

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA (PPGBIOTEC)

TESE

**SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA A REDUÇÃO DO TEOR DE ÁGUA
PRESENTE NO DIESEL DISTRIBUÍDO NO AMAZONAS**

ELIOMAR PASSOS DE OLIVEIRA

MANAUS

2024

ELIOMAR PASSOS DE OLIVEIRA

SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA A REDUÇÃO DO TEOR DE ÁGUA PRESENTE NO
DIESEL DISTRIBUÍDO NO AMAZONAS

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa Multi-institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia, na Universidade Federal do Amazonas como requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia na área de concentração em Gestão da Inovação.

Orientador: Prof. Dr. Dimas José Lasmar

Co-orientador: Prof. Dr. Jamal da Silva Chaar

MANAUS

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O48s Oliveira, Eliomar Passos de
Solução tecnológica para a redução do teor de água presente no diesel distribuído no Amazonas / Eliomar Passos de Oliveira . 2024
122 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Dimas José Lasmar
Coorientador: Jamal da Silva Chaar
Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Teor de água. 2. Biodiesel. 3. Protótipo de filtro. 4. Inovação. I. Lasmar, Dimas José. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ELIOMAR PASSOS DE OLIVEIRA

SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA A REDUÇÃO DO TEOR DE ÁGUA PRESENTE NO
DIESEL DISTRIBUÍDO NO AMAZONAS

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa Multi-institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia, na Universidade Federal do Amazonas como requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia na área de concentração em Gestão da Inovação.

Prof. Dr. Dimas José Lasmar, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Rubem César Rodrigues Souza
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Augusto Cesar Barreto Rocha
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Marcio Antonio Couto Ferreira
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Reinaldo Corrêa Costa
Universidade Federal do Amazonas

Dedico este trabalho aos meus amados pais,
Manoel Nazaré de Oliveira e Oreny Passos de
Oliveira (*in memoriam*).

Agradecimentos

Agradeço ao Deus criador, pois Ele nos concede a oportunidade de nossas escolhas.

À minha família, pois é base e a razão das minhas conquistas.

À Universidade Federal do Amazonas e a Atem Distribuidora de Petróleo S.A.

Aos meus orientadores, pela exigência e paciência necessárias.

Aos meus familiares e amigos.

A equipe da empresa da qual fui gestor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DA COMERCIALIZAÇÃO DE DIESEL NA REGIÃO NORTE	177
FIGURA 2 – COMERCIALIZAÇÃO DIESEL S10 POR ESTADOS DA REGIÃO	1818
FIGURA 3 – COMERCIALIZAÇÃO DIESEL S500 POR ESTADOS DA REGIÃO	188
FIGURA 4 – TEOR DE ÁGUA NO DIESEL B S10	200
FIGURA 5 – TEOR DE ÁGUA NO DIESEL B S500	211
FIGURA 6 – EVOLUÇÃO DO TEOR PERCENTUAL OBRIGATÓRIO DE BODIESEL NO DIESEL RODOVIÁRIO	222
FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS USINAS DE BODIESEL NO BRASIL	233
FIGURA 8 – TEOR DE ÁGUA NO DIESEL B S500	244
FIGURA 9 – ESQUEMA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	322

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL, CONFORME ANP.....	7
TABELA 2 - DIESEL TOTAL EM (M ³) COMERCIALIZADO NA REGIÃO NORTE.....	16
TABELA 3 - ESPECIFICAÇÕES DO ÓLEO DIESEL DE USO RODOVIÁRIO.....	19
TABELA 4 - TEMPO DE INDUÇÃO DO TBHQ EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	26
TABELA 5 - TEMPO DE INDUÇÃO DO SABURÁ (NOROESTE) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES.....	27
TABELA 6 - PONTO DE ENTUPIMENTO DE FILTRO A FRIO (DIESEL RODOVIÁRIO).....	27
TABELA 7 - PONTO DE ENTUPIMENTO DE FILTRO A FRIO (Biodiesel).....	28

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS NO AMAZONAS.....	10
QUADRO 2 – PRESSÃO DE VAPOR (GASOLINA).....	28
QUADRO 3 – PRODUTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCMBUSTÍVEIS.....	33
QUADRO 4 – MÉTODOS DE ANÁLISES DO BODIESEL	34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
1 REVISÃO DE LITERATURA	13
1.1 Petróleo, combustíveis e biocombustíveis	13
1.1.1 Diesel rodoviário B S10 e B S500	17
1.2 Biodiesel: Histórico da adição do biodiesel ao diesel	21
1.3 Teor de água no biodiesel.....	23
1.4 Problemas da estabilidade oxidativa	24
1.5 Análise de estabilidade oxidativa	24
1.6 Antioxidante para combustíveis	25
1.7 Resoluções ANP em diferenças climáticas	27
1.8 Desenvolvimento tecnológico para combustíveis	29
1.9 Questão política e socioeconômica do biodiesel.....	30
2 METODOLOGIA	32
2.1 Objeto do estudo	32
2.2 Amostra e mapeamento da qualidade dos combustíveis	33
2.3 Procedência do biodiesel, testes e desenvolvimento da filtração.....	34
2.4 Amostragem do biodiesel com a aplicação da metodologia de filtração	34
2.5 Procedimentos para se atingir os objetivos específicos da pesquisa	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.1 Perfil da qualidade do Biodiesel, Diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na Região Norte do Brasil	37
3.2 Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte	54
3.3 Estudo e avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel comercializado na região norte do Brasil	67
3.4 Assessment of the problems of Brazilian biofuels policy and the proposal for an operational solution for distributors in the north.....	81
3.5 Innovation management and a technological filtration solution for the problem of water content in B S10 diesel from the North of Brazil.....	95
CONCLUSÃO RECOMENDAÇÕES GERAIS.....	111
REFERENCIAS COMPLEMENTARES	114
ANEXO.....	119
ORÇAMENTO	122

RESUMO

O diesel B S10, com 10 partes por milhão (ppm) de enxofre, e B S500, com 500 ppm de enxofre, distribuído para os postos revendedores e consumido no país é composto atualmente de 12% de biodiesel, percentual que é responsável pela diminuição de enxofre emitido para atmosfera, haja vista não possuir tal contaminante em sua composição. O biodiesel transportado para Manaus tem considerável aumento de teor de água, por atuação de suas próprias características físico-químicas, em decorrência da distância percorrida, de aproximadamente 2500 km, e o intemperismo específico da região Amazônica “super úmido”. O teor de água no biodiesel comercializado na região se apresenta acima do limite especificado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), cujo valor se dá em 350 mg/kg, o que impacta em diferenças nas especificações dos combustíveis comercializados, além de proporcionar efeitos de degradação biológica e físico-químico extremamente danosos aos motores dos veículos dos consumidores finais. Assim, realizou-se avaliação dos problemas de qualidade causados por questões de diferenças climáticas em outras regiões do país, que são mediadas por correções específicas nas resoluções. Os dados obtidos através de análises do mapeamento da qualidade do biodiesel e diesel rodoviário utilizados no estado do Amazonas demonstram a necessidade de se buscar soluções para o elevado teor de água e estabilidade oxidativa. Efetuou-se a avaliação da qualidade do biodiesel e diesel rodoviário distribuído por uma distribuidora de Manaus, realizada por meio de aplicação prática operacional através de um protótipo de filtro que utilizou elementos filtrantes produzidos no mercado nacional. Os estudos foram realizados considerando o percentual de 12 % de biodiesel aplicado ao diesel conforme norma vigente na época. O levantamento de informações técnicas serviu para desenvolver um filtro para tanque de biodiesel, considerando os parâmetros físico-químicos e teor de água no biodiesel armazenado. Foram realizados ensaios no protótipo com dois elementos filtrantes de absorção e retenção de água, sendo o teste realizado através em cascata, não alterando a dinâmica de transferência dos dutos da base de distribuição. Os ensaios com as amostras do biodiesel no protótipo apresentaram resultados de retenção de teor de água de até 12% no elemento filtrante 1 e de até 34% no elemento filtrante 2. Esses dados poderão ser utilizados para o desenvolvimento de um filtro com elemento filtrante para os tanques das distribuidoras de combustíveis localizadas na região norte do país, eliminando ou minimizando o problema específico do biodiesel e melhorando a qualidade, a fim de isentar as distribuidoras de penalidades pela ANP. Por questão da similaridade de clima, infere-se que os resultados podem ser considerados para toda a região norte, pois as etapas da logística e outros fatores que podem influenciar o nível do teor de água resultante da adição do biodiesel no diesel comercializado estão presentes nos respectivos estados.

Palavras-chave: Teor de água, Biodiesel, Protótipo de filtro, Inovação.

ABSTRACT

The diesel B S10, with 10 parts per million (ppm) of sulfur, and B S500, with 500 ppm of sulfur, distributed to dealer stations and consumed in the country is currently composed of 12% biodiesel, a percentage that is responsible for the decrease of sulfur emitted into the atmosphere, given that it does not have such a contaminant in its composition. The biodiesel transported to Manaus has a considerable increase in water content, due to its own physical-chemical characteristics, due to the distance covered, of approximately 2500 km, and the specific weathering of the “super humid” Amazon region. The water content in biodiesel sold in the region is above the limit specified by the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), whose value is 350 mg/kg, which impacts differences in the specifications of the fuels sold, in addition to providing extremely harmful biological and physical-chemical degradation effects to the engines of end-consumer vehicles. Thus, an assessment was made of quality problems caused by issues of climate differences in other regions of the country, which are mediated by specific corrections in the resolutions. The data obtained through analysis of mapping the quality of biodiesel and road diesel used in the state of Amazonas demonstrate the need to seek solutions for the high water content and oxidative stability. The quality of biodiesel and road diesel distributed by a distributor in Manaus was assessed, carried out through practical operational application through a filter prototype that used filter elements produced on the national market. The studies were carried out considering the percentage of 12% of biodiesel applied to diesel according to the standard in force at the time. The collection of technical information served to develop a filter for a biodiesel tank, considering the physical-chemical parameters and water content in the stored biodiesel. Tests were carried out on the prototype with two water absorption and retention filter elements, with the test carried out in a cascade, without altering the transfer dynamics of the distribution base ducts. Tests with biodiesel samples in the prototype showed water retention results of up to 12% in filter element 1 and up to 34% in filter element 2. These data could be used to develop a filter with filter element for the tanks of fuel distributors located in the northern region of the country, eliminating or minimizing the specific problem of biodiesel and improving quality, in order to exempt distributors from penalties by the ANP. Due to the similarity of climate, it is inferred that the results can be considered for the entire northern region, as the logistics steps and other factors that can influence the level of water content resulting from the addition of biodiesel to commercialized diesel are present in respective states.

Keywords: Water content, Biodiesel, Filter prototype, innovation.

INTRODUÇÃO

O biodiesel utilizado no estado amazonense é, majoritariamente, produzido em usinas da região de Mato Grosso, percorrendo, assim, um longo caminho até sua chegada às bases de distribuição em Manaus-AM, misturando-se ao diesel tipo A, a fim de ser comercializado como diesel tipo B (Oliveira, 2021).

Quanto a sua produção, as principais matérias-primas para a produção de biodiesel são a soja, o girassol, a mamona, o milho, o pinhão manso, o caroço de algodão, a canola, o babaçu, o buriti, o dendê, a macaúba e o amendoim, além das de origem animal como o sebo bovino e as gorduras de frango e de suínos (Ramos *et al.*, 2017). O biodiesel, biocombustível produzido a partir de óleos vegetais e gorduras animais, é amplamente produzido pela transesterificação de triglicerídeos usando principalmente catalisadores homogêneos alcalinos (Rezende, 2019).

Sampaio e Bonacelli (2019) apontaram que a cultura contribuiu para a concentração da produção de biodiesel no Centro-Oeste e Sul do País, assim como aconteceu com o Proálcool, que ampliou o mercado para as agroindústrias da cana-de-açúcar, ocorreu com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB para a agroindústria da soja.

As características climáticas brasileiras fazem com que o país possua um dos maiores potenciais de produção de biomassa do mundo e reforçam o elenco de oportunidades creditado ao aproveitamento do biodiesel. Nesse contexto, as apreciações referentes às oportunidades para a ampliação sustentável da produção do biocombustível no Brasil conformam o percurso norteador da produção (Costa, 2017).

Além de uma alternativa sustentável para países em desenvolvimento como o Brasil, a adoção de combustíveis derivados de óleos e gorduras em matrizes energéticas nacionais proporciona um considerável nicho de desenvolvimento socioeconômico para a região de produtores, uma vez que além de fornecer um novo estímulo às cadeias produtivas de oleaginosas, com a subsequente geração de milhões de empregos diretos e indiretos, proporciona uma redução gradual dos níveis de importação de derivados de petróleo, favorecendo assim o equilíbrio de balanças comerciais normalmente deficitárias (Ramos *et al.* 2017).

Pela definição da Lei Nacional 11.097 de 13/01/2005, o biodiesel pode ser classificado como um combustível alternativo, de natureza renovável, que possa oferecer vantagens socioambientais ao ser empregado na substituição total ou parcial do diesel de petróleo em motores de ignição por compressão interna de motores do ciclo Diesel (Christoff, 2006).

A lei dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, misturado ao óleo diesel em um percentual mínimo obrigatório de 2%, com aumento na adição para 5% em 2012, e 5% para 6% do biodiesel ao óleo diesel vendido nas bombas a partir de 1º de julho, e para 7% em 1º de novembro 2014 (Souza *et al.*, 2009). Em junho de 2019 o percentual foi para 11% e até 2026 será 15%.

O setor de petróleo e derivados é normatizado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), atuante desde a exploração, produção, refino, distribuição e revenda dos produtos da cadeia, no entanto ainda complementada por demais agências, a exemplo de modais de transportes e fiscais.

Oliveira (2021) discorreu sobre o impacto na logística de transporte do biodiesel comercializado por distribuidoras da região Norte em relação ao teor de água e observou que no percurso entre as usinas no Mato Grosso e a distribuidora em Manaus há um aumento na concentração do teor de água no biodiesel, também chamado de B100.

Tal estudo obteve valores de ensaios químicos compreendendo o ano de 2015 até junho de 2016, em coletas que formaram três bateladas acompanhadas sistematicamente em seis pontos no percurso do biodiesel até sua chegada ao tanque da Atem Distribuidora S.A. Dessa forma, determinou-se que o teor de água presente no biodiesel estaria acima do limite (350 mg/kg) permitido pela ANP (Oliveira, 2016).

Para utilização do biodiesel, a agência exige um conjunto de especificações e padrões de qualidade, conforme resolução ANP n° 45, 2014. A agência determinou na sua Nota Técnica n° 73/2014/SBQ/RJ que a partir de 27.09 do dito ano uma mistura de 7% de biodiesel seria inserida no diesel comum para efeitos de diminuição de emissão de gases poluentes.

Conforme a Resolução ANP n° 45, 2014 o biodiesel deve atender especificações, dentre elas o teor de água, gerando a necessidade do desenvolvimento de uma solução para a situação da qualidade do biodiesel. O estudo e desenvolvimento desse trabalho tem como foco a construção e aplicação prática de protótipo de filtro para atender a resolução que diz que o teor de água deve ser no máximo 350 mg/kg, observado na (Tabela 01) da resolução ANP n° 45, 2014.

Tabela 1 - Especificação do Biodiesel, conforme ANP

Características	Unidades	Limite	Método		
			ABNT	ASTM	EN/ISSO
Aspecto	-	LII (1) (2)	-		3675
Massa específica a 20°C	kg/m ³	850-900	7148 14065	1298 4052	12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441	445	3104
*Teor de água, máx.	mg/kg	200,0 (3)	-	6304	12937

Fonte: Resolução ANP n° 45, 2014

*Para efeitos de fiscalização em distribuidora 350mg/kg

Do ponto de vista biológico, a presença de água no combustível, como o biodiesel, propicia condições ideais para o crescimento de populações microbianas. O biodiesel é um meio altamente higroscópico e apresenta uma capacidade 30 vezes maior de absorção de água do que o diesel comum, o que altera sua tendência natural e, por conseguinte, pode aumentar seu potencial corrosivo durante o armazenamento (Azambuja, 2016). Ainda para o autor, a água livre também é responsável pelo estabelecimento de um terceiro conjunto de processos associados às atividades metabólicas de microrganismos, promovendo a biocorrosão e a formação de sedimentos de origem biológica, com graves implicações para os mercados de distribuição e usuários finais.

A entrada de água pode ocorrer de diferentes maneiras: carregada pelo combustível; pela condensação do ar nas paredes dos meios de armazenamento; pelo metabolismo microbiano; por meio dos respiros durante a lavagem dos tanques; ou ainda pode ser colocada intencionalmente, como lastro (Souza *et al.*, 2021).

O biodiesel segundo Oliveira (2016), é um combustível higroscópico, que absorve a umidade do ar no transporte desde o produtor até as distribuidoras. Diante disso, a especificação máxima de 350 mg/kg de água no biodiesel no tanque do distribuidor, não é atendida, criando um problema no processo de armazenamento final do biodiesel nas distribuidoras da região Norte localizadas em Manaus, causado principalmente pelo clima diferenciado da região ante o restante do país.

O aumento do teor de água no biodiesel aumenta a instabilidade da oxidação e leva a formação de produtos desse processo químico, como aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos de cadeia mais curta, em solúveis, goma e sedimento no biodiesel (Komariah *et al.*, 2018).

A degradação do biodiesel decorre de alterações em suas propriedades químicas, ao longo do tempo, devido as reações de natureza hidrolítica, microbiológica e oxidativa com o

meio ambiente. Os processos de degradação podem ser acelerados pela exposição ao ar, umidade, metais, luz e calor ou mesmo a ambientes contaminados por microrganismos (Wazilewski, 2012).

A decomposição desses depósitos e sedimentos contaminará o combustível com partículas, o que pode causar a obstrução rápida dos filtros de combustível (Komariah *et al.*, 2018). O biodiesel possui a capacidade de degradar muitos materiais não metálicos, como borracha natural e outros tipos de polímeros (Komariah *et al.*, 2018). Os autores afirmam ainda que combustíveis de hidrocarbonetos normalmente formam uma camada de depósitos no interior de tanques, mangueiras, entre outros. As misturas de biodiesel soltam esses depósitos, fazendo com que bloqueiem os filtros de combustível.

Wazilewski (2012) também disserta que a água pode acelerar a degradação do biodiesel, através de alterações em suas propriedades químicas, em regime transiente, devido a reações de natureza hidrolítica, microbiológica e oxidativa com o meio ambiente. Os processos de degradação ainda podem ser acelerados pela exposição ao ar, umidade, metais, luz e calor ou mesmo a ambientes contaminados por microrganismos.

Entende-se, assim, que os agentes regulados localizados na região norte estão em desvantagem com as demais regiões do país, haja vista não atenderem as especificidades quanto aos limites aplicados, além do fato do controle da qualidade do biodiesel na mistura com os demais combustíveis ser de suma importância. Tal condição torna-se mais agravante com o aumento da adição de biodiesel, que faz parte de um programa nacional de introdução de fontes renováveis na matriz energética do país, previsto para até o ano de 2025, onde chegará a 15% do biocombustível presente no diesel. Com isso, o teor de água além dos limites determinados imputa o agente econômico à não conformidade sob as normatizações da ANP, acentuando-se ante ao aumento da adição do biocombustível, programada até 2025, subsidiando problemas mecânicos em motores por meio da presença de água, sendo esta a precursora da oxidação.

Os estudos de Oliveira (2016) determinaram que os combustíveis diesel S10 e S500 tipo B comercializados pela Atem Distribuidora de Petróleo estariam em conformidade com a norma ANP n° 50, 2013, onde é estabelecido o valor máximo de teor de água de 200 mg/kg (B S10) e 500 mg/kg (B S500). Contudo, a preocupação se volta ao diesel B S10, por este apresentar-se com variação dos valores do teor de água próximos ao limite de especificação, servindo de alerta às seis distribuidoras majorais e aos 1191 revendedores presentes no Amazonas.

À luz das informações apresentadas até então, verifica-se a necessidade da elaboração de novos métodos a serem empregados à cadeia de produção e distribuição do combustível no Amazonas, pois tal princípio é determinante na busca da continuidade do ramo, haja vista que

a empresa incapaz de acompanhar o desenvolvimento do setor sofrerá impactos em seu negócio, notadamente como consequência dos textos normativos.

Komariah *et al.* (2018) explana que a compatibilidade do material ainda é um dos sérios problemas na aplicação de biodiesel no motor a diesel, pois uma das principais causas do problema está relacionada à capacidade de fluxo e filtragem do biodiesel. Assim, o filtro de óleo combustível típico usado é um cartucho com mídia feita de material sintético poroso, sendo que existe uma relação significativa na taxa entre o teor de umidade do biodiesel e nas características do entupimento do filtro.

É evidente a necessidade de se elaborar meios de atender a resolução ANP n° 45, 2014, portanto, justifica-se a realização desta pesquisa pelo fato de a normatização do biodiesel em vigor não considerar as especificidades da região norte, como as condições climáticas, logística de transporte e armazenamento na distribuição de combustíveis, impondo sérias restrições para sua distribuição.

Ademais, não há aplicações tecnológicas nas distribuidoras que se voltem para tal redução e, por outro lado, a fiscalização da ANP não tem cobrado dos distribuidores um cumprimento dessa obrigação, embora disponha de tal prerrogativa. Dessa forma, estima-se que do consumo médio de 500 milhões de litros de diesel mensais na região norte (ANP, 2023), são mais de 66 milhões de litros mensais distribuídos apenas no Amazonas que podem ser objeto de fiscalização do poder público.

Todo esse processo ocasiona agregação de umidade (água) ao biodiesel que o deixa acima do limite de 350 mg/kg de água admitido pela norma ANP n° 45, 2014, quando chega nos tanques das distribuidoras em Manaus. As empresas do ramo de distribuição precisam manter a qualidade desse combustível no seu tanque de armazenagem dentro dos padrões de especificação, não sendo esse processo facilitado em razão das peculiaridades da região e não isentando o distribuidor de sanções da ANP.

Penalidades aplicadas pela ANP para tal tipo de infrações são caracterizadas como multas e podem levar a perda da licença de operação do distribuidor, com custos econômicos elevados que comprometeriam o equilíbrio financeiro das distribuidoras e a manutenção de empregos gerados por elas. Tal impacto das infrações ocasionariam, em caso extremo, o desabastecimento da região de influência da distribuidora fiscalizada, pois uma ação imediata seria o lacre dos tanques de armazenagem, impossibilitando a distribuição de combustível diesel até que a situação seja regularizada.

Além do mais, o cronograma de aumento de teor de biodiesel misturado ao diesel comercial continuará até 2026 onde o valor total adicionado chegará a 15% de volume, que para o ano de 2022 por decisão da ANP o percentual estava previsto para 10% e 12%. Esse aumento previsto para 2026 poderá ocasionar impactos também no diesel B S10, que é comercializado ao consumidor final através dos postos revendedores.

Conforme estudo de Oliveira (2016) os resultados do teor de água no diesel B S10 e B S500, acompanhados do início de 2015 a maio de 2016, encontrado nas análises das bateladas dos produtos B S10 e B S500 durante o mesmo período, comercializados pela Atem Distribuidora de Petróleo, estão especificados conforme as normas regulamentadoras da ANP, que estabelece 200mg/kg para o B S10 e 500mg/kg para o B S500. O diesel B S10 apresenta variação dos valores do teor de água próximos do limite de especificação conforme o mesmo autor.

Em 2022 o diesel A S10 recebia 10% de adição de biodiesel que resulta no diesel comercial B S10, cujos dados de análises do teor de água nos mostram que estão próximos do limite máximo de 200 mg/kg. O aumento da adição de biodiesel até 2026 para 15% no diesel comercial aponta uma aproximação ao limite do teor de diesel B S10. Dessa forma não somente o biodiesel nos tanques da distribuidora estará fora de especificação de 350mg/kg de água como também o diesel comercial revendido nos postos de gasolina. Esse problema deixará de ser unicamente das 06 grandes distribuidoras primárias (Quadro 1) de Manaus, que atualmente não atendem essa especificação, mas passará a ser também dos postos revendedores e consumidores finais. Só no Amazonas, conforme consulta no site (ANP, 2022), onde estão as principais distribuidoras de combustíveis, são encontrados 1191 registros de postos revendedores.

Quadro 1 – Distribuidoras de combustíveis no Amazonas

Razão Social	Município	UF	Número da Autorização	Data da Publicação
DISTRIBUIDORA EQUADOR DE PRODUTOS DE PETRÓLEO LTDA.	MANAUS	AM	427	31/05/2017
IPIRANGA PRODUTOS DE PETRÓLEO S. A	MANAUS	AM	342	05/05/2015
PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.	MANAUS	AM	600	02/07/2015
PETRÓLEO SABBÁ S.A. (SHELL)	MANAUS	AM	657	07/07/2015
SP INDÚSTRIA E DISTRIBUIDORA DE PETRÓLEO LTDA	MANAUS	AM	152	18/03/2016
ATEM DISTRIBUIDORA DE PETROLEO S. A	MANAUS	AM	787	17/11/2017

Fonte: ANP Consulta distribuidores, 2019.

Assim, compreende-se a importância de realizar estudos, construção, desenvolvimento e simulações com o protótipo de um filtro, para testar a redução de água no biodiesel que chega ao seu destino na região Norte, após passar pela logística de transporte e armazenamento, antes de sua distribuição e cumprir as exigências da ANP.

Tais esforços deverão contribuir também para o desenvolvimento tecnológico e inovação no processo de distribuição de combustíveis, ao providenciar melhorias na qualidade do biodiesel comercializado no Amazonas e demais territórios da região Norte, ao diminuir o teor de água e reduzir o risco de oxidação nos motores.

