

# Etanol combustível: uma revisão acerca dos testes para avaliar sua qualidade

DOI: 10.5281/zenodo.11089830

Linara Tarusa D. Correa<sup>a\*</sup>

Ethanol fuel is one of the most used biofuels in the world. In Brazil, it gained a lot of prominence due to the country's energy availability to produce this product from sugar cane and the great incentive of the Proálcool program. However, there are several adulterations associated with this product. Therefore, to guarantee the quality of the fuel that reaches the consumer, tests are necessary to evaluate the quality of the product. Among the main tests are the analysis of color and appearance, pH, electrical conductivity, specific mass and hydrocarbon content.

O etanol combustível é um dos biocombustíveis mais utilizados no mundo. No Brasil ele ganhou muito destaque devido a disponibilidade energética do país de produzir esse produto a partir da cana de açúcar e do grande incentivo do programa Proálcool. Contudo, existem diversas adulterações associadas a esse produto. Dessa forma, para a garantir a qualidade do combustível que chega para o consumidor são necessários ensaios para avaliar a qualidade do produto. Dentre os principais ensaios se encontram a análise de cor e aspecto, pH, condutividade elétrica, massa específica e teor de hidrocarbonetos.

<sup>a</sup>Universidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).

\*E-mail: linara.tarusa@gmail.com

**Palavras-chave:** etanol; biocombustível; qualidade; adulteração.

Aceito em 23 de março de 2024,  
Aprovado em 26 de abril de 2024,  
Publicado em 01 de maio de 2024.

## Introdução

O etanol é um biocombustível, sendo importante ressaltar que essa classificação é atribuída a combustíveis que são produzidos a partir da biomassa, ou seja, matéria orgânica de origem animal ou vegetal. Diferente dos combustíveis fósseis tradicionais como a gasolina, o biocombustível, além de ser mais em conta financeiramente, também auxilia muito na preservação do meio ambiente, neutralizando a pegada de carbono e reduzindo a emissão de gases do efeito estufa, também conhecidos como GEE, na atmosfera. Assim, tecnologia de conversão de biomassa em açúcares fermentáveis para a produção de etanol é apontada como uma rota promissora para atender a demanda mundial por combustíveis.<sup>1-3</sup>

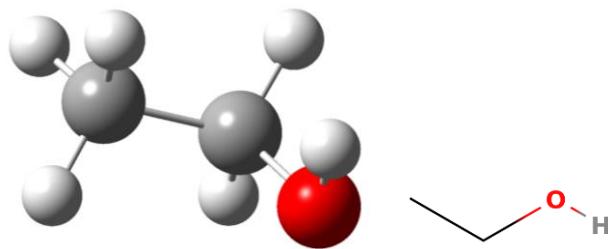
O etanol combustível é o biocombustível mais utilizado no país, sendo que a sua produção e uso proporcionam uma redução significativa no consumo de derivados de petróleo. Dessa forma, a ascensão do etanol ocorreu na década de 70 devido a crise mundial de petróleo com elevação do preço dos combustíveis fósseis a valores exorbitantes. O governo brasileiro direcionou esforços para o desenvolvimento de um combustível alternativo para motores ciclo Otto, culminando com a criação do Proálcool em 1975 para estimular a indústria sucroalcooleira.<sup>4,5</sup> Portanto, desde esse período, o Brasil foi abastecido com mais de 637 bilhões de litros de etanol que substituíram de cerca de 2,4 bilhões de

barris de petróleo, ocasionando em uma significativa redução da emissão de gases de efeito estufa.<sup>6</sup>

Com relação ao aspecto produtivo, no Brasil o etanol é obtido principalmente através da fermentação de açúcares presentes na cana-de-açúcar. O processo produtivo consiste em primeiro triturar e moer a cana para obtenção de garapa, uma espécie de caldo com alto teor de sacarose. Em seguida, a garapa é dividida em duas porções e passa por um processo de cristalização. A primeira porção tem como objetivo formar o açúcar escuro, utilizado para produzir o açúcar alimentício tradicional. A segunda porção gera o melaço, utilizado para produzir o álcool. A fermentação do melaço dá origem ao mosto, produto com uma concentração de 12% de etanol. Por fim, o produto é destilado a fim de obter álcool comum a 96°GL, ou seja, 96 graus Gay-Lussac, que é composto por 96% de etanol e 4% de água.<sup>7,8</sup>

