

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DAS ENGENHARIAS E CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

FERNANDA BALDUS

**ESTUDO DA QUALIDADE DA GASOLINA TIPO C COMERCIALIZADA NO
MUNICÍPIO DE ERECHIM - RS**

ERECHIM – RS

2020

FERNANDA BALDUS

**ESTUDO DA QUALIDADE DA GASOLINA TIPO C COMERCIALIZADA NO
MUNÍCIO DE ERECHIM - RS**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Químico,
Departamento das Engenharias e Ciências
da Computação da Universidade Regional
Integrada do Alto Uruguai e das Missões –
Câmpus de Erechim.**

Orientador(a): Prof. Dr. Alexander Junges

ERECHIM – RS

2020

FERNANDA BALDUS

**ESTUDO DA QUALIDADE DA GASOLINA TIPO C COMERCIALIZADA NO
MUNÍCIPIO DE ERECHIM - RS**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Químico,
Departamento das Engenharias e Ciências
da Computação da Universidade Regional
Integrada do Alto Uruguai e das Missões –
Câmpus de Erechim.**

Erechim, 16 de julho de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexander Junges
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof^a. Dr^a. Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof^a. Dr^a. Luciana Dornelles Venquiaruto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, por nunca medirem esforços para que todos meus sonhos se tornassem realidade. Ao meu pai, Ari, que além de todo apoio, amor e incentivo durante o período acadêmico, também compartilhou muitos conhecimentos imprescindíveis sobre a engenharia. A minha mãe, Selli, que sempre esteve me apoiando e aconselhando nos momentos mais difíceis, sendo meu maior alicerce. Aos meus irmãos e sobrinhos, Francine, Felipe, Sofia e Antônio, por todo apoio e compreensão durante essa caminhada. Sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu orientador, Alexander Junges, por aceitar conduzir o meu trabalho de conclusão de curso, compartilhando seus ensinamentos durante essa etapa da graduação.

A todos meus professores com quem tive a oportunidade de aprender muito durante o curso de Engenharia Química. Vocês foram fundamentais para a minha formação, dividindo além de todo conhecimento técnico, muitos momentos de conversas e aconselhamentos. Levarei um pouquinho de cada um no coração, esperando encontrá-los novamente como colegas nessa linda profissão.

Aos meus amigos, que estiveram sempre acompanhando e tornando essa etapa mais leve e agradável. Primeiramente aqueles que estão ao meu lado há anos, compartilhando inúmeros momentos e realizações. E, não menos importante, a todas amizades consolidadas durante o curso, com quem dividi histórias inesquecíveis durante esses cinco anos. Em especial a Paloma, que por acaso do destino voltei a reencontrar nessa etapa e nos tornamos grandes parceiras da faculdade, de trabalhos e da vida.

Meu muito obrigada a todos, sem vocês esse sonho não teria se realizado!

*“Questione, ganhe espaço, apareça, fale, fale mais
alto, faça com que te escutem, voe sem medo”.*

(Thamires Hauch)

RESUMO

Na atualidade é notória a dependência da sociedade em relação à indústria do petróleo, a qual é responsável pela produção do combustível que rege boa parte do estilo de vida contemporâneo: a gasolina. Acontece que, no cenário energético brasileiro, este produto apresenta preços elevados, situação decorrente da grande incidência de impostos sobre ele. Esta conjuntura acarreta, na prática, uma amplitude na frequência de adulterações pelos postos revendedores. À vista disso, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) fiscaliza os principais combustíveis líquidos comercializados no Brasil, por meio do Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC), que avalia as suas principais características físico-químicas. Destarte, no presente trabalho se analisa a qualidade da Gasolina Tipo C Comum comercializada na cidade de Erechim, no Rio Grande do Sul, Brasil, bem como a confrontação dos dados obtidos com os limites descritos pela legislação vigente. Para tanto, coletou-se amostras de doze postos revendedores de combustíveis, de modo que foi determinado a característica visual, a densidade, o teor de etanol anidro, as frações de ebulição e a acidez, seguindo as metodologias publicadas pela ABNT. Os resultados obtidos mostram que 75% do combustível analisado apresenta boa qualidade para comercialização. As inconformidades apresentadas nos outros 25% decorrem das análises visuais e da quantidade de álcool, o qual excedeu o limite de $27\pm 1\%$ permitido. Apesar do número de amostras irregulares ser relativamente pequeno, apresentou-se superior ao divulgado pela ANP para os meses de referência na cidade de Erechim. Conclui-se, então, que por mais que a forma de fiscalização dos combustíveis líquidos seja excelente na teoria, não expressa dados conformes com a realidade.

Palavras Chaves: Gasolina. Adulteração. Propriedades físico-químicas.

ABSTRACT

Nowadays, society's dependence through the oil industry is notorious, which is responsible for producing the fuel that governs the contemporary lifestyle: gasoline. However, in the Brazilian energy scenario, this product has high prices, due to the high incidence of taxes on it. Thus, it results in the practice of more and more frequent adulteration by gas stations. In this way, the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) inspects the main liquid fuels in Brazil through the PMQC - Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis, assessing their physical and chemical characteristics. Therefore, in the present work, the quality of Common Type C Gasoline sold in Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil, was analyzed, as well as the comparison of the results with the limits described by the current legislation. Samples were collected from twelve gas stations and the visual characteristics, density, alcohol content, boiling fraction and acidity were determined, following the methodologies published by ABNT. The outcomes showed that 75% of the studied samples are in good quality for sale. The non-conformities presented in the other 25% were due to visual analysis and the amount of alcohol that exceeded the limit of $27\pm 1\%$ allowed. Even if the number of irregular samples were small, it was higher than the limit published by the ANP for the reference months in Erechim. It was concluded that although the form of inspection of liquid fuels is excellent, it is theoretical, in other words, it does not express data in accordance with reality.

KEYWORDS: Gasoline. Adulteration. Physical-chemical properties.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Petróleo	12
2.2. Gasolina	14
2.3. Adulteração da Gasolina	16
2.4. Parâmetros de Qualidade da Gasolina	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. Coleta de Amostras	20
3.2. Aspecto e Cor	20
3.3. Massa Específica a 20°C	21
3.4. Teor de Etanol Anidro (EAC)	22
3.5. Destilação	23
3.6. Acidez	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Aspecto e Cor	27
4.2. Massa Específica a 20°C	30
4.3. Teor de Etanol Anidro (EAC)	32
4.4. Destilação	34
4.5. Acidez	40
5. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

Considerado matéria-prima essencial para a vida contemporânea, o petróleo é uma substância oleosa formada por uma mistura de hidrocarbonetos originados da decomposição da matéria orgânica depositada no fundo de oceanos, mares e lagos há milhões de anos. O processamento deste óleo de origem fóssil resulta em uma vasta quantidade de produtos, os quais podem ser classificados de acordo com os três tipos de refinarias existentes: de lubrificantes e parafinas, petroquímica e de combustíveis. Salienta-se que dois terços de todo o volume de derivados de petróleo produzido é combustível, em especial o diesel e a gasolina (ANEEL, 2005; PEREIRA; DELGADO, 2019).

Segundo o Seminário do Mercado de Combustíveis de 2020, a venda de combustíveis no mercado brasileiro teve um aumento de 2,9% comparando o ano de 2018 com o ano de 2019. Ademais, a comercialização do diesel cresceu 2,97% nesse mesmo período, enquanto que a gasolina e o etanol hidratado, juntos, tiveram um acréscimo de 5,0%. Evidencia-se, assim, que há uma dependência de combustíveis na vida cotidiana e, entre todas as opções disponíveis no mercado, ainda é notória a preferência pela utilização da gasolina (ANP, 2020a).

Sendo assim, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) caracteriza a gasolina como uma mistura complexa de hidrocarbonetos que variam de 5 a 12 carbonos e determina as categorias para a sua comercialização. Deste modo, a gasolina que é vendida pelos produtores e é pura se denomina Gasolina A, podendo ser classificada como *premium* ou comum, sendo aquela com maior valor de octanagem que essa. Já a que chega ao consumidor final é a Gasolina C, na qual ocorre a adição de álcool etílico anidro pelo distribuidor. Pode ainda acontecer a inclusão de outros componentes que tragam melhorias à gasolina comum, compondo, então, a categoria de combustíveis aditivados (ANP, 2019a).

No contexto brasileiro ocorre um paradoxo: ao mesmo tempo em que o país é autossuficiente em petróleo, a gasolina apresenta preços elevados. Isso decorre, principalmente, pela grande incidência de impostos sobre esse combustível. Dessa forma, a prática de adulteração pelos postos revendedores torna-se cada vez mais frequente. Com o intuito de obter mais lucros em cima do

produto, os comerciantes adicionam álcool etílico anidro acima dos limites permitidos pela ANP ou, até mesmo, solventes mais baratos, interferindo diretamente na qualidade do combustível comercializado (ANTUNES *et al.*, 2015; NUNES; MALDONADO, 2013).

A utilização de gasolina adulterada traz consequências em relação à eficiência energética da mesma, gera danos significativos no automóvel e aumenta a poluição do meio ambiente. O excesso de etanol, por exemplo, faz com que o consumo de combustível seja maior, desregula o funcionamento do motor e provoca a corrosão de peças metálicas. Além disso, a combustão ineficiente acaba gerando gases que poluem a atmosfera e ocasionam a chuva ácida ou, até mesmo, o aumento da produção de compostos tóxicos, como é o caso do monóxido de carbono (TAKESHITA, 2006).

Com o objetivo de diminuir o número de casos de adulteração da gasolina, a ANP realiza o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis – PMQC. Dessa forma, o órgão fiscaliza os principais combustíveis líquidos comercializados no Brasil, sendo eles a gasolina, o diesel e o etanol. A ferramenta é de suma importância e colabora de maneira essencial para a redução das desconformidades dos produtos. Para que a gasolina esteja de acordo com as especificações da ANP ela passa por testes para avaliar a sua cor e aspecto, densidade, temperaturas de destilação e teor de álcool anidro presente, sendo possível identificar as amostras que possuem fraude e adulterações (ANP, 2017; LIMA, 2012).

Tomando em consideração a relevância deste assunto no cenário nacional atual, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a qualidade da Gasolina Tipo C Comum comercializada no município de Erechim, Rio Grande do Sul e, então, verificar se ocorrem irregularidades no combustível por meio da realização de análises físico-químicas em amostras coletadas em doze postos revendedores de combustível, pelo desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- Determinar os pontos de coleta das amostras de Gasolina Tipo C Comum para a realização do estudo, a partir dos Postos Revendedores de Combustível (PRC) da cidade de Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil, cadastrados no site da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

- Caracterizar as amostras de gasolina coletadas quanto ao aspecto e cor, massa específica à temperatura de 20°C, o teor de etanol anidro, as temperaturas obtidas na destilação e a acidez.
- Comparar os resultados experimentais obtidos com os padrões exigidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) a fim de detectar irregularidades nas amostras analisadas.
- Qualificar a gasolina vendida na região e determinar se a mesma está de acordo com as exigências da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para comercialização do combustível.
- Confrontar as conclusões no que se refere às conformidades e não conformidades da Gasolina Tipo C Comum comercializada no município de Erechim – RS com os dados divulgados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) para o mês do referido estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Petróleo

Nos dias de hoje é notória a dependência da sociedade em relação à indústria do petróleo, na qual existem bens manufaturados cujos componentes derivam desse material fóssil em diversas partes. Além disso, juntamente com o gás, o petróleo é responsável por suprir 56% da matriz energética atual do mundo e controlar o setor de combustíveis automotivos, fornecendo mais de 96% da necessidade energética desse campo, de modo que tem uma importância imensurável para o estilo de vida contemporâneo (MENDES *et al.*, 2017).