Portanto, definiu-se a seguinte questão norteadora para o desenvolvimento desta pesquisa: Qual solução tecnológica, como método de filtragem, seria adequado para reduzir a umidade presente no biodiesel e diesel B comercializado na região norte, a fim de atender as especificações regulamentadas pela ANP?

Para esta pesquisa, as atividades experimentais concentram-se na cidade de Manaus-Am, todavia os resultados também servirão de referência para futuros estudos na região norte, pois os mesmos desafios logísticos e de intempéries, no geral, são enfrentados por todos os distribuidores dos demais estados.

Partiu-se de indícios de que a utilização de elementos filtrantes pode reduzir o teor de água no biodiesel. Para tanto, são apresentadas a seguir as seguintes hipóteses em que i. H₀ – confirma a pesquisa; ii. (H₁) – Refuta a pesquisa.

- (H₀) A integração de elementos filtrantes existentes no mercado pode reduzir em pelo menos 25% o teor de água no biodiesel;
- (H₁) A integração de elementos filtrantes existentes no mercado não pode reduzir em pelo menos 25% o teor de água no biodiesel.

Para responder à questão que norteia a pesquisa, propõe-se como Objetivo Geral: Desenvolver Protótipo de Filtro e realizar testes com um elemento filtrante disponível no mercado para avaliar a eficácia de redução do teor de água no biodiesel comercializado na Região Norte, a fim de atender exigências legais da Agência Nacional de Petróleo (ANP) para empresas do ramo de distribuição de combustíveis.

Para atender ao objetivo geral, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a qualidade dos combustíveis comercializados por uma distribuidora;
- Analisar como a normatização trata as peculiaridades relacionadas as intempéries das diferentes regiões que afetam teor de água no biodiesel;

- Especificar requisitos técnicos no desenvolvimento do estudo de filtragem na redução do teor de umidade do biodiesel comercializado na região norte;
- Utilizar na prática filtros para reduzir o teor de água do biodiesel B100, conforme os limites estabelecidos pela ANP;
- Determinar a configuração de maior eficiência na aplicabilidade do filtro em escala piloto no processo de armazenagem dos tanques;
- Atender as especificações da ANP para o biodiesel, por meio da inovação da metodologia de filtragem.

1 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão verificados aspectos importantes sobre o petróleo, combustíveis e biocombustíveis em geral e suas características, utilizados na região norte.

1.1 Petróleo, combustíveis e biocombustíveis

O petróleo, também chamado de petróleo bruto, é um combustível fóssil. Assim como o carvão e o gás natural, o petróleo foi formado a partir de restos de organismos marinhos antigos, como plantas, algas e bactérias. Ao longo de milhões de anos de intenso calor e pressão, esses restos orgânicos (fósseis) se transformaram em substâncias ricas em carbono as quais servem como matéria-prima para combustível e uma grande variedade de produtos de acordo com a *US Energy Information Administration*.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP define na resolução Nº 852, 2021, petróleo como todo e qualquer hidrocarboneto líquido em seu estado natural, a exemplo do óleo cru e do condensado. A partir do petróleo bruto, é possível obter muitos produtos como gás, nafta, gasolina, querosene e diesel. Esses produtos são usados como bens finais ou como insumos para outras cadeias produtivas como química e petroquímica. Segundo Ovalles (2019) o petróleo bruto pesado e betumes são matérias-primas essenciais formadas de misturas complexas de líquidos naturais cujas características físicas e químicas variam amplamente, além disso, um espectro de propriedades continuamente variável pode ser encontrado, não apenas geograficamente entre acumulações de hidrocarbonetos, mas também lateral e verticalmente dentro de um determinado reservatório contendo petróleo. De outro ponto de vista Branski (2022) diz que petróleo é a fonte de energia mais utilizada em todo o mundo hoje em dia, e tem um forte impacto na economia de países produtores como Brasil.

Segundo Kalghatgi (2018) relata que a demanda por energia para abastecer o transporte em todo o mundo é muito grande em torno de 11 bilhões de litros por dia de gasolina, diesel, pesados óleo combustível e combustível de aviação combinados. Cada um desses combustíveis atende aos principais requisitos de combustão dos motores, ao mesmo tempo em que atende aos requisitos críticos de segurança e preocupações logísticas.

Welsby (2021) ainda relata que os combustíveis fósseis continuam a dominar o sistema energético global, respondendo por 81% da demanda de energia primária, após décadas de crescimento, sua taxa de produção e uso precisará reverter e diminuir rapidamente para atender às metas climáticas acordadas internacionalmente. Para Nozaki, *et al* (2020) ainda que haja a transição da matriz energética para fontes renováveis, o petróleo continua sendo o “principal

combustível” do mundo e deve ter grande importância nas próximas décadas, como a perspectiva de novas descobertas nessas regiões promissoras. O olhar se volta agora para o petróleo de países com grandes reservas e instabilidade política, social e jurídica, como é o caso brasileiro. Esse cenário revela a centralidade do petróleo offshore para as próximas décadas.

Há uma tendência global de que o mercado petrolífero passe a priorizar de forma mais intensa a prospecção e a produção em regiões cada vez mais distantes das costas e em profundidades cada vez maiores, o que impõe novos desafios tecnológicos, financeiros, logísticos e geopolíticos, que explicitam a relevância e atualidade da trajetória histórica da exploração de petróleo no mar (Nozaki, 2020). Os combustíveis são substâncias que queimamos para produzir calor, podendo ser utilizados para mover uma turbina nas usinas termelétricas, como vimos em formas de energia (energia cinética), ou para acionar motores de veículos. Combustíveis que podem ser usados simultaneamente para geração de energia e como transportadores de energia terão um papel mais importante no futuro e provavelmente serão utilizados em maior escala (Stančin, 2020).

Embora tenha havido melhorias contínuas nos motores de combustão durante o século passado, nos últimos anos surgiram vários *drivers* externos exigindo mudanças em ambos combustíveis e sistemas de combustão para transporte. Começando com as crises do petróleo na década de 1970, a melhoria da eficiência do combustível foi muitas vezes exigida por regulamentação (Kalghatgi, 2018). A expansão do consumo dos biocombustíveis pode ser alcançada tanto pelo aumento da produção de etanol, incluindo os biocombustíveis de segunda geração, quanto pelo aumento da participação da mistura de biodiesel no diesel (UNFCCC, 2015). O setor passou a demandar que o governo adotasse políticas de longo prazo e que reconhecesse o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética, utilizando o argumento de que o etanol é uma forma de atingir segurança energética, desenvolvimento econômico e a mitigação da intensidade das emissões de GEE, principalmente do setor dos transportes (Benites-Lazaro e Thomas, 2021).

De acordo com (Benites-Lazaro *et al.*, 2017 p. 2):

O Brasil tem uma longa tradição na produção dos biocombustíveis. A produção do etanol de cana-de-açúcar foi incentivada desde 1931. Naquela época, pelo Decreto nº 19.717 exigia-se a adição de 5% do etanol (álcool) à gasolina (Brasil, 1931). Em 1975, o governo militar lançou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) por meio do Decreto nº 76.593, visando atender a objetivos geopolíticos e de segurança energética. Visto que a crise internacional do petróleo da década de 1970 ocasionou déficit comercial provocado pelos elevados preços desta commodity, ao qual o país era altamente dependente. Este programa impulsionou a produção de etanol dada à necessidade de aumentar a balança comercial e a autossuficiência energética

nacional. Em 2003, a introdução de tecnologia *flexfuel* em automóveis resultou em aumentos significativos na demanda e investimentos na produção de etanol, consolidando ainda mais a indústria, o que levou à formação de grandes empresas.

A mistura do biodiesel aos combustíveis derivados de petróleo iniciou-se com sua introdução na matriz energética pelo Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) na década de 1990, tendo como base legal a Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que estabelece percentual mínimo de biodiesel na mistura com óleo diesel, além do acompanhamento da inserção do novo combustível no mercado e define a ANP como a instituição responsável pela regulação do biodiesel. Essa Lei fixou em 2% v/v o biodiesel mínimo no diesel em janeiro de 2008, passando para 5% até janeiro de 2013, posteriormente modificado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com meta de 15% para 2026.

O biodiesel é um combustível renovável, descrito como uma mistura de ésteres monoalquílicos, principalmente ésteres metílicos, produzido pelo processo de transesterificação, que é a reação de óleo vegetal (ou gordura animal) com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (geralmente alcalino, devido aos melhores resultados), produzindo biodiesel e glicerol (Rodrigues, 2021). O biodiesel é adicionado ao diesel rodoviário para diminuição dos contaminantes como enxofre, contribuindo para a balança econômica do país, incentivando a produção agrícola da principal matéria prima de produção do biodiesel.

O Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), publicado em julho de 2003, lançou as metas que possibilitaram a inserção de pequenas, médias e grandes empresas de diversos segmentos industriais, como fertilizantes, cosméticos, álcool, entre outros, na atividade de produção de biodiesel. Isso torna esse setor extremamente heterogêneo, com diferentes desempenhos operacionais e comportamentos diferenciados em relação à segurança e saúde ocupacional e proteção ao meio ambiente (Rodrigues, 2021).

A normatização da qualidade do biodiesel não leva em consideração as diferenças climáticas, logísticas e operacionais, causando impacto para os agentes regulados do setor de distribuição de combustíveis da região norte, e acaba não dando condições iguais para o setor em relação ao restante do país e em relação à fiscalização. Isto demonstra que é necessário considerar as diferenças climáticas em um país de dimensões continentais como o Brasil (Oliveira, 2021).

Existem diferentes tipos de diesel que são comercializados para os mais diversos tipos de máquinas e equipamentos, dentre eles o diesel rodoviário, diesel marítimo, diesel TFM (térmico, ferroviário e marítimo). O diesel que não contém mistura com biodiesel são

denominados de diesel A, já os que recebem mistura com biodiesel são denominados de diesel B, o diesel marítimo não recebe mistura por questão de segurança da qualidade. Então temos as seguintes nomenclaturas sem o biodiesel e com biodiesel diesel A S10, B S10, A S500, B S500, A S1800 e B S1800. O “S” antes da numeração da nomenclatura refere-se ao enxofre do latim *sulphuris* e a numeração a quantidade de partículas existentes em ppm (partes por milhão).

O diesel, em suas diversas denominações, é o principal combustível comercializado no mercado brasileiro, utilizado no transporte de cargas e de passageiros, em embarcações, na indústria, na geração de energia, nas máquinas para construção civil, nas máquinas agrícolas e locomotivas, atendendo as necessidades dos consumidores e as mais avançadas tecnologias em motores e combustão, considerando a melhor eficiência energética e os limites de emissões atmosféricas definidos (Petrobrás, 2021).

O diesel rodoviário utilizado na região norte é o B S10 e B S500. A região norte comercializou em 2016 em metros cúbicos o volume de 5.154.350 m³, 2017 em metros cúbicos o volume de 5.371.558 m³, em 2018 o volume de 5.650.644 m³, em 2019 o volume de 5.984.947 m³, em 2020 o volume de 6.164.357 m³, em 2021 o volume de 6.686.328 m³ e em 2022 o volume de 6.789.562 m³ de diesel total que são todos os tipos de diesel utilizados, na Tabela 2 pode ser verificada a evolução.

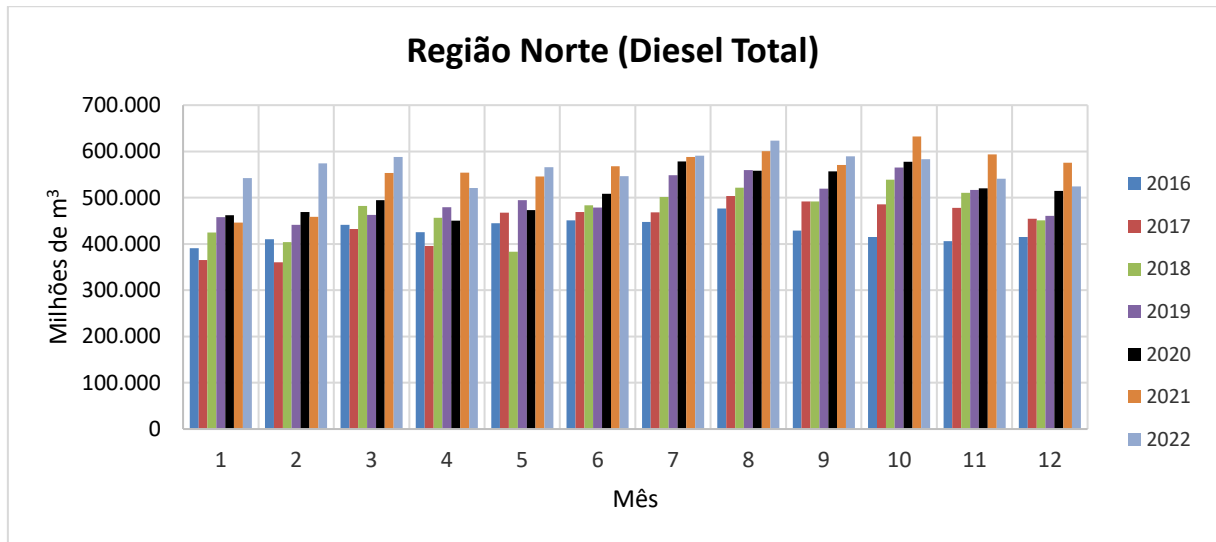
Tabela 2 - Diesel total em (m³) comercializado na Região Norte

Mês	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	390,882	365,207	425,081	458,143	462,201	446,176	542,726
2	409,974	360,620	404,218	441,262	469,265	458,903	574,137
3	441,329	432,264	482,143	462,517	494,924	553,403	587,706
4	425,520	395,679	456,793	479,740	450,181	553,944	520,706
5	444,764	467,474	383,203	494,591	473,024	546,131	566,198
6	450,939	469,050	483,253	478,511	508,530	567,813	546,309
7	447,810	468,013	501,405	548,329	578,506	587,872	591,071
8	476,900	503,475	521,882	559,979	558,083	600,719	623,118
9	429,191	491,605	491,987	519,366	556,751	570,508	589,210
10	415,374	485,679	538,785	564,948	577,656	632,009	583,146
11	406,318	477,788	510,727	516,510	520,450	593,594	540,861
12	415,349	454,701	451,167	461,051	514,786	575,315	524,374
	5,154,350	5,371,558	5,650,644	5,984,947	6,164,357	6,686,328	6,789,562

Fonte: ANP centrais-de-conteúdo/dados-estatísticos, 2023.

Observa-se que o consumo de diesel é crescente a cada ano, entre o período de 2017 a 2022, os volumes distribuídos indicam que a região vem gradativamente consumindo mais combustíveis, Figura 1

Figura 1 – Evolução da comercialização de diesel na região Norte

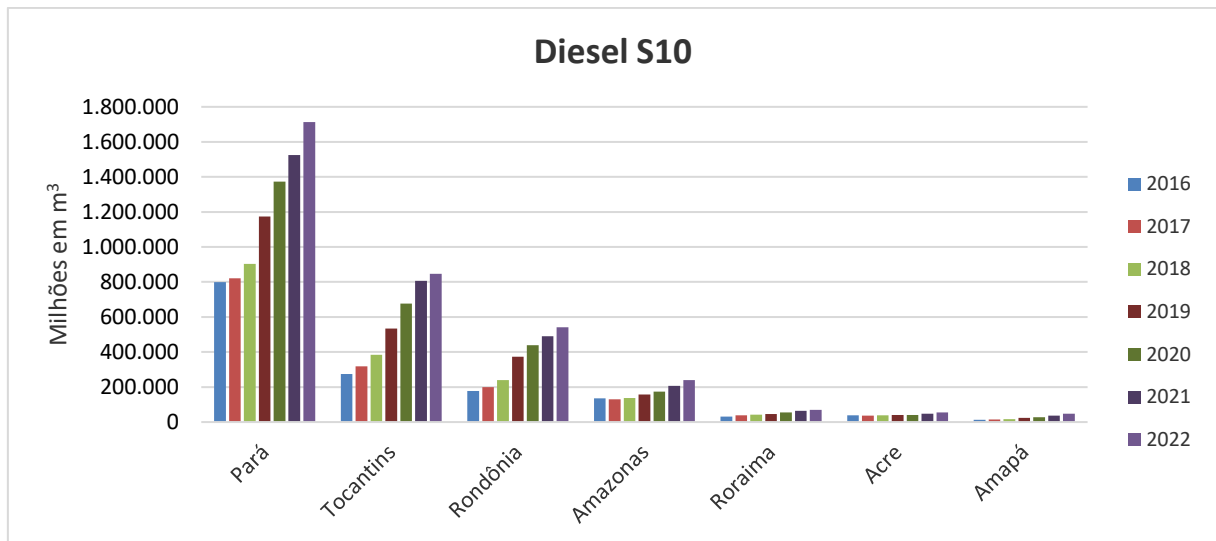


Fonte: ANP, adaptado pelo Autor 2023.

1.1.1 Diesel rodoviário B S10 e B S500

Os principais diesels rodoviários comercializados pelas distribuidoras da região norte são o B S10 e B S500, utilizados nos veículos automotores pick-up, caminhões, ônibus, tratores, colheitadeiras entre outros. O diesel B S10 é usado obrigatoriamente em veículos fabricados a partir de 2012, sua principal característica é o teor de enxofre de 10ppm (partícula por milhão). Conforme dados do anuário da ANP (2023), o maior consumidor de diesel S10 é o estado do Pará com mais 1.700 milhões, Tocantins acima de 846 milhões, Rondônia acima de 540 milhões e o Amazonas acima de 240 milhões de metros cúbico conforme Figura 02. O Amazonas apesar de ser o quarto em consumo de diesel rodoviário é onde se encontram as principais bases primárias de distribuição, 03 portos de atracação de navio para recebimentos de granéis líquidos, a refinaria de processamento de petróleo Refman, plataforma terrestre de exploração de petróleo e o gás de Urucú (Coari-AM).

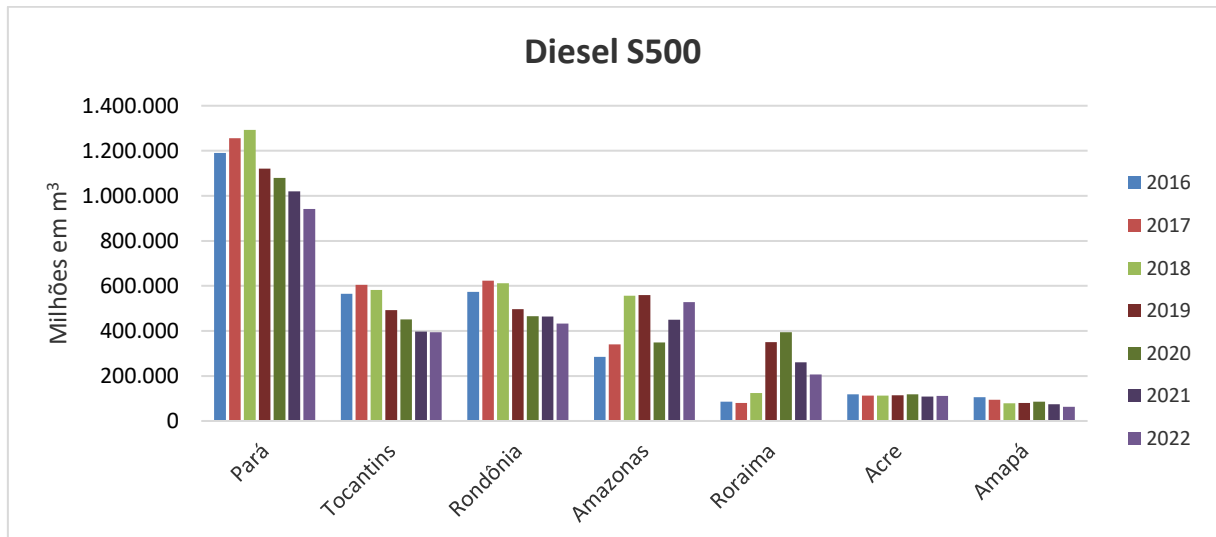
Figura 2 – Comercialização diesel S10 por estados da região



Fonte: Estatística ANP 2023, transformado em gráfico pelo Autor.

O diesel S500 é consumido no estado do Pará em volume acima de 941 milhões de metros cúbicos, em Tocantins o volume consumido é acima de 394 milhões de metros cúbicos e no Amazonas 527 milhões em 2022, de acordo com dados estatísticos da ANP (2023) com evolução verificada na Figura 03.

Figura 3 – Comercialização diesel S500 por estados da região



Fonte: Estatísticas ANP 2023, transformado em gráfico pelo Autor.

As características de qualidade dos combustíveis que são utilizados no Brasil seguem as resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). As especificações do diesel completas estão dispostas na resolução ANP nº 50, 2013, conforme

Tabela 3. O teor de água para os agentes regulados: refinarias, distribuidores e postos revendedores precisam ter com seus respectivos produtos enquadrados. O teor de água aparece como máximo para o diesel B S500 em 500 mg/kg e para o B S10 em 200 mg/kg, sendo que para efeito de fiscalização em distribuidora o teor máximo é de 350 mg/kg que é o mesmo aplicado em todo território, conforme a Resolução.

Tabela 3 - Especificações do óleo diesel de uso rodoviário.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	DIESEL		MÉTODO
		S500	S10	
Aspecto	–	LII	LII	D4176
Cor ASTM	–	3	3	ASTM D1500 ASTM D6045 ASTM D2622 ASTM D4294
Enxofre Total	% massa mg/kg	0,05 máx. 500 máx.	0,001 máx. 10 máx.	ASTM D5453 ISO 8754 ISO 14596
Massa Específica a 20 °C	kg/m ³	815 – 865	815 – 850	ASTM D1298 ASTM D4052
Ponto de Fulgor	°C	38 mín.	38 mín.	ASTM D56 ASTM D93 ASTM D3828 ASTM D7094
Viscosidade cinemática a 40 °C	mm ² /s	2,0 – 4,5	2,0 - 5,0	ASTM D445 ISO 3104
Água e sedimentos	% volume	-	0,05	ASTM D2709
Teor de água	mg/kg	500 máx.	200 máx.	ASTM D6304
Resíduo de Carbono no resíduo dos 10 % finais de destilação	% massa	0,25 máx.	-	ASTM D524
Cinzas	% massa	0,01 máx.	0,01 máx.	ASTM D482 ISO 6245
Hidrocarboneto policíclicos aromáticos	% massa	11 máx.	-	ASTM D5186 ASTM D6591 EN 12916
Destilação				
10% vol. Recuperados	°C	180 mín.	Anotar	ASTM D86
50% vol. Recuperados	°C	245 - 295	245 – 310	ASTM D86
85% vol. Recuperados	°C	-	360 máx.	ASTM D86
90% vol. Recuperados	°C	-	Anotar	ASTM D86
95% vol. Recuperados	°C	370 máx.	-	ASTM D86

Corrosividade ao cobre, 3 h a 50 °C	-	1 máx.	1 máx.	ASTM D130
Número de acidez	mg KOH/g	anotar	-	ASTM D664 ASTM D974
Índice de Cetano	-	48 mín.	42 mín.	ASTM D6890 ASTM 7170 ASTM D2274
Estabilidade à oxidação	mg/100 ml	12	12	ASTM D5304 ISO 12205
Lubricidade	µm	460 máx.	520 máx.	ASTM D6079 ISO 12156-1
Condutividade Elétrica	pS/m	25 mín.	25 mín.	ASTM D4624 ASTM D4308
Contaminação Total	mg/kg	24 máx.	-	EN 12662

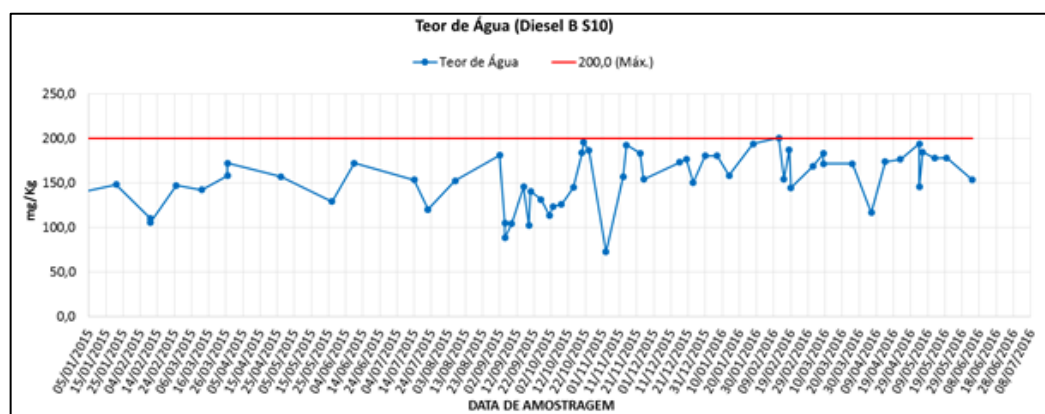
Fonte: Resolução ANP n° 50, 2013

*Aplicável na produção/importação do óleo diesel A S10 e A S500 e a ambos os óleos diesel B na distribuição

As refinarias produzem o diesel sem o biodiesel conforme as especificações técnicas da ANP. As companhias distribuidoras, por sua vez, realizam a adição de biodiesel (de acordo com o teor vigente na norma) ao óleo diesel fornecido pela Petrobras, disponibilizando-o nos postos de combustível. O óleo diesel sem adição de biodiesel é denominado “óleo diesel A”, e o óleo diesel com biodiesel é denominado “óleo diesel B” de acordo com a classificação estabelecida pela ANP (Petrobrás, 2021).

O teor de água do diesel B S10 avaliado nos estudos de Oliveira (2016) apresentou índices próximos dos limites estabelecidos pela norma ANP que se dá em 200 mg/kg, durante o ano de 2015 e 2016 (Figura 4).