Existem três tipos de etanol utilizados para o abastecimento de veículos, sendo eles o etanol comum obtido a partir da destilação do mosto, o etanol aditivado e etanol anidro. É importante ressaltar que mesmo variando os tipos, todos são a mesma substância  $C_2H_6O$ , como mostra a Figura 1, mudando apenas a graduação alcoólica.<sup>7</sup>

**Figura 1.** Representação tridimensional (a) e bidimensional (b) gerada respectivamente pelos programas GaussView<sup>9</sup> e Molview.



No que tange o etanol anidro, ele é o produto misturado na gasolina com o objetivo de aumentar o índice de octanagem da gasolina e diminuir a emissão de gases e do efeito estufa, como monóxido de carbono (CO) liberado na queima incompleta do combustível.<sup>10</sup> Em contrapartida, o consumo do combustível aumenta visto que o etanol rende menos que a gasolina, além de favorecer a produção óxidos de nitrogênio que ao reagir com a água presente na atmosfera gera ácido nítrico, responsável pela chuva ácida.

De acordo com as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), e em conformidade com a Portaria N° 75, de 5 de março de 2015, expedida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), bem como a Resolução N° 1, de 4 de março de 2015,<sup>11</sup> do Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), o teor máximo de álcool etílico anidro permitido na gasolina comum é de 27%, com uma tolerância de variação de 1% para mais ou para menos.

O principal determinante para o percentual de etanol anidro na gasolina é a política econômica nacional e a inserção do país no mercado global. Dessa forma, em períodos em que o açúcar apresenta valor elevado no mercado internacional, a produção de etanol no Brasil tende a reduzir. Como resultado, o teor de etanol adicionado à gasolina comum também será reduzido, uma vez que os esforços produtivos estarão direcionados prioritariamente à produção de açúcar.

A legislação mais recente sobre a especificação do álcool anidro é a mesma do álcool hidratado, ou seja, o Regulamento Técnico ANP n°3/2011, anexo da Resolução ANP N° 907 de 23 de novembro de 2022.<sup>12</sup> A resolução traz algumas diferenças significativas entre os produtos, como por exemplo a coloração, sendo que o etanol anidro deve ser alaranjado, enquanto o hidratado comum em geral é transparente. Outra diferença é com relação ao teor alcoólico, o anidro precisa conter, no mínimo, 99,6% de álcool puro.

O etanol hidratado comum, como o próprio nome sugere, é aquele que é adicionado à água, sendo esse o etanol utilizado no abastecimento de veículos, assim ele precisa ter 95,1% a 96% de graduação alcoólica. Contudo, esse produto possui diversos casos de fraude, sendo a adulteração mais comum a adição de água em quantidade maior que o permitido pelas normas da ANP, dessa forma alguns comerciantes compram o etanol anidro e adicionam água sem controle do teor para vender o produto final como etanol hidratado.<sup>13,14</sup> Justamente por isso, a ANP tornou obrigatório, através da Resolução ANP n° 7/2011,<sup>12</sup> que se adicione corante de tonalidade laranja ao etanol anidro a fim de dificultar a fraude e a identificação do combustível, além disso é importante ressaltar que o corante escolhido não é solúvel em água.

