de fontes renováveis e produzirem muito menos poluição do que os derivados do petróleo.

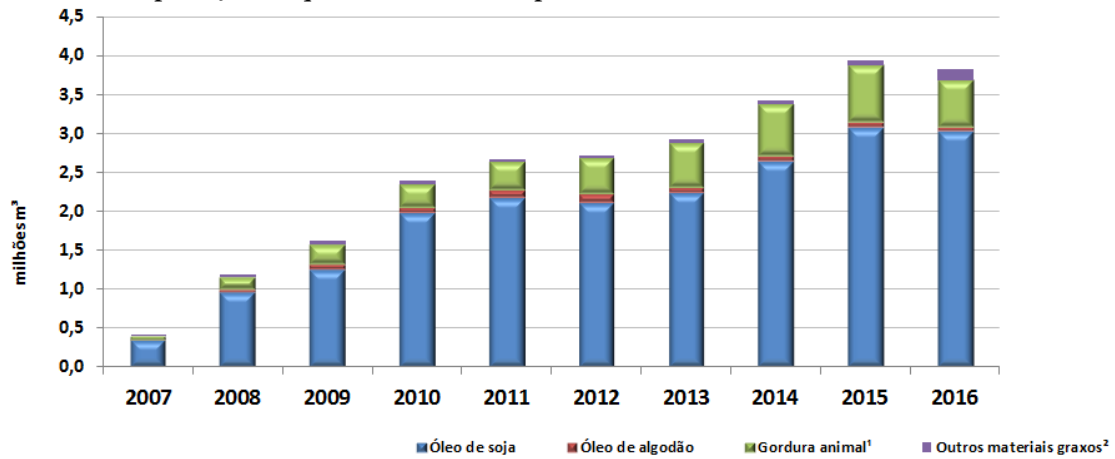


Figura 8. Evolução das matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil: ¹Inclui gordura bovina, de frango e de porco; ²Inclui óleo de palma de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de fritura usado e outros materiais graxos. Fonte: ANP (2017).

QUESTÃO 57

O biodiesel é um biocombustível que pode ser obtido a partir do processo químico em que óleos ou gorduras são transformados em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Suas principais vantagens de uso relacionam-se principalmente ao fato de serem oriundos de fontes renováveis e produzirem muito menos poluição do que os derivados de combustíveis fósseis. A figura seguinte mostra, de forma esquemática, o processo de produção de biodiesel a partir do óleo de soja:

Disponível em: <http://www.proteinasdesoja.com.br>.

De acordo com o descrito, a etapa que representa efetivamente a formação das moléculas orgânicas combustíveis que compõem o biodiesel está representada na figura pelo número

A 1.
B 2.
C 3.
D 4.
E 5.

Figura 9. Item nº 57, presente no caderno branco do ENEM 2011, segunda aplicação. Fonte: INEP (2017).

Para a resolução do item seria necessário do leitor a compreensão da reação química denominada transesterificação, em que o triglicerídeo (matéria-prima) que constitui o óleo ou gordura reage com o álcool, formando uma mistura de ésteres alquílicos (o biodiesel) e, como subproduto, outro álcool. Santos & Pinto (2009) descrevem a reação de transesterificação como sendo uma “reação dos triglicerídeos presentes nos óleos vegetais ou gorduras animais com álcool em presença de catalisador”.

A **Figura 10** apresenta a reação de transesterificação de um triglicerídeo.