Figura 4 – Teor de água no diesel B S10

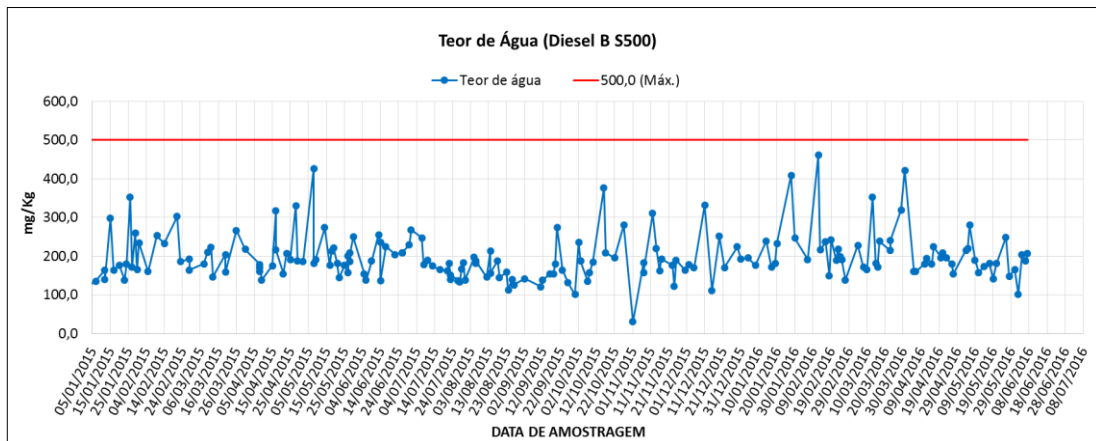


Fonte: Oliveira, 2016.

Já o teor de água do diesel B S500 que é de 500 mg/kg, avaliado no mesmo estudo (Figura 5), apresentou índices dentro das especificações da ANP, em uma tendência avaliada

abaixo de 300 mg/kg (Oliveira, 2016). O diesel B S500 não projeta perspectiva de problemas com a resolução ou com os consumidores finais ao abastecerem seus veículos nos postos revendedores de gasolina. Destaca-se que veículos fabricados a partir de 2012 somente deverão usar o diesel B S10, uma vez que outro diesel com elevada concentração de enxofre aumentam os danos ambientais.

Figura 5 – Teor de água no diesel B S500

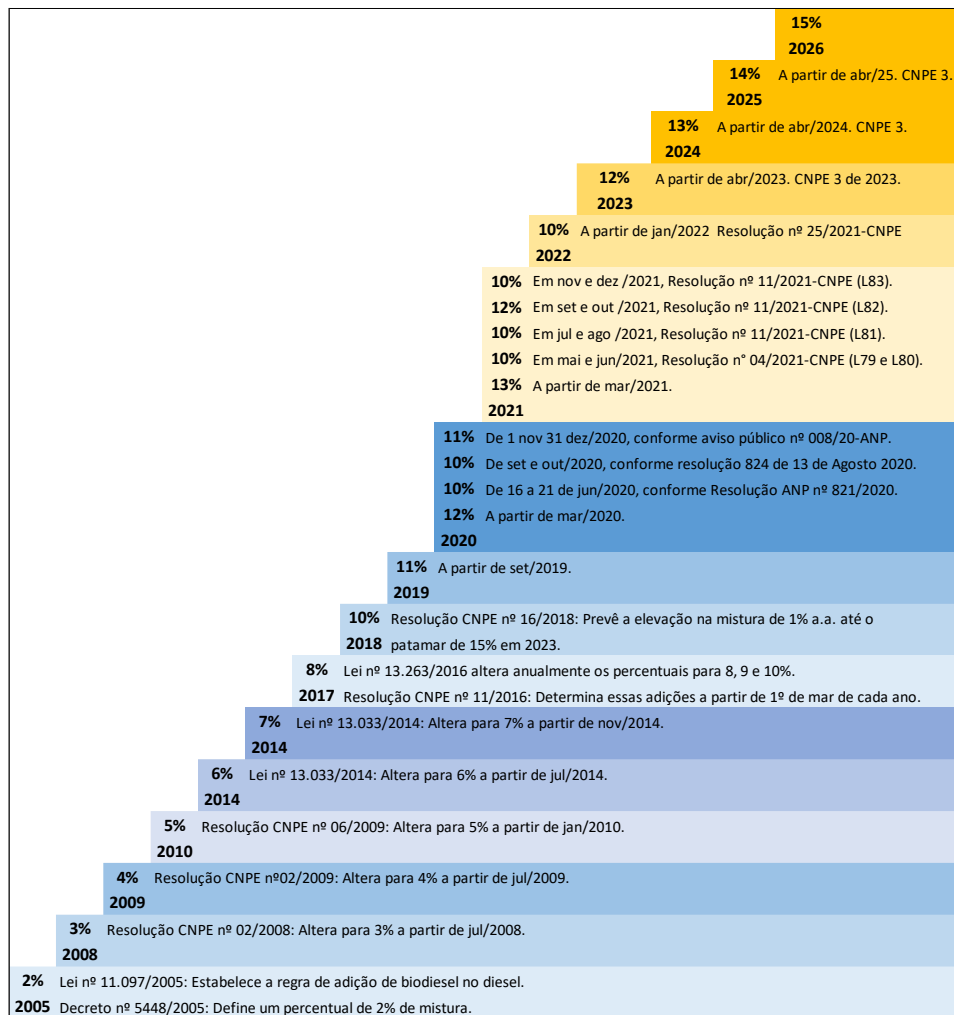


Fonte: Oliveira, 2016.

1.2 Biodiesel: Histórico da adição do biodiesel ao diesel

A ANP é quem realiza as regulamentações de adição de biodiesel no diesel. O aumento da mistura do biodiesel que atualmente diminuiu e está em 12% desde 1º de março de 2023, antes estava em 11%, após novos testes mostrarem-se satisfatórios a partir de estudos feitos pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT). O despacho da ANP fixa o percentual de adição de até 15%, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, devendo o percentual mínimo obedecer ao cronograma previsto na Resolução CNPE nº 16, de 2018. Com essa medida, a partir de 1º de setembro, de 2019 o percentual mínimo de biodiesel a ser acrescido ao óleo diesel comercializado no país passou de 11% para até 15% (Figura 6). Porém em desde 2020 esse cronograma sofreu mudanças, pois iniciou com 12%, diminuiu para 10% e subiu para 11%. E março 2021 passou de 11% para 13%, diminuiu para 10%, subindo para 12% de setembro a outubro e em novembro e dezembro diminuiu para 10%. Para o Ano de 2022 foi estabelecido um percentual de 10% de biodiesel. Em 2023 a partir de abril foi para 12% e conforme cronograma até 2026 chegará em 15%.

Figura 6 – Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel no diesel rodoviário

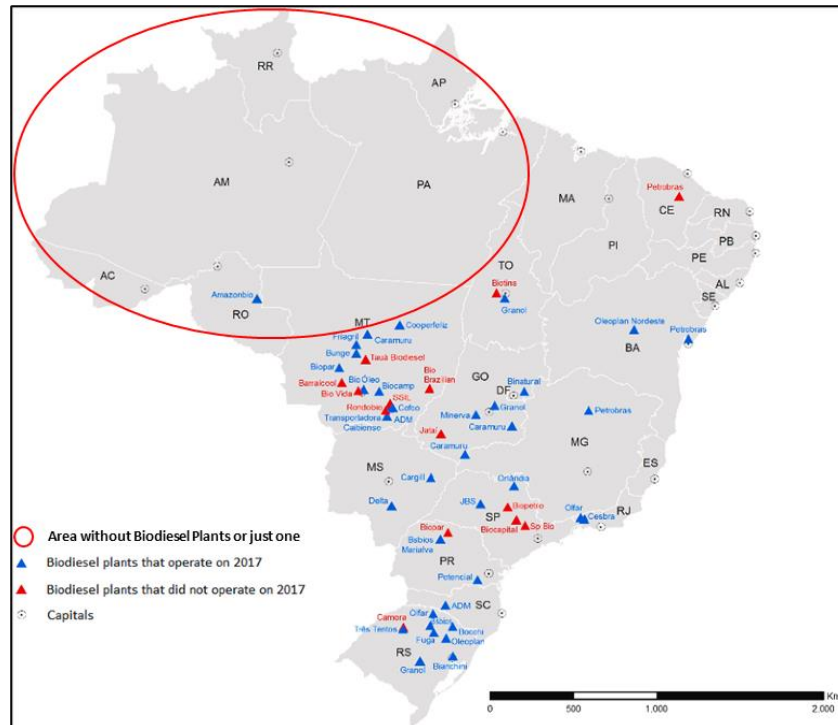


Fonte: EPE (2005, 2014, 2016); CNPE (2008, 2009a, 2009b, 2016, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023) adaptado pelo autor.

Conforme Rodrigues (2021) as usinas de produção de biodiesel estão localizadas predominantemente em áreas de produção de óleo vegetal ou gordura animal, como os estados de Mato Grosso (MT), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS) e Rio Grande do Sul (RS). Uma fração menor, mas também importante, localiza-se próxima ao consumo de combustível, como São Paulo (SP). Essa é uma característica do desenvolvimento da indústria brasileira de biodiesel, onde um bom número de produtores de matérias-primas se tornou produtores de biodiesel.

A falta de usinas na região Norte (Figura 7) não exclui a obrigatoriedade de adição do biodiesel ao diesel na proporção da norma vigente, tendo os agentes regulados (distribuidores) que buscar o biodiesel nas usinas localizadas em regiões mais distantes para atender o percentual obrigatório da mistura.

Figura 7 – Distribuição geográfica das usinas de biodiesel no Brasil



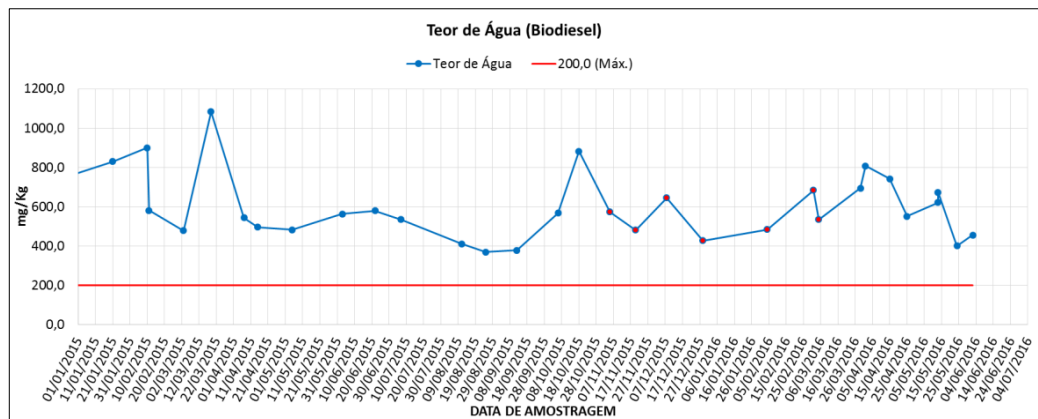
Fonte: Rodrigues, 2021, adaptado pelo autor.

1.3 Teor de água no biodiesel

De acordo com estudo de Oliveira (2016), a qualidade do biodiesel sofre impacto motivado por três fatores que estão ligados as diferenças específicas da região. Primeiro, para a logística de transporte do biodiesel se considera tempo maior entre a produção na usina e a chegada para a distribuição, transferências e estocagem nesse intervalo; o segundo fator é o clima da região Norte que pode agravar a questão de umidade dentro dos depósitos de armazenamento – tanques de estocagem; e terceiro, a própria característica higroscópica do biodiesel.

O estudo avaliou no período de 2015 a setembro de 2016 o teor de água no biodiesel, que ficou acima do limite especificado pela ANP alcançando valores acima de 350 mg/kg (Figura 8). O limite é de 200 mg/kg de teor de água, mas para efeitos de fiscalização nas distribuidoras o limite de referência é de 350 mg/kg.

Figura 8 – Teor de água no biodiesel B100



Fonte: Oliveira, 2016.

1.4 Problemas da estabilidade oxidativa

Conforme Ávila (2016), o biodiesel está sujeito a processos de oxidação, o que causa deterioração do produto e diminui a qualidade do biocombustível e seu tempo de armazenamento. A importância do estudo da estabilidade oxidativa para a região Norte é muito grande, pois a região é muito úmida e o biodiesel percorre um longo percurso para chegar aos tanques de armazenagem das distribuidoras que abastecem seus estados e justamente o teor de água vai impactar diretamente a estabilidade oxidativa no diesel. Essa diminuição da estabilidade oxidativa gera problemas nos motores dos veículos, como a corrosão, o que pode causar a diminuição da vida útil do motor.

De acordo com Carvalho (2016) a estabilidade oxidativa decresce com o aumento do teor de biodiesel o que pode causar danos aos veículos. E com o aumento sistemático programado para o ano de 2026 o teor de 15% de biodiesel na mistura ao diesel rodoviário cresce a possibilidade de ocorrerem problemas nos motores dos veículos que utilizam o diesel B S10 na região Norte que, conforme Oliveira (2016), representado na (Figura 8), apresenta-se próximo ao limite estabelecido pela ANP.

1.5 Análise de estabilidade oxidativa

O teste de estabilidade oxidativa realizada pelo método Rancimat é nada menos do que uma medida da reserva de oxidação que a mistura diesel/biodiesel apresenta quando exposta ao calor e a presença de oxigênio (Almeida, 2018).

A análise de estabilidade oxidativa considera os procedimentos norma EN 15751:2014, para avaliação de blends diesel/biodiesel contendo no mínimo 2% em volume de biodiesel, conforme norma ANP n° 920, 2023.

Esse método emprega o equipamento denominado Rancimat e utiliza o período de indução do biodiesel como variável de medida para a determinação de sua estabilidade oxidativa. Período de indução é o tempo medido em horas que se passa desde o período inicial do processo de oxidação, que é relativamente lento, de determinada amostra até o momento em que os produtos de oxidação começam a aumentar rapidamente. Ácidos de cadeia curta, principalmente o ácido fórmico, são formados e ocasionam o aumento da condutividade da água e o período de indução é indicado pelo tempo decorrido até que ocorra um repentino aumento da condutividade da água (Carvalho, 2016).

A estabilidade oxidativa exigida pela ANP para o diesel rodoviário B S10 e S500 de acordo com a norma ANP n° 50, 2013, é de 12 horas (Tabela 3). Para o diesel B S10 era cobrado um limite de especificação para a característica estabilidade à oxidação, que foi suspenso pela ANP através da resolução n° 739, 2018.

Em 2019 a ANP publicou a Resolução n° 798, 2019, alterando a de n° 45, 2014, aprimora a estabilidade à oxidação do biodiesel, alterando o parâmetro de 8 horas para 12 horas, com o objetivo de atingir, no mínimo, 20 horas de estabilidade na mistura final com o óleo diesel B S10 e B S500. A medida busca aumentar a vida útil do óleo diesel B (com mistura de biodiesel) em todas as suas etapas de comercialização, e tornar mais segura a implantação da mistura B11 (diesel com 11% de biodiesel e o cronograma de aumento até 15% de biodiesel em 2026) no país.

1.6 Antioxidante para combustíveis

Os antioxidantes utilizados nos combustíveis são classificados como naturais e sintéticos, os naturais podem ser obtidos diretamente do processo de extração e os sintéticos são obtidos através de processos de extração ou produção industrial. Dentre os naturais estão os tocoferóis e os tocotrienóis, os sintéticos tem como principais os que podem conter o butil-hidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), terc-butilhidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG).

O biodiesel é muito sensível à oxidação, devido ao seu alto teor de ésteres metílicos insaturados, e a resistência contra a oxidação é uma preocupação para a cadeia que envolve as usinas produtoras, distribuidoras e consumidores. Esta sensibilidade à oxidação é devida não só a sua composição de ácidos graxos, mas também ao processo de produção e às condições de

armazenamento. A estabilidade oxidativa é um dos parâmetros que definem a qualidade do biodiesel, e atualmente apresenta limite mínimo estipulado de 13 h no produto. A aditivação com antioxidantes no biodiesel se tornou obrigatória a fim de garantir a retardação da oxidação e proporcionar o prolongamento da vida útil do biocombustível (Souza, 2021). Para inibir o processo oxidativo do biodiesel é possível adicionar antioxidantes, os quais podem ser sintéticos ou obtidos de extratos de plantas.

Os antioxidantes naturais apresentam várias vantagens em relação aos antioxidantes sintéticos, tais como: de origem natural apresentam elevada biodegradabilidade e podem ser obtidos com menores custos (Zhou *et al.*, 2017). Conforme Ramalho *et al.* (2006), os antioxidantes naturais mais empregados podem ser citados os tocoferóis, os ácidos fenólicos e os extratos de plantas como alecrim e sálvia. O tocoferol, por ser um dos melhores antioxidantes naturais, é largamente aplicado para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados.

Os estudos de Ávila (2016) indicam que a adição de 10% de óleo de chia aumenta significativamente a estabilidade oxidativa do biodiesel de soja, o que melhora seu tempo de armazenamento na indústria. No estudo de Souza (2021) o aproveitamento das folhas de bambu e das cascas de batata e limão como aditivos naturais, quando combinados com baixas concentrações do antioxidante sintético TBHQ, atingem tempo máximo de estabilidade de 28,7 h na mistura de 3000 ppm de extrato de batata com 400 ppm de TBHQ.

Os resultados obtidos por Oliveira (2014) com adição de TBHQ e o saburá, nos níveis de concentração de até 5000ppm, podem ser utilizados com aditivos no biodiesel, conforme dados da Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 - Tempo de indução do TBHQ em diferentes concentrações.

AMOSTRA (m/m)	PORCENTAGEM (%)	CONCETRAÇÃO (ppm)	PERÍODO DE INDUÇÃO (h)
1	0	0	2,53 ± 0,04
2	0,1	1000	3,37 ± 0,07
3	0,25	2500	4,02 ± 0,08
4	0,5	5000	6,73 ± 0,05
5	1	10000	0,91 ± 0,09
6	2	20000	0,47± 0,10

Fonte: Oliveira, 2014.

Observando a Tabela 5 consegue-se verificar que acima de 5000 ppm a uma diminuição da estabilidade a oxidação, e que os compostos atuam favorecendo a aceleração da oxidação do biodiesel puro.

Tabela 5 - Tempo de indução do Saburá (Noroeste) em diferentes concentrações.

AMOSTRA (m/m)	PORCENTAGEM (%)	CONCETRAÇÃO (ppm)	PERÍODO DE INDUÇÃO (h)
1	0,00	0	2,53 ± 0,07
2	0,10	1000	3,82 ± 0,06
3	0,25	2500	4,11 ± 0,09
4	0,50	5000	13,64 ± 0,06
5	1,00	10000	0,96 ± 0,09
6	2,00	20000	0,53 ± 0,10

Fonte: Oliveira, (2014)

1.7 Resoluções ANP em diferenças climáticas

Atualmente já são considerados ajustes nas resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP, em situações que a diferenças climáticas e a características de combustíveis e biocombustíveis são impactados por essas distinções climáticas e previstas nas resoluções da ANP.

A ANP já observa na resolução do diesel em situações específicas de região ou processo e os limites de especificações se moldam a essas características específicas, que precisam ser previstas e detalhadas, levando em consideração a distinta diferença climática do Brasil.

Pode-se citar o atendimento de ponto de entupimento de filtro a frio (CFPP) do diesel rodoviário que de janeiro a dezembro possui diferenças no limite máximo em C°, que conforme a Tabela 6 varia entre (zero) 0 °C a (doze) 12 °C, envolvendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul.

Tabela 6 - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (diesel rodoviário).

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	12	12	12	7	3	3	3	3	7	9	9	12
GO/DF - MT - ES - RJ	12	12	12	10	5	5	5	8	8	10	12	12
PR - SC - RS	10	10	7	7	0	0	0	0	0	7	7	10

Fonte: Resolução ANP n° 50, 2013

O próprio biodiesel já possui diferenças que são consideradas na resolução 45/2014, o ponto de entupimento de filtro a frio (Tabela 7), que de janeiro a dezembro possui limite máximo variando entre (cinco) 5 °C a (quatorze) 14 °C, e envolve os estados de São Paulo,

Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul.

Tabela 7 - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (biodiesel).

UNIDADES DA FEDEREAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
GO/DF - MT - ES - RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR - SC - RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

Fonte: Resolução ANP n° 45, 2014

Outra especificação que leva em consideração situações climáticas é a pressão de vapor da gasolina. Em alguns meses do ano, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,0 Kilopascal (kPa) ao valor máximo especificado conforme a RESOLUÇÃO N° 807, DE 23 DE JANEIRO DE 2020 (Quadro 2).

Quadro 2 – Pressão de vapor (gasolina)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT NBR	ASTM
		A	C	A	C		
Cor	-	1				visual	
Aspecto	-	2				14954	D4176 (3)
Teor de Etanol Anidro Combustível (EAC)	% volume	4	5	4	5	13992	D5501 (6)
Massa específica a 20 °C. mín. (22)	kg/m3	7	715,0	7	715,0	7148 14065	D1298 D4052
Destilação (8)							
10% evaporados, máx.		65					
50% evaporados (22)	°C	77,0 a 120,0	Máx. 80,0	77,0 a 120,0	Máx. 80,0		
90% evaporados, máx.			190			9619	D86 D7345 (9)
PFE, máx.	% volume		215				
Resíduo, máx.	-		2				
N° de Octano Motor - MON, mín. (10)	-	-	82	-	anotar	-	D2700
N° de Octano Pesquisa - RON, mín. (10)(22)	-	-	93,0 (11)	-	97	-	D2699
Pressão de Vapor a 37,8 °C (12)	kPa	45 a 62,0	69,0 (máx.)	45,0 a 62,0	69,0 (máx.)	14149 16306	D4953 D5191 D5482 D6378
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 mL	5				14525	D381
Período de Indução a 100 °C, mín. (13)	mín.	-	360	-	360	14478	D525

Fonte: Resolução ANP n° 807, 2020 adaptado pelo Autor.

Uma situação relevante que também se deve considerar é do ponto de fulgor de 60° C do diesel ODM, pois a aquisição de diesel B S500 em lugar do ODM para embarcações na região norte pode acontecer. A troca pode ocorrer de forma consciente ou inconsciente

motivadas pela própria ignorância sobre o assunto. Por causa da confusão que pode ocorrer pelo abastecimento do diesel B S500 no lugar de óleo diesel marítimo ODM que requer ponto de fulgor mínimo de 60 °C, a refinaria de Manaus produz diesel S500 com fulgor próximo desta temperatura.

1.8 Desenvolvimento tecnológico para combustíveis

Nas últimas décadas, a inovação tem se destacado como um dos principais pilares da competitividade das empresas. Competências e fatores de eficiência que elevaram organizações a grandes patamares de competitividade no passado não têm sido suficientes para garantir desempenho ou a própria sobrevivência da organização no futuro (Teece,2007).

A inovação dos processos, qualidade e produtos referentes aos combustíveis estão avançando cada vez mais e são essenciais para melhoria contínua de segurança, qualidade, meio ambiente e economia desse nicho. O diesel e a gasolina por exemplo alcançaram mudanças na sua qualidade final com níveis de enxofre menores, pela necessidade de adequações realizadas por tratados internacionais, a fim de diminuir as emissões com esse resíduo para atmosfera que prejudicava o meio ambiente. Mas esses ajustes vão desde a adaptações de novas tecnologias desenvolvidas e agregadas a etapas do processo de refino para retirada do enxofre, como também na mudança da composição do produto com a inclusão de misturas também em determinadas etapas como biodiesel ao diesel, e etanol anidro à gasolina que são produzidos nas usinas e misturados nas distribuidoras. Essas inovações, motivadas por acordos internacionais de diminuição de poluentes que são enviados para a atmosfera, implicam na criação de novas leis que visam, além de diminuir as emissões incentivar a produção e aquecer a economia de determinados setores, como o agroindustrial que é impulsionado com a produção de biodiesel e etanol.

As mudanças ocorridas pelo desenvolvimento tecnológico serão ainda verificadas, cujos impactos na cadeia dos processos são sempre motivados por necessidades e demandas de adequação que são colocadas pelo próprio sistema econômico (Schumpeter, 1961). De acordo com DTI (2003) isso envolveria novas tecnologias ou aplicações tecnológicas e sua importância estaria na geração de melhores produtos e serviços, processos de produção novos, mais eficientes e mais limpos e modelos de negócios superiores. Conforme Amit e Zott (2022) um gerenciamento de mudanças abrangente e robusto deve estar sempre em vigor complementado pelo envolvimento visível da alta administração.

Essa visão pode ser verificada no esquema do Modelo *Coupling* do Processo de Inovação adaptado pôr em Moraes *et al.* (2019) que dizem que inovação de processo se caracteriza pelas mudanças na forma que os produtos e serviços que são criados e entregues.

1.9 Questão política e socioeconômica do biodiesel

A relação entre a política do biodiesel e montadoras é ouriçada desde os primeiros incentivos governamentais ao biocombustível. O portal Biodieselbr (2023) apresenta o contexto do panorama atual da discussão, onde nove entidades empresariais assinaram uma nota contendo forte crítica aos produtos de biodiesel, sendo uma ofensiva que representa o embate entre questões ambientais e econômicas.

As críticas mais fortes das montadoras estão no uso do incentivo ambiental para gerar um negócio rentável a grandes produtores de matéria prima de biocombustíveis, o que os defensores negam. Estes alegam tratar-se de uma estratégia governamental que afeta toda uma cadeia de suprimentos, percorrendo desde produtores de soja, cerealistas e até as usinas fornecedoras de biodiesel. Além da questão ambiental, portanto, segundo os defensores, é incoerente utilizar o favorecimento de produtores como crítica para desqualificar o incentivo, sendo a aplicabilidade do biodiesel de maior relevância que tal apontamento (Biodieselbr, 2023).