Já o etanol aditivado é composto por álcool hidratado ao qual são adicionados aditivos que melhoram o rendimento e reduzem o desgaste do motor, melhorando sua lubrificação. Essa melhoria é necessária devido à menor capacidade lubrificante do álcool hidratado em comparação com o álcool anidro, consequência da presença de água. Esta condição pode diminuir a vida útil do motor. A inclusão de lubrificantes no etanol aditivado visa minimizar essa deficiência. Assim, o etanol aditivado opera com o mesmo princípio da gasolina aditivada, sendo um combustível convencional enriquecido com substâncias que aprimoram sua qualidade, cuja aditivação é identificada pela coloração verde. É crucial destacar que a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) não regula a aditivação.<sup>15</sup>

É importante ressaltar que para serem vendidos, todos os tipos de álcoois supracitados precisam cumprir as especificações estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) com relação as suas características físico-químicas, a fim de manter o controle de qualidade dos produtos comercializados no país de modo que tenham o desempenho esperados para a segurança do veículo, consumidor e meio ambiente. No caso do etanol, algumas especificações são que os produtos supracitados precisam ser límpidos, com a respectiva coloração e teor alcoólico definidos pela agência, isento de impurezas, PH neutro, entre outros fatores. A tabela 1 mostra a relação das especificações com a respectiva norma nacional e internacional.

**Tabela 1.** Ensaios, normas e faixa de aceitação do etanol combustível

Característica	Método	Faixa de aceitação
Aspecto	NBR 14954	Limpo e isento de impurezas
Cor	-	A depender do produto
Massa específica 20°C	NBR 5992	807,6 a 811,0 kg/m <sup>3</sup> para etanol hidratado comum, 799,8 e 802,7 kg/m <sup>3</sup> para etanol premium. Máximo 791,5 Kg/m <sup>3</sup> para etanol anidro
Teor alcoólico	NBR 5992	95,1 e 96 °GL para etanol hidratado comum e anidro, 97,1 e 98,6% para etanol premium
Condutividade	NBR 10547	máximo 300 µS/m
pH	NBR 10891	entre 6,0 e 8,0
Teor de hidrocarboneto	NBR 13993	<2,0

Assim, o artigo em referência<sup>16</sup> fez a avaliação de algumas amostras de etanol coletadas na cidade de São Paulo, realizando os mesmo teste de qualidade exigidos pela ANP a fim de obter uma relação de conformidade ou não dos produtos em estudo.

## Metodologia

No artigo em referência<sup>16</sup> foram coletadas amostras de etanol hidratado de 4 bandeiras em 3 postos distintos. É importante ressaltar que a coleta foi feita em galões de 1000 mL regulamentados pelo INMETRO, identificados e armazenados em ambiente limpo, seco e longe de incidência solar até o momento das análises.

O primeiro ensaio realizado foi o aspecto através do método visual com o objetivo de ver se as amostras estavam límpidas e isentas de impureza (LII). A análise cor também compõe o ensaio, dessa foi observado se os produtos estavam incolores, cor padrão. A análise de potencial de hidrogênio (pH) foi feita tomando como base a norma NBR 10891.<sup>17</sup>

Assim, os autores utilizaram um potenciômetro digital da marca Gehaka, modelo PG1800. A análise de condutividade elétrica máxima foi tomada como referência a norma NBR 10547,<sup>18</sup> assim foi utilizado um condutivímetro digital da marca Gehaka, modelo CG1800. As análises de massa específica e teor alcoólico foram feitas tomando como base a NBR 5992,<sup>19</sup> assim utilizou-se o método do densímetro de vidro. Por fim, a análise de teor de hidrocarbonetos máximo, normatizada pela NBR 13993,<sup>20</sup> foi realizada pelo método volumétrico.

## Resultados e discussão

O primeiro ensaio realizado pelo autor foi o de cor e aspecto, sendo importante ressaltar que esse tipo de análise é feita de forma qualitativa com base no atributo sensorial da visão do analista.

Conforme especificado pelo regulamento técnico ANP nº3/2011,<sup>12</sup> a coloração do etanol comum deve ser incolor, contudo o etanol levemente amarelo está dentro da coloração aceitável. Já o etanol aditivado é caracterizado pela coloração verde. A mudança de coloração de incolor para verde tem como finalidade a identificação mais fácil do produto aditivado quando comparado com a versão comum.<sup>12</sup> Dessa forma, é exigido que o produto em análise, além de possuir a sua específica coloração esteja límpido e isento de impurezas, abreviado por LII, sendo que dentre as principais impurezas estão a presença de material particulado e água livre, ou seja, quando existe separação de fase na amostra.