Ao contrário do senso comum existente sobre o início do interesse econômico pelo petróleo, cumpre dizer que este objetivava agir como fonte de energia luminosa, sobretudo no começo do século XIX. Sendo assim, sabe-se que sua utilização se restringia à iluminação pública e, por esse fato, era comumente denominado como “petróleo iluminante”. Entretanto, com o desenvolvimento da energia elétrica por Thomas Edison, o petróleo acabou tendo seu uso estagnado por um curto período de tempo. No final do século XIX, o interesse pela matéria fóssil voltou à tona com a criação dos motores à combustão e originou uma das mais ricas indústrias do planeta. Desde então, o petróleo acabou se inserindo na vida humana de forma que rege todas as atividades do mundo atual (SUENSON, 2017).

A exploração do combustível fóssil no cenário brasileiro teve um início extremamente lento em comparação ao restante do mundo. Ao contrário do que ocorria mundialmente, o petróleo brasileiro não estava no solo, as reservas pátrias do mineral estavam localizadas no mar. Dessa forma, para o Brasil conseguir se estabelecer no mercado de produção de petróleo foi criada, em 1953, pelo então presidente Getúlio Vargas, a Petrobras: sociedade anônima de capital aberto que atua nos setores de óleo, gás natural e energia. O intuito da Petrobras era conferir o monopólio das atividades petrolíferas ao Estado, a qual teve que, primeiramente, superar o impasse tecnológico para essa nova forma de extração. Como resultado, depois de mais de 40 anos de estudos, descobertas e inovações, a Petrobras atualmente ocupa o primeiro lugar na produção de petróleo obtido em águas profundas (MORAIS, 2013; PETROBRAS, 2020).

Essa matéria-prima de origem fóssil é caracterizada por ser uma mistura complexa de hidrocarbonetos que possui contaminantes e impurezas como água, sal e sedimentos. As cadeias carbônicas do petróleo variam em composição de acordo com fatores exógenos de sua formação, como o tempo decorrido e a profundidade da reserva (RODRIGUES, 2018). Para exemplificar, a Tabela 01 apresenta uma composição química de um óleo típico.

Tabela 01 - Composição química de um petróleo típico.

Elemento	Porcentagem em massa (%)
Carbono	83 - 87
Hidrogênio	11 - 14
Enxofre	0,06 - 8
Nitrogênio	0,1 - 1,7
Oxigênio	0,1 - 2
Metais	até 0,3

Fonte: Rodrigues (2018).

Para agregar valor ao petróleo bruto, ele é submetido a etapas de separação e transformação em uma refinaria, onde ocorre a formação dos compostos com alto valor agregado. O produto fóssil purificado é, então, manuseado para a obtenção dos compostos destinados ao consumidor final. De fato, o protagonismo das frações refinadas de petróleo é no setor energético, entretanto, também se faz presente em indústrias plásticas, na composição de tintas e na manipulação de fármacos (PEREIRA; DELGADO, 2019; RODRIGUES, 2018).

No contexto brasileiro, o país ocupa um lugar satisfatório no ramo de purificação do petróleo. Em 2017, o Brasil foi o sétimo maior mercado desses produtos no mundo com 18 refinarias instaladas. Além disso, entre toda a produção brasileira de derivados petrolíferos, mais de 60% é destinada apenas para a obtenção de óleo diesel e gasolina (MENDES *et al.*, 2018).

2.2. Gasolina

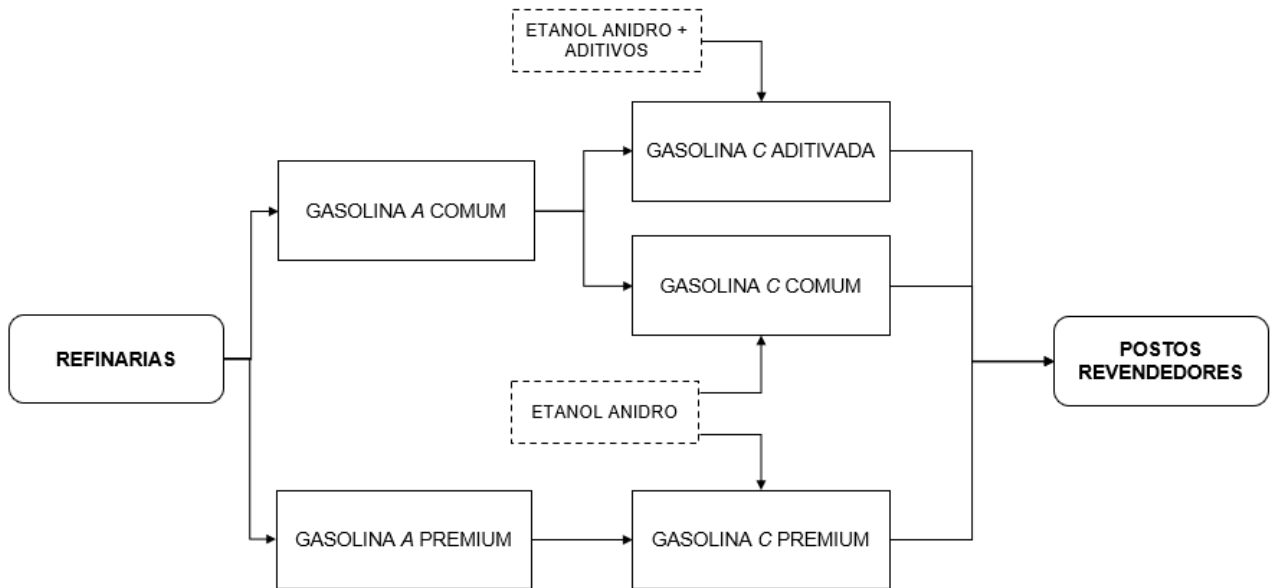
Tratando-se do cenário de consumo energético, é incontestável a predominância dos derivados de petróleo nesse mercado, ainda que ocorram pequenos avanços na participação dos biocombustíveis nesse meio. Ademais, entre os combustíveis líquidos comercializados em postos de revenda, a gasolina possui a maior importância econômica, tanto no Brasil como no mundo. Assim sendo, a composição dessa fração petrolífera irá depender das características do óleo bruto do qual é obtida e da forma do seu processamento. De forma genérica, pode-se caracterizá-la como uma mistura de hidrocarbonetos, podendo ter compostos parafínico ou naftênicos, com cadeias carbônicas menores que as do petróleo cru, ficando na faixa de 4 a 12 átomos de carbono (ARAGÃO, 2018; CAVALCANTI, 2019; GOMES *et al.*; 2019).

A forma mais recorrente para a produção desse combustível fóssil é a destilação direta do petróleo em uma refinaria. Entretanto, esse processo não atende à demanda do mercado e não resulta em um combustível de boa qualidade. Dessa forma, utilizam-se outras técnicas de produção mais eficientes e que suprem as necessidades do comércio. A metodologia alternativa mais eminente é a denominada craqueamento catalítico, na qual ocorre a quebra das frações mais pesadas do petróleo em produtos nobres, como gasolina, diesel e GLP, através de um catalisador ácido. Dessa forma, obtém-se a gasolina na sua forma mais pura, a qual se enquadra na tipologia “A”. Porém, para ser comercializada ao setor rodoviário, a mesma recebe a adição de etanol anidro e passa a integrar a categoria “C” (GOMES *et al.*; 2019; MOTA, 1995).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) ainda classifica as gasolinas automotivas em duas categorias: comum e *premium*. A diferença entre essas está na octanagem de cada uma, sendo que a *premium* possui um valor mais elevado e é indicada para uso em veículos com alta taxa de compressão e alto desempenho. Destarte, os combustíveis produzidos nas refinarias são a Gasolina A *Premium* e a Gasolina A Comum. Assim que estes são misturados ao álcool, condizendo com as especificações de cada categoria, obtém-se a Gasolina C *Premium* e a Gasolina C Comum. Ainda pode ocorrer a adição de compostos que tragam melhorias ao combustível comum, sendo então categorizada

como Gasolina C Aditivada. Estes aditivos podem, por exemplo, aumentar a eficiência do combustível e possuírem ação abstergente (ANP, 2020b; FURLAN, 2019). A Figura 01 apresenta o fluxograma da caracterização da gasolina desde a refinaria até os postos revendedores.

Figura 01 - Esquema da caracterização da gasolina.



Fonte: Autora (2020).

Ao tratar da qualidade da gasolina há interferência de diversos fatores, como a natureza química do petróleo, a forma do seu processamento e, até mesmo, as legislações locais de produção. Entretanto, é comum a utilização do valor da octanagem do combustível para identificar a eficiência do mesmo, posto que uma gasolina com maior quantidade de cadeias carbônicas de 8 átomos possui um melhor poder de combustão e resiste a maiores pressões. Além disso, há outros fatores que interferem na qualidade do combustível, como a sua volatilidade e corrosividade (LIMA, 2019; TAKESHITA, 2006).

2.3. Adulteração da Gasolina

Além dos fatores intrínsecos do produto, existem questões exógenas que intervêm diretamente no desempenho do combustível. O principal problema é a prática da adulteração da gasolina, a qual implica na redução da sua eficiência, ocasionando um aumento de consumo de combustível pelo veículo. Ademais, esses atos ilegais além de interferirem na qualidade do produto, influenciam também em problemas econômicos, sociais e ambientais (SILVA, 2014; TAKESHITA, 2006).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu, por meio da Portaria nº 75 de 05 de março de 2015, que a gasolina C comum deve ter entre $25\pm 1\%$ e $27\pm 1\%$ de etanol anidro adicionada à sua formulação. Qualquer valor acima deste é considerado uma prática de adulteração do combustível. Essa ação ilegal pode ocorrer também com a utilização de qualquer outro produto que seja inflamável e miscível na gasolina, a fim de não deixar rastros. Para exemplificar, é comumente empregado a querosene e solventes que não se façam presentes na composição do combustível, como o tolueno. Estes, além de serem mais baratos, normalmente possuem uma massa específica maior e uma menor octanagem. Por consequência, um combustível adulterado com esses compostos irá gerar falhas na aceleração do motor e carbonização na câmara de combustão (FERREIRA, 2017; MAPA, 2015).