Outra forte crítica está na característica química do biodiesel (Biodieselbr, 2023), onde as montadoras alegam que a sua natureza favorece a geração de borra com alto teor poluidor, danificando peças automáticas, bombas de abastecimento, geradores, máquinas e motores estacionários, além do congelamento e contaminação do insumo, isto é, a cristalização do biodiesel em baixas temperaturas em motores ante a variação de temperatura e umidade.

Para tal discussão, os defensores alegam que esse é um argumento antigo e ultrapassado, empregado desde o início do incentivo ao biodiesel. A especificação do biocombustível passou por inúmeros testes, validações e alterações na sua especificação, como a diminuição do teor de água, aumento do tempo da estabilidade oxidativa, dentre outras revisões na condição química do produto. Os defensores também destacam que o B15 (adição de 15 % de biodiesel) foi aprovado por meio de medição em estudos realizados pelo governo juntamente com montadoras, fabricante de peças e usinas, sendo divulgado o relatório final em 2019 (Biodieselbr, 2023).

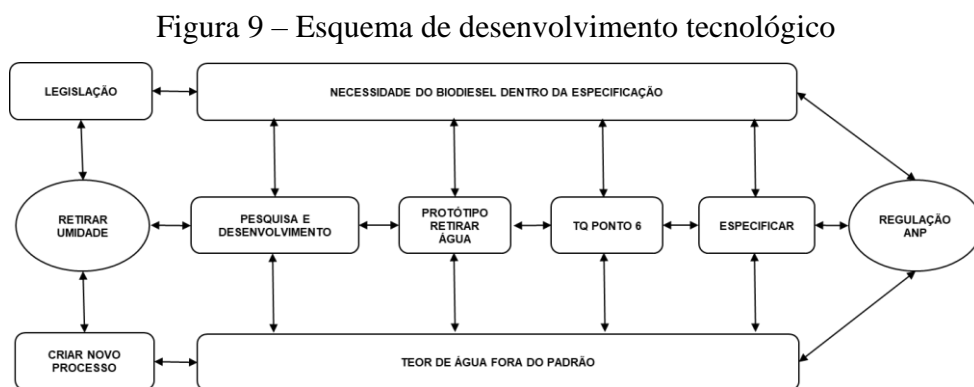
Nessa questão socioeconômica, a agência de jornalismo investigativo Pública (2023) acompanhou a participação do Brasil na COP28, onde o anúncio da adesão do país à OPEP+ (grupo estendido da Organização dos Países Exportadores de Petróleo) gerou discussões, uma vez que se sinalizou a falta de compromisso contra o uso de combustíveis fósseis. Houve questionamentos quanto a possível contradição da posição do Brasil, visto que o país encabeça esforços para a manutenção da temperatura global por meio da diminuição da geração dos gases de efeito estufa. Esses questionamentos foram respondidos como uma possível estratégia de conversa com os países líderes da OPEP, estimulando o favorecimento econômico de países mais pobres e talvez investindo em novas tecnologias que substituam o combustível fóssil.

Tal posição intermediária do Brasil, que não se posiciona totalmente contra ou a favor dos combustíveis fósseis, acaba por intensificar as questões de embate entre apoiadores do biodiesel e críticos. Contudo, o cenário pode ser favorável a ambos os lados, pois ao mesmo tempo que haverá estímulo aos biocombustíveis, haja vista o cumprimento de acordos internacionais de desenvolvimento sustentável, o país poderá direcionar esforços alternativos para os combustíveis fósseis, estimulando sua exploração por outros meios e aplicações (Pública, 2023).

As discussões sobre o biodiesel ocorrem em nível nacional, pautadas nas dificuldades socioeconômicas das grandes montadoras e produtores de biodiesel e pela representatividade do país no cenário internacional sobre a sustentabilidade do planeta. Nesse contexto, a região norte, em particular o Amazonas, não apresenta relevância, nem mesmo entre políticos e fóruns governamentais. A dificuldade de apresentar uma solução tecnológica, decorrente da problemática da gestão logística do biodiesel, a fim de cumprir com as determinações da ANP, não são ainda parte da agenda dos entes políticos e de formuladores de políticas públicas para discutir sobre o nível de biodiesel empregado no diesel comercializado na região norte (Pública, 2023).

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada de forma aplicada e com o objetivo exploratório, tendo o desenvolvimento descritivo e explicativo, por se tratar da realização de ensaios de qualidade do biodiesel e a construção de projeto físico (protótipo) e a aplicação prática utilizando dois elementos filtrantes. A observação da implementação da ideia na proposta de pesquisa deste trabalho é aludida no exposto do modelo adaptado por Rothwell (1994), onde é inserido no processo estudado e aplicado, observando-se as etapas de configuração da inovação tecnológica na Figura 9.



Fonte: Moraes *et al* (2019) adaptado pelo Autor.

2.1 Objeto do estudo

O estudo, avaliação da qualidade do biodiesel e diesel rodoviário, e o desenvolvimento e aplicação prática de um protótipo de filtro, testado com dois elementos filtrantes propostos para filtragem de água do biodiesel, para uma distribuidora em Manaus-Am, que possui 2 tanques de armazenamento de biodiesel, um com o volume de 800 m³ e outro de 1300 m³, denominados tanque A e B que possui problemas de alto teor de água no biodiesel.

A escolha pela empresa distribuidora para a realização desta pesquisa é motivada por seu interesse para atender o previsto na resolução do biodiesel em relação ao alto teor de água no biodiesel (que aumenta pelas características da região Norte). E por já ter apoiado um trabalho relacionado ao tema entre 2014 e 2016. A empresa possui grande atuação no mercado de combustíveis, com quatro bases de distribuição de derivados de petróleo na região Norte, além de 349 registros de postos bandeirados (Postos que representam sua marca) conforme consulta realizada nos estados do Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia e Pará (ANP, 2022).

Essa organização atende ainda 100 usinas termelétricas na região e mais de 1.600 clientes consumidores, esses consumidores são empresas de construção, de transportes e postos

de gasolina, atende com média de volume de 170 milhões de litros de combustíveis comercializados por mês conforme anuário da ANP, 2022.

2.2 Amostra e mapeamento da qualidade dos combustíveis

A qualidade do diesel A S10, B S10 e biodiesel B100 foi examinada por batelada dos tanques da empresa. Uma batelada é o recebimento de volume, lote de descarga proveniente de balsas, navio ou bombeio da refinaria. As bateladas foram utilizadas como padrão para a amostragem, pois são os volumes descarregados nos tanques gerando um lote, que é controlado por análises mínimas dos combustíveis que são reguladas pelas resoluções da ANP.

Os dados referentes as bateladas de acompanhamento dos tipos de diesel A S10, B S10 e B S500, B100 dos tanques da distribuidora foram retirados de laudos e tratados com média aritmética, desvio padrão, linha de tendência realizados diretamente no Excel, e observados de forma comparativa entre os tanques de armazenamento e diesel A e B. Foi criada uma série histórica dos dados dos combustíveis armazenados no ponto 6, tanto puro quanto da mistura.

Considerou-se todas as amostragens de todas as bateladas realizadas e gerou-se os gráficos. Os dados dos laudos das amostragens realizadas de bateladas de 02 tanques de biodiesel da distribuidora e dos diesels S10 B, a fim de realizar análise comparativa. Os ensaios de estabilidade oxidativa forma realizados pelo LAPEC. Os combustíveis analisados constam no Quadro 3:

Quadro 3 – Produtos derivados de Petróleo e Biocombustíveis

PRODUTO	SIGLA	CÓDIGO
Óleo Diesel S10 A	S-10 A	S-10 A
Óleo Diesel S10 B	S-10 A	S-10 A
Biodiesel B100	B-100	B-100

Fonte: Resolução ANP nº 50, 2013.

As análises de teor de água, ponto de fulgor, massa específica e temperatura foram realizadas por laboratórios credenciados pela ANP, a inspetora internacional Intertek. Foram verificadas se as metodologias aplicadas e a certificação dos equipamentos estavam de acordo com as diretrizes da ANP. Todos os métodos de caracterização físico-químicos do biodiesel ANP nº 45, 2014, e diesel (diesel S10, S500 e Biodiesel B100) foram realizados de acordo com as normas de ensaio exigidos pela ANP nº 50, 2013, (Quadro 4), onde não há versão especificada para as normas técnicas de análise, portanto, os procedimentos seguirão a versão mais recente de cada.

Quadro 4 – Métodos de análises do biodiesel

ENSAIO	NORMA 01	NORMA 02
Aspecto	ASTM D 6045	ABNT 14954
Teor de biodiesel	ASTM EN 14078	ABNT NBR 15568
Ponto de fulgor	ASTM D-93	ABNT NBR 14598
Viscosidade cinemática	ASTM D93	ABNT NBR 10441
Teor de água	ASTM D6304	ABNT NBR 14954

Fonte: Resolução ANP 50, 2013.

2.3 Procedência do biodiesel, testes e desenvolvimento da filtragem

O combustível utilizado no protótipo do filtro é produzido no Mato Grosso e transportado até Manaus, com tempo mínimo de trânsito de 20 dias percorridos em dois modais num total de 2.500 km. O primeiro transporte é realizado do estado do Mato Grosso por meio de caminhões tanques e o segundo transporte é o fluvial sendo realizado através de balsas tanques.

O biodiesel testado no simulador protótipo nesta pesquisa é constituído de 90% de óleo de soja e de 10% de outras culturas como girassol, mamona, gordura animal entre outros, a serem especificados no certificado e é adquirido através da própria distribuidora.

2.4 Amostragem do biodiesel com a aplicação da metodologia de filtragem

A metodologia adotada seguiu as recomendações da Norma Regulamentadora da ANP n° 45, 2014 para análises do biocombustível biodiesel.

Foram coletadas amostras de cada batelada de produto antes e depois do processo de filtragem, que serviram para a base dos dados da avaliação do comportamento do produto ao passar pelo protótipo. As coletas foram definidas em dois pontos: tanque de armazenamento emissor e tanque receptor no ponto 06, conforme a Figura 12.

Cada amostra foi coletada do meio da massa de cada tanque emissor e receptor do caminhão tanque utilizado nos testes. As coletas foram realizadas em triplicata no volume de 1 litro de biodiesel por ponto de amostragem bombeado pelo protótipo em duas fases: teste com elemento 1 e depois com elemento 2, assim foram acondicionadas em garrafas de polietileno de alta densidade, batoque e tampa, cuja amostragem se deu com auxílio de saca amostra de bronze retiradas pela escotilha superior do caminhão tanque. Após a coleta e acondicionamento, as amostras identificadas e enviadas aos laboratórios (Intertek e Analysis Brasil) contratados para realização do ensaio de teor de água e o LAPEC/UFAM que além desse ensaio também

realizou o teste de estabilidade oxidativa Rancimat.

As análises físico-químicas foram realizadas por dois laboratórios credenciados pela ANP para a realização de análises a distribuidores de combustíveis e o LAPEC/UFAM, em que ambos seguiram as normas estabelecidas para os combustíveis ANP nº 45, 2014. O conteúdo de água de cada amostra do biodiesel foi analisado pelo método Karl Fischer Coulométrico Titulação (KF), método do coulômetro Metrohm KF e Rancimat que é o método de envelhecimento e de estabilidade da oxidação 110 °C. Os dados obtidos com os testes realizados com o protótipo de filtro foram emitidos na forma de laudos técnicos e trabalhados para apresentação através de gráficos.

2.5 Procedimentos para se atingir os objetivos específicos da pesquisa

Este trabalho buscou avaliar a qualidade dos combustíveis comercializados por uma distribuidora sendo essa avaliação por meio dos certificados de qualidade, laudos laboratoriais emitidos em cada ponto da logística do transporte do produto, isto é, os certificados de origem e dos tanques aos quais são descarregados até a sua chegada no tanque final de distribuição.

Foi analisado como a normatização trata as peculiaridades relacionadas as intempéries das diferentes regiões que afetam o teor de água no biodiesel, ou seja, as etapas necessárias a tal avaliação se deu por meio das normas vigentes da ANP e demais normas anexas a esta, a fim de verificar cláusulas e especificações voltadas ao teor de água presente no biodiesel em regiões distintas do Brasil, identificando se o Amazonas é abordado nestes.

Especificou-se os requisitos técnicos no desenvolvimento do estudo de filtragem na redução do teor de água através da determinação do filtro mais adequado para a filtragem, determinando as características técnicas para a construção do protótipo, mediante peças e anexos disponíveis no mercado. Dessa forma, dois filtros foram utilizados para a construção do protótipo, das empresas Megafilter e Rei das Mangueiras, sendo avaliado os resultados laboratoriais do biodiesel e diesel B resultante do processo.

Assim, os testes foram realizados conforme os limites estabelecidos pela ANP no dado período, isto é, o percentual de mistura de 12 % de volume de biodiesel no diesel, procurando avaliar os resultados conforme a realidade da distribuidora para a época em que se estudava os combustíveis. Com isso pôde-se determinar a configuração de maior eficiência na aplicabilidade do filtro no processo de armazenagem através da junção das características do protótipo e do filtro utilizado, tendo como determinante a eficiência de filtragem e o tempo de saturação do material filtrante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa serão apresentados nas seções subsequentes deste capítulo, no formato de artigo, conforme uma das estruturas opcionais admitidas pelo Programa PPGBIOTEC. Ressalta-se que cada periódico possui diretrizes de avaliação e publicação que podem ser diferentes das normas da ABNT.

- **Capítulo 3.1:** Perfil da qualidade do Biodiesel, Diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na Região Norte do Brasil (artigo publicado na revista *Brazilian Journal Development*, Qualis B2)
- **Capítulo 3.2:** Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte (artigo publicado na revista *Brazilian Journal Development*, Qualis B2)
- **Capítulo 3.3:** Estudo e avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel comercializado na região norte do Brasil (artigo publicado na revista *Concilium*, Qualis A2)
- **Capítulo 3.4:** Avaliação da problemática da política brasileira de biocombustíveis e a proposta de solução operacional para distribuidoras do norte (artigo publicado na revista *Concilium*, Qualis A2)
- **Capítulo 3.5:** Innovation management and filtration solution for the problem of water content in B S10 diesel from the North of Brazil: a biotechnological study. Gestão da inovação e solução de filtragem para a problemática do teor de água no diesel B S10 da região Norte do Brasil: um estudo biotecnológico.

3.1 Perfil da qualidade do Biodiesel, Diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na Região Norte do Brasil

DOI: 10.34117/bjdv7n12-008

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 01/12/2021

Eliomar Passos de Oliveira

Doutorando no PPGBIOTEC - UFAM
Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis
E-mail: eliomar.oliveira@atem.com.br

Dimas José Lasmar

Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ
Professor no PPGBIOTEC - UFAM
E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

Doutor em Ciências (Química Analítica), pela USP
Professor na Universidade Federal do Amazonas
E-mail: jchaar@gmail.com

Eline Lima da Silva

Economista pela UFAM
E-mail: eline@atem.com.br

Everaldo de Queiroz Lima

Engenheiro Químico pela CEULM ULBRA
E-mail: everaldo.lima@atem.com.br

Michele dos Santos Souza

Licenciada em Química pela FAMETRO
E-mail: michele.souza@atem.com.br

Francijane Pacheco de Macedo

Licenciada em Química pela FAMETRO
E-mail: francijane.macedo@atem.com.br

Gilberto Batista do Carmo

Engenheiro Químico pela CEULM ULBRA
E-mail: gilberto.carmo@atem.com.br

Ewald Pimentel Santos

Tecnólogo em Petróleo e Gás pela UNINORTE
E-mail: ewald.santos@atem.com.br

RESUMO

O biodiesel é misturado ao diesel rodoviário, atualmente variando entre 10% e 12% de biodiesel, formando o diesel B S10 e B S500 que é distribuído para os postos revendedores e consumido em todo país. Esse percentual é responsável pela diminuição de enxofre emitido para atmosfera, pois o biodiesel não possui esse contaminante em sua composição, além de proporcionar efeitos de degradação biológica e físico-química extremamente danosos aos consumidores finais. O biodiesel utilizado na região norte é afetado pela logística, clima, tempo de armazenagem e a sua própria higroscopicidade, agregando mais umidade do que as outras regiões do país com a conseqüente elevação do teor de água acima do limite especificado de 350 mg/kg, regulado pela ANP n° 45, 2014. Pretendeu-se com este trabalho traçar um perfil das análises físico-químicas dos produtos comercializados na região, bem como realizar um monitoramento sistemático do biodiesel e diesel B armazenados nos tanques de uma distribuidora da região norte. Face às misturas realizadas do biodiesel com o diesel fornecido entregues em Manaus buscou-se também traçar um do perfil da qualidade desses combustíveis nos tanques da distribuidora e que são comercializados para os postos de gasolina e consumidor final.

Palavras-chave: Teor de Água, Perfil, Biodiesel, Diesel, Região Norte.

ABSTRACT

Biodiesel is mixed with diesel for road use, currently varying between 10% and 12% of biodiesel, forming diesel B S10 and B S500 which is distributed to sales stations and consumed throughout the country. This percentage is responsible for the reduction of sulfur emitted into the atmosphere, as biodiesel does not have this contaminant in its composition, in addition to providing extremely harmful biological and physicochemical degradation effects to final consumers. Biodiesel used in the northern region is affected by logistics, climate, storage time and its own hygroscopicity, adding more moisture than in other regions of the country with the consequent increase in water content above the specified limit of 350 mg / kg, regulated by ANP n° 45, 2014. The aim of this work was to draw a profile of the physical chemical analyzes of the products sold in the region, as well as to carry out a systematic monitoring of the biodiesel and diesel B stored in the tanks of a distributor in the northern region. In view of the mixtures made between biodiesel and diesel delivered in Manaus, an attempt was also made to outline a quality profile that could be matured in the distributor's tanks, which are sold to gas stations and final consumers.

Keywords: Water Content, Profile, Biodiesel, Diesel, North Region.

1. INTRODUÇÃO

A maioria do biodiesel utilizado no Estado do Amazonas é produzido em usinas no Mato Grosso e percorre um longo caminho até chegar às bases de distribuição em Manaus-AM, onde é misturado ao diesel A S10 e A S500 para ser comercializado como diesel B S10 e B S500 (OLIVEIRA, 2021, p. 3). O diesel comercializado nos postos revendedores B S10 tem limite especificados de 200 mg/kg enquanto para o S500 B o limite é de 500 mg/kg, que estão especificados na ANP n° 50, 2013 devendo sofrer mudanças no ano de 2021, cuja proposta é baixar o limite do teor de água para o diesel B S500 e aumentar do B S10 para 250 mg/kg.

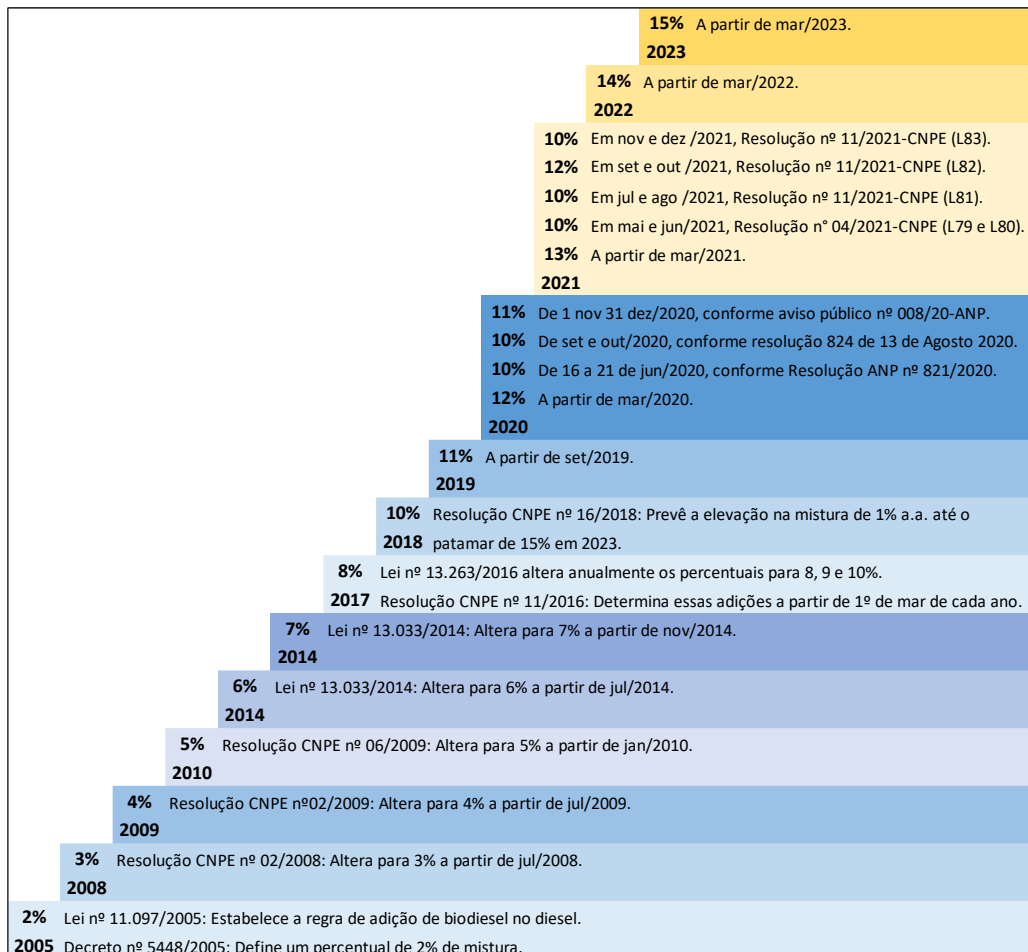
De acordo com (OLIVEIRA, 2016) em estudo realizado sobre o impacto na logística de transporte do biodiesel comercializado por distribuidoras da região Norte em relação ao teor água, foi observado que no percurso entre as usinas no Mato Grosso e a distribuidora em Manaus há um aumento na concentração do teor de água no biodiesel B100. De acordo com Komariah *et al.* (2018) O aumento do teor de água no biodiesel aumenta instabilidade da oxidação e leva a formação de produtos de oxidação como aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos de cadeia mais curta, em solúveis, goma e sedimento no biodiesel.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é quem realiza as regulamentações de adição de biodiesel no diesel. O aumento da mistura do biodiesel está variando entre 10% e 12%, alcançou 13% no óleo diesel, em 1° de março de 2021. O despacho da ANP n° 621, 2019, fixa o percentual de adição de até 15%, em volume de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, devendo o percentual mínimo obedecer ao cronograma previsto na Resolução CNPE n° 16, de 2018. Com essa medida, a partir de 1° de setembro, de 2019 o percentual mínimo de biodiesel a ser acrescido ao óleo diesel comercializado no país seguiria um cronograma dos 11% para até 15% (Figura 1). Porém desde 2020 está sofrendo mudanças fora do cronograma do CNPE, oscilando ora para cima ora para baixo, pois iniciou com 12%, caiu para 10% e alcançou os 11%, fixando-se em 12%. Já em 2021 dos 12% subiu para 13%, depois caiu para 10%, subiu para 12% entre julho e outubro, enquanto em novembro e dezembro a caiu para 10%, cujas mudanças são reflexos da indisponibilidade do biodiesel implicando na elevação do preço.

O diesel B, em suas diversas denominações, é o principal combustível comercializado no mercado brasileiro, utilizado no transporte de cargas e de passageiros, em embarcações, na indústria, na geração de energia, nas máquinas para construção civil, nas máquinas agrícolas e locomotivas, atendendo as necessidades dos consumidores e as mais avançadas tecnologias em

motores e combustão, considerando a melhor eficiência energética e os limites de emissões atmosféricas definidos (PETROBRAS, 2021).

Figura 1 – Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel no diesel rodoviário.



Fonte: EPE, (2020) adaptado pelo autor.

Com esses aumentos do teor de biodiesel e motivado principalmente pela normatização que não enxerga a especificidade da região norte quanto aos limites aplicados, os agentes regulados dessa região estão em desvantagens com as demais regiões do país, não se exclui a importância do controle de qualidade do biodiesel na mistura com o diesel A e B S10 e A e B S500. O aumento da adição de biodiesel faz parte de um programa nacional de introdução de fontes renováveis na matriz energética do país, programada até o ano de 2023 onde chegará a 15% de biodiesel. E o teor de água acima do limite deixa o agente econômico em desacordo com as normas da ANP, podendo ainda danificar os motores dos veículos pois a água influencia na oxidação dos motores dos carros.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

No estudo do perfil físico-químico considerando 4 variáveis: massa específica, ponto de fulgor, condutividade e teor de água no biodiesel B 100 nacional, diesel B S10 e B S500 nacional e importado, apresentado neste trabalho, considerou-se as operações de descargas do biodiesel no ponto 6, formando as devidas bateladas nos tanques da distribuidora e misturados ao diesel rodoviário A S10 e A S500 na ATEM, localizada em Manaus Am, (lat. 13° 25' 43,86" S e long. 59° 05' 26,4" W), onde estão também as demais distribuidoras da região norte e onde foi realizado o estudo (Figura 2).

Figura 2 - Ponto 6, tanques da distribuidora em Manaus Amazonas.



Fonte: Arquivo da Atem.