A adição de água ao combustível é realizada como uma forma de adulteração, uma vez que a água tem baixo custo e não altera a coloração do combustível.<sup>21</sup> No caso do etanol, a análise de água livre é muito dificultada visto que a presença do grupo OH em sua composição faz com que o etanol se torne uma substância polar se misturando mais facilmente com a água e demais líquidos que polares.<sup>22</sup> Para isso, outros ensaios podem ser utilizados para identificar a presença de água em excesso no produto, sendo o principal deles a condutividade ou titulação condutométrica pelo método de Karl-Fischer.

A norma explica detalhadamente como deve ser realizado o ensaio. Dessa forma, é necessário uma prova de 1 L sem graduação, visto que os detalhes no vidro podem comprometer a análise visual. Também é necessário um bastão de vidro a fim de agitar a amostra, caso esteja presente material particulado eles serão mais facilmente notados. Por fim, é necessário no mínimo 500 mL de amostra. O procedimento experimental consiste em despejar toda a amostra na proveta,

agitá-la com o bastão de vidro e analisar se está dentro de cor e aspecto característica do produto. Na avaliação feita pelos autores, todos os produtos em estudo se encontravam conforme com a especificação, ou seja, limpos e isentos de impureza. Além da coloração dentro do esperado, ou seja, incolor.

O segundo ensaio realizado foi o de pH, cujo resultado deve situar-se entre 6,0 e 8,0. Este ensaio é de extrema importância, uma vez que o pH está diretamente relacionado aos processos corrosivos das partes metálicas do veículo, bem como dos tanques de transporte e armazenamento do biocombustível. Essa relação ocorre devido à adição de ácidos minerais durante o processo produtivo do biocombustível, particularmente na etapa de fermentação alcoólica, com o intuito de inibir a proliferação de microrganismos. Adicionalmente, pode ocorrer a oxidação espontânea do etanol, resultando na formação de ácido acético, o que amplifica a corrosividade do produto.<sup>23,25</sup>

É fundamental destacar que o uso de ligas de alumínio na indústria automotiva tem aumentado nos últimos anos. Isso se deve ao fato de que o alumínio contribui para a melhoria da eficiência do veículo e para a redução dos processos vibratórios do automóvel. Esses aspectos ressaltam ainda mais a importância do ensaio de pH, dada a susceptibilidade do alumínio à corrosão.<sup>24,25</sup>

Adicionalmente, conforme apontado por Rosseti, um dos impactos mais adversos da utilização do etanol é a sua baixa lubricidade. Isso pode resultar em uma redução na vida útil de componentes críticos do motor, como válvulas, guias e anéis de segmento, em comparação com um motor que utiliza gasolina. Normalmente, esses componentes são lubrificados pelo combustível ao serem injetados na câmara de combustão.<sup>26</sup>

Assim, no artigo em referência,<sup>16</sup> as análises de pH se mostraram conformes na maioria dos casos, sendo que a média foi de pH 7,0. Como informado pelo autor, apenas as amostras A<sub>3</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> ultrapassaram os limites de pH aceitos sendo seus valores respectivamente 8,26, 8,07 e 8,01. Isso mostra que a maioria dos postos e bandeira analisados estavam dentro de uma parâmetro muito importante do etanol combustível.

O terceiro ensaio realizado foi a condutividade. Diferentemente do metal, material em que a corrente elétrica é transportada por elétrons livres, no caso do etanol, o transporte é realizado através dos íons presentes na sua composição. É importante ressaltar que todos os íons presentes no produto, ou

seja o OH<sup>-</sup>, participam da condução e, por isso, pode-se afirmar que a condutividade fornece uma informação global do combustível, por natureza não específica quando comparado por exemplo ao ensaio de pH que indica a concentração de H<sup>+</sup>.