A alta incidência das fraudes decorre principalmente do excesso de impostos aplicados aos combustíveis e, também, da facilidade de compra desses solventes com baixo custo. Assim, os comerciantes acabam por manipular a composição da gasolina a fim de minimizar os efeitos dos tributos fiscais. Essas práticas inconsequentes acabam por danificar, muitas vezes permanentemente, peças dos automóveis e emitem uma maior quantidade compostos causadores da chuva ácida devido à combustão irregular. Além disso, promovem um comércio injusto no setor, deixando de existir uma equipolência entre os concorrentes (TAKESHITA, 2006).

2.4. Parâmetros de Qualidade da Gasolina

Devido aos altos índices de adulterações, o órgão responsável por regular as atividades petrolíferas no Brasil, a ANP, criou o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis – PMQC para proteger os interesses do consumidor quanto à qualidade do combustível. Por mais que esta ferramenta não possua caráter de fiscalização, colabora de maneira essencial para reduzir os índices de fraudes por meio do levantamento de dados das características da gasolina comercializada no país (LIMA, 2012).

A forma de atuação do PMQC consiste em coletar as amostras de combustíveis, realizar a análise destas e efetuar uma ampla divulgação dos resultados por meio do Boletim Mensal da Qualidade dos Combustíveis Líquidos Automotivos Brasileiros. Entre as propriedades físico-químicas que são avaliadas para a Gasolina C estão o aspecto e a cor visual, a massa específica a 20°C, o teor de etanol anidro e a destilação. Dessa forma, para que o combustível seja considerado de boa qualidade, os valores obtidos por esses testes devem ser condizentes com os limites exigidos pela Resolução ANP nº 807, de 23 de janeiro de 2020 (ANP, 2020b; FREITAS, 2017; LIMA, 2012).

A análise visual do combustível, por mais simples que possa parecer, oferece informações essenciais sobre a qualidade do mesmo. Esta consiste em observar se a cor da amostra está de acordo com a legislação e, da mesma forma, se há impurezas visíveis no líquido. Por meio deste teste é possível identificar a presença de possíveis contaminações que prejudicam o bom funcionamento do automóvel. Outrossim, a determinação da massa específica do combustível está relacionada com a forma de armazenamento e transporte da gasolina, além de padronizar a distribuição de hidrocarbonetos na amostra. Ademais, adulterantes muitas vezes tendem a ter uma densidade maior que a da gasolina, sendo, então, indicados através dessa análise. Um exemplo clássico de adulteração é a adição em excesso de água e solventes no combustível, que acaba por aumentar a densidade do produto e alterar a sua cor (FREITAS, 2017; OLVEIRA, 2018).

O etanol que é adicionado à gasolina possui importância econômica por incentivar o consumo de biocombustíveis nacionais, e também mecânica. Isto, pois,

esse composto é um agente antidetonante que há anos está sendo utilizado em substituição ao chumbo tetraetila, extremamente tóxico. A realização do ensaio para determinar o teor de álcool etílico anidro no combustível é de suma importância para a verificação do atendimento aos limites legais. Essa característica é analisada por interferir diretamente na qualidade do produto, já que uma gasolina com valores tanto inferiores quanto superiores de etanol acaba por comprometer o funcionamento do veículo (DALLA VECCHIA, 2013; LIMA 2012).

O teste de destilação, por sua vez, determina a volatilidade da gasolina, sendo especificadas pela ANP as temperaturas nas quais ocorre a evaporação de 10%, 50% e 90% do combustível, além do ponto final de ebulição (PFE). Estas diferentes faixas de ebulição amparam as várias condições operacionais dos motores, como a partida a frio, aceleração e consumo de combustível, sendo de suma importância para o bom funcionamento do veículo. Ainda, através da quantificação das características dos intervalos de destilação, é possível delinear a composição da amostra analisada e se obter informações a respeito da presença de possíveis contaminantes (ANP, 2019b; LIMA, 2012; OLIVEIRA, 2018).

Além das características avaliadas durante o monitoramento da ANP, deve ser considerado também o índice de acidez do combustível. Esse parâmetro é determinado pelo pH, que define se o produto é ácido, neutro ou alcalino, por meio de uma escala que varia de 0 a 14. A importância do controle dessa propriedade decorre do fato do álcool provocar a corrosão dos equipamentos que entram em contato caso seu teor de acidez estiver fora do padrão. Dessa forma, o controle do pH na gasolina deve ser realizado porque ela possui quantidades significativas de etanol anidro na sua composição (RODRIGUES, 2017).

3.1. Coleta de Amostras

As amostras de Gasolina Tipo C Comum foram coletadas nos meses de maio e junho nos postos definidos no início do estudo em recipientes PET (politereftalato de etileno) com capacidade de 2 L, de acordo com o exigido pela ANP, e identificadas com códigos alfanuméricos, de forma que se manteve o sigilo em relação às suas origens, conforme identificado na Figura 03. Posteriormente, foram armazenadas em isopor, com temperaturas abaixo de 30°C, para que o combustível não volatilizasse. Por fim, as amostras foram transportadas até os laboratórios da URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim, para a realização das análises no mesmo dia. Nos casos em que não foi possível realizar a avaliação do combustível imediatamente após a coleta, ela foi mantida resfriada para que não ocorressem alterações nas propriedades das amostras.

Figura 03 - Amostra A coletada em recipiente PET com capacidade de 2 L.



Fonte: Autora (2020).

3.2. Aspecto e Cor

Para a determinação da cor e do aspecto das amostras, as análises foram baseadas na metodologia descrita na Norma da ABNT NBR – 14954. Dessa forma, 250 mL da gasolina coletada foram transferidos para uma proveta com

capacidade de 250 mL, foi realizada a sua homogeneização e estabilização na temperatura ambiente, e, então, verificou-se visualmente se existiam materiais particulados, assim como a turbidez do líquido. Posteriormente, adicionou-se cerca de 40 mL a um béquer de vidro de 50 mL para análise da coloração da gasolina, cada béquer foi observado individualmente e comparado com as outras amostras coletadas. A análise visual realizada está exposta na Figura 04.

Figura 04 - Análise visual do aspecto e cor da amostra A em proveta (a) e em béquer (b).



(a)

Fonte: Autora (2020).



(b)

Os resultados do aspecto visual foram expressos, de acordo com a ANP, em I – límpido e isento de impurezas, II – límpido e com impurezas, III – turvo e isento de impurezas ou IV – turvo e com impurezas.

3.3. Massa Específica a 20°C

Para se obter a relação entre a massa de combustível e o seu volume foram realizados, em triplicata, a análise de densidade, seguindo a Norma da ABNT NBR - 7148. Primeiramente foram transferidos 500 mL da amostra para uma proveta graduada e mergulhado o densímetro de vidro para álcool, com escala de 0,750 g/mL até 0,800 g/mL, e o termômetro. Assim que a temperatura entrou em equilíbrio e o densímetro se estabilizou, foi realizada a leitura de ambas escalas, como

retratado na Figura 05. Os valores foram documentados e, *a posteriori*, foram convertidos para a massa específica a 20°C utilizando a tabela exposta no Anexo A.

Figura 05 - Ensaio para determinação da massa específica a 20°C da amostra A.



Fonte: Autora (2020).

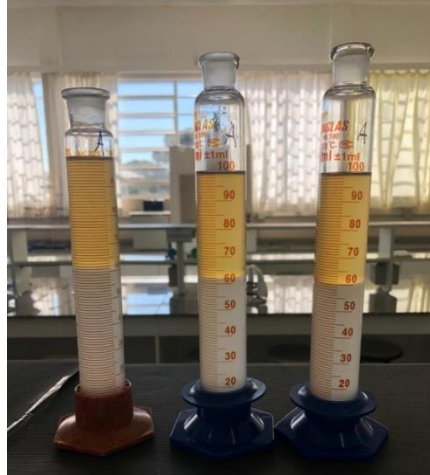
3.4. Teor de Etanol Anidro (EAC)

O método utilizado para determinar o teor de álcool etílico anidro no combustível (EAC) é o mesmo apresentado pela Norma da ABNT NBR – 13992. Inicialmente foram adicionados 50 mL da amostra em uma proveta graduada de 100 mL com tampa esmerilhada e, em seguida, o volume da mesma foi completado com uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) 10% m/v previamente preparada. Para extrair o etanol do combustível, a vidraria tampada foi invertida dez vezes de forma delicada para que não ocorresse a formação de emulsões. Após esse procedimento, a mistura ficou em repouso até que ocorresse a separação completa das fases e foi anotado o volume da fase aquosa, na qual se apresentava o álcool extraído. Os ensaios foram realizados em triplicata, exemplificados na Figura 06, e determinado o percentual do teor de EAC da amostra utilizando a Equação 01:

$$EAC = [(A - 50) * 2] + 1 \quad (01)$$

onde A é o volume da fase aquosa anotado, em mm.

Figura 06 - Ensaio para análise do teor de etanol na amostra A.



Fonte: Autora (2020).

3.5. Destilação

Para avaliar a volatilidade do combustível foi realizada a destilação, em duplicata, de 100 mL de cada amostra seguindo o procedimento descrito pela Norma da ABNT NBR – 9619. Inicialmente, foi adicionado a fração da gasolina ao balão de destilação, juntamente com pérolas de vidro, e fixado o termômetro com uma rolha de silicone no equipamento. O balão, por sua vez, foi acoplado ao tubo do condensador e acomodado em cima de uma manta elétrica. Para armazenar o combustível condensado durante o processo foi colocado uma proveta graduada na saída do equipamento. Dessa forma, com o sistema montado, do modo que está expresso na Figura 07, iniciou-se o processo através do aquecimento do balão.

Figura 07 - Ensaio de destilação para a amostra A.

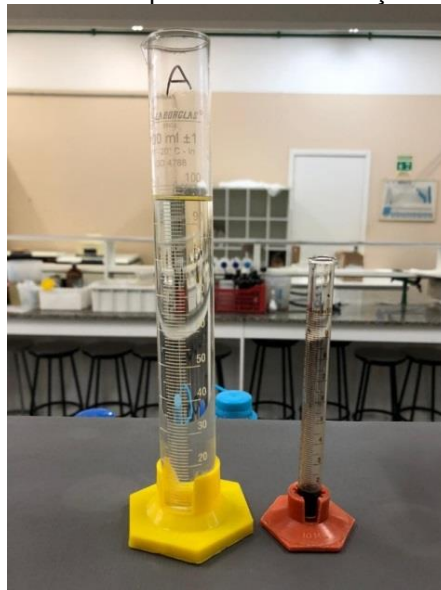


Fonte: Autora (2020).

O acompanhamento da destilação começou com o ponto inicial de ebulição (PIE), observado no instante em que a primeira gota foi condensada. O término, por sua vez, ocorreu com o ponto final de ebulição (PFE), no qual se verificou a leitura máxima do termômetro, que usualmente ocorre após a evaporação de todo líquido do balão. No intervalo entre os pontos, foi observado e registrado a temperatura do processo a cada 5 mL de combustível condensado.