O biodiesel considerado no estudo é de origem principalmente do Mato Grosso, adquirido nos leilões realizados pela Petrobras e adquiridos pela Atem Distribuidora durante o período de janeiro de 2014 a 2021. Esse produto foi retirado das Usinas por caminhões tanques e levados a cidade de Porto Velho com ponto de referência (lat. 8° 42' 4,5288" S e long. 63° 55' 5,5308" W) no Estado de Rondônia, onde está instalada uma base secundária da Atem Distribuidora e depois enviado através de balsas tanques para Manaus. Ressalta-se que o biodiesel passa por uma região classificada como úmida e condições que contribuem para o aumento do teor de água como a logística e a própria higroscopicidade. E o diesel rodoviário considerado no estudo tem origem de dois fornecedores: Refinaria de Manaus (lat. 3° 8' 46,8096" S e long. 59° 57' 9,1152" W) no estado do Amazonas e Refinarias dos estados Unidos da América, de onde foi transportado até Manaus por navios tanques.

As amostras para análises de verificação de teor de água foram coletadas de tanques da distribuidora do biodiesel B100, diesel B S10 e S500 a cada recebimento e formação de nova batelada de remonte e enviadas para laboratório credenciado para a realização de análises, na Distribuidora de Manaus, foto na figura-4.

Figura 3 - Distribuidora, ao fundo terminal e tubulações que ligam a refinaria de Manaus.



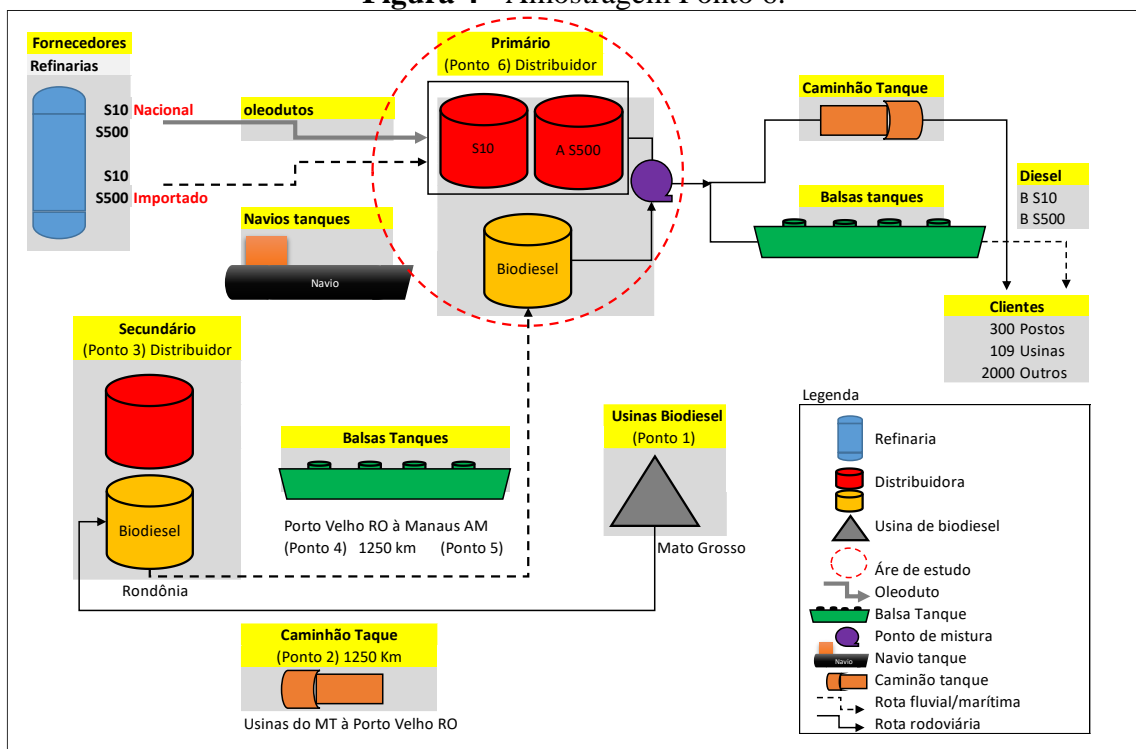
Fonte: Arquivo da Atem Distribuidora

2.2 MAPEAMENTO E PERFIL DOS COMBUSTÍVEIS

O estudo de acompanhamento por bateladas no ponto 6, onde as amostras foram retiradas para as análises de qualidade do Biodiesel Puro (B100) e diesel (B S10) (B S500), em laboratório de inspeção internacional e de referência na área de combustíveis, os resultados das análises e amostragens realizadas por bateladas recebidas em 02 tanques de biodiesel, 02 tanques fixos de A S10 e 04 tanques mutantes de A S500. Os dados obtidos através das análises geraram certificados das bateladas e foram tabulados em planilhas sequencialmente considerando todas as bateladas geradas por mês e ano em sentido cronológico, também de forma comparativa aos dois tanques do diesel que formaram a mistura B S10 e aos quatro tanques que formaram o B S500 de recebimento criando gráficos com o perfil das bateladas dos produtos armazenados e comercializados na região. As amostras retiradas dos tanques de diesel da distribuidora e todas essas análises foram verificadas por técnicos químicos sob a supervisão e acompanhamento da equipe de pesquisa e pelo pesquisador deste trabalho. Após os testes, os resultados foram enviados na forma de laudos, armazenados em banco de dados na rede do controle de qualidade da Atem Distribuidora onde ficaram disponíveis para consulta pela equipe de pesquisa.

A descrição da Figura 4 é a seguinte: Ponto 6 – são os tanques da distribuidora ATEM em Manaus/AM que foram consideradas bateladas recebidas de fornecedores de diesel rodoviário A transferidos por oleodutos da refinaria UN Reman ou de Navios atracados no porto da Atem de origem importada e do biodiesel recebido da distribuidora secundária da Atem de Porto Velho/RO. As análises do biodiesel B100 foram realizadas de acordo com as descargas das balsas provenientes da distribuidora de Porto Velho RO, onde está a base primária de biocombustíveis, e foram realizadas para os 2 tanques da distribuidora primária em Manaus AM. As misturas para obtenção do diesel B S10 e B S500 foram realizadas com o biodiesel B100, proveniente das bateladas dos tanques da distribuidora após as descargas das balsas.

Figura 4 - Amostragem Ponto 6.



Fonte: Autor.

Em cada ponto de coleta estabelecido, recolheu-se um litro das amostras de biodiesel em garrafas de vidro âmbar ou polietileno de alta densidade (PEAD) com batoque e tampa. Foram realizadas a identificação e solicitação de análises das amostras, preenchendo os dados do carregamento e também anexando os documentos que evidenciam o descarregamento das balsas e navios ou transferências da refinaria.

Todas as análises geraram laudos de análises físico-químicas das amostras de biodiesel B100, diesel B S10 e B S500, criando total rastreabilidade do controle de qualidade e processo realizado.

2.3 ANÁLISES: DE MASSA ESPECÍFICA A 20 °C, DO PONTO DE FULGOR, DE CONDUTIVIDADE E DO TEOR DE ÁGUA

As determinações de massa específica a 20 °C das amostras foram realizadas com densímetros de vidro para petróleo e seus derivados na faixa de 800-850 mg/kg calibrados da marca ICONTERM, modelo 013/78, tipo Analógico, série 14028/19 pela conforme a ASTM D1298 para o diesel rodoviário B S10 e B S500. Para o biodiesel com densímetro de vidro para petróleo e seus derivados na faixa de 850-900 mg/kg calibrado da marca INCOTERM, série 7779/16.

As amostras passaram pelo ensaio de fulgor do diesel rodoviário B, foi realizado com fulgorímetro D-93 marca Elcar, conforme métodos de ensaio normalizado para ponto de ignição por Pensky–Martens Teste de corpo fechado e termômetro de vidro imersão total, marca ICONTERM, serie 2163/15 e comprimento 150 mm método e para o biodiesel termômetro ASTM 88°C, marca ICONTERM, escala de 10 a 200 °C, imersão 57mm divisão 1,0 °C conforme a ASTM D93:2020.

A análise no diesel rodoviário foi realizada por condutivímetro, modelo 1152, marca EMCEE, identificação CNC-03, série 101665, resolução 1 μ S e o resultado da corrente foi expressa pela condutividade do diesel rodoviário B conforme D2624:2022.

Essa análise foi realizada com amostras de biodiesel e diesel rodoviário B, com 10 ml das amostras do ponto 06 das bateladas de acompanhamento, em titulação automática pelo aparelho Karl Fisher (Coulometer), modelo 899, série 1899001004178 da fabricante Metrohm de acordo com a norma ASTM D6304:2016.

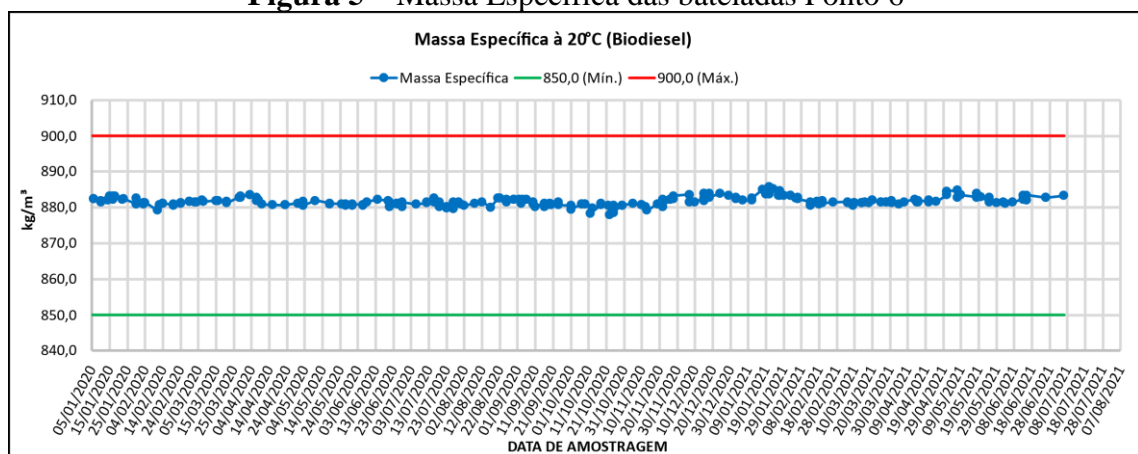
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado no ponto 6, tanques da distribuidora Atem em Manaus AM, resultou nos dados das bateladas que trazem um perfil histórico dos produtos armazenados nos tanques, conforme metodologia Oliveira (2016 P. 39), nos 2 tanques de biodiesel (TQ5 e TQ6) o teor de água, nos tanques de diesel (B S10 e B S500) massa específica, fulgor teor de água e condutividade para diesel rodoviário B. Essas análises foram realizadas com a mistura biodiesel e diesel B, e contribuíram para entender o comportamento e características físico-químicas dos produtos armazenados dentro dos tanques das distribuidoras da região norte em Manaus AM.

3.1 MASSA ESPECÍFICA DO BIODIESEL NO PONTO 6

As análises iniciadas em janeiro de 2020 trazem um estudo de série histórica com perfil do biodiesel no ponto 6, que tiveram acompanhamento em dois tanques da distribuidora. As análises apresentaram massa específica dentro do ranger especificado pela ANP, com uma média de 880kg/m³ (Figura 5).

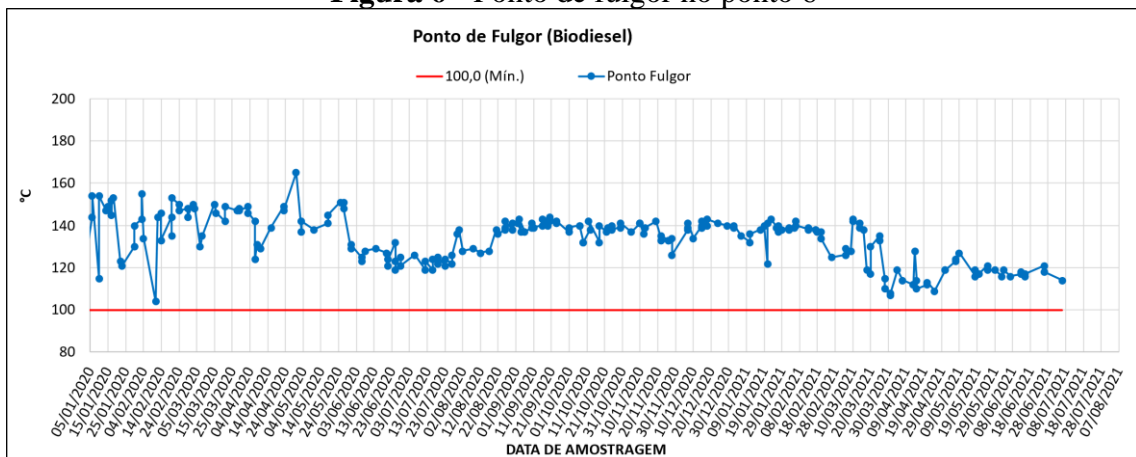
Figura 5 – Massa Específica das bateladas Ponto 6



Fonte: Autor.

3.2 FULGOR DO BIODIESEL NO PONTO 6

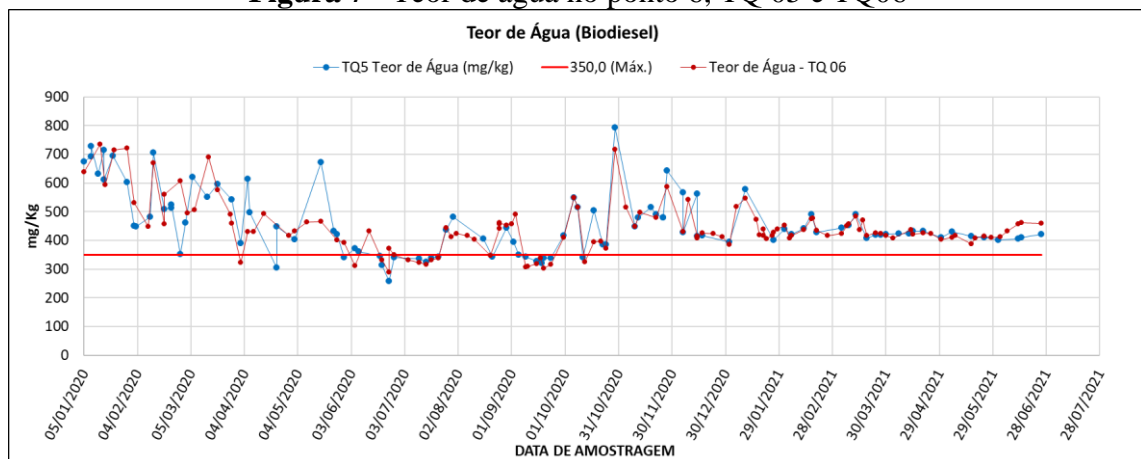
O ponto de fulgor, que tem como especificação mínima de 100 °C, apresentou variação acima de 100 °C, em relação ao período avaliado, que compreende janeiro de 2020 a julho de 2021 (Figura 6), porém atendendo as normas de especificação da ANP. As avaliações levaram em consideração os dois tanques de armazenamento de biodiesel da distribuidora.

Figura 6 - Ponto de fulgor no ponto 6

Fonte: Autor.

3.3 TEOR DE ÁGUA POR TANQUE DE 2020 A 2021

O teor de água no biodiesel apresentou variações oscilando, abaixo e acima do limite até o mês 10 (outubro) de 2020, considerando descargas das balsas que vieram de Porto Velho RO, nos 2 tanques avaliados da distribuidora o de 510 m³ e o de 1310 m³, após esse período manteve-se com variações acima dos 350mg/kg (Figura 7), no período avaliado de janeiro de 2020 a julho de 2021.

Figura 7 - Teor de água no ponto 6, TQ 05 e TQ06

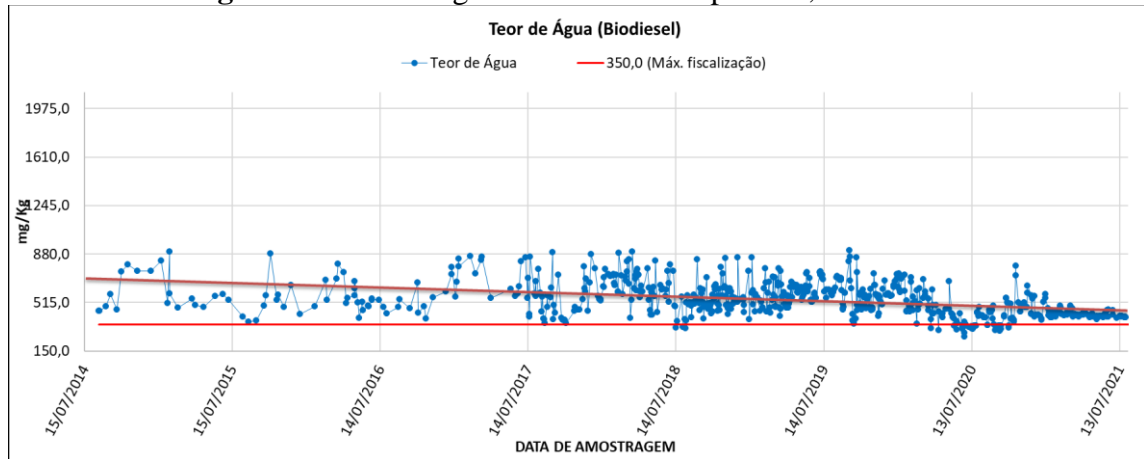
Fonte: Autor.

3.4 TEOR DE ÁGUA DO BIODIESEL DE 2014 A 2021

O perfil do biodiesel no ponto 6 desde 2014 demonstra tendência de teor de água acima do limite de especificação (Figura 8), que anteriormente apenas 1 tanque de biodiesel, e a partir de 2018 passou a ter os 2 tanques de armazenamento no ponto 6, em que tanto a quantidade de

análises quanto o teor de água aumentaram, a distribuidora aumentou a demanda por distribuição de diesel B o que explica o aumento das bateladas amostradas.

Figura 8 - Teor de água no biodiesel no ponto 6, desde 2014

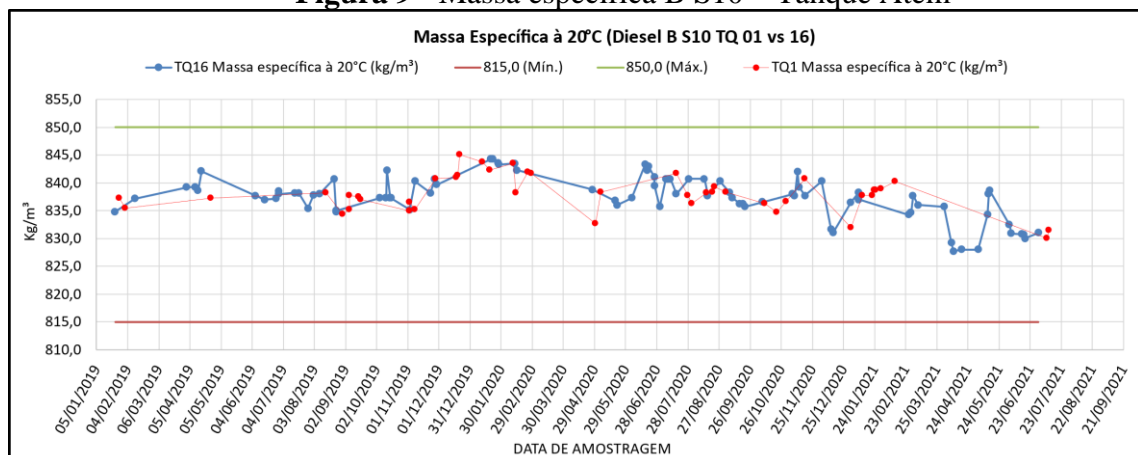


Fonte: Autor.

3.5 DIESEL B S10 NO PONTO 6

As análises entre o período de janeiro de 2019 a julho de 2021, realizadas para acompanhamento físico-químico da massa específica, ponto de fulgor, condutividade e teor de água do diesel B S10 no ponto 6, tanque da distribuidora descrito em metodologia de Oliveira (2021), trouxeram uma série histórica com perfil do diesel B S10. Esse perfil reflete a qualidade dos produtos nos recebimentos neste ponto, recebimentos do diesel que são realizadas através de bombeio da refinaria da Petrobras Un Reman em Manaus e descargas de navios com produtos importados pela Atem Distribuidora e trazidos direto das refinarias para os tanques da distribuidora. Os resultados (Figura 9) apresentaram massa específica variável, porém dentro dos parâmetros estabelecidos pela ANP, de 815 kg/m³ a 850 kg/m³, variando em torno de 827 kg/m³ a 845 kg/m³.

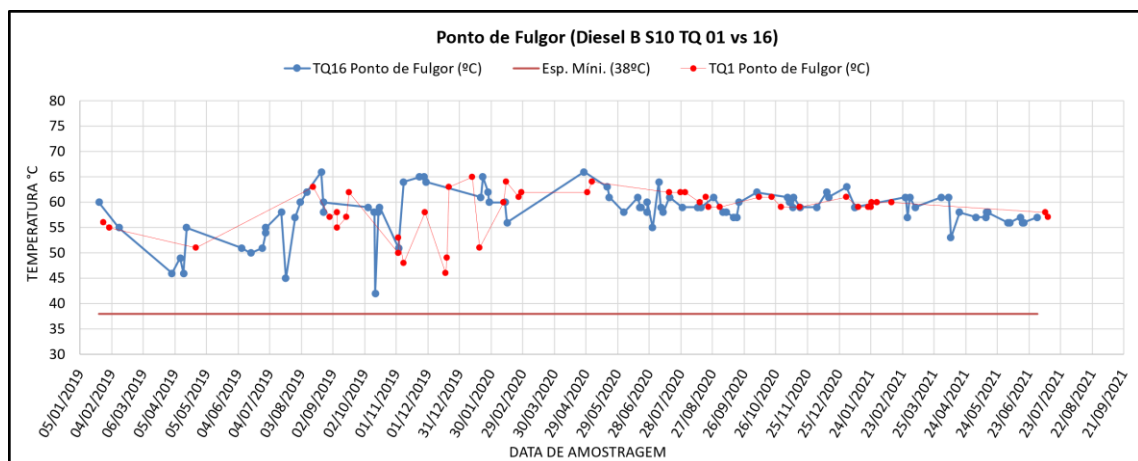
Figura 9 - Massa específica B S10 – Tanque Atem



Fonte: Autor.

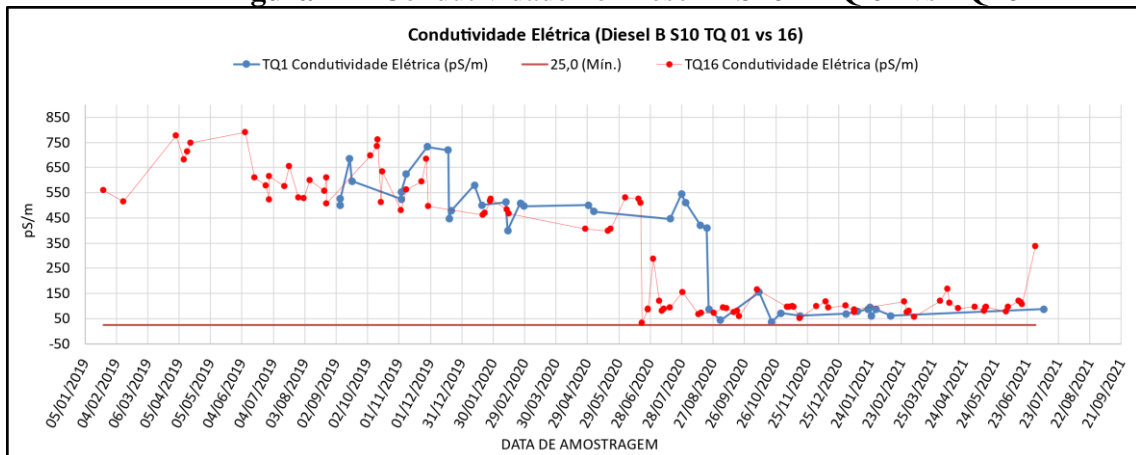
O ponto de fulgor atende especificação mínima, mantendo-se acima dos 38°C, dentro dos parâmetros estabelecidos pela ANP exigidos na resolução n° 50, 2013. Percebe-se que o valor do ponto de fulgor é bem acima do especificado pela ANP, de 38 °C, uma média bem acima em torno de 50 °C para o diesel B S10, o que representa uma boa qualidade em relação a questão de segurança do produto, pois o produto só conseguiria liberar vapor suficiente para que ocorresse combustão acima de 50 °C, sendo que o mínimo especificado é de 38 °C. Essa relação é verificada no perfil das bateladas na (Figura 10) dos testes realizados entre janeiro de 2019 e junho de 2021, descrevendo um perfil que reflete a qualidade dos produtos nos recebimentos neste ponto. O diesel B S10 é um diesel mais limpo na questão do enxofre, pois possui 490 mk/kg a menos que o diesel S500.

Figura 10 - Ponto de fulgor no Diesel B S10 – TQ 01 vs TQ16



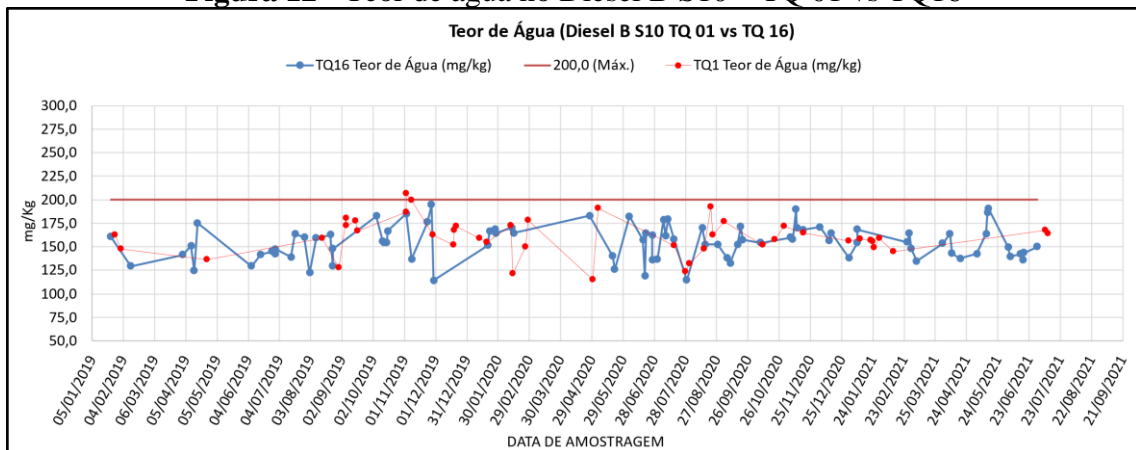
Fonte: Autor.