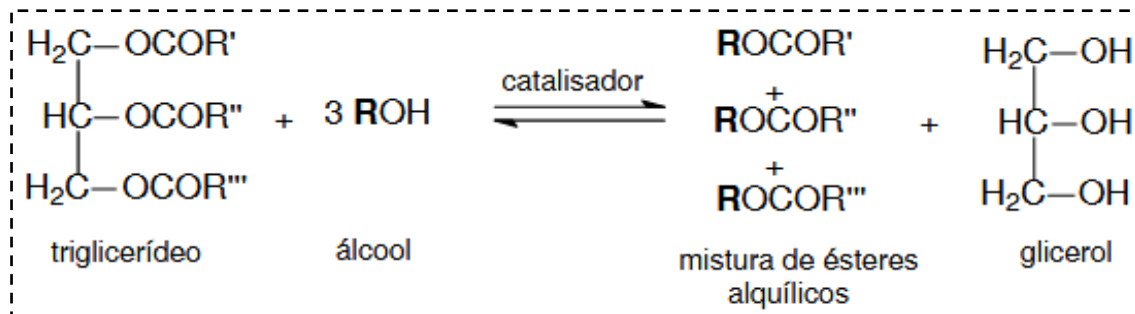


Figura 10. Transesterificação de um triglicerídeo. Fonte: Garcia (2006).

Do ponto de vista químico, o óleo vegetal usado na produção de biodiesel é um triglicerídeo, ou seja, um triéster derivado da glicerina. Sob ação de um catalisador básico (NaOH ou KOH) e na presença de metanol ou etanol (podendo utilizar também propanol, butanol e álcool amílico), o óleo sofre uma transesterificação formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos, que constituem o biodiesel em sua essência, e liberando uma molécula de glicerol ou glicerina.

O subproduto do esquema da questão 57 é a glicerina, de sabor adocicado, que purificada (grau USP ou glicerina farmacêutica) tem grande aplicação nos setores de cosméticos, higiene pessoal, alimentos, medicamentos e fumo (Mota *et al.* 2009). A alternativa correta seria a letra “a”.

Em 2012, assim como 2011, a primeira aplicação do Exame não contou com questões sobre o tema biodiesel, somente a segunda aplicação. A questão 75 (**Figura 11**) do 1º dia, caderno 3, apresentava um dos métodos de obtenção do biodiesel envolvendo o óleo de soja e utilizando como álcool o metanol em meio básico e alertava quanto a necessidade de a reação acontecer na ausência de água.

QUESTÃO 75

Um dos métodos de produção de biodiesel envolve a transesterificação do óleo de soja utilizando metanol em meio básico (NaOH ou KOH), que precisa ser realizada na ausência de água. A figura mostra o esquema reacional da produção de biodiesel, em que R representa as diferentes cadeias hidrocarbônicas dos ésteres de ácidos graxos.

$$\begin{array}{c}
 \text{O} \\
 || \\
 \text{R}_1-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_2)-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_3 \\
 \text{O} \quad \quad \quad \text{O} \\
 || \quad \quad \quad || \\
 \text{R}_1-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{R}_2-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{R}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}
 \end{array}$$

A ausência de água no meio reacional se faz necessária para

- A manter o meio reacional no estado sólido.
- B manter a elevada concentração do meio reacional.
- C manter constante o volume de óleo no meio reacional.
- D evitar a diminuição da temperatura da mistura reacional.
- E evitar a hidrólise dos ésteres no meio reacional e a formação de sabão.

Figura 11. Item nº 75, presente no caderno branco do ENEM 2012, segunda aplicação. Fonte: INEP (2017).

No item 75 analisado é questionado qual a necessidade da ausência de água no meio reacional. Com isso, seria necessário do aluno compreender que, a presença considerável de água no meio reacional, favorece a reação de hidrólise do triglicerídeo (reação de saponificação) em presença de base, forma-se sabão e glicerol. A formação de sabão é indesejável, pois permite maior solubilização do glicerol nos ésteres etílicos, dificultando o processo de separação de fases (Santos & Pinto 2009). A alternativa correta seria a letra “e”.

O item 54 (Figura 12) do caderno azul de 2014 tratou da instabilidade do biocombustível frente ao oxigênio que reside nas insaturações, ou duplas ligações, entre os carbonos das moléculas. O enunciado iniciava com a classificação do biodiesel como uma mistura e a variação das suas propriedades quanto à composição. Também apresentava um quadro que ilustrava o teor médio de ácidos graxos de algumas fontes oleaginosas, sendo este fundamental para identificação da fonte que produziria um biodiesel de maior resistência à oxidação.