Por fim, após o PFE, o aquecimento foi interrompido e, depois que o restante do material que ainda estava no condensador foi recuperado, pôde ser avaliado o volume da proveta. Com o líquido que ainda ficou presente no balão foi quantificado o teor de resíduo nas amostras de gasolina analisadas. O volume presente na vidraria ao fim do procedimento foi transferido para uma proveta graduada de 10 mL e determinado a porcentagem de resíduo. A Figura 08 expõe a análise das vidrarias contendo esses produtos.

Figura 08 - Análise dos produtos da destilação da amostra A.



Fonte: Autora (2020).

3.6. Acidez

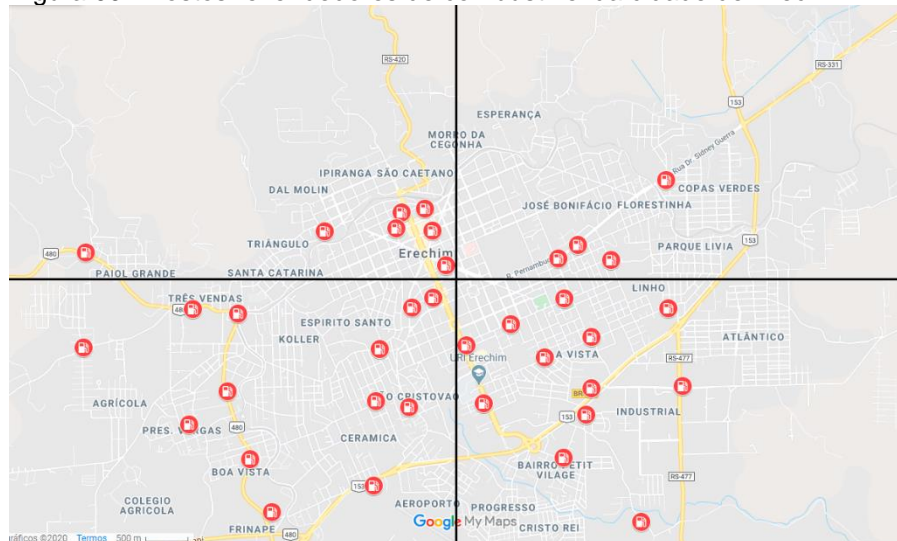
Para determinar a índice de acidez das amostras coletadas foi utilizado um pHmetro digital da marca *Tecno* modelo mPA 210 versão 7.0. Antes de iniciar o procedimento foi realizada a calibração do equipamento utilizando soluções

tampões de pH 4,0; 7,0 e 9,0; respectivamente, para que se obtivesse resultados mais precisos. Em seguida, foram colocados 10 mL da amostra em um béquer de vidro de 50 mL e mergulhado o eletrodo do pHmetro no mesmo. Assim que o equipamento estabilizou foi realizada a leitura do resultado do pH para a gasolina analisada, repetindo o procedimento descrito em triplicata.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento e mapeamento dos 36 (trinta e seis) postos revendedores de combustíveis cadastrados na ANP, dividiu-se o mapa em quatro quadrantes, conforme apresentado na Figura 09. Os pontos de coleta de amostras (PCA) foram definidos de forma aleatória, selecionando 3 (três) postos de cada quadrante, totalizando 12 (doze) pontos amostrais.

Figura 09 - Postos revendedores de combustível da cidade de Erechim – RS.



Fonte: Google Maps (2020).

Os postos selecionados foram nomeados com as letras *A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K* e *L* para manter o sigilo e a segurança de cada PRC. As amostras foram coletadas do dia 25 de maio de 2020 até o dia 01 de junho de 2020, conforme apresentado na Tabela 02.

Tabela 02 - Data e horário da coleta das amostras.

Amostra	Data	Horário
A	25/05/2020	13:25
B	25/05/2020	13:34
C	25/05/2020	13:41
D	27/05/2020	09:36
E	27/05/2020	09:41
F	01/06/2020	08:00
G	01/06/2020	08:14
H	01/06/2020	08:35
I	01/06/2020	11:00
J	01/06/2020	11:13
K	01/06/2020	11:35
L	01/06/2020	13:19

Fonte: Autora (2020).

4.1. Aspecto e Cor

Na análise do aspecto e cor das amostras foi utilizado apenas o método visual, conforme a Norma da ABNT NBR – 14954. A Figura 10 apresenta as imagens obtidas de cada amostra nessa primeira etapa do estudo, na qual se averiguou a presença de material particulado e turbidez do combustível, assim como a sua coloração.

Figura 10 - Análise visual do aspecto e cor das amostras A até L na vista frontal (a) e superior (b).



(a)



(b)

Fonte: Autora (2020).

Os resultados foram confrontados com as especificações para a Gasolina Tipo C Comum descritas na Resolução ANP nº 807, de 23 de janeiro de 2020 e estão apresentados na Tabela 03. Os dados foram descritos de acordo com a tonalidade observada em cada amostra e, se tratando do aspecto, em I – límpido e isento de impurezas, II – límpido e com impurezas, III – turvo e isento de impurezas ou IV – turvo e com impurezas.

Tabela 03 - Resultados da análise de aspecto e cor para as amostras do estudo.

Amostra	Cor	Aspecto
A	Amarelada	I
B	Amarelada	I
C	Amarelada/Laranja	III
D	Amarelada	I
E	Amarelada	I
F	Amarelada	I
G	Esverdeada	I
H	Amarelada	I
I	Amarelada	I
J	Amarelada	I
K	Vermelha	I
L	Amarelada	I

Fonte: Autora (2020).

Pode-se verificar que apenas a amostra C não está de acordo com as especificações da Resolução nº 807, que determina que a Gasolina Tipo C Comum deve ser límpida e isenta de impurezas (I) e não apresentar coloração azulada. Desse modo, a amostra C se evidenciou com uma certa turbidez ao olho nu, sendo, então, caracterizada como turva e isenta de impurezas (III). Também, verificou-se que nenhum combustível apresentava partículas em suspensão. Já se tratando da coloração, todos estavam de acordo com a legislação vigente, porém as amostras C, G e K não apresentaram tonalidade amarelada considerada ideal. A gasolina C se apresentou em uma gradação mais alaranjada, a G possuía um tom esverdeado e a K apresentava uma cor vermelha. Todavia, por mais que a tonalidade dessas amostras estavam fora da idealidade, não são classificadas como não conformes pela ANP que permite a adição de corante em até 50 ppm.

4.2. Massa Específica a 20°C

Na determinação da massa específica a 20°C, todas as amostras foram analisadas em triplicata. A média dos resultados obtidos e o desvio padrão para cada amostra estão apresentados na Tabela 04.

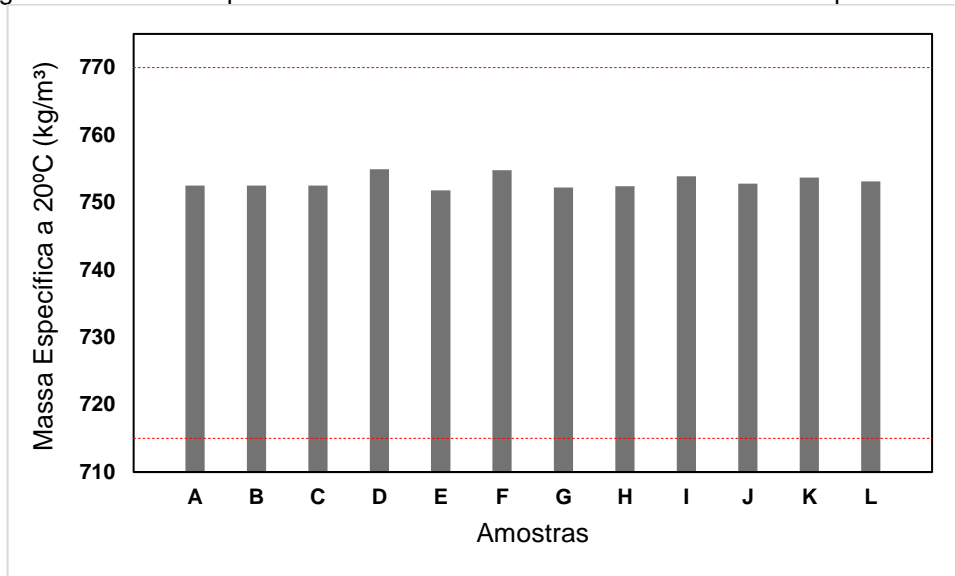
Tabela 04 - Valores médios da massa específica a 20°C (kg/m³) para cada amostra e o desvio padrão para os ensaios realizados.

Amostra	Massa Específica a 20°C (kg/m³)	Desvio Padrão
A	752,5	0,33
B	752,5	0,33
C	752,5	0,33
D	754,9	<0,1
E	751,8	0,75
F	754,8	0,19
G	752,2	0,19
H	752,4	0,19
I	753,9	0,19
J	752,8	<0,1
K	753,7	0,94
L	753,1	0,42

Fonte: Autora (2020).

A ANP, através da Resolução nº 807, de 23 de janeiro de 2020, estabelece que o valor mínimo para a densidade da gasolina a 20°C deve ser 715 kg/m³. Já o valor máximo não é definido por lei, mas é esperado que esse seja até 770 kg/m³. Com o intuito de comparar os valores obtidos para cada amostra com os limites apresentados foi plotado o gráfico exibido na Figura 11.

Figura 11 - Massa específica a 20°C média das amostras de Gasolina Tipo C Comum.



Fonte: Autora (2020).

A análise da massa específica da gasolina é de suma importância por ter uma ligação direta com o potencial energético do combustível. Isso em razão de que quanto maior for essa densidade, maior será a massa de combustível queimado no motor para um mesmo volume analisado. Consequentemente, uma maior quantidade de energia será gerada e disponibilizada para o funcionamento do veículo. A utilização desses combustíveis “leves” acaba, então, por ocasionar uma drástica perda de autonomia nos carros. No tocante à valores elevados dessa característica físico-química, pode ser atribuído à adição do etanol anidro acima dos valores permitidos por lei. Enquanto que a Gasolina Tipo A apresenta uma massa específica em torno de 700 kg/m³, o álcool possui uma densidade em torno de 790 kg/m³. Por conseguinte, a adição de até 27% desse biocombustível à gasolina irá aumentar naturalmente a massa específica do combustível a ser comercializado (ANP, 2019b).

Os dados obtidos para essa análise, portanto, mostram que todas as amostras coletadas estão dentro do intervalo de 715 kg/m³ e 770 kg/m³ esperados. Os resultados ficaram entre 751,8 kg/m³ e 754,9 kg/m³ e apresentaram um desvio padrão muito pequeno, dando credibilidade a esses valores. Por fim, conclui-se que o combustível com menor massa específica a 20°C foi o do posto *E* enquanto que o maior foi do posto *D*.