A condutividade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas, isso implica no fato de que quando existe um solvente muito polar misturado ao produto, ocorre o aumento da condutividade. No caso do etanol, a condutividade máxima permitida é de 300 µS/m. Portanto, esse ensaio busca verificar a contaminação da amostra pela adição de água, ou de compostos iônicos solúveis ao combustível, visto que o álcool é um condutor de eletricidade, porém, a água tem maior capacidade de conduzir a energia.<sup>27,28</sup>

Outro fator importante a ser ressaltado é que para averiguar essa propriedade físico-química, é necessário que exista um controle de temperatura durante o ensaio, visto que a condutividade eletrolítica aumenta com a temperatura. Isso ocorre devido ao aumento da mobilidade. De modo geral esse efeito ocorre devido ao aumento da mobilidade dos íons aumenta.<sup>27,28</sup>

Portanto, no artigo em referência,<sup>16</sup> os autores averiguaram que todas as amostras analisadas em todas as bandeiras apresentaram uma condutividade mais ou menos duas vezes maior que o permitido pela ANP. Dessa forma, a média geral foi de 720 µS/m. Isso demonstra a importância de uma fiscalização rigorosa e frequente visto que os produtos muito provavelmente estavam contaminados com água ou com outro solvente polar, alterando drasticamente a característica do produto.

O quarto teste realizado foi de massa específica, e teor alcoólico sendo que ela consiste na massa de uma substância contida em um volume a uma dada temperatura. Usualmente, essa medida é confundida com a densidade, contudo a densidade é adimensional, visto que é a divisão da massa específica da amostra sobre a massa específica da água que é aproximadamente um.

Assim, devido a sua composição química, ou seja, dois átomos de carbono, um átomo de oxigênio e um átomo de hidrogênio, o etanol é um composto orgânico muito leve e o combustível mais leve, possuindo assim uma massa específica baixa.

Em todo teste de qualidade de combustível é essencial ser feito a análise da massa específica visto que ela é um forte indicativo de contaminação na amostra ou pureza da amostra. Caso o produto não esteja puro, a massa específica

mudará drasticamente a depender da composição do contaminante. É importante ressaltar que nesse caso o controle de temperatura também é importante. A análise deve ser feita a 20°C visto que o produto é extremamente volátil, portanto em temperaturas mais elevadas, o etanol perde parte de seus componentes, alterando assim a sua densidade.

Assim, o etanol hidratado deve apresentar uma densidade compreendida entre 807,6 e 811,0 kg/m<sup>3</sup> a 20°C. Se essa densidade variar entre 799,8 e 802,7 kg/m<sup>3</sup>, o produto pode ser comercializado como premium, desde que satisfaça aos requisitos de teor alcoólico. Consequentemente, o teor alcoólico do etanol hidratado convencional deve situar-se entre 95,1 e 96 °GL. Para ser classificado como premium, além da densidade inferior, o etanol deve possuir uma massa entre 95,5 e 97,7% e um volume entre 97,1 e 98,6% quando comercializado. Quanto ao etanol anidro, sua densidade deve ser no máximo 791,5 kg/m<sup>3</sup>, sem especificação de um limite mínimo.

No caso do teor alcoólico, ele é importante para atestar um etanol com qualidade, visto que um valor de teor alcoólico dentro das especificações pode significar que a produção do combustível teve controle da matéria-prima e da fermentação. Nesse caso, os ensaios realizados pelos autores foram feitos apenas para o etanol hidratado comum, sendo que a maioria das amostras se encontraram dentro do esperado para massa específica e teor alcoólico, apenas a amostra C<sub>1</sub> se encontrou abaixo da massa específica e acima do teor alcoólico.

Por fim, o último teste realizado foi o de teor de hidrocarbonetos. Para a execução deste teste, é necessária uma proveta de vidro de 100 mL, graduada em subdivisões de 1 mL, com boca esmerilhada e tampa, conforme as condições estabelecidas pelo INMETRO, além de uma solução aquosa de cloreto de sódio a 10% peso/volume, ou seja, 100 g de sal para cada litro de solução.