QUESTÃO 54

O biodiesel não é classificado como uma substância pura, mas como uma mistura de ésteres derivados dos ácidos graxos presentes em sua matéria-prima. As propriedades do biodiesel variam com a composição do óleo vegetal ou gordura animal que lhe deu origem, por exemplo, o teor de ésteres saturados é responsável pela maior estabilidade do biodiesel frente à oxidação, o que resulta em aumento da vida útil do biocombustível. O quadro ilustra o teor médio de ácidos graxos de algumas fontes oleaginosas.

Fonte oleaginosa	Teor médio do ácido graxo (% em massa)					
	Mirístico (C14:0)	Palmitico (C16:0)	Esteárico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
Milho	< 0,1	11,7	1,9	25,2	60,6	0,5
Palma	1,0	42,8	4,5	40,5	10,1	0,2
Canola	< 0,2	3,5	0,9	64,4	22,3	8,2
Algodão	0,7	20,1	2,6	19,2	55,2	0,6
Amendoim	< 0,6	11,4	2,4	48,3	32,0	0,9

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel Production: a review. *Bioresource Technology*, Londres, v. 70, n. 1, jan. 1999 (adaptado).

Qual das fontes oleaginosas apresentadas produziria um biodiesel de maior resistência à oxidação?

A Milho.

B Palma.

C Canola.

D Algodão.

E Amendoim.

Figura 12. Item nº 54, presente no caderno azul do ENEM 2014. Fonte: INEP (2017).

A oleaginosa de origem acaba por influenciar na estabilidade do biodiesel. Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeia longa, livres ou esterificados. Quando saturados, possuem pouca reatividade química, já os ácidos graxos insaturados, são mais reativos e mais suscetíveis a termo-oxidação. A alternativa correta seria a letra “e”.

A Tabela 3 apresenta a composição de ácidos graxos em alguns óleos vegetais e gorduras. O óleo de soja não é ilustrado no quadro da questão 54. A fonte oleaginosa da soja é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel, no entanto, apresenta muitas duplas ligações, o que o torna bastante instável.

A questão 76 (Figura 13) caderno branco (9), do 1º dia, na terceira aplicação, trata da adulteração de combustíveis automotivos pela adição de substâncias ou matérias de baixo valor comercial, que ao invés de proporcionar os benefícios dos biocombustíveis, pode danificar os motores, aumentar o consumo de combustíveis e prejudicar o meio ambiente. O texto ainda alerta quanto à mistura do diesel fóssil ao biodiesel legalmente obrigatória em território nacional, não citando a Lei nº 13.263/2016 que determinou um cronograma de aumento do teor de biodiesel a partir de 2017.

A ANP mantém o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC), que coleta e analisa amostras de combustíveis em postos de todo o Brasil, visando

atender ao disposto no artigo 8º da Lei 9.478/1997, em particular os incisos que tratam da garantia de qualidade e do suprimento de combustíveis ao mercado nacional (Brasil 1997).

O monitoramento da qualidade de combustíveis é importante não somente em função do desempenho dos veículos, mas, devido ao impacto ambiental das emissões de poluentes. A adulteração dos combustíveis se caracteriza pela adição irregular de qualquer substância, sem recolhimento de impostos, com vistas à obtenção de lucro (ANP 2018).

O item apresenta um quadro com valores de quatro propriedades (densidade, poder calorífico, viscosidade e teor de enxofre) do diesel, biodiesel e do óleo vegetal, solicitando a partir das informações do quadro quais as duas propriedades que podem ser empregadas tecnicamente para verificar se uma amostra de diesel comercial está ou não adulterada com óleo vegetal. Realizando uma análise simples do quadro, é possível observar a alta viscosidade do óleo vegetal (37.0 mm²/s) em relação ao diesel (3.9 mm²/s < 37.0 mm²/s) e biodiesel (4.7 mm²/s < 37.0 mm²/s).

Tabela 3. Composição de óleos e gorduras de diversas origens. Fonte: Rinaldi *et al.* (2007).