4.3. Teor de Etanol Anidro (EAC)

A Tabela 05 apresenta os valores médios obtidos nos ensaios de teor de etanol anidro (EAC) para cada amostra, assim como o respectivo desvio padrão.

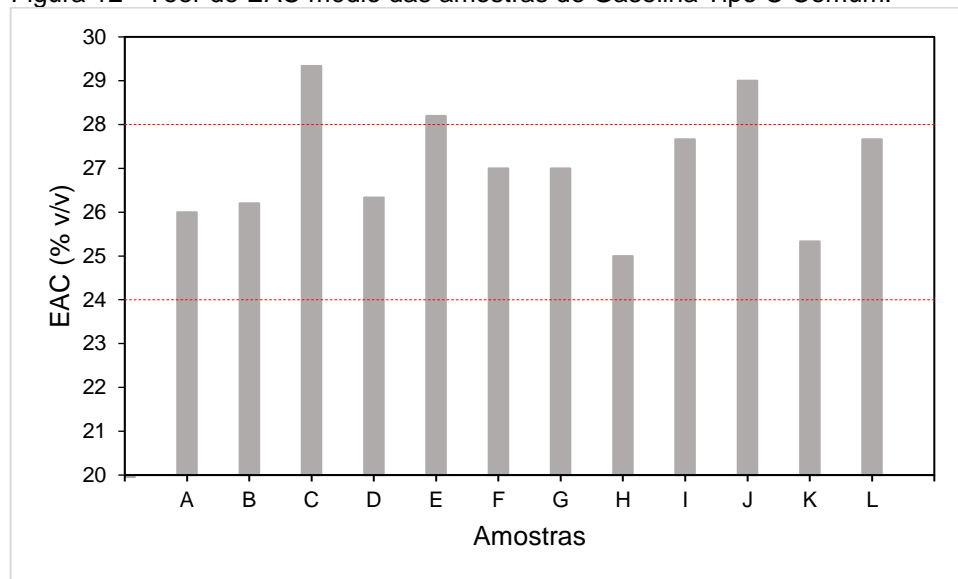
Tabela 05 - Valores médios do EAC (% v/v) para cada amostra e o respectivo desvio.

Amostra	EAC (% v/v)	Desvio Padrão
A	26,0	0,8
B	26,2	0,8
C	29,3	0,4
D	26,3	<0,1
E	28,2	0,8
F	27,0	<0,1
G	27,0	<0,1
H	25,0	<0,1
I	27,6	0,8
J	29,0	<0,1
K	25,3	0,4
L	27,6	0,4

Fonte: Autor (2020).

A referência utilizada para essa característica do combustível foi de $25 \pm 1 \%$ e $27 \pm 1 \%$ de EAC, de acordo com a Portaria MAPA nº75, de 05 de março de 2015. Para a verificação dos percentuais obtidos com o exigido pela norma, foi traçado o gráfico exposto na Figura 12.

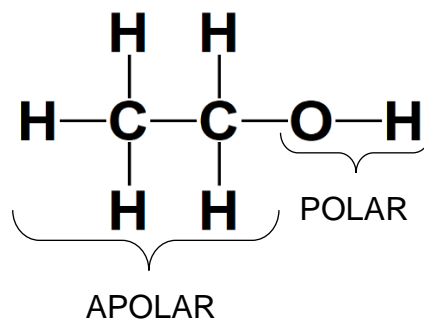
Figura 12 - Teor de EAC médio das amostras de Gasolina Tipo C Comum.



Fonte: Autora (2020).

A extração do álcool da gasolina através da adição de água é possível pela polaridade dos compostos. O etanol, como apresentado na Figura 13, apresenta uma parte polar e outra apolar. A ligação covalente existente entre o carbono e hidrogênio resulta em uma eletronegatividade muito baixa entre os compostos, caracterizando a parte apolar da molécula, a qual será responsável pela miscibilidade na gasolina. Já a parte polar é consequência da ligante hidroxila (-OH) da molécula. Como a diferença de eletronegatividade entre os elementos oxigênio e hidrogênio é elevada, durante a ligação química irá se formar cargas parciais negativas e positivas, caracterizando a polaridade que fará com que o composto seja miscível na água (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Figura 13 - Molécula de álcool etílico.



Fonte: Autora (2020).

Por conseguinte, quando o etanol anidro é adicionado à gasolina, estes compostos formarão ligações do tipo dipolo induzido. Todavia, ao incluir a água a essa mistura, o álcool irá formar ligações de hidrogênio com esse solvente sendo, assim, extraído da gasolina. Isto posto, após a separação de fases nas análises, a parte aquosa irá aumentar de volume por conter todo o biocombustível que fora adicionado à gasolina (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Ao avaliar os resultados obtidos, verificou-se que três das doze amostras analisadas sofreram adulteração por adição de etanol anidro acima do permitido por lei, representando 25% dos postos avaliados. A amostra *C* apresentou o maior teor de EAC dentre as gasolinas em estudo, sendo 29,33%, seguida da amostra *J* com 29% e *E* com 28,2%. Os postos *I* e *L* se apresentaram com uma quantidade de etanol anidro no limite máximo permitido por lei, estando na faixa do desvio padrão com 27,6%. Já as gasolinas dos postos *A*, *B*, *D*, *F*, *G*, *H* e *K* continham percentuais ideais de álcool etílico anidro no combustível, entre 25% e 27%. Dessa forma, os resultados confirmam o explanado sobre a frequência desse tipo de adulteração, ainda que se conheça todas as consequências desse ato ilegal.

4.4. Destilação

Para a análise de volatilidade do combustível, o órgão governamental, regulamenta apenas as temperaturas de destilação de 10%, 50%, 90% e o PFE. Outrossim, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis também utiliza como parâmetro de controle o resíduo final da destilação, que deve ser até 2% do volume total submetido ao processo de destilação. Os limites descritos foram definidos na Resolução da ANP nº 807, de 23 de janeiro de 2020.

Os resultados obtidos para as temperaturas de ebulição exigidos Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis estão apresentados na Tabela 06.

Tabela 06 - Temperatura média obtida para o PIE, 10%, 50%, 90% e PFE de cada amostra.

Amostra	Temperaturas (°C)				
	PIE	10%	50%	90%	PFE
A	32,50	51,00	70,75	162,50	186,75
B	34,00	51,00	71,00	165,00	185,00
C	32,25	52,25	72,00	165,50	187,00
D	35,50	50,50	70,25	162,50	184,50
E	37,25	51,50	71,25	164,50	188,25
F	32,50	51,50	71,00	165,50	188,00
G	32,25	51,00	71,00	166,00	189,50
H	33,50	52,00	71,50	167,50	191,00
I	36,25	52,00	71,00	166,50	190,75
J	39,25	52,50	71,75	167,00	192,00
K	35,00	50,00	70,75	164,00	184,00
L	38,25	51,25	70,75	166,00	188,75

Fonte: Autora (2020).

Ao final das análises também foram quantificados o resíduo, em porcentagem, que restou no balão de destilação e o volume de condensado na proveta, através do quais foi calculado o volume total recuperado no processo e as perdas; valores, esses, apontados na Tabela 07.

Tabela 07 -Volume de condensado (mL), resíduo da destilação (%), recuperado (mL) e perdas (%).

Amostra	Volume Condensado (mL)	Resíduo (%)	Recuperado (mL)	Perdas (%)
A	97,00	1,55	98,55	1,45
B	97,00	1,70	98,70	1,30
C	96,45	1,55	98,00	2,00
D	97,25	1,50	98,75	1,25
E	97,25	1,65	98,90	1,10
F	96,75	1,65	98,40	1,60
G	96,75	1,70	98,45	1,55
H	97,75	1,75	99,50	0,50
I	97,75	1,65	99,40	0,60
J	97,00	1,70	98,70	1,30
K	96,75	1,70	98,45	1,55
L	96,75	1,65	98,40	1,60

Fonte: Autora (2020).

Os resultados referentes à 10% de volume destilado são pertinentes a partida do veículo, o valor máximo permitido por lei garante que se tenham componentes voláteis suficientes para que o motor comece a funcionar em condições de temperatura ambiente (ANP, 2019b). Para esse ponto, a amostra que apresentou a menor temperatura de ebulição foi a *K*, sendo 50°C, enquanto que a maior foi 52,5°C para a gasolina *J*. Todos os postos estudados estavam de acordo com o valor máximo permitido por lei de 65°C.

Tratando-se do ponto máximo para a evaporação de 50% de combustível, este assegura que se tenha um volume adequado para o bom funcionamento do motor, associado ao seu aquecimento adequado e melhor dirigibilidade do veículo (ANP, 2019b). Da mesma forma, todas as amostras analisadas se mostraram conforme com a Resolução nº 807, que especifica o limite de 80°C para essa faixa de ebulição. A menor temperatura obtida para esse ponto foi 70,25°C, para a gasolina *D*, e a maior foi 72°C para o posto *C*.

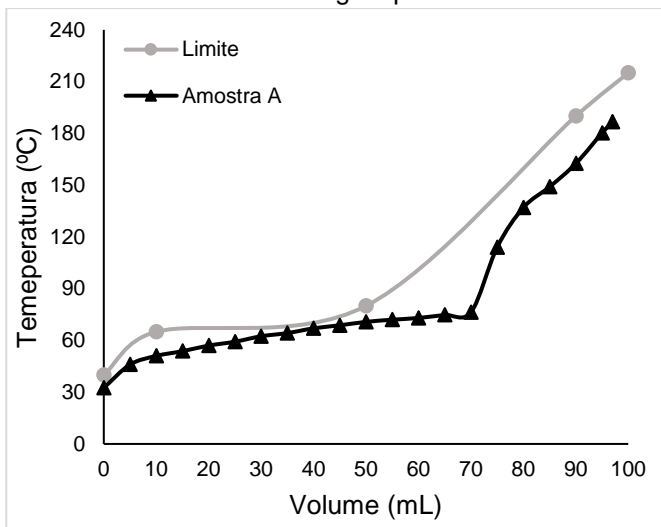
Os limites para 90%, PFE e resíduo, por sua vez, estão diretamente ligados à presença de compostos com alto ponto de ebulição que podem causar problemas mecânicos no automóvel, como entupimento de injetores e diluição do óleo (ANP, 2019b). Para os 90% de volume evaporados, a ANP estipula a temperatura máxima de 190°C, já para o PFE é aceito até 215°C. Nos ensaios realizados, as amostras *A* e *D* apresentaram a mesma temperatura para os 90%, igual a 162,5°C, sendo a menor observada, enquanto que a *H* apresentou o maior ponto de ebulição, 167,5°C. Já o ponto final de destilação variou de 184°C, para a gasolina *K*, até 192°C, para a amostra *J*. Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que os combustíveis não apresentaram divergências com o especificado pela Resolução nº 807.