O procedimento do ensaio é idêntico ao teste de prova para a gasolina. Assim, o procedimento consiste em adicionar 50 mL da amostra na proveta previamente limpa e seca, observando a parte inferior do menisco para assegurar que o volume foi medido corretamente. Feito isso, completa-se a proveta, ou seja, é feito a adição de mais 50 mL da solução de cloreto de sódio até o menisco. Por fim, é necessário misturar as camadas de solução e amostra através de 10 inversões sucessivas da proveta. O tempo de espera é de 5 minutos com a proveta em repouso. Depois analisa-se a variação de volume superior.

O método em destaque é conhecido como ensaio da proveta e sua base química se assenta na técnica de extração líquido-líquido. Assim, neste método, a água da solução de NaCl atua na separação do álcool com relação aos hidrocarbonetos. O etanol apresenta uma parte polar e outra apolar: a porção apolar interage com os hidrocarbonetos, que também são apolares, por meio de ligações de dipolo induzido. Enquanto isso, a parte polar do etanol, identificada pelo grupo OH, é atraída pelas moléculas polares da água, formando ligações de hidrogênio que são mais fortes do que as interações dipolares induzidas. Isso permite a remoção dos hidrocarbonetos do álcool, que ficam localizados na parte de cima.

Os autores não realizaram o ensaio de acidez total e ponto de fulgor, contudo nessa resenha ele será abordado, visto que também são procedimentos para analisar a qualidade do etanol e que muitos laboratório credenciados pelo INMETRO realizam.

No caso da acidez total, consiste na medida da quantidade de ácido presente na amostra. Como citado anteriormente, uma amostra de etanol pode conter constituintes ácidos provenientes da produção, entre outros fatores. Assim, para averiguar essa característica é feita uma titulação do etanol com uma solução de hidróxido de sódio na presença de um indicador cujo ponto de viragem ocorre pela mudança da coloração a fim de determinar a acidez da amostra.<sup>29</sup>

Portanto, o teor de hidrocarboneto em etanol pode ser calculado a partir da tabela 2. É importante ressaltar que caso não haja uma extração significativa na parte superior, ou seja, uma variação de volume expressiva, o teor de hidrocarboneto é reportado como não detectado (ND).

**Tabela 2.** Cálculo do teor de hidrocarbonetos.

Volume lido (mL)	Teor hidrocarbonetos
ND	ND
< 0,5	< 2
≥	(V X 2) +1

O ensaio é regido pela norma NBR 9866<sup>30</sup>. A solução é feita de NaOH a fim de neutralizar o ácido presente. O preparo da solução de NaOH consiste em pesar 4 gramas de hidróxido de sódio, adicionar 100 mL de água deionizada a fim

ajudar a diluição, e depois completar o balão volumétrico de 1000 ml. Feito isso, o segundo passo é a padronização do NaOH visto que é um padrão secundário, ou seja, a sua concentração real é fortemente afetada pela umidade do ambiente, visto que ele é um padrão higroscópico. Dessa forma, o processo consiste em transferir 100 mL da solução mãe para um balão volumétrico de 500 mL e completar o volume com água, sempre homogeneizando. Para a padronização, pesa-se 100 mg de biftalato previamente seco em na estufa a 105°C, e depois adiciona-se 100 mL de água. Padroniza-se a solução de NaOH com a solução de biftalato de potássio, sendo que a concentração real é dada pela Equação 1. Em que C é a concentração real do NaOH, m é a massa do biftalato em mg, V é o volume gasto na titulação em mL.

$$C = m / V * 204,23$$

**Equação 1**

Feito a padronização, inicia-se o ensaio, assim utiliza-se um frasco de erlenmeyer adicionado 50 mL de água denominada, acrescenta-se 4 gotas de uma solução de alfa-naftilamina, e titular até o ponto de viragem indicado pelo aparecimento da coloração azul, com um auxílio de uma pipeta volumétrica calibrada, adiciona-se 50 mL de etanol. Caso a solução permaneça azul, a amostra possui caráter alcalino. Caso ela fique incolor, a titulação é continuada até o re-aparecimento da cor azul. Por fim, a determinação da acidez total é feita pela Equação 1.

$$AT = (C \times 60,05 \times 1000 \times \text{volume de etanol}) / \text{volume titulado}$$

**Equação 2**

Em que AT é acidez total, C é a concentração real de NaOH. No caso, o volume do etanol é 50 mL como previsto no procedimento do ensaio.