Óleo ou Gordura	Composição em ácidos graxos (% em massa)						
	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	Oléico C ₁₈ H ₃₂ O ₂	Linoléico C ₁₈ H ₃₀ O ₂	Linolênico C ₁₈ H ₂₈ O ₂
Algodão	—	1.5	22	5.0	19	50	—
Amendoim	—	0.5	6.0 – 11.4	3.0 – 6.0	42.3 – 61	13 – 33.5	—
Babaçu	44 – 45	15 – 16.5	5.8 – 8.5	2.5 – 5.5	12 – 16	1.4 – 2.8	—
Coco	44 – 51	13 – 18.5	7.5 – 11	1.0 – 3.0	5.0 – 8.2	1.0 – 2.6	—
Dendê	—	0.6 – 2.4	32 – 45	4.0 – 6.3	38 – 53	6.0 – 12	—
Girassol	—	—	3.6 – 6.5	1.3 – 3.0	14 – 43	44 – 68	—
Linhaça	—	—	6.0	4.0	13 – 37	5.0 – 23	26 – 58
Milho	—	—	7.0	3.0	43	39	—
Oliva	—	1.3	7.0 – 16	1.4 – 3.3	64 – 84	4.0 – 15	—
Soja	—	—	2.3 – 11	2.4 – 6.0	23.5 – 31	49 – 51.5	2.0 – 10.5
Sebo	—	3.0 – 6.0	25 – 37	14 – 29	26 – 50	1.0 – 2.5	—

QUESTÃO 76

Combustíveis automotivos têm sido adulterados pela adição de substâncias ou materiais de baixo valor comercial. Esse tipo de contravenção pode danificar os motores, aumentar o consumo de combustível e prejudicar o meio ambiente. Vários testes laboratoriais podem ser utilizados para identificar se um combustível está ou não adulterado. A legislação brasileira estabelece que o diesel, obtido do petróleo, contenha certa quantidade de biodiesel. O quadro apresenta valores de quatro propriedades do diesel, do biodiesel e do óleo vegetal, um material comumente utilizado como adulterante.

Propriedade	Diesel	Biodiesel	Óleo vegetal
Densidade (g/cm ³)	0,884	0,880	0,922
Poder calorífico (MJ/L)	38,3	33,3	36,9
Viscosidade (mm ² /s)	3,9	4,7	37,0
Teor de enxofre (%)	1,3	< 0,001	< 0,001

Com base nas informações apresentadas no quadro, quais são as duas propriedades que podem ser empregadas tecnicamente para verificar se uma amostra de diesel comercial está ou não adulterada com óleo vegetal?

- A** Densidade e viscosidade.
- B** Teor de enxofre e densidade.
- C** Viscosidade e teor de enxofre.
- D** Viscosidade e poder calorífico.
- E** Poder calorífico e teor de enxofre.

Figura 13. Item nº 76, presente no caderno branco (9) do ENEM 2016, terceira aplicação. Fonte: INEP (2017).

O óleo vegetal possui o valor da densidade maior que o diesel, em misturas entre os dois combustíveis, quanto maior for a porcentagem de óleo vegetal, maior será a densidade da mistura. A densidade e a viscosidade são estáveis durante o período de armazenamento, por isso, estas propriedades podem ser empregadas tecnicamente para verificar se o diesel comercial está ou não adulterado com óleo vegetal. A alternativa correta é a letra “a”.

No enunciado da questão 96 (Figura 14) do caderno amarelo do segundo dia do exame (2017), a informação de que a reação de transesterificação representa a etapa efetiva da formação das moléculas orgânicas combustíveis que compõem o biodiesel é omitida, exigindo a identificação da função orgânica do produto.

O biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos, obtido a partir da reação de triglicerídeos que reage com um álcool na presença de uma base ou ácido forte, produzindo uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol, conforme a equação química ilustrada na questão (Geris *et al.* 2007). A função química presente no biodiesel é o éster, constituindo o grupo funcional R'-COOR". A alternativa correta é a letra “b”.

QUESTÃO 96

O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:

$$\begin{array}{c}
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_1 \\
 | \\
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH} - \text{O} - \text{C} - \text{R}_2 \\
 | \\
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_3
 \end{array}
 + 3 \text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{catalisador}}
 \begin{array}{c}
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_1 \\
 | \\
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_2 \\
 | \\
 \text{O} \\
 \parallel \\
 \text{CH}_3 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_3
 \end{array}
 + \begin{array}{c}
 \text{CH}_2 - \text{OH} \\
 | \\
 \text{CH} - \text{OH} \\
 | \\
 \text{CH}_2 - \text{OH}
 \end{array}$$

A função química presente no produto que representa o biodiesel é

A éter.
B éster.
C álcool.
D cetona.
E ácido carboxílico.