As análises de condutividade também apresentaram valores acima da especificação mínima de 25 pS/m, que é exigida pela resolução ANP n° 50, 2013. Os resultados dos testes de condutividade consideram-se dentro dos padrões mínimos de segurança exigidos pela ANP, tendo uma diminuição do valor de condutividade a partir do mês de julho de 2020 no tanque 16 e agosto no tanque 01 conforme a figura (Figura 11). Essa análise é importante, pois regula a segurança nas operações de transferências entre depósitos de combustíveis, que são normais na produção, distribuição e revenda. Caso o produto não atenda o mínimo exigido, pode causar combustão o que pode levar a explosões decorrentes da eletricidade estática acumulada e não dissipada. Esse controle de condutividade pode ser realizado com aditivos dissipadores que aumentam a condutividade do diesel.

Figura 11 - Condutividade no Diesel B S10 – TQ 01 vs TQ16

Fonte: Autor.

As análises do teor de água apresentaram perfil histórico dentro do padrão especificado pela ANP n° 50, 2013, que regula a qualidade dos combustíveis. Pelo perfil do diesel B S10 verifica-se que o produto especificado está bem no limite de referência que é 200 mg/kg conforme (Figura 12), e que com o calendário do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) que estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a adição do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil, estabelecido em até 2023 de 15% pode alterar esses padrões para maior deixando o produto fora de especificação.

Figura 12 - Teor de água no Diesel B S10 – TQ 01 vs TQ16

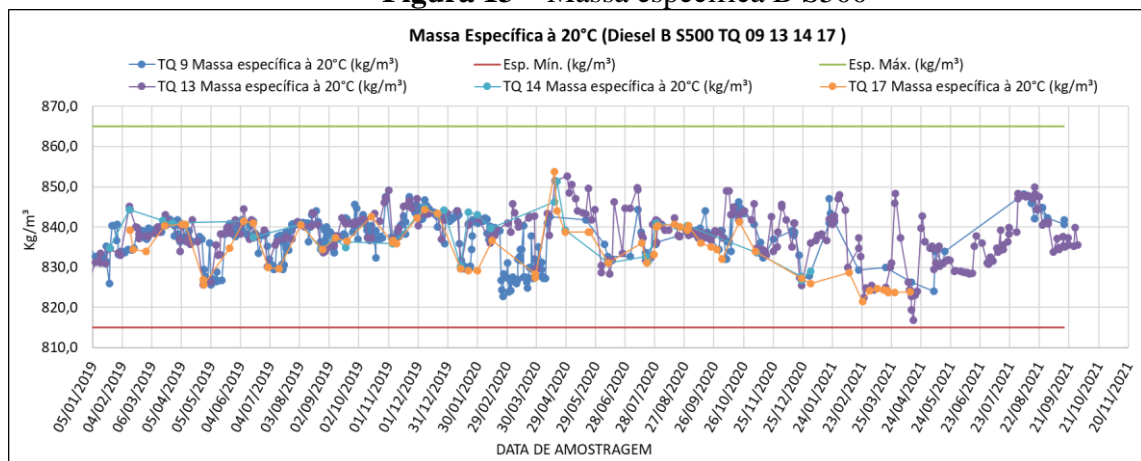
Fonte: Autor.

3.6 DIESEL B S500 NO PONTO 6

As análises entre o período de janeiro de 2019 a agosto de 2021, realizadas para acompanhamento físico-químico da massa específica, fulgor, condutividade e teor de água do diesel B S500 no ponto 6, tanque da distribuidora descrito em metodologia de Oliveira (2021), trouxeram uma série histórica com perfil do diesel B S500, que reflete a qualidade dos produtos

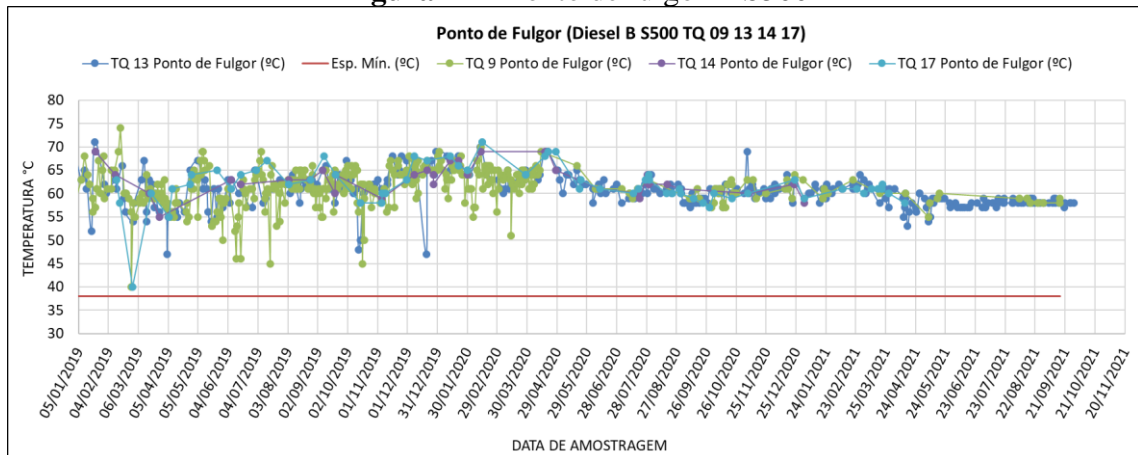
no recebimento neste ponto, recebimentos do diesel que são realizados através das transferências por oleodutos da refinaria da Petrobras Un Reman em Manaus e descargas de navios com produtos importados pela Atem Distribuidora e trazidos diretamente das refinarias para os tanques da distribuidora. Os resultados na (Figura 13) apresentam massa específica variável, porém dentro dos parâmetros estabelecidos pela ANP, de 815 kg/ m³ a 863 kg/ m³, variando em torno de 820 kg/m³ a 835 kg/m³.

Figura 13 – Massa especifica B S500



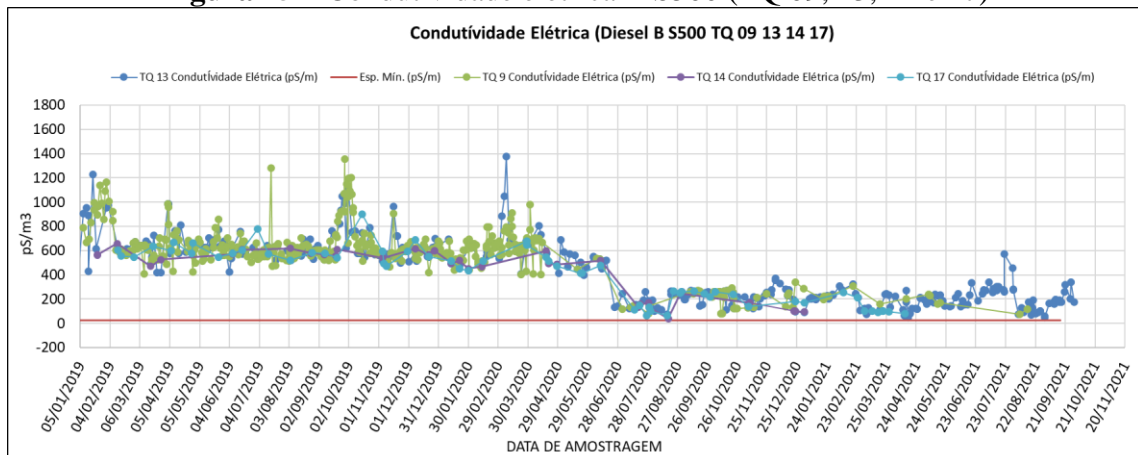
Fonte: Autor.

O ponto de fulgor também do B S500 atende especificação mínima, mantendo-se acima dos 38°C, dentro dos parâmetros estabelecidos pela ANP exigidos na resolução ANP n° 50, 2013. Percebe-se que o valor do ponto de fulgor é bem acima do especificado pela ANP de 38 °C, com média em torno de 50 °C para o diesel B S500, o que representa que este produto tem qualidade quanto ao requisito segurança, pois somente conseguiria liberar vapor suficiente para que ocorresse combustão após 50 °C, sendo que o mínimo especificado é de 38 °C. Essa relação é verificada no perfil das bateladas na (Figura 14) nos testes realizados entre janeiro de 2019 e junho de 2021, que descrevem um perfil que reflete a qualidade dos produtos nos recebimentos neste ponto. O diesel B S500 é um diesel com maior teor de enxofre, pois possui 490 mk/kg a mais do que o diesel S10.

Figura 14 – Ponto de fulgor B S500

Fonte: Autor.

As análises de condutividade também apresentaram valores acima da especificação mínima de 25 pS/m, exigida pela resolução ANP n° 50, 2013. Os resultados dos testes de condutividade são considerados dentro dos padrões mínimos de segurança exigidos pela ANP, tendo uma diminuição do valor de condutividade a partir do mês de julho de 2020 em todos os tanques de diesel S500 e agosto, tanque 01, conforme a figura (Figura 15). Essa análise é importante, pois regula a segurança nas operações de transferências entre depósitos de combustíveis, transferências que são normais na produção, distribuição e revenda. Caso o produto não atenda o mínimo exigido, pode causar ignição e combustão o que pode levar a explosões por causa da eletricidade estática acumulada e não dissipada, esse controle de condutividade pode ser realizado com aditivos dissipadores, que aumentam a condutividade do diesel.

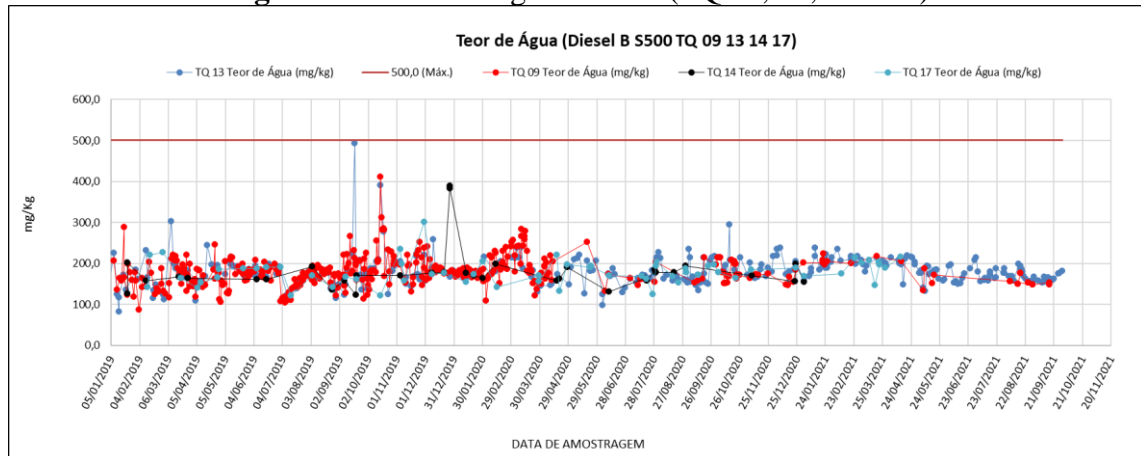
Figura 15 – Condutividade elétrica B S500 (TQ 09, 13, 14 e 17)

Fonte: Autor.

As análises do teor de água apresentaram perfil histórico dentro do padrão especificado pela ANP n° 50, 2013, que regula a qualidade dos combustíveis. Nesse perfil do diesel B S500

verifica-se que o produto especificado está dentro do limite de referência que é 500 mg/kg conforme (Figura 16). Como o calendário do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabelece o de interesse da Política Energética Nacional a adição do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil, estabelecido, em até 2023 de 15% verifica-se uma folga em relação ao diesel B S10 que está próximo do limite, deixando o produto fora de especificação.

Figura 16 – Teor de água B S500 (TQ 09, 13, 14 e 17)



Fonte: Autor.

4. CONCLUSÃO

O biodiesel apresentou uma diminuição do teor de água observado a relação com aumento das análises de batelada, motivados pela demanda comercial fazendo com que a rotatividade do biodiesel diminuísse. O perfil do diesel montado com as análises das bateladas de biodiesel e diesel rodoviário A descarregadas na Atem Distribuidora, formado o diesel B S10 e B S500 apresentaram teor de água dentro dos padrões de qualidade, porém o diesel B S10 está próximo do limite de especificação de 200 mg/kg com tendência variável com os atuais percentuais de biodiesel variando entre 10% a 12% desde 2020, o diesel B S500 apresentou-se com teor de água abaixo de 300 mg/kg. A condutividade elétrica de ambos os diesels B sofreram redução a partir de junho de 2020 nas bateladas e ponto de fulgor apresentou-se acima de 55 °C, bem acima do especificado pela ANP.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBIOTEC) da Universidade Federal do Amazonas, ao LAPEC- Laboratório

de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis, A Intertek Manaus e à Atem's Distribuidora de Petróleo S.A empresa mantenedora desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 798, DE 1.8.2019 - DOU 2.8.2019**. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/agosto&item=ranp-798-2019>>. Acessado em: outubro de 2019.

ANP. **RESOLUÇÃO ANP Nº 14, DE 11.5.2012 – DOU18.5.2012**. Disponível em: <nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/agosto/ranp452014.xml>. Acesso em: 18/02/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25.8.2014 - DOU 26.8.2014**. disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>. Acesso em: 28 de out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS **DESPACHO Nº 621/2019/ANP**. RJ. Rio de Janeiro, 6 de agosto de 2019.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – CNPE. **RESOLUÇÃO Nº 16, DE 29 DE OUTUBRO DE 2018**. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941>. Acessado em: outubro de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **NOTA TÉCNICA DPG-SDB Nº 01/2020**. Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel. Rio de Janeiro, março de 2020.

KOMARIAH, L N.; HADIAH, F.; APRIANJAYA, J. F.; NERVRIAD, F.; **biodiesel effects on fuel filter; assessment of clogging characteristics**. *Journal Of Physics*, Conf. Ser. 1095 012017, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1095/1/012017>. Acesso em: 04 de jan. 2020.

OLIVEIRA, Eliomar Passos de. **Estudo do teor de água no biodiesel utilizado na mistura do diesel no Amazonas**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

OLIVEIRA, E. P. de.; OLIVEIRA, T. C. S.; SILVA, E. L. da S. **Investigação do teor de água no Biodiesel utilizado na composição do Diesel B comercializado por uma distribuidora de combustíveis em Manaus/AM**. *Brazilian Journal of Development*, Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.9, p. 89663-89680 Sep. 2021.

SITE PETROBRAS. Óleo Diesel. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/automotivos/oleo-diesel/>. Acesso em: 10/02/2021 16:29.

3.2 Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte

DOI:10.34117/bjdv7n12-777

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 28/12/2021

Eliomar Passos de Oliveira

Doutorando no PPGBIOTEC – UFAM
Acadêmico do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus
Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis
E-mail: eliomar.oliveira@atem.com.br

Dimas José Lasmar

Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ
Professor no PPGBIOTEC - UFAM
E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

Doutor em Ciências (Química-Química Analítica), pela USP
Professor na Universidade Federal do Amazonas
E-mail: jchaar@gmail.com

Eline Lima da Silva

Economista pela Universidade Federal do Amazonas
Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus
Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Operações e Suprimentos
E-mail: eline@atem.com.br

Everaldo de Queiroz Lima

Engenheiro Químico pela Universidade Luterana do Brasil
Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis
E-mail: everaldo.lima@atem.com.br

Raquel Passos de Oliveira

Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus
E-mail: passosraquel1819@gmail.com

Elionei Passos de Oliveira

Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus
E-mail: elioneipassos@yahoo.com.br

Luísa Bastos Polari

Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus
E-mail: luisapolari@gmail.com

RESUMO

Os agentes regulados de distribuição de combustíveis precisam atender as normas de especificação do biodiesel, porém não são consideradas as especificidades climáticas, logísticas, operacionais de cada região inclusive do Norte. O teor de água no Biodiesel atualmente está acima do limite especificado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que é 350 mg/kg. De acordo com as normatizações do diesel rodoviário, o produto se encontra ainda dentro dos padrões de qualidade, porém o aumento sistemático e as características regionais podem causar diferença nas especificações dos produtos finais comercializados pelo agente econômico, o que deixa os agentes regulados em desvantagens em relação às demais regiões do país. Neste artigo são abordados dados técnicos de estudo já realizado e publicado em uma distribuidora, onde é verificado que o problema do teor de água, acima do limite máximo de especificação no biodiesel, é sistêmico e não pontual afetando todas as distribuidoras. Também são abordadas as soluções já existentes em normas, quanto a problemas de clima em situações semelhantes, e ainda demonstrado através da exposição dos dados finais de mistura de biodiesel e diesel que o principal prejudicado é o agente regulado distribuidor, e que o problema evidenciado de especificação, conforme a norma vigente, não afeta o cliente final.

Palavras-chave: Normatização, Biodiesel, Clima, Isonomia.

ABSTRACT

The regulated fuel distribution agents need to comply with the biodiesel specification norms, but the climatic, logistical, and operational specificities of each region, including the North, are not considered. The water content in Biodiesel is currently above the limit specified by the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) which is 350 mg/kg. According to road diesel normalization, the final product is still within quality standards, but the systematic increase and regional characteristics can cause differences in the specifications of the final products marketed by the economic agent, which leaves regulated agents at disadvantages in relation to other regions of the country. This article discusses technical data from a study already carried out and published in a distributor, where it is verified that the problem of water content, above the maximum specification limit in biodiesel, is systemic and not specific, affecting all distributors. Solutions already existing in norms are also addressed, regarding climate problems in similar situations, and it is also demonstrated through the exposure of the final data on the mixture of biodiesel and diesel that the main harmed is the regulated distributor agent, and that the problem highlighted by specification, in accordance with the current standard, does not affect the end customer.

Keywords: Normalization, Biodiesel, Climate, Isonomic.

1. INTRODUÇÃO

A regulamentação e fiscalização do mercado de combustíveis automotivos no Brasil são de responsabilidade da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP). A regulamentação do biodiesel teve início pela resolução ANP nº 14, 2012, sendo que para utilização do biodiesel, a ANP exige um conjunto de especificações e padrões de qualidade, que estão descritos na resolução ANP nº 45, 2014, bem como onde o produtor deve seguir para produção, destacando as especificações do teor de água para o distribuidor de combustíveis. A regulamentação do óleo diesel rodoviário comercializado no Brasil (Diesel A e B S10 e S500) se dá pela resolução ANP nº 50, 2013.

A normatização da qualidade do biodiesel não leva em consideração as diferenças climáticas, logísticas e operacionais, causando impacto para os agentes regulados do setor de distribuição de combustíveis da região norte, e acaba não dando condições iguais para o setor em relação ao restante do país e em relação à fiscalização. Isto demonstra que é necessário considerar as diferenças climáticas em um país de dimensões continentais como o Brasil. O biodiesel faz parte da matriz energética do país que é definida pela Lei nº 11.097/05, onde se prevê o aumento até 2023 para 15% de adição em volume ao produto (Diesel B).

Essa pesquisa é de natureza aplicada e de objetivo exploratório, descritivo e explicativo e se baseia em estudos já realizados com base nas normas de combustíveis e biodiesel. A revisão de literatura e referencial teórico das normas da ANP para embasamento dos conceitos desenvolvidos se concentram em estudos já realizados sobre o teor de água no biodiesel e de percentual adicionado ao diesel S10 e S500 que são comercializados pelos agentes regulados. É apresentada a comparação de quatro normas que pontuam condições de diferenças de limite de especificação e problemas similares, considerando a diferença climática, processos e qualidade para outras regiões do Brasil.

Conforme a RESOLUÇÃO Nº 45/2014, o biodiesel deve atender especificações de qualidade, dentre elas o teor de água, gerando a necessidade do desenvolvimento de uma solução para a situação sistêmica da região Norte. O estudo e desenvolvimento deste trabalho tem como foco o levantamento e a avaliação das normas já existentes, considerando os critérios de diferenciação de problemas climáticos, a fim de que os agentes regulados sejam atendidos sem que sejam prejudicados e atendam a resolução que estabelece o limite máximo de teor de água em no máximo 350 mg/kg, de acordo com o previsto na Tabela 01 da resolução ANP nº 45, 2014.

O clima e a logística, distintos do restante do país, alteram as características de qualidade do produto, podendo gerar autuações e ônus para o setor de distribuição e, por conseguinte, produzir um tratamento não isonômico desses agentes em relação aos outros das demais localidades do Brasil.

Tabela 1 - Especificação do Biodiesel conforme ANP

Características	Unidades	Limite	Método		
			ABNT	ASTM	EN/ISSO
Aspecto Visual	-	L.I.I.	-		3675
Massa específica a 20 °C	kg/m ³	850-900	7148 14065	1298 4052	12185
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441	445	3104
*Teor de água, máx.	mg/kg	200,0	-	6304	12937

Fonte: Resolução ANP N° 45/2014 (*Para efeitos de fiscalização em distribuidora 350 mg/kg).

Os distribuidores precisam manter a qualidade desse combustível no tanque de armazenagem dentro dos padrões de especificação, porém não conseguem realizar a manutenção da qualidade, uma vez que recebem o produto fora de especificação, e pelo fato do aumento do teor de água ser sistêmico, sendo um processo natural, entretanto isto não os livra de sanções da ANP. As penalidades aplicadas pela ANP para infrações desse tipo são na forma de multas e podem ocasionar a perda da licença de operação do agente regulado.

Tabela 2 – Distribuidoras no Amazonas

CNPJ	Razão Social	Município	UF	Número da Autorização	Data da Publicação
03.128.979/0001-76	DISTRIBUIDORA EQUADOR DE PRODUTOS DE PETRÓLEO LTDA.	MANAUS	AM	427	31/05/2017
33.337.122/0044-67	IPIRANGA PRODUTOS DE PETRÓLEO S. A	MANAUS	AM	342	05/05/2015
34.274.233/0091-50	PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.	MANAUS	AM	600	02/07/2015
04.169.215/0002-72	PETRÓLEO SABBÁ S.A. (SHELL)	MANAUS	AM	657	07/07/2015
01.387.400/0012-17	SP INDÚSTRIA E DISTRIBUIDORA DE PETRÓLEO LTDA	MANAUS	AM	152	18/03/2016
03.987.364/0001-03	A TEM DISTRIBUIDORA DE PETRÓLEO S. A	MANAUS	AM	787	17/11/2017

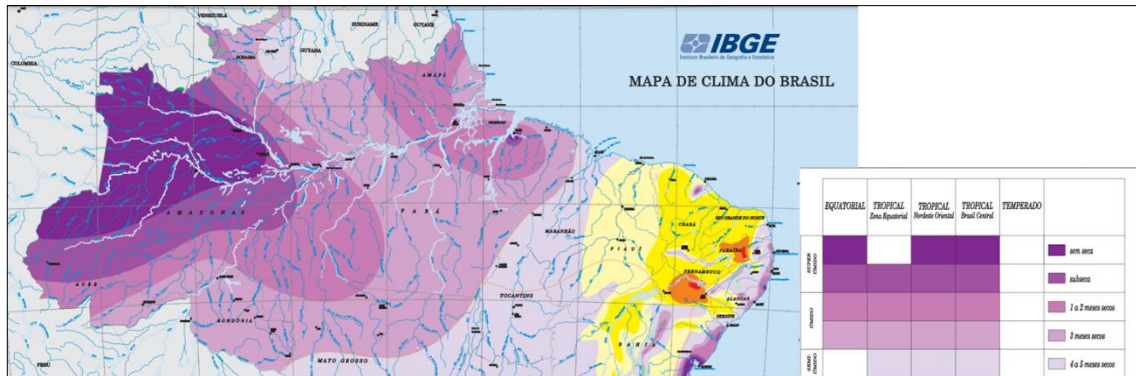
Fonte: ANP Consulta distribuidores.

O biodiesel usado na região norte nos estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará, Acre é produzido nas usinas no Mato Grosso. Considerando a composição original do diesel A, sem o biodiesel, tem menor higroscopicidade, já o biodiesel é mais higroscópico que o diesel comum (SOUZA, 2021), potencializando ainda mais essa problemática para os agentes regulados na região Amazônica, onde a umidade relativa do ar é muito elevada, atingindo em

média 88% na estação das chuvas e 77% na estação da seca. Chove e faz calor quase todos os dias do ano (WANDA, 2019).

O percurso que o biodiesel faz do Mato Grosso até o Amazonas é de 2500 km, e está dentro das faixas mais úmidas do país nas faixas equatorial úmido e superúmido (Figura 1).

Figura 1 - Região Norte com clima úmido e superúmido



Fonte: brasilmapas, IBGE.

Essas condições climáticas impactam severamente no controle de qualidade do biodiesel e geram infrações administrativas para agentes do setor de distribuição de combustíveis, pois o produto não atende as especificações conforme determina as normas de qualidade. A resolução ANP nº 45, 2014, estabelece a especificação do biodiesel contida no regulamento técnico ANP nº 3, 2014, e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional.