Em referência ao teor de resíduo dos combustíveis analisados, também se obteve resultados condizentes com a resolução em vigor. Os valores variaram de 1,5%, para a amostra *D*, até 1,75%, para a amostra *H*, não atingindo o limite de 2% especificados pela ANP. Por fim, os volumes de condensado recuperados foram satisfatórios, sendo em média 97 mL. Considerando todos os volumes quantificados, de resíduo e condensado, foi possível determinar as perdas do processo, que ficaram entre 0,5% e 2%. Estas podem ter ocorrido por vapores que não condensaram,

vidrarias mal vedadas e resíduos de líquido no condensador e balão de destilação, por exemplo.

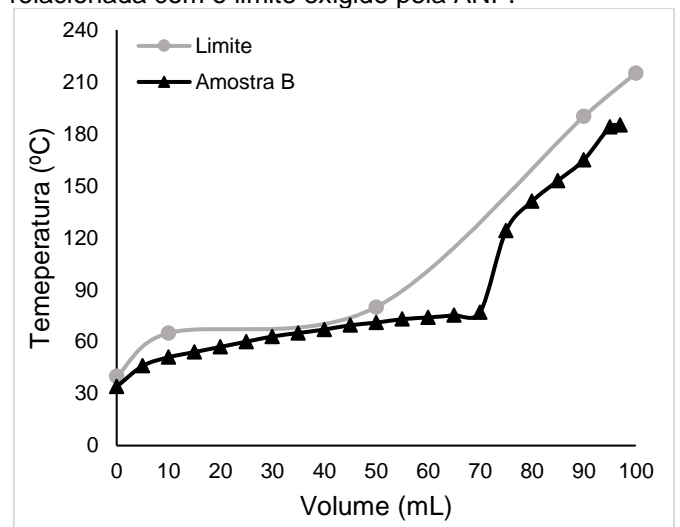
Ainda com os resultados obtidos, foram plotadas as curvas de destilação para cada amostra analisada, expostas nas Figuras 14 a 25. Nestas foram traçadas a relação da temperatura para cada 5 mL de volume condensado e, para melhor visualização dos resultados, adicionou-se a linha limite com as temperaturas máximas de ebulição de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Figura 14 - Curva de destilação para a amostra A relacionada com o limite exigido pela ANP.



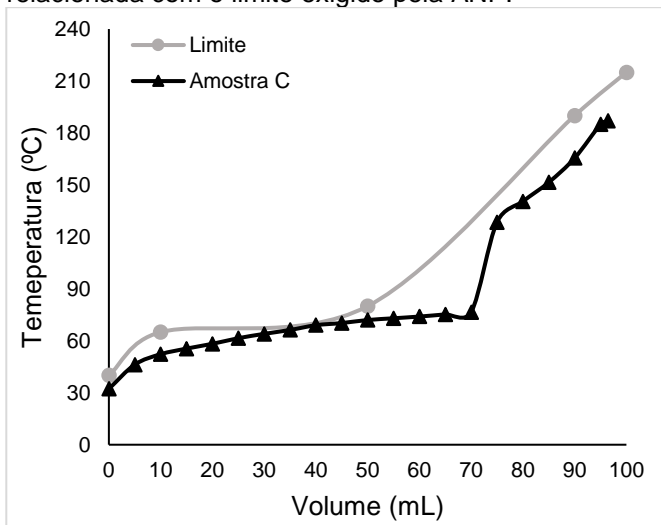
Fonte: Autora (2020).

Figura 15 - Curva de destilação para a amostra B relacionada com o limite exigido pela ANP.



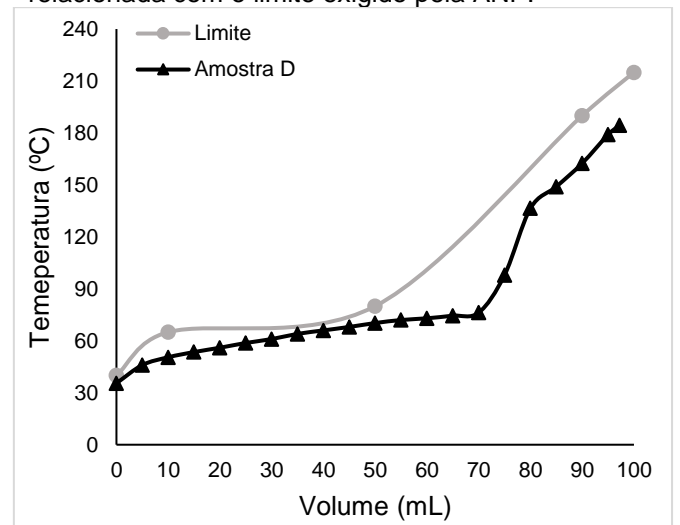
Fonte: Autora (2020).

Figura 16 - Curva de destilação para a amostra C relacionada com o limite exigido pela ANP.



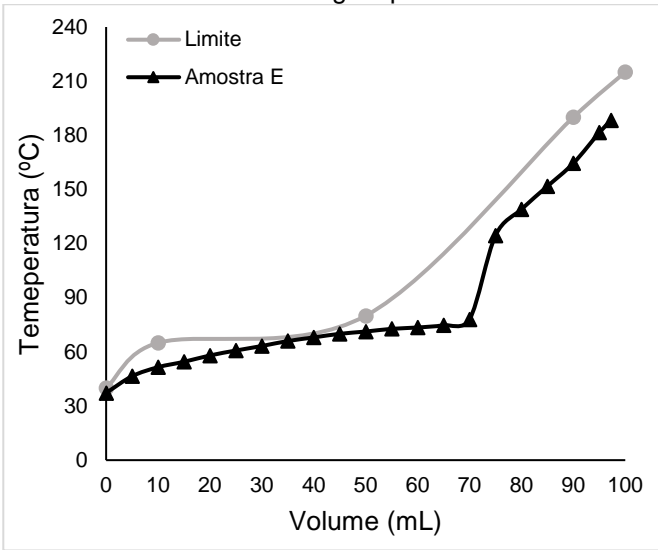
Fonte: Autora (2020).

Figura 17 - Curva de destilação para a amostra D relacionada com o limite exigido pela ANP.



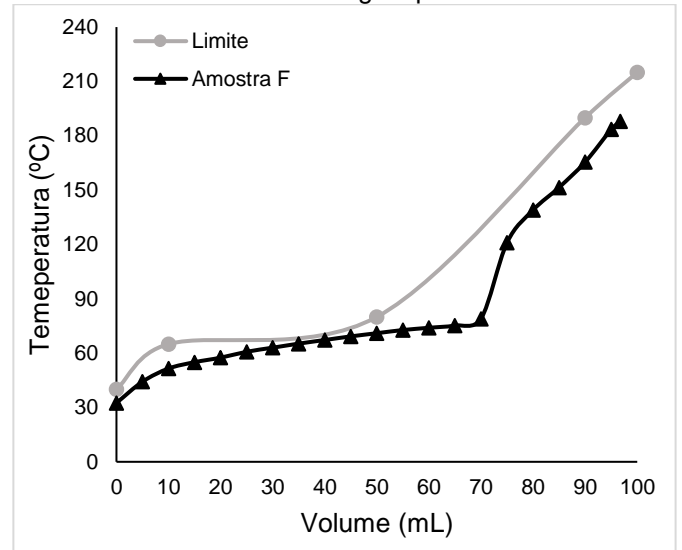
Fonte: Autora (2020).

Figura 18 - Curva de destilação para a amostra E relacionada com o limite exigido pela ANP.



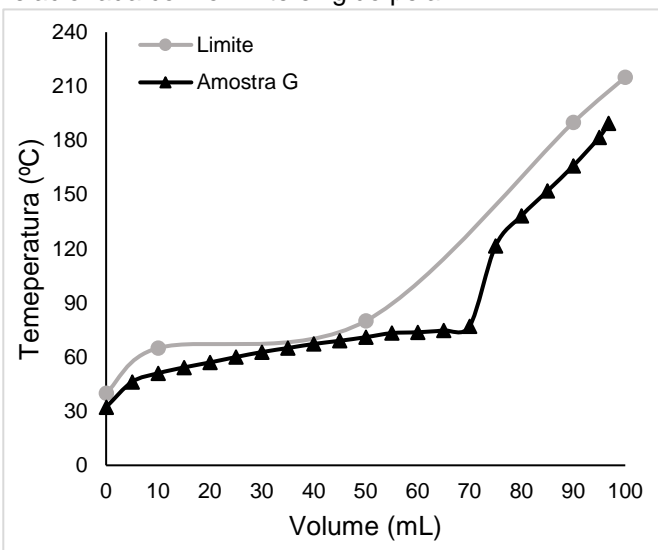
Fonte: Autora (2020).

Figura 19 - Curva de destilação para a amostra F relacionada com o limite exigido pela ANP.



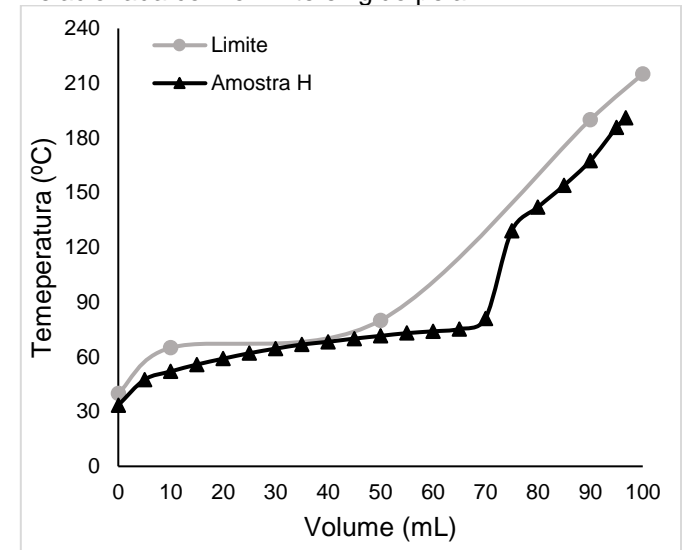
Fonte: Autora (2020).

Figura 20 - Curva de destilação para a amostra G relacionada com o limite exigido pela ANP.



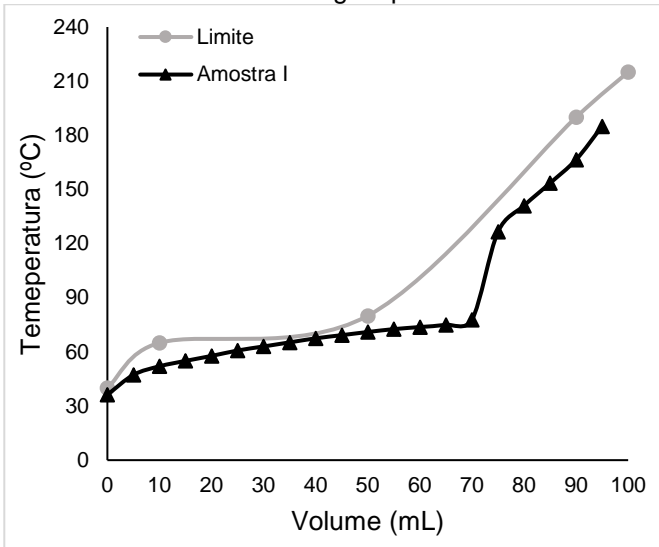
Fonte: Autora (2020).