O volume titulado é o volume no ponto de equivalência, ou seja, o ponto em uma titulação em que o titulante e o analito estão presentes em quantidades estequiométricas, identificado por meio da mudança de coloração do indicador.

## Conclusões

O controle de qualidade de combustíveis é de suma importância para garantir a eficiência, segurança e conformidade ambiental dos produtos disponibilizados ao consumidor. Através de métodos e ensaios rigorosos é possível identificar e quantificar impurezas, contaminantes e adulterações nos combustíveis. Assim, esses procedimentos asseguram que os combustíveis atendam às especificações técnicas e regulamentações estabelecidas pela ANP.

O artigo em referência,<sup>16</sup> justamente como toda análise feita supracitada, mostrou que existem muitas não conformidades nos produtos vendidos no mercado e principalmente no caso do etanol, adulterações envolvendo o excesso de água no combustível, o que afeta a integridade do veículo. Em conclusão, o controle rigoroso de qualidade de combustíveis desempenha um papel fundamental na manutenção da integridade e desempenho dos sistemas de combustão, na proteção ambiental e na promoção da confiança e satisfação dos consumidores.

## Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de algumas observações são de Linara Tarusa Damascena Correa

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

## Agradecimentos

Agradeço ao grupo PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

## Notas e referências

- 1 F. A. Santos, J. H. D. Queiróz, J. L. Colodette, S. A. Fernandes, V. M. Guimarães and S. T. Rezende, Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol, *Quím. Nova*, 2012, **35**, 1004–1010.
- 2 H. S. Khesghi, R. C. Prince and G. Marland, T HE P OTENTIAL OF B IOMASS F UELS IN T HE C ONTEXT OF G LOBAL C LIMATE C HANGE : Focus on Transportation Fuels, *Ann. Rev. Energy. Environ.*, 2000, **25**, 199–244.
- 3 M. E. Himmel, S.-Y. Ding, D. K. Johnson, W. S. Adney, M. R. Nimlos, J. W. Brady and T. D. Foust, Biomass Recalcitrance: Engineering Plants and Enzymes for Biofuels Production, *Science*, 2007, **315**, 804–807.