Neste estudo são apresentadas alternativas para a situação, considerando-se a normatização atual, estudos já realizados e avaliação de normas já existentes que já destacam problemas semelhantes. Aborda-se ainda a discussão sobre as normas que devem ser precedidas de estudos que observem as diferenças motivadas pela extensa área do país e contribuam para o desenvolvimento de normatizações, a fim de que os agentes regulados pela ANP tenham seus negócios tratados de forma isonômica em qualquer região do Brasil. É necessário que o entendimento da ANP para mudanças das normas considere as características regionais e se baseie em estudos sobre processos já existentes e distintos de cada região. Considere ainda que já existem soluções nas próprias regulamentações, onde são previstas soluções que levam em consideração a diferença climática e o período do ano para a produção de bens e o atendimento às normas.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido considerando-se parâmetros técnicos de um trabalho realizado que apresenta uma metodologia de 6 pontos de amostragem sobre o teor médio de água, realizado entre 2014 e 2016. No ponto 6 sobre a região Norte já considera essa distinção para suas 5 grandes distribuidoras de combustíveis, que estão concentradas no Amazonas. Esses agentes são colocados em situação de desvantagem em relação ao restante do país, face ao problema do teor de água no biodiesel, sendo passíveis de frequentes questionamentos.

2.2 DADOS TÉCNICOS E NORMATIZAÇÃO

Foram comparadas quatro normas usadas em situações similares, considerando-se a diferença climática, processos ou qualidade para outras regiões do Brasil, sobre a gasolina e diesel rodoviário e não rodoviário e do próprio biodiesel (Tabela 3).

Buscou-se verificar e apresentar alternativas que observem as diferenças motivadas pela extensa área do país, bem como de situações já existentes e previstas nas regulamentações da Agência, a fim de contribuir para o desenvolvimento de novas leis, de forma que os negócios sejam isonômicos para os agentes regulados em qualquer região do Brasil.

Tabela 3 - Produtos e normas verificados

PRODUTOS	RESOLUÇÕES ANP
Óleo Diesel S1800	ANP 45/2012
Óleo Diesel S500	ANP 50/2013
Óleo Diesel S10	ANP 50/2013
Gasolina A	ANP 807/2020
Biodiesel	ANP 45/2014

Fonte: ANP

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DAS NORMAS

A resolução ANP n° 50, 2013, na especificação da característica físico-química (ponto de entupimento) do diesel rodoviário A S500 e A S10, já diferencia no item (11) Limites conforme Tabela II. A norma estabelece que na produção o diesel tenha diferentes especificações para o ponto de entupimento considerando as unidades federativas e meses do ano. Essa situação é verificada pela necessidade de atender as características climáticas regionais.

O ponto de entupimento de filtro a frio (CFPP) do diesel rodoviário, que de janeiro a dezembro possui diferenças no limite máximo em C°, conforme o Quadro 1, varia entre (zero) 0 °C a (doze) 12 °C, envolvendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul.

Quadro 1 - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (diesel rodoviário)

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	12	12	12	7	3	3	3	3	7	9	9	12
GO/DF - MT - ES - RJ	12	12	12	10	5	5	5	8	8	10	12	12
PR - SC - RS	10	10	7	7	0	0	0	0	0	7	7	10

Fonte: ANP n° 50, 2013.

A ANP já observa na norma do diesel rodoviário situações específicas das regiões, como o processo produtivo e os limites de especificações que moldam características particulares, e que são previstas por detalhamentos durante os meses do ano para os estados brasileiros.

Outra especificação que leva em consideração situações climáticas é a pressão de vapor da gasolina, conforme Quadro 2, que em alguns meses do ano, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,0 kPa ao valor máximo especificado conforme a resolução n° 807, 2020.

Quadro 2 - Pressão de vapor (gasolina)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT NBR	ASTM
		A	C	A	C		
Cor	-	1				visual	
Aspecto	-	2				14954	D4176 (3)
Teor de Etanol Anidro Combustível (EAC)	% volume	4	5	4	5	13992	D5501 (6)
Massa específica a 20 °C. mín. (22)	kg/m ³	7	715,0	7	715,0	7148 14065	D1298 D4052
Destilação (8)						9619	D86 D7345 (9)
10% evaporados, máx.		65					
50% evaporados (22)	°C	77,0 a 120,0	Máx. 80,0	77,0 a 120,0	Máx. 80,0		
90% evaporados, máx.		190					
PFE, máx.	% volume	215					
Resíduo, máx.	-	2					
N° de Octano Motor - MON, mín. (10)	-	-	82	-	anotar	-	D2700
N° de Octano Pesquisa - RON, mín. (10)(22)	-	-	93,0 (11)	-	97	-	D2699
Pressão de Vapor a 37,8 °C (12)	kPa	45 a 62,0	69,0 (máx.)	45,0 a 62,0	69,0 (máx.)	14149 16306	D4953 D5191 D5482 D6378
Goma Atual Lavada, máx.	mg/100 mL	5				14525	D381
Período de Indução a 100 °C, mín. (13)	mín.	-	360	-	360	14478	D525

Fonte: Resolução ANP n° 807, 2020 adaptado pelo Autor.

O próprio biodiesel já possui diferenças que são consideradas na normatização específica na ANP n° 45, 2014, como o ponto de entupimento de filtro a frio (Quadro 3), que de janeiro a dezembro possui limite máximo variando entre (cinco) 5 °C a (quatorze) 14 °C, e envolve os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul.

Quadro 3 – Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (biodiesel)

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
GO/DF - MT - ES - RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR - SC - RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

Fonte: Resolução ANP n° 45, 2014.

O diesel S1800 de uso não rodoviário também tem ajustes na norma considerando as regiões e os meses do ano, em relação ao diesel rodoviário. O ponto de entupimento de filtro a frio (Quadro 4), que de janeiro a dezembro possui limite máximo variando entre (zero) 0 °C a (doze) 12 °C, e envolve os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Góias, Distrito Federal, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul.

Quadro 4 – Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (diesel não rodoviário)

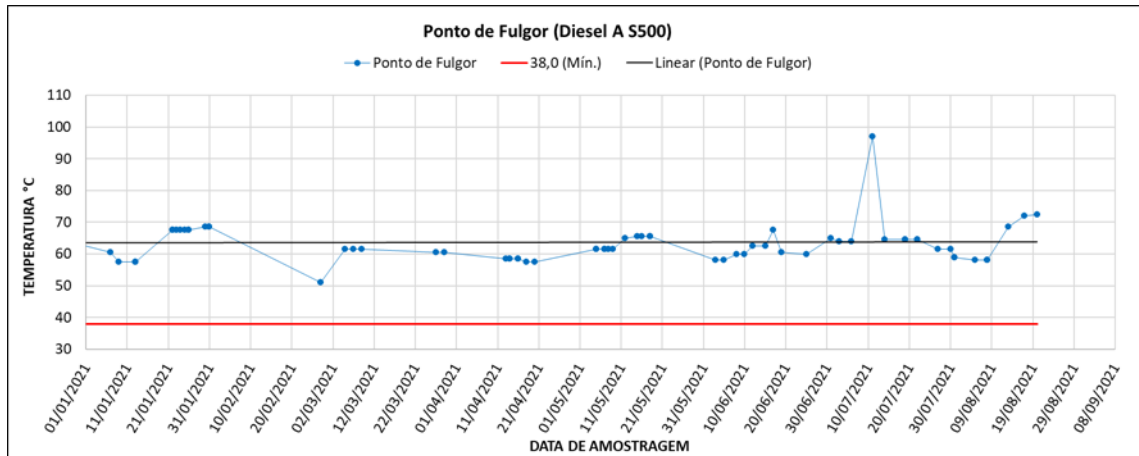
UNIDADES DA FEDERAÇÃO	LIMITE MÁXIMO, °C											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SP - MG - MS	12	12	12	7	3	3	3	3	7	9	9	12
GO/DF - MT - ES - RJ	12	12	12	10	5	5	5	8	8	10	12	12
PR - SC - RS	10	10	7	7	0	0	0	0	0	7	7	10

Fonte: Resolução ANP n° 50, 2013.

Uma questão relevante que também deve ser considerada é a do atendimento da Refinaria de Manaus sobre o ponto de fulgor do Diesel A S500 próximo de 60 °C e não do que a especificação estipula de 38 °C, pois pode haver aquisição de diesel B S500 para ser usado como óleo diesel marítimo (ODM) em embarcações na região norte, podendo acontecer facilmente por desconhecimento dos consumidores quanto a segurança. Essa troca na aquisição pode ser realizada de forma consciente ou inconsciente, motivada pela própria ignorância sobre o assunto, o que poderia resultar em acidentes. Por causa dessa confusão que pode acontecer no abastecimento do diesel B S500 em lugar do ODM, que o acompanhamento realizado através

de análises do ponto de fulgor no período de janeiro a setembro de 2021, apontou que a refinaria de Manaus produz esse bem com fulgor próximo de 60 °C (Figura 2). Essas análises demonstram que o diesel A S500 possui ponto de fulgor bem acima do especificado pela ANP n° 50, 2013, não existindo recomendação específica, exceto a de se manter segurança no manuseio de produto de forma preventiva.

Figura 2 – Ponto de fulgor do diesel A S500

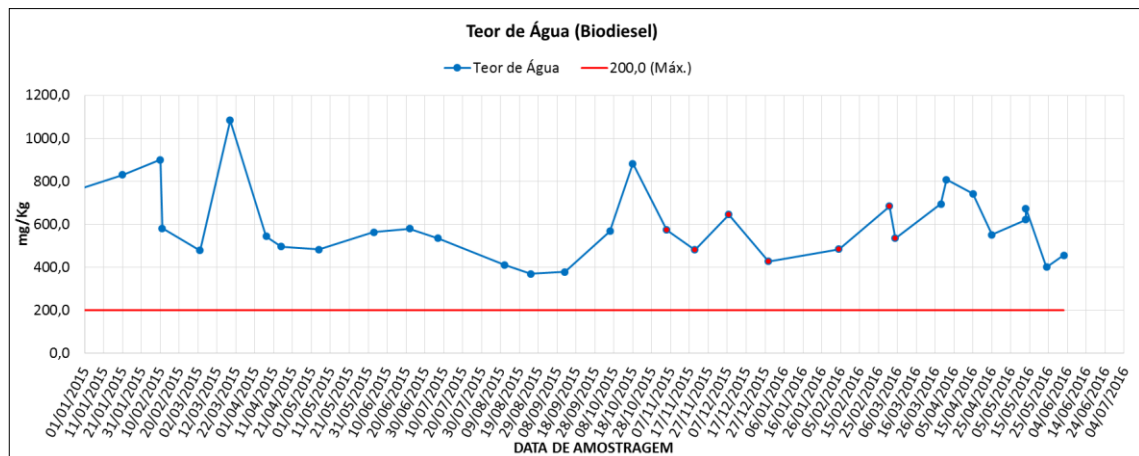


Fonte: Autor

2.3 TEOR DE ÁGUA MÉDIO DE 450 mg/kg

Conforme avaliação do estudo realizado por Oliveira (2016), foi observado o teor de água de biodiesel no ponto 6, que demonstra que desde o ano de 2014 possui uma tendência de estar acima do limite de especificação (Figura 3), ser um reflexo do perfil do produto comercializado considerando a demanda na região norte.

Figura 3 - Teor de água no biodiesel no ponto 6

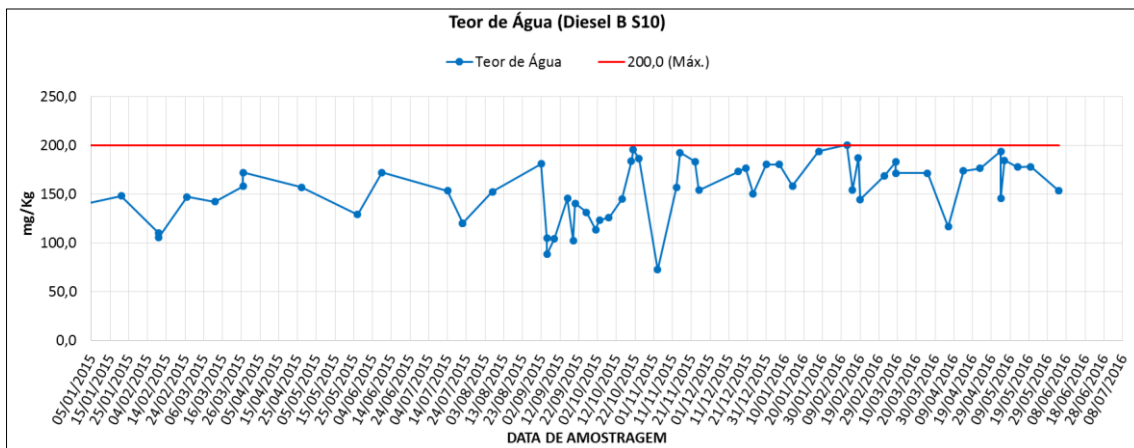


Fonte: Oliveira (2016).

2.4 ANÁLISE DO DIESEL RODOVIÁRIO B

Conforme avaliação do estudo realizado por Oliveira (2016), o diesel B S10 não está fora de especificação quando vai para o consumidor final (Figura 4). Apresenta em alguns pontos do estudo próximo do limite, sendo necessária uma avaliação e relação ao aumento programado do biodiesel com cronograma de aumento até 2023 para 15%. Isto pode aumentar o teor de água no Diesel B S10.

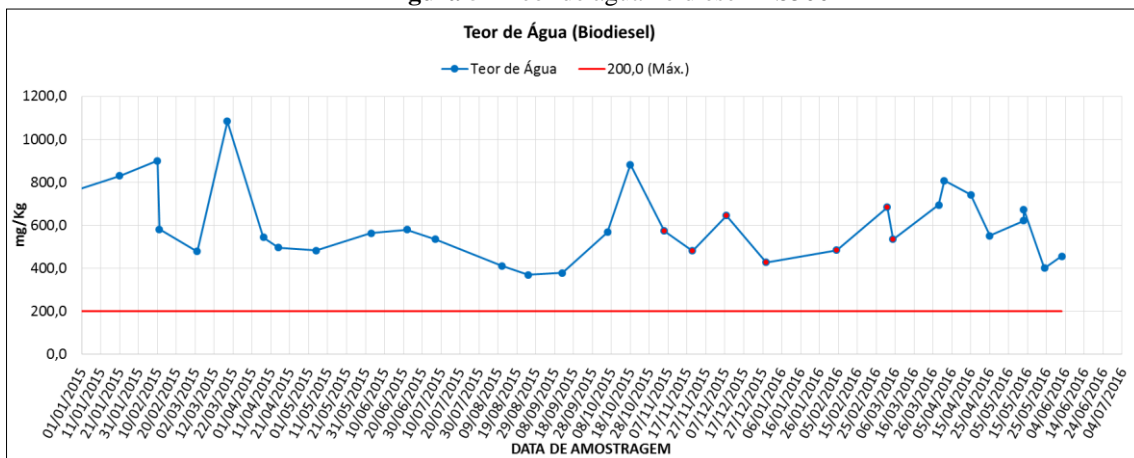
Figura 4 - Teor de água no diesel B S10



Fonte: Oliveira (2016).

O diesel B S500 não está fora de especificação quando vai para o consumidor final (Figura 5). E ainda apresenta uma certa folga em relação à margem especificada pela ANP, pois a média visível está acima de 400 mg/kg, o que não preocupa em relação ao aumento da proporção de biodiesel para 15% programada até 2023.

Figura 5 - Teor de água no diesel B S500



Fonte: Oliveira (2021a) e Oliveira (2021b).

4. CONCLUSÃO

Conforme avaliação realizada do estudo de Oliveira *et al* (2021) e de análises da norma que considera o clima como questão de ajuste por problemas semelhantes ao do biodiesel na região norte, foi verificado que são previstos tabelas e ajustes nas especificações da ANP n° 50, 2013. Na elaboração de tabela deve constar divisões dos diferentes climas do ano e entre os estados, bem como da própria norma do biodiesel ANP n° 45, 2014 para que não haja danos aos agentes regulados no ponto de entupimento a frio, da pressão de vapor da gasolina na ANP n° 807, 2020. Considera-se a pressão de vapor da gasolina por diferença climática e ponto de fulgor do diesel A S500 que se buscou apontar sugestões de adequações legais, a fim de que os agentes regulados da região norte não sejam prejudicados.

A análise sistemática sobre a norma avaliada confere condição de duas propostas de alteração de especificações de biodiesel, que considere as condições específicas da região e que sejam realizados estudos considerando a realidade das operações logísticas e climáticas dos agentes regulados dessa região. Isto se baseia em norma já existente, na qual é considerado o clima como parâmetro para diferenças climáticas no Brasil em pelo menos quatro leis aqui apresentadas e que de acordo com Aristóteles (2001, p. 92):

A expressão aristotélica ‘devemos tratar igualmente os iguais e desigualmente os desiguais, na medida de sua desigualdade que é utilizada para explicar o princípio da igualdade. Este é, inclusive, segundo considerável parcela da teoria jurídica um dos fundamentos do Estado Democrático de Direito.

Caso não haja tratamento equiparado para os agentes regulados da região norte, eles serão autuados quando forem fiscalizados e sempre estarão em desvantagens em relação a outros agentes econômicos que não possuem essas peculiaridades em suas operações e região, e se houver reincidências dessas autuações podem levar a perda da licença de operação do agente regulado.

Duas propostas são consideradas nesse trabalho: a primeira é que se aumente o limite de especificação de fiscalização do teor de biodiesel de 350 mg/kg para 450 mg/kg baseado no estudo já realizado; ou que se considere somente a especificação do teor de água do diesel B rodoviário, pois na normatização atual dos óleos diesel B, os mesmos não estão fora de especificação, portanto não causam prejuízo aos consumidores finais. O único prejudicado neste caso é o agente regulado que é o distribuidor de combustíveis, por precisar armazenar produto dentro das especificações estabelecidas pela ANP.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 14, DE 11.5.2012** - DOU 18.5.2012. nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/agosto/ranp_45_2014.xml. Acesso em: 24 de nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25.8.2014** - DOU 26.8.2014. disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>. Acesso em: 12 de maio. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 50, DE 23.12.2013** - DOU 24.12.2013. disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2013/dezembro&item=ranp-50--2013>. Acesso em: 12 de maio. 2021.

ARISTOTELES. **Ética a Nicômacos; tradução de Mário Gomes Kury**. 4ª Ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

BRASIL, **LEI Nº 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis n.º 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, v. XX, n. XX, data de publicação do diário onde a lei foi divulgada. Seção 1 de 14/01/2005, página 13.

BRASIL, **LEI Nº 13.874, DE 20 DE SETEMBRO DE 2019**. Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica; estabelece garantias de livre mercado; altera as Leis nos 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil), 6.404, de 15 de dezembro de 1976, 11.598, de 3 de dezembro de 2007, 12.682, de 9 de julho de 2012, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 10.522, de 19 de julho de 2002, 8.934, de 18 de novembro 1994, o Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946 e a Consolidação das Leis do Trabalho, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943; revoga a Lei Delegada nº 4, de 26 de setembro de 1962, a Lei nº 11.887, de 24 de dezembro de 2008, e dispositivos do Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966; e dá outras providências.

BRASIL. **Percentual obrigatório de biodiesel no óleo diesel sobe para 13%**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/03/percentual-obrigatorio-de-biodiesel-no-oleo-diesel-sobe-para-12>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Clima 2002 Clima – 1:5 000 000 Mapa de clima do Brasil 1:5 000 000 (pdf)**. Vetores. Disponível em <http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf>. Acesso em: 24 de novembro de 2021.

OLIVEIRA, E. P. *et al.* **Investigação do Teor de Água No Biodiesel Utilizado Na Composição do Diesel B Comercializado Por Uma Distribuidora de Combustíveis em Manaus/AM**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, pág. 89663-89680, Curitiba, 2021. Disponível em:

<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/35960/pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

OLIVEIRA, E. P. *et al.* **Perfil da qualidade do biodiesel, diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na região Norte do Brasil.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, pág. 110135-110152, Curitiba, 2021. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/40440/pdf>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2021.

OLIVEIRA, Eliomar Passos de. **Estudo do teor de água no biodiesel utilizado na mistura do diesel no Amazonas.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

SOUZA, D. A. A. de.; CORREA, A. P. da L.; SILVA, P. M. M. da. **Avaliação do potencial de misturas de antioxidantes naturais e sintético na estabilidade oxidativa de biodiesel.** Brazilian Journal of Development, v.7, n.2, p. 11782-11799, Curitiba, 2021. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24079>>. Acesso em: 26 fevereiro de 2021.

WANDA, Célia. **Amazônia – uma questão de ética, respeito e conhecimento.** Disponível em: <<https://cmqv.org/noticias/amazonia-uma-questao-de-etica-respeito-e-conhecimento/>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

3.3 Estudo e avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel comercializado na região norte do Brasil

Study and evaluation of the oxidative stability of biodiesel commercialized in the northern region of Brazil

Received: 2023-01-11 | Accepted: 2023-02-012 | Published: 2023-03-03

DOI: <https://doi.org/10.53660/CLM-909-23B55>

Eliomar Passos de Oliveira

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: eliomar.oliveira@atem.com.br

Dimas José Lasmar

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: jchaar@ufam.edu.br

Augusto César Barreto Rocha

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: augusto@ufam.edu.br

Everaldo de Queiroz Lima

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: everaldo.lima@atem.com.br

Helder de Melo Guerreiro

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: helder.guerreiro@atem.com.br

Fernando Aguiar Filho

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: fernando.aguiar@atem.com.br

Gilberto Batista do Carmo

Centro Universitário Luterano de Manaus, Brasil

E-mail: gilberto.carmo@atem.com.br

Francijane Pacheco de Macedo

Centro Universitário Fametro, Brasil

E-mail: francijane.macedo@atem.com.br

Ewald Pimentel Santos

Universidade Nilton Lins, Brasil

E-mail: ewald.santos@atem.com.br

Lucas Heugênio Brito de Oliveira

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: lucas.oliveira@atem.com.br

Maisy Ingrid Paes Rabelo Modesto

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: maisy.rabelo@atem.com.br

Jean Lucas da Silva Rodrigues

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: jean.rodrigues@atem.com.br

Karem Cristina de Souza Oliveira

Centro Universitário Fametro, Brasil

E-mail: karem.oliveira@atem.com.br

Pedro Paulo Nunes Barbosa

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: pedro.barbosa@atem.com.br

Felipe Passos de Castro

Centro Universitário Luterano de Manaus, Brasil

E-mail: felipe.castro@atem.com.br

Anna Walleria Guerra Uchoa

Centro Universitário Luterano de Manaus, Brasil

E-mail: anna.uchoa@lasalle.org.br

ABSTRACT

This study sought to assess the panorama of the biodiesel issue in northern Brazil, referring to the physical chemical parameter of oxidative stability. Data were collected between the years 2020 and 2021 in the cities of Manaus and Porto Velho, through routine collections in the tanks of the distribution bases and analyzes carried out in the research and fuel testing laboratory (LAPEC) located at the Federal University of Amazonas (UFAM). The results showed the disparity of the oxidative stability of biodiesel with the current standard, placing it beyond the minimum specification, affecting its mixture with diesel S10, however diesel S500 still remained below the maximum limit determined by the National Petroleum Agency, Natural Gas and Biofuels (ANP). Thus, investigations carried out on the action of diesel in its mixture with biodiesel, improving its oxidative stability, determined that the sulfur content represents a significant factor for this. Therefore, this work allowed prospecting the panorama of the quality of biodiesel in the northern region of the country, directing critical thinking towards the elucidation of the exposed bottlenecks.

Keywords: Oxidative stability; Biodiesel; Diesel; Fuel.

RESUMO

Este estudo buscou avaliar o panorama da questão do biodiesel na região norte do Brasil, referente ao parâmetro físico-químico da estabilidade oxidativa. Dados foram coletados entre os anos 2019 e 2021 nas cidades de Manaus e Porto Velho, através de coletas rotineiras nos tanques das bases distribuidoras e análises realizadas no laboratório de pesquisas e ensaios de combustíveis (LAPEC) localizado na Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os resultados evidenciaram a disparidade da estabilidade oxidativa do biodiesel com a norma vigente, colocando-o além da especificação mínima, afetando a sua mistura com o diesel S10, contudo o diesel S500 ainda se manteve abaixo do limite máximo determinado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Assim, investigações realizadas acerca da ação do diesel na sua mistura com o biodiesel, melhorando sua estabilidade oxidativa, determinaram que o teor de enxofre representa fator significativo para tal. Portanto, este trabalho permitiu prospectar o panorama da qualidade do biodiesel na região norte do país, encaminhando o pensamento crítico em prol da elucidação das dificuldades expostas.

Palavras-chave: Estabilidade oxidativa; Biodiesel; Diesel; Combustível.

INTRODUÇÃO

O biodiesel é um biocombustível produzido em larga escala em território brasileiro, sendo amparado pela legislação brasileira, representada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sua mistura ao diesel é obrigatória, movimentando a economia brasileira e atuando em prol do desenvolvimento sustentável, diminuindo a emissão de poluentes ao ambiente atmosférico.

Entretanto, a qualidade do combustível é uma preocupação dos órgãos responsáveis, a fim de garantir que a sua produção e distribuição esteja dentro de um padrão de conformidade seguro, utilizável e satisfatório. De fato, o grande desafio de normatizar para um país de extensão continental favorece o surgimento de diversas dificuldades, isto é, inconsistências entre diferentes realidades, como, por exemplo, a discrepância de umidade relativa e temperatura entre as regiões norte e sul.

São esses obstáculos que se apresentam para as distribuidoras de combustível. Com isso, este trabalho apresentou uma investigação da equipe do setor de qualidade da Atem's distribuidora de petróleo S.A através de tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia (PGBIOTEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), a fim de determinar a extensão da problemática da estabilidade oxidativa do biodiesel e suas misturas com diesel (Diesel S10 B e S500 B), visando obter dados precisos do panorama regional através das operações de duas cidades, Manaus-AM e Porto Velho-RO, abreviado como PVH, caracterizando, assim, as dificuldades enfrentadas e permitindo o caminhar à elucidação de tal dificuldade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A estabilidade oxidativa possui diversas ramificações de assuntos que a engloba, suas questões físico-químicas são essenciais para a discussão normativa acerca da segurança e qualidade do produto a ser recebido pelo consumidor final.