Figura 21 - Curva de destilação para a amostra H relacionada com o limite exigido pela ANP.



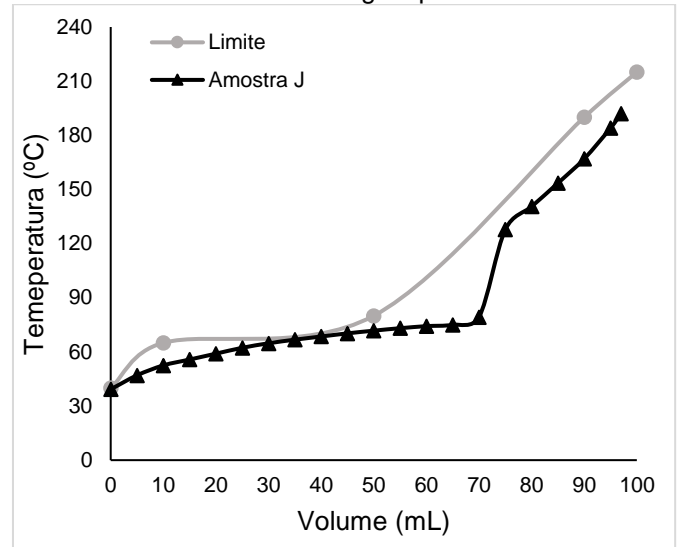
Fonte: Autora (2020).

Figura 22 - Curva de destilação para a amostra I relacionada com o limite exigido pela ANP.



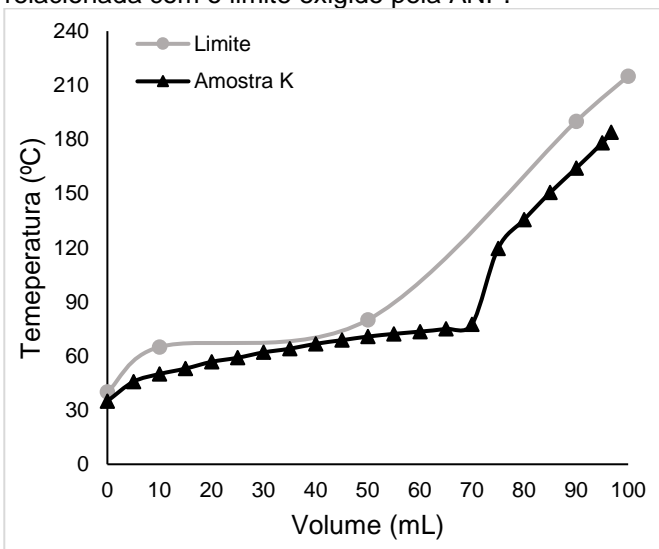
Fonte: Autora (2020).

Figura 23 - Curva de destilação para a amostra J relacionada com o limite exigido pela ANP.



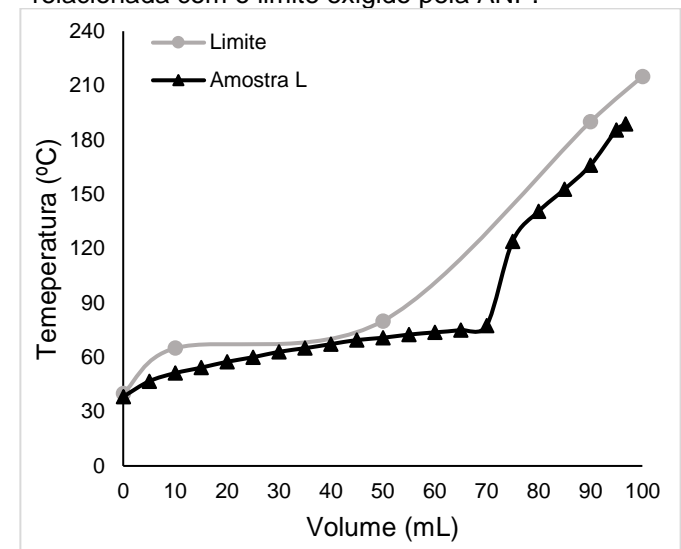
Fonte: Autora (2020).

Figura 24 - Curva de destilação para a amostra K relacionada com o limite exigido pela ANP.



Fonte: Autora (2020).

Figura 25 - Curva de destilação para a amostra L relacionada com o limite exigido pela ANP.



Fonte: Autora (2020).

A gasolina, por ser uma mistura de vários compostos, não apresenta um ponto de ebulição específico para uma dada pressão. Dessa forma, as curvas de ebulição são originadas a fim do estudo dessa característica físico-química do combustível. Pelos resultados plotados foram originados gráficos que se mostraram muito similares. Como já explanado, todas as amostras possuíram temperaturas de ebulição abaixo dos limites estabelecidos na resolução vigente.

Pode-se observar que todas as curvas apresentaram uma inclinação menos acentuada nos primeiros 70 mL condensados, seguido de um aumento brusco na temperatura que originou uma curva com maior inclinação nos 30 mL restantes. Esse feito é justificado pela presença do etanol anidro no combustível. Durante a destilação, a mistura irá ferver e evaporar os compostos mais leves, como o etanol, até que se atinja a temperatura e composição do ponto de azeotropia. Assim, a temperatura irá se manter constante até que ocorra a destilação completa da mistura azeotrópica. Quando isto finda, os hidrocarbonetos restantes acabam alcançando os respectivos pontos de ebulição e evaporam, sendo retratados pelo aumento súbito da temperatura no gráfico (TAKESHITA, 2006).

4.5. Acidez

A análise da acidez da gasolina, por mais que não seja exigido no Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis da ANP, faz-se necessária por ser um indicador da presença de possíveis adulterantes. Na Tabela 08 estão apresentadas as médias do pH para cada amostra analisada.

Tabela 08 - Média do pH para cada amostra de Gasolina Tipo C Comum analisada.

Amostra	pH
A	8,23
B	8,33
C	8,04
D	8,25
E	8,58
F	7,92
G	8,51
H	8,74
I	8,25
J	8,74
K	7,75
L	8,71

Fonte: Autora (2020).

Com os resultados obtidos, verificou-se que todas as gasolinas analisadas se apresentaram com pH acima de 7, sendo, então, consideradas básicas. Apesar de não haver legislação referente à esta característica físico-química, estudos relatam que é ideal que o combustível esteja com o pH acima de 7,5. Isto pois quanto mais ácida for a gasolina maior será a corrosividade causada no motor. Entre os fatores que influenciam na diminuição do pH está a quantidade de compostos de enxofre, água e aditivos oxigenados presentes. Estes compostos acabam por ocasionar a formação de ácidos e a oxidação de alguns hidrocarbonetos e, por conseguinte, aumentam a acidez do combustível. Ademais, o etanol adicionado à gasolina pode estar adulterado e, conseqüentemente, diminuir o pH desta (AMBROZIN; KURI; MONTEIRO, 2009).

5. CONCLUSÃO

Visto a importância do combustível foco de estudo no presente trabalho, faz-se necessário que a sua qualidade seja constante para que nenhuma das partes, cliente e comerciante, sofra danos, sejam eles financeiros, mecânicos ou ambientais. Para isso, a ANP, órgão regulador do comércio de combustíveis automotivos, atua com ações para manter o controle da qualidade da gasolina nos postos revendedores. Dessa forma, a pesquisa realizada buscou avaliar a Gasolina Tipo C Comum comercializada no município de Erechim – RS, conferindo com os limites estipulados em legislações vigentes e comparando com os resultados da Agência Nacional.

Diante dos dados obtidos, conclui-se que das doze amostras analisadas, três apresentaram não conformidades, sendo 25% do total estudado. A gasolina C foi a que apresentou maior desvio com a idealidade, apresentando inconsistência na análise visual e um elevado teor de etanol anidro. As amostras *E* e *J* também foram caracterizadas como não conformes nos ensaios de teor de EAC, possuindo adições de 1,2% e 2% a mais do que o permitido pela Portaria MAPA nº 75, de 05 de março de 2015. Por sua vez, as análises de massa específica a 20°C, curvas de destilação e acidez dos combustíveis apresentaram resultados satisfatórios, nos quais todos os postos evidenciaram valores conformes com a legislação em vigor e estudos sobre o assunto.

Entretanto, no Boletim de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis divulgado pela ANP para os meses de maio e junho de 2020, no município de Erechim – RS, veicularam-se dados contraditórios aos obtidos experimentalmente. Segundo o órgão, das 19 (dezenove) amostras de Gasolina Tipo C Comum analisadas no mês de maio e das 10 (dez) testadas em junho, nenhuma apresentou não conformidade. Dessa forma, percebe-se que há uma inconsistência dos dados divulgados pelo órgão regulador com a realidade obtida nas análises do presente estudo. Entende-se, então, que por mais que a forma de fiscalização dos combustíveis líquidos seja excelente na teoria, não expressa dados conformes com a realidade.

Conclui-se, assim, que 75% das gasolinas comercializadas no município de Erechim – RS possuem boa qualidade, de forma que não geram complicações ao consumidor. Outrossim, constata-se que por mais simples que sejam os ensaios recomendados pelo Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis, eles são fundamentais para um estudo básico da Gasolina Tipo C Comum.

Por fim, evidencia-se a importância do presente estudo para a sociedade, por meio do qual se fornecem dados à população local a respeito da qualidade do combustível consumido. Sabe-se que a utilização da gasolina adulterada, além de causar prejuízos materiais e colocar em risco a vida do condutor, prejudica o funcionamento do veículo podendo ocasionar acidentes de trânsito, o que é uma agressão ao direito previsto no Código de Defesa do Consumidor (CDC). De tal forma, os resultados divulgados neste trabalho possuem uma responsabilidade social ao caracterizar e identificar fraudes na Gasolina Tipo C Comum comercializada em Erechim e, assim, alertar a população para redobrar o cuidado em relação à gasolina que utiliza.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Cartilha do posto revendedor de combustível**. 6. ed. Rio de Janeiro: ANP, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. **Consulta Posto Web**, Brasília, 21 de fev. de 2019c. Disponível em: <https://postos.anp.gov.br/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Nota Técnica nº 3/2019/SBQ-CPT-CQC/SBQ-E**: apresenta as justificativas das alterações propostas na Resolução ANP nº 40/2013. Brasília, 2019b.