Figura 14. Item nº 96, presente no caderno amarelo do ENEM 2017. Fonte: INEP (2017).

A exploração dos aspectos do cotidiano é uma característica forte nas questões de diferentes edições do Enem. Desde sua criação, o exame é realizado a partir de uma matriz de competências e habilidades que seguem tendências internacionais de avaliação, onde as mudanças sociais se processam e alteram a vida cotidiana, exigindo padrões elevados da escolaridade e indicam a formação de alunos que “possam assimilar informações e utilizá-las em contextos adequados, interpretando códigos e linguagens e servindo-se dos conhecimentos adquiridos para a tomada de decisões autônomas e socialmente relevantes” (INEP 1998: 8).

Os enunciados das questões envolvem temas bastante contextualizados abordando aspectos da possível substituição parcial ou total dos combustíveis fósseis por biocombustíveis

para solução de problemas ambientais, exigindo do candidato a interpretação de forma a mobilizar suas habilidades e conhecimentos desenvolvidos durante sua trajetória escolar. A maioria dos itens está relacionada, principalmente, aos benefícios ambientais do biodiesel e reação de transesterificação.

É possível verificar que a segunda aplicação do Enem 2011 apresentou o maior número de questões (2) sobre a temática biodiesel em uma mesma prova e que a abordagem do biocombustível não é constante no exame, mas tende a aparecer alternadamente e independentemente da sua aplicação. No Novo Enem, por exemplo, a temática só é apresentada na primeira aplicação nos anos de 2014 e 2017.

A presença de itens sobre o biodiesel no exame é conferido pela maior preocupação com as questões ambientais. Outro fator que contribui para isso é a constante busca por alternativas sustentáveis para resolver as crises energéticas no país, que, embora tenham dado um retrocesso, ainda ameaçam retornar. Também pode ser citada a crise econômica que acompanhou o país nos últimos anos, o que colaborou para a venda do pré-sal, afetando a extração do petróleo e, assim, a produção e preço dos combustíveis minerais (Drummond 2017).

Agradecimentos

Os autores agradecem aos avaliadores anônimos pela revisão crítica do manuscrito.

Referências

- Ambiente Brasil (2004) Viabilidade do óleo vegetal para produção de biodiesel é discutida em Pernambuco. Disponível em: <http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2004/05/01/14508-viabilidade-do-oleo-vegetal-para-producao-de-biodiesel-e-discutida-em-pernambuco.html> (Acessado em 25/02/2018).
- Andrade G.G.A. (2012) Metodologia do Enem: uma reflexão. *Série-Estudos*, 33: 67–76.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2016) Biodiesel. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel> (Acessado em 15/02/2018).
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2017) Consumo de combustíveis no Brasil caiu 4,5% na comparação entre 2016 e 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/noticias/3585-consumo-de-combustiveis-no-brasil-caiu-4-5-na-comparacao-entre-2016-e-2015> (Acessado em 02/01/2017).
- Biodieselbr (2017) A validação do B10 pelas montadoras. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/eventos/a-validacao-do-b10-pelas-montadoras.htm> (Acessado em 21/02/2018).
- Brasil (1997) Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 06/08/1997.
- Brasil (1998) Portaria nº 438, de 28 de maio de 1998. Diário Oficial da União, Poder Executivo Brasília, DF, 28/05/1998.
- Brasil (2002) Portaria MCT nº 702, de 30 de outubro e 2002. Diário Oficial da união, Poder Executivo, Brasília, DF, 30/10/2002.
- Brasil (2005) Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 13/01/2005.
- Brasil (2016) Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 23/03/2016.
- Brasil (2017) Necessidade de atendimento especial deve ser comprovada. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/212-noticias/educacao-superior-1690610854/48371-necessidade-de-atendimento-especial-deve-ser-comprovada> (Acessado em 19/02/2018).
- Cruz G. (2011) ENEM e os novos rumos do vestibular. *Educatrix*, 1: 84–87.
- Drummond C. (2017) A venda do pré-sal, um desastre para o Brasil. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/revista/977/a-venda-do-pre-sal-um-desastre-para-o-brasil> (Acessado em 25/02/2018).