ESTABILIDADE OXIDATIVA

Segundo Lôbo, Ferreira e Cruz, 2009, a estabilidade oxidativa é um dado físico-químico que está relacionado com o grau de insaturação dos alquilésteres presentes na cadeia molecular do combustível, isto é, a alta concentração dessa insaturação mais susceptível está a molécula à degradação tanto térmica quanto oxidativa.

Combustíveis diesel são provenientes do petróleo, que por sua vez são formados por hidrocarbonetos e pequenas concentrações de alguns outros metais (BRUICE, 2006), portanto, sua natureza orgânica é essencialmente apolar, enquanto o biodiesel é formado por matérias-primas oriundas da natureza ricas em elementos hidroxilados, tal especificidade faz destes tão distintos.

Lôbo, Ferreira e Cruz, 2009, comentam que a alta temperatura e a exposição ao ar são fatores importantes que afetam as características do biodiesel, onde os estudos de Cavalcante *et al.*, 2018,

também descreveram a mesma informação, fazendo, assim, com que este esteja fora das especificações normativas brasileiras, caracterizando-o como não-conforme. O processo de oxidação forma moléculas de peróxidos, inicialmente, então demais produtos voláteis são gerados.

Uma das alternativas observadas em um dos anais do Encontro de Pesquisa e Inovação da Empresa, pelos autores Moura *et al.*, 2016, está na busca por aditivos, onde resultados de até 22,85 h foram obtidos, variando concentrações entre 150 a 3000 ppm. Entretanto tal metodologia encarece o produto, sendo uma alternativa não desejada pelas grandes distribuidoras.

NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA – ANP

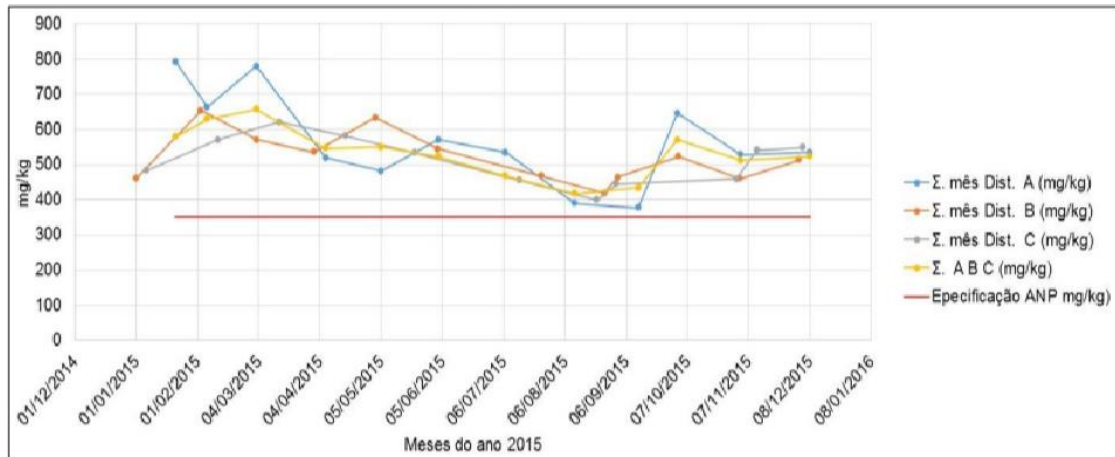
A resolução da ANP n° 45, 2014, publicada na DOU em 26 de agosto de 2014 dispõe sob as obrigações e o controle da qualidade do biodiesel, a fim de regulamentar a especificação técnica do mesmo.

A estabilidade oxidativa é uma preocupação considerável na norma, pois entende-se que as consequências da reação do biodiesel podem retirar o produto das especificações normativas. No 5° Art. § 4° é descrito sobre o biodiesel possuir baixa rotatividade, estando armazenado por mais de 1 (um) mês, onde este deverá ser certificado novamente, isto é, suas propriedades físico-químicas deverão reavaliadas; caso houver uma alteração máxima de 3,0 kg/m³ na sua massa específica apenas o teor de água, o índice de acidez e a estabilidade oxidativa deverão ser verificados.

A norma aceita como metodologia de análise da estabilidade oxidativa o padrão europeu EN 14112:2020 e 15751:2014, assim, os valores aceitos variaram conforme novas publicações oficiais. Atualmente, está em vigor a resolução n° 798, de 1° de agosto de 2019, publicado na DOU em 2 de agosto de 2019, onde está estabelece o valor da estabilidade oxidativa em 12 h, aumentando o rigor normativo.

RELAÇÃO COM A UMIDADE

O biodiesel é um combustível higroscópico, comprovado pelos estudos de Cavalcante *et al.*, 2018, e Oliveira *et al.*, 2021, onde observou-se que as condições climáticas da região norte afetam diretamente na qualidade e especificação do mesmo, assim, problemas normativos foram observados em toda região (Figura 1), por causa do alto teor de umidade, afetando, em cascata os combustíveis finais diesel S10 B e S500 B.

Figura 1 – Teor de água no biodiesel em três distribuidoras amazonenses

Fonte: Oliveira *et al.*, 2021.

Os estudos evidenciaram que o biodiesel presente nas distribuidoras da região norte está em desacordo com as especificações da ANP n° 45, 2014, pois nenhum dos dados coletados sequer favoreceram o valor do teor de biodiesel abaixo do máximo permitido.

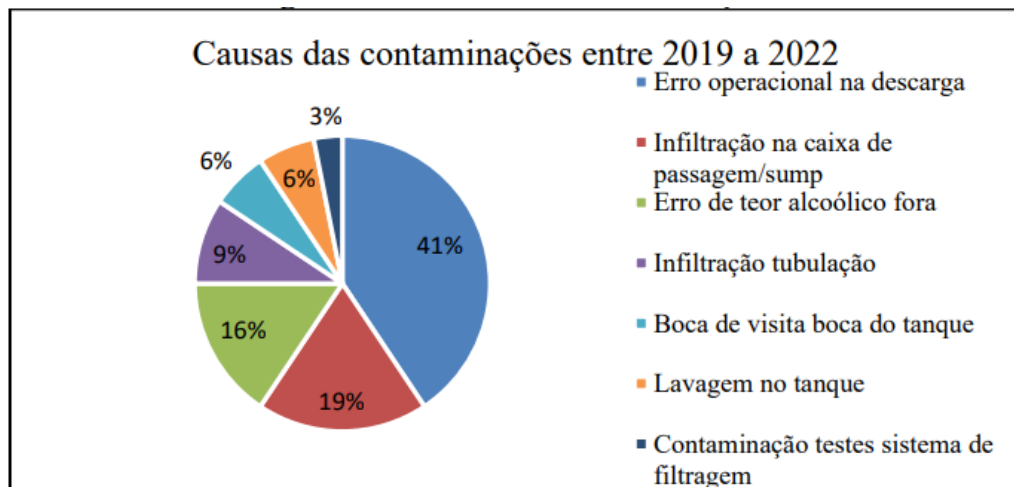
Os estudos de Oliveira *et al.*, 2021, destacam a preocupação da problemática com as especificações dos combustíveis biodiesel e diesel na região norte, haja vista a norma da ANP não considerar a situação climática e intempestiva da Amazônia, pondo em risco a segurança das distribuidoras quanto autuações e questões de adequação.

Portanto, a umidade presente no combustível favorece a presença de quantidades maiores de hidroxilas no meio, o que pode causar maiores instabilidades em relação à oxidação com o ambiente úmido da região amazônica, portanto, tal estudo é relevante e deve ser discutido para maiores esclarecimentos quanto ao assunto.

HISTÓRICO DE NÃO-CONFORMIDADES

Questões de não conformidade são problemas não incomuns nas distribuidoras, haja vista os desafios referentes ao controle da qualidade dos combustíveis por toda a extensão de atuação da mesma, o que envereda entre postos, usinas, veículos e demais atividades semelhantes a estas. Silva *et al.*, 2022, levantou dados quanto a não conformidades observadas em postos de gasolina, conforme Figura 2, e Silva *et al.*, 2023, descreveu as dificuldades avaliadas em usinas termoeletricas da região norte do país, tornando claro a questão multifacetária da qualidade nos anexos da distribuidora.

Figura 2 – Classificação das fontes de contaminação em postos de combustível



Fonte: Silva *et al.*, 2022.

Nos levantamentos acerca dos postos de gasolina e usinas termoelétricas os problemas gerais identificados estão no não cumprimento de procedimentos padrões de recebimento do combustível, na armazenagem inadequada nos tanques subterrâneos e na falta de manutenção dos equipamentos, ou seja, a diversidade de problemáticas é um obstáculo contínuo e todos os esforços necessários devem ser empregados para que a máxima qualidade possível dos combustíveis seja mantida.

METODOLOGIA

A obtenção de dados de estabilidade oxidativa de um dado combustível se dá através de testes físico-químicos com metodologias regulamentadas por órgãos internacionais, dessa forma, o laboratório segue um modelo de padronização a fim de manter um modelo global de estudo.

RECEBIMENTO, COLETA E LOGÍSTICA DO COMBUSTÍVEL

As atividades da distribuidora nas cidades de Porto Velho e Manaus englobam o rodoviário, fluvial (cabotagem), marítimo (exportação) e bombeio (por dutos), sendo estes dois últimas funções exclusivas da base distribuidora em Manaus. Dentre as ações da logística do combustível está o seu armazenamento, onde a distribuidora utiliza tanques aéreos com capacidades que variam entre milhares e milhões de litros.

Os combustíveis possuem alta rotatividade graças aos diversos meios de dissipação, sendo até possível transferências entre tanques, dessa forma, as operações provenientes de descargas de balsas, caminhões e navios se misturam nos tanques. Assim, operações de coleta e controle da qualidade são comuns na rotina da distribuidora.

Uma saca amostra conectada a uma corda é utilizada para coletar o combustível e uma garrafa de polietileno para armazená-lo, a atividade é realizada da seguinte forma:

- Lava-se duas vezes a saca amostra com o combustível que será feita a coleta;
- Lança-se a saca amostra até o fundo do tanque segurando-a pela corda;
- Arrasta-se a saca amostra até o topo rapidamente, puxando-a pela corda;
- Retira-se a saca amostra e deposita-se o combustível na garrafa de polietileno;
- Tapa-se a garrafa com batoque e por fim a mesma deve ser lacrada e identificada com os dados de rastreio.

Após tal procedimento o combustível é designado à análise laboratorial. Assim, coletou-se os resultados das amostras referente ao período de 2019-2020 em Porto Velho e 2019-2021 em Manaus.

ANÁLISE LABORATORIAL - PADRÃO DE NORMAS EUROPEIAS

Duas normas europeias são utilizadas como fundamento para as metodologias de análises, EN 14112:2020 e EN 15751:2014. Segundo tais normas, a determinação da estabilidade oxidativa é uma técnica utilizada em derivados de gorduras e óleos, pois são compostos por ésteres metílicos de ácidos graxos, comuns no biodiesel.

As normas são semelhantes, modificando apenas alguns aspectos da metodologia, mas, em linhas gerais, a EN 15751:2014 especifica a metodologia para combustíveis misturados com diesel, portanto, é pontual e especializada, enquanto a EN 14112:2020 possui metodologia generalizada para qualquer derivado de óleos e gorduras. A norma 15751:2014, na sua introdução, esclarece que a mesma foi desenvolvida tendo-se como base a EN 14112:2020.

A norma específica para combustíveis, EN 15751:2014, descreve que um dispositivo é necessário para a determinação da estabilidade oxidativa, suas partes essenciais são:

- Filtro de ar;
- Bomba de gás por membrana;
- Recipiente de reação;
- Célula de mensuração fechada;
- Eletrodos;
- Aparato de medição e armazenagem de dados;
- Tiristor e um termômetro de contato;
- Bloco de aquecimento ou banho termostático;
- Termômetro calibrado e certificado.

Muitos modelos de medidor de estabilidade oxidativa estão presentes no mercado, entretanto todos devem seguir o padrão determinado pela norma europeia a fim de se obter resultados padronizados em ordem internacional.

O método é nomeado de Rancimat e deve ser realizado no tempo mínimo de 6 h de indução.

Uma amostra do combustível é adicionada no recipiente de reação, sendo submetido à temperatura de 110 °C e sob um fluxo de ar. O condutivímetro acoplado à célula de mensuração será o responsável por detectar a presença de ácidos orgânicos voláteis, produzidos pela oxidação, que são condensados pela técnica de destilação. Assim, o tempo necessário para a comprovação da presença de ácidos orgânicos na célula de mensuração é denominado período de indução.

Os estudos laboratoriais foram realizados com o apoio do Laboratório de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis (LAPEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

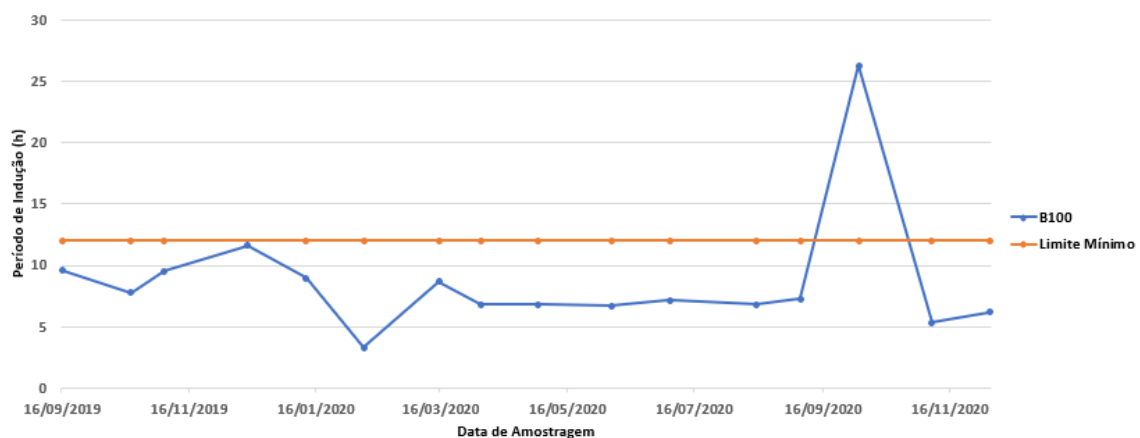
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos combustíveis analisados foram coletados conforme a metodologia exposta, dessa forma as informações apresentaram o comportamento da condição físico-química intrínseca da estabilidade oxidativa, evidenciando a caracterização geográfica imbuída nos mesmos, além de apresentar a distinção entre estes.

ESTABILIDADE OXIDATIVA EM PORTO VELHO – RO

Com a totalidade de 12 (doze) amostras coletadas o biodiesel apresentou comportamento majoritariamente não-conforme, exposto na Figura 3, possuindo apenas um único ponto fora da normalidade gráfica, o que pode ser considerada uma discrepância a ser desprezível para estes resultados.

Figura 3 – Estabilidade oxidativa B100 em PVH



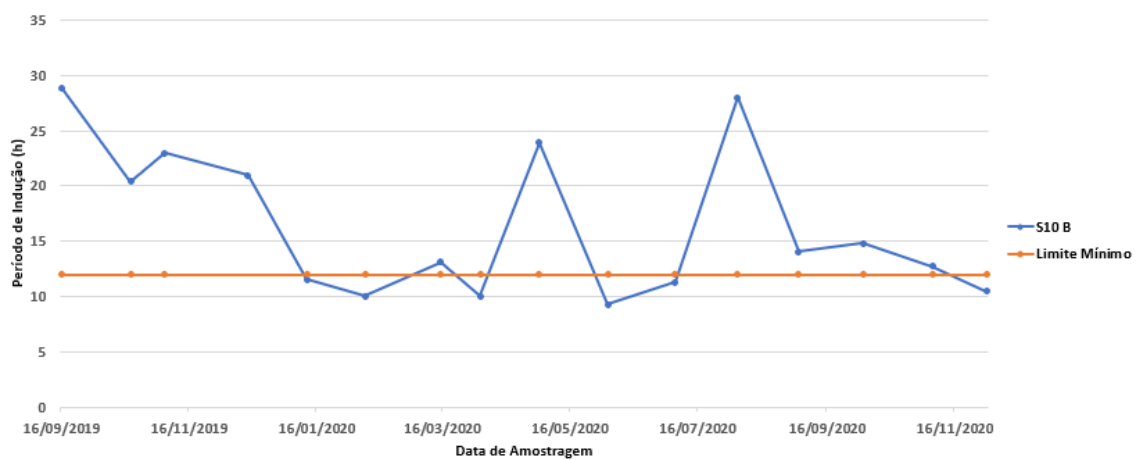
Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

Ao se desconsiderar o ponto de discrepância é possível determinar que a estabilidade oxidativa do biodiesel nas operações da cidade de porto velho são aproximadamente constantes, entre 5 (cinco) e 10 (dez) horas, ou seja, não há significativas variações nesse parâmetro, ao se considerar a avaliação dos dados de 11 (onze) meses de estudo.

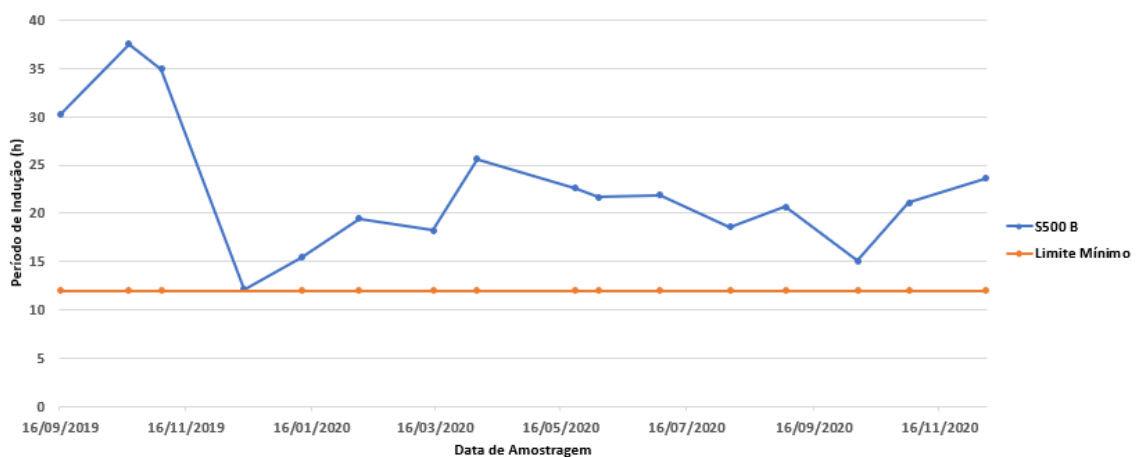
Em vista dos dados apresentados, tem-se que tal não-conformidade tende à permanência, caso não haja providências técnicas e operacionais. Dessa forma, a questão da estabilidade oxidativa é uma dificuldade juntamente com a umidade absorvida pelo combustível, infringindo as determinações da ANP n° 45, 2014.

Assim, verificou-se a estabilidade dos combustíveis diesel S10 e S500 após a adição normativa de biodiesel, cujos dados estão apresentados na Figura 4, onde percebeu-se a evolução gradual dos dados com a mudança de diesel, tendendo à conformidade.

Figura 4 – Estabilidade oxidativa dos combustíveis diesel S10 B e S500 B em PVH



(a)



(b)

Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

Enquanto o diesel S10 (Figura 4a), após absorver o biodiesel, eleva a sua estabilidade oxidativa, oscilando entre acima e abaixo do limite mínimo, o que não é satisfatório conforme parâmetros da ANP, o diesel S500 B (Figura 4b) consegue manter bons resultados em conformidade normativa.

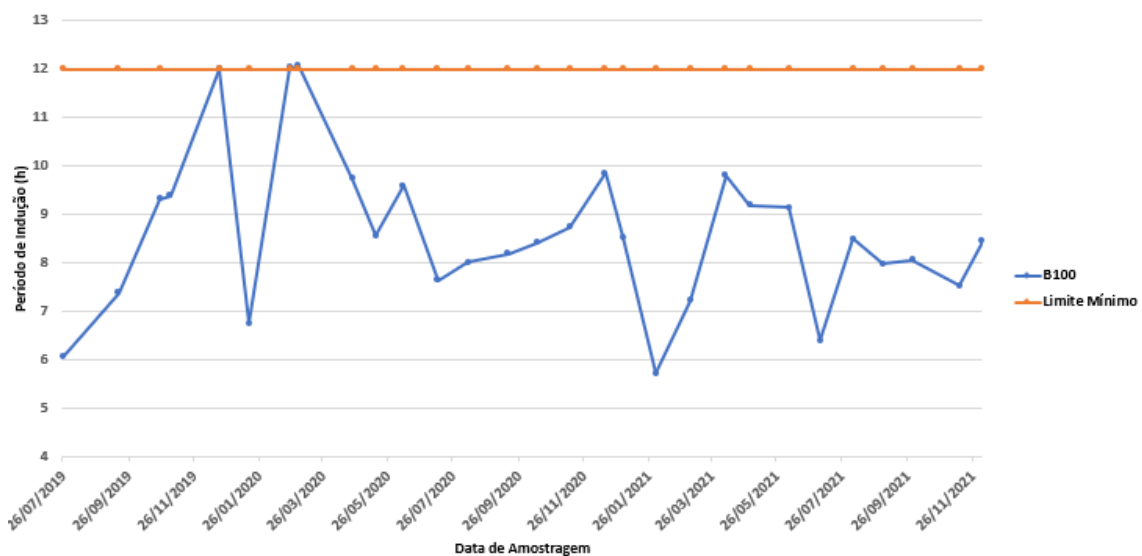
Os dados intensificam as preocupações de Lôbo, Ferreira e Cruz, 2009, e Cavalcante *et al.*, 2018, explanando os cuidados com o armazenamento prolongado do combustível, colocando em risco a qualidade destes contudo, é um caso a ser estudado, haja vista a rotatividade dos tanques das distribuidoras, com isso, investigações devem ser instigadas a fim de ser mais bem compreendido a magnitude das consequências causadas pela estabilidade oxidativa não-conforme na região norte.

Tais resultados convergem com os estudos de Oliveira *et al.*, 2021, pois semelhante à condição da estabilidade oxidativa observada se dá a umidade, o teor de água, presente, por meio de higroscopia, no biodiesel. Conforme o autor, os dados de umidade de diesel S10 B se mantém próximos ao limite máximo (200 mg/kg), enquanto o diesel S500 B se apresenta em conformidade com uma folga significativa, ao contrário do biodiesel, que está em sua totalidade fora dos parâmetros, semelhante à estabilidade oxidativa. Assim, determina-se que a estabilidade oxidativa é inversamente proporcional à umidade higroscópica do combustível.

ESTABILIDADE OXIDATIVA EM MANAUS – AM

Os dados de estabilidade oxidativa obtidos em Manaus foram compilados e expostos na Figura 5. O comportamento observado se apresenta semelhante aos dados de Porto Velho, ambas as cidades geraram a média da estabilidade em aproximadamente 8 (oito) horas, sendo 8,40 h em PVH e 8,0 h em Manaus.

Figura 5 – Estabilidade oxidativa B100 em Manaus



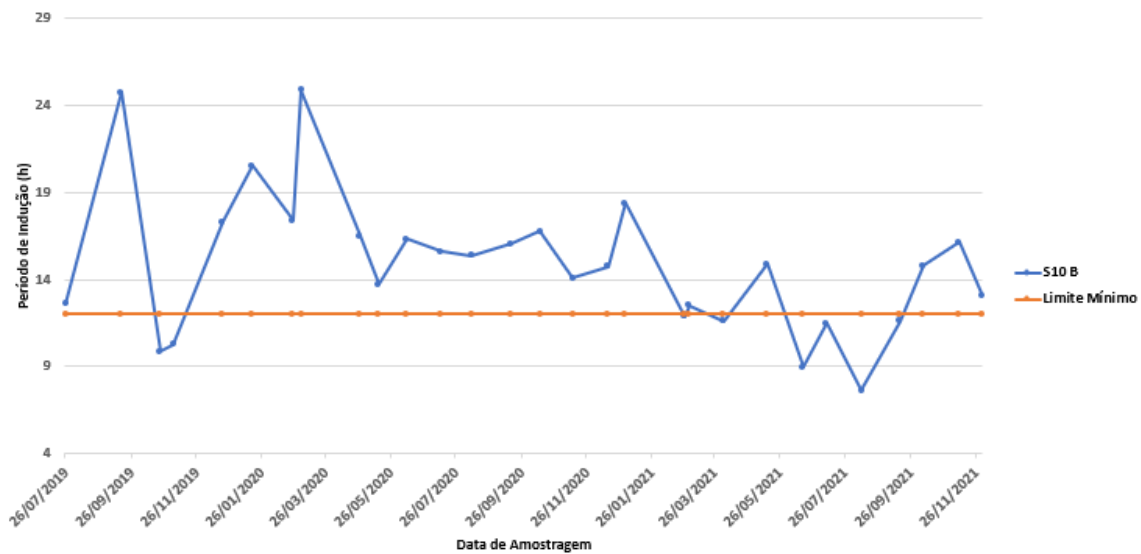
Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

A proximidade entre os dados obtidos em ambas as cidades evidencia um caso de uma dificuldade regional quanto ao atendimento dos parâmetros da ANP por parte do biodiesel e suas misturas. Essa discussão é coerente com as características regionais, conforme estudos de Oliveira *et al.*, 2021, que comprovou o problema da umidade no biodiesel na logística do combustível do centro do