AMBROZIN, Alessandra R. P.; KURI, Sebastião E.; MONTEIRO, Marcos R. Corrosão Metálica Associada ao Uso de Combustíveis Minerais e Biocombustíveis. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1910-1916, ago. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000700037>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ANP: Gasolina. **Associação Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível**, Brasília, 09 abr. 2019a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ANP: Seminário de avaliação do mercado de combustível 2020. **Associação Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível**, Brasília, 06 mar. 2020a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/palestra/5627-seminario-de-avaliacao-do-mercado-de-combustiveis-2020-ano-base-2020>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

ANTUNES, I. S. *et al.* Estudo da Qualidade da Gasolina Vendida em Postos de Serviços da Paraíba. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2015, Campina Grande. **Anais eletrônicos...** Campinha Grande: CONEPETRO, 2015. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/10316>. Acesso em: 22 jul. 2020.

ARAGÃO, Amanda Pereira. **Análise multi-integrada da cadeia de combustíveis do setor rodoviário**. 2018. 159 f. Tese (Doutorado em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14954**: combustível destilado: determinação da aparência. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13992**: gasolina automotiva: determinação do teor de etanol anidro combustível (EAC). Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7148**: petróleo e derivados de petróleo: determinação da massa específica, densidade relativa e °API: método do densímetro. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9619**: produtos de petróleo: destilação à pressão atmosférica. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis. Resolução nº 807, de 2020b. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jan. 2020. Seção 1, p. 46.

BRASIL. Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool. Resolução nº 01, de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 mar. 2015. Seção 1, p. 17.

BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Resolução nº 06, de 1970. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jul. 1970. Seção 1, p. 21.

CAVALCANTI, Luiz Antonio Pimentel. Protótipo para análise da qualidade de gasolina tipo C comum utilizando sensores de gás tipo semicondutor. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 12, p. 109-116, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21438/rbgas.061208>. Acesso em: 17 jun. 2020.

DALLA VECCHIA, Silvana. **Determinação do Teor de Alcool na Gasolina por Meio da Abordagem Investigativa**. 2013. 28 f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

FERREIRA, Ronaldo Lourenço. **Análise da influência da adulteração de combustível na degradação do lubrificante e do motor de combustão interna**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2017.

FREITAS, Leonardo Antonio de. **Avaliação da qualidade da gasolina tipo C em postos de um município da Paraíba.** 2017. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

FURLAN, Ramon. **A influência do preço da gasolina comum nas vendas de um posto revendedor de combustível.** 2019. 43 f. Trabalho de Curso III (Bacharel em Administração) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2019.

GOMES, Jonathan G. *et al.* Estudo de Análise de Combustíveis Seguindo o Padrão Exigido pela Agência Nacional do Petróleo. **Revista Processos Químicos**, v. 13, n. 25, p. 79-86, ago., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.19142/rpq.v13i25.484>. Acesso em: 17 jun. 2020.

LEMMON, Eric W.; MCLINDEN, Mark O.; FRIEND, Daniel G. Thermophysical Properties of Fluid Systems. In: **NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69**. P.J. Linstrom and W.G. Mallard ed. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <https://doi.org/10.18434/T4D303>. Acesso em: 04 jul. 2020.

LIMA, Alexandre de Souza *et al.* **O Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis.** 5. ed. Rio de Janeiro: ANP, 2012.

MARTINS, Cláudia R. P.; LOPES, Wilson A.; ANDRADE, Jailson B. Solubilidade das Substâncias Orgânicas. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, jul. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800026>. Acesso em: 17 jun. 2020.

MENDES, André Pompeo do Amaral *et al.* Panoramas Setoriais 2030: Petróleo e Gás: Mercado de Refino do Petróleo no Brasil. In: **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil.** Rio de Janeiro: BNDES, 2017. p. 93-105. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14243>. Acesso em: 17 jun. 2020.

MENDES, André Pompeo do Amaral *et al.* Petróleo e Gás: Mercado de Refino do Petróleo no Brasil. **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 7-44, set., 2018.

MORAIS, José Mauro de. **Petróleo em Águas Profundas: uma história tecnológica da Petrobras na produção e exploração offshore.** Brasília: Ipea, 2013.

MOTA, Claudio J. A. Química e tecnologia para o desenvolvimento, aplicações e necessidades da Petrobrás à produção de gasolina. **Química Nova**, v. 18, n. 2, p. 202-209, 1995.

NUNES, Camila; MALDONADO, Rafael Resende. Avaliação da qualidade da gasolina comercializada em postos de combustíveis da região de Mogi Guaçu. **FOCO: caderno de Estudos e Pesquisas**, n. 4, p. 71-82, jan/jun., 2013. Disponível em: <http://revistafoco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/23>. Acesso em: 17 jun. 2020.

OLIVEIRA, Lucas Guilherme Rocha de. **Adulteração em Combustíveis Automotivos: Uma Revisão Sistemática**. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

PEREIRA, Carlos Augusto Arentz; DELGADO, Fernando. Refino de petróleo no Brasil. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 73, n. 01, p. 42-45, 2019.

PETROBRAS: Perfil. **Petrobras**, Rio de Janeiro, abr. 2020. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/quem-somos/perfil/>. Acesso em: 21 jul. 2020.

RODRIGUES, Érica Vieira Albuquerque. **Determinação de propriedades físico-químicas do petróleo por cromatografia gasosa de alta temperatura associada à quimiometria**. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

RODRIGUES, Maria Luzia Rocha. **Qualidade da gasolina comercializada em municípios do Baixo Parnaíba**. 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais) – Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo, 2017.

SILVA, Michelle Patrícia Ferreira da *et al.* Classification of gasoline as with or without dispersant and detergent additives using infrared spectroscopy and multivariate classification. **Fuel**, v. 116, p. 151-157, Jan., 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.07.110>. Acesso em: 17jun. 2020.

SUENSON, Guilherme Guerrilha *et al.* **Geopolítica do petróleo: uma análise da geopolítica do petróleo como causa não contada da guerra**. 2017. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

TAKESHITA, Elaine Vosniak. **Adulteração de gasolina por adição de solventes:** análise dos parâmetros físico-químicos. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ANEXOS

Anexo A. Tabela utilizada para conversão de densidade para 20°C.

CONVERSÃO DE DENSIDADE PARA 20 GRAUS CELSIUS										
TEMPERATURA OBSERVADA CELSIUS	DENSIDADE OBSERVADA									
	0,570	0,571	0,572	0,573	0,574	0,575	0,576	0,577	0,578	0,579
	DENSIDADE CORRIGIDA PARA 20 GRAUS CELSIUS									
-25,0	0,512	0,513	0,515	0,516	0,517	0,518	0,519	0,521	0,522	0,523
-24,5	0,513	0,514	0,515	0,516	0,517	0,518	0,519	0,520	0,521	0,522
-24,0	0,513	0,515	0,516	0,517	0,518	0,520	0,521	0,522	0,523	0,524
-23,5	0,514	0,515	0,517	0,518	0,519	0,520	0,521	0,522	0,523	0,524
-23,0	0,515	0,516	0,517	0,519	0,520	0,521	0,522	0,523	0,524	0,526
-22,5	0,516	0,517	0,518	0,519	0,520	0,522	0,523	0,524	0,525	0,526
-22,0	0,516	0,518	0,519	0,520	0,521	0,522	0,523	0,525	0,526	0,527
-21,5	0,517	0,518	0,519	0,521	0,522	0,523	0,524	0,525	0,526	0,528
-21,0	0,518	0,519	0,520	0,521	0,522	0,524	0,525	0,526	0,527	0,528
-20,5	0,518	0,519	0,521	0,522	0,523	0,524	0,525	0,527	0,528	0,529
-20,0	0,519	0,520	0,521	0,523	0,524	0,525	0,526	0,527	0,528	0,530
-19,5	0,520	0,521	0,522	0,523	0,524	0,526	0,527	0,528	0,529	0,530
-19,0	0,520	0,521	0,523	0,524	0,525	0,526	0,527	0,529	0,530	0,531
-18,5	0,521	0,522	0,523	0,524	0,526	0,527	0,528	0,529	0,530	0,532
-18,0	0,522	0,523	0,524	0,525	0,526	0,527	0,529	0,530	0,531	0,532
-17,5	0,522	0,523	0,525	0,526	0,527	0,528	0,529	0,531	0,532	0,533
-17,0	0,523	0,524	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,531	0,532	0,533
-16,5	0,524	0,525	0,526	0,527	0,528	0,529	0,531	0,532	0,533	0,534
-16,0	0,524	0,525	0,527	0,528	0,529	0,530	0,531	0,532	0,534	0,535
-15,5	0,525	0,526	0,527	0,528	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535
-15,0	0,526	0,527	0,528	0,529	0,530	0,531	0,533	0,534	0,535	0,536
-14,5	0,526	0,527	0,529	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535	0,537
-14,0	0,527	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535	0,536	0,537
-13,5	0,528	0,529	0,530	0,531	0,532	0,533	0,535	0,536	0,537	0,538
-13,0	0,528	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535	0,536	0,538	0,539
-12,5	0,529	0,530	0,531	0,532	0,534	0,535	0,536	0,537	0,538	0,539
-12,0	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535	0,537	0,538	0,539	0,540
-11,5	0,530	0,531	0,533	0,534	0,535	0,536	0,537	0,538	0,539	0,541
-11,0	0,531	0,532	0,533	0,534	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,541
-10,5	0,532	0,533	0,534	0,535	0,536	0,537	0,539	0,540	0,541	0,542
-10,0	0,532	0,533	0,535	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,541	0,543
-9,5	0,533	0,534	0,535	0,536	0,538	0,539	0,540	0,541	0,542	0,543
-9,0	0,534	0,535	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,542	0,543	0,544
-8,5	0,534	0,535	0,537	0,538	0,539	0,540	0,541	0,542	0,543	0,544
-8,0	0,535	0,536	0,537	0,538	0,539	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545
-7,5	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,541	0,542	0,544	0,545	0,546
-7,0	0,536	0,537	0,539	0,540	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545	0,546
-6,5	0,537	0,538	0,539	0,540	0,541	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547
-6,0	0,538	0,539	0,540	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545	0,547	0,548
-5,5	0,538	0,539	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547	0,548
-5,0	0,539	0,540	0,541	0,542	0,543	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549
-4,5	0,540	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547	0,549	0,550
-4,0	0,540	0,541	0,542	0,544	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549	0,550
-3,5	0,541	0,542	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547	0,549	0,550	0,551
-3,0	0,542	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549	0,550	0,552
-2,5	0,542	0,543	0,544	0,546	0,547	0,548	0,549	0,550	0,551	0,552
-2,0	0,543	0,544	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549	0,551	0,552	0,553
-1,5	0,544	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549	0,550	0,551	0,552	0,553
-1,0	0,544	0,545	0,546	0,547	0,549	0,550	0,551	0,552	0,553	0,554
-0,5	0,545	0,546	0,547	0,548	0,549	0,550	0,551	0,552	0,554	0,555
0,0	0,545	0,547	0,548	0,549	0,550	0,551	0,552	0,553	0,554	0,555

Fonte: CNP (1970).