- 4 M. Nitsch, O programa de biocombustíveis Proálcool no contexto da estratégia energética brasileira, Brazil. *J. Polit. Econ.*, 1991, **11**, 274–299.
- 5 E. T. D. Andrade, S. R. G. D. Carvalho and L. F. D. Souza, PROGRAMA DO PROÁLCOOL E O ETANOL NO BRASIL, *Engevista*.
- 6 CNPE passa a ter competência para fixar teor de etanol anidro na gasolina, <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cnpe-passa-a-ter-competencia-para-fixar-teor-de-etanol-anidro-na-gasolina>, (accessed 11 March 2024).
- 7 B. Digital, Etanol, <https://www.raizen.com.br/blog/etanol>, <https://www.raizen.com.br/blog/etanol>, (accessed 11 March 2024).
- 8 J. Belincanta, J. A. Alchorne and M. Teixeira Da Silva, THE BRAZILIAN EXPERIENCE WITH ETHANOL FUEL: ASPECTS OF PRODUCTION, USE, QUALITY AND DISTRIBUTION LOGISTICS, *Braz. J. Chem. Eng.*, 2016, **33**, 1091–1102.
- 9 GaussView, Version 6.1, Roy Dennington, Todd A. Keith, and John M. Millam, *Semicem Inc.*, Shawnee Mission, KS, 2016.
- 10 V. H. Cauduro, F. Fornasier, A. Teichmann and A. B. D. Costa, Determinação do teor de etanol anidro em gasolina por calibração multivariada utilizando espectroscopia no infravermelho médio, *Tecno-log.*, 2017, **21**, 125.
- 11 Ministério de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Resolução Nº 1, percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina, Diário Oficial da União, 2015.
- 12 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP Nº 907, especificações do etanol combustível e suas regras de comercialização em todo o território nacional, Diário Oficial da união, 2022.
- 13 V. S. Ponte Doctoral dissertation, Universidade Federal da Bahia, 2015.
- 14 A. R. O. Marchezan and M. Giesbrecht, Detecção de Adulteração do Etanol Hidratado utilizado nos Veículos de Ciclo Ottopor Meiode Aprendizado de Máquina via Interface OBD, XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI, 2021, 1500-1505.
- 15 E. C. M. Faria, Aline M. Silva, E. H. S. Cavalcanti, K. F. Ferreira and H. B. Napolitano, Qualidade de Combustíveis e as Novas Políticas Ambientais, *Rev. Proc. Q.*
- 16 D. D. A. Doretto, M. M. P. Sartori and W. G. Venturini Filho, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO ETANOL HIDRATADO COMBUSTÍVEL NA CIDADE DE SÃO PAULO, *EnergAgric*, 2016, **31**, 356.
- 17 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resolução NBR 10891, Etanol hidratado combustível - Determinação do pH - Método potenciométrico, 2017.
- 18 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resolução NBR 10597, Determinação Da Condutividade Elétrica, 2016.
- 19 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resolução NBR 5992, Etanol combustível — Determinação da massa específica e do teor alcoólico por densímetro de vidro, 2016.
- 20 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resolução NBR 13993, Etanol combustível — Determinação do teor de hidrocarbonetos — Método volumétrico, 2018.
- 21 T. P. Vello, R. F. De Oliveira, G. O. Silva, D. H. S. De Camargo and C. C. B. Bufon, A simple capacitive method to evaluate ethanol fuel samples, *Sci Rep*, 2017, **7**, 43432.
- 22 C. R. Martins, W. A. Lopes and J. B. D. Andrade, Solubilidade das substâncias orgânicas, *Quím. Nova*, 2013, **36**, 1248–1255.

- 23 S. M. Traldi, I. Costa and J. L. Rossi, Corrosion of Spray Formed Al-Si-Cu Alloys in Ethanol Automobile Fuel, *KEM*, 2001, **189**, 352–357.
- 24 N. Jeuland, X. Montagne and X. Gautrot, Potentiality of Ethanol As a Fuel for Dedicated Engine, *Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP*, 2004, **59**, 559–570.
- 25 F. C. Pereira, F. J. S. Lima and A. O. Da Silva, A Brief Review about some Aspects of Alcohol Vehicle Fuel and Quantitative Analysis of Chemical Species in this Energy Matrix, *Rev. Virtual Quim.*, 2016, **8**, 1702–1720.
- 26 Por que a overdose de álcool pode ser fatal, <https://veja.abril.com.br/saude/por-que-a-overdose-de-alcool-pode-ser-fatal/>, (accessed 21 March 2024).
- 27 J. O. Bockris, Electroquímica moderna. Volumen 1, Editorial Reverté, Barcelona, 2020.
- 28 R. C. O. B. Delgado, A. S. Araujo and V. J. Fernandes, Properties of Brazilian gasoline mixed with hydrated ethanol for flex-fuel technology, *Fuel Processing Technology*, 2007, **88**, 365–368.
- 29 M. A. Gonçalves, F. B. Gonzaga, I. C. S. Fraga, C. M. Ribeiro, S. P. Sobral, E. C. P. Rego, E. B. Santana, L. M. Oliveira, V. F. Silva, R. V. P. Leal, D. M. E. Santo Filho, J. R. R. Siqueira, T. P. Barbosa, J. M. Rodrigues, V. S. Cunha, V. L. Skrobot, C. B. Costa, A. R. Pessoa Júnior, H. S. P. Carneiro, H. Colares, E. Caliman and M. V. S. Alves, Avaliação de laboratórios brasileiros na determinação de alguns parâmetros de qualidade de biocombustíveis, *Quím. Nova*, 2013, **36**, 393–399.
- 30 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resolução NBR 9866, Etanol combustível — Determinação da acidez total por titulação colorimétrica, 2012.