- Enem – Exame Nacional do Ensino Médio (2017) Para pessoas privadas de liberdade será aplicada nos dias 12 e 13 de dezembro. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/enem/2017/noticia/enem-2017-para-pessoas-privadas-de-liberdade-sera-aplicado-nos-dias-12-e-13-de-dezembro.ghtml> (Acessado em 15/02/2018).
- Ferreira E.M. (2014) Análise da abrangência da matriz de referência do ENEM com relação às habilidades avaliadas nos itens de Matemática de 2009 a 2013. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional. Universidade de Brasília, DF, Brasília.
- Garcia C.M. (2006) Transesterificação de óleos vegetais. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Química Inorgânica. Universidade de Brasília, DF, Brasília.
- Geris R., Santos N.A.C., Amaral B.A., Maia I.S., Castro V.D. & Carvalho J.R.M. (2007) Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de Química Orgânica. *Química Nova*, 30(5): 1369–1373. DOI: 10.1590/S0100-40422007000500053
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (1998) Enem: documento básico. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/484421/Exame+Nacional+do+Ensino+M%C3%A9dio++ENEM++documento+b%C3%A9sico/e2cf61a8-fd80-45b8-a36f-af6940e56113?version=1.1> (Acessado em 24/02/2018).
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (2017) Provas e gabaritos Enem. Disponível em: <http://inep.gov.br/provas-e-gabaritos> (Acessado em 15/01/2018).
- Knothe G., Gerpen J.V., Krahl J. & Ramos L.P. (2006) Manual do Biodiesel. São Paulo: Edgard Blucher. 352 p.
- Maceno N.G., Ritter-Pereira J., Maldaner O.A. & Guimarães O.M. (2011) A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recrear o Currículo de Química na Educação Básica. *Química Nova na Escola*, 33(3): 153–159.
- Marcelino L.V. & Recena M.C.P. (2012) Possíveis influências do novo ENEM nos currículos educacionais de química. *Estudos em Avaliação Educacional*, 23(53): 148–177.
- Mattei L. (2010) Programa Nacional para Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. *Revista Econômica do Nordeste*, 41(4): 731–740.
- Mendonça M.A.A., Freitas R.E., Santos A.O.P., Pereira A.S. & Costa R.C. (2008) Expansão da produção de álcool combustível no Brasil: uma análise baseada nas curvas de aprendizagem (p. 01–15). In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.
- Mota C.J.A., Silva C.X.A. & Gonçalves V.L.C. (2009) Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*, 32(3): 639–648. DOI: 10.1590/S0100-40422009000300008
- Parra L. (2003) Óleo de girassol é usado como combustível. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/economia/oleo-de-girassol-e-usado-como-combustivel-446281.html> (Acesso em 21/02/2018).
- Rinaldi R., Garcia C., Marciniuk L.L., Rossi A.V. & Schuchardt U. (2007) Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. *Química Nova*, 30(5): 1374–1380. DOI: 10.1590/S0100-40422007000500054
- Santos A.P.B. & Pinto A.C. (2009) Biodiesel: uma alternativa de combustível limpo. *Química Nova na Escola*, 31(1): 58–62.
- Suarez P.A.Z. & Meneghetti S.M.P. (2007) 70º aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. *Química Nova*, 30: 2068–2071. DOI: 10.1590/S0100-40422007000800046
- Suarez P.A.Z., Meneghetti S.M.P., Meneghetti M.R. & Wolf C.R. (2007) Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. *Química Nova*, 30: 667–676. DOI: 10.1590/S0100-40422007000300028

Vasconcelos Y. (2016) No ranking de desenvolvimento tecnológico. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/no-ranking-de-desenvolvimento-tecnologico/> (Acesso em: 19/12/2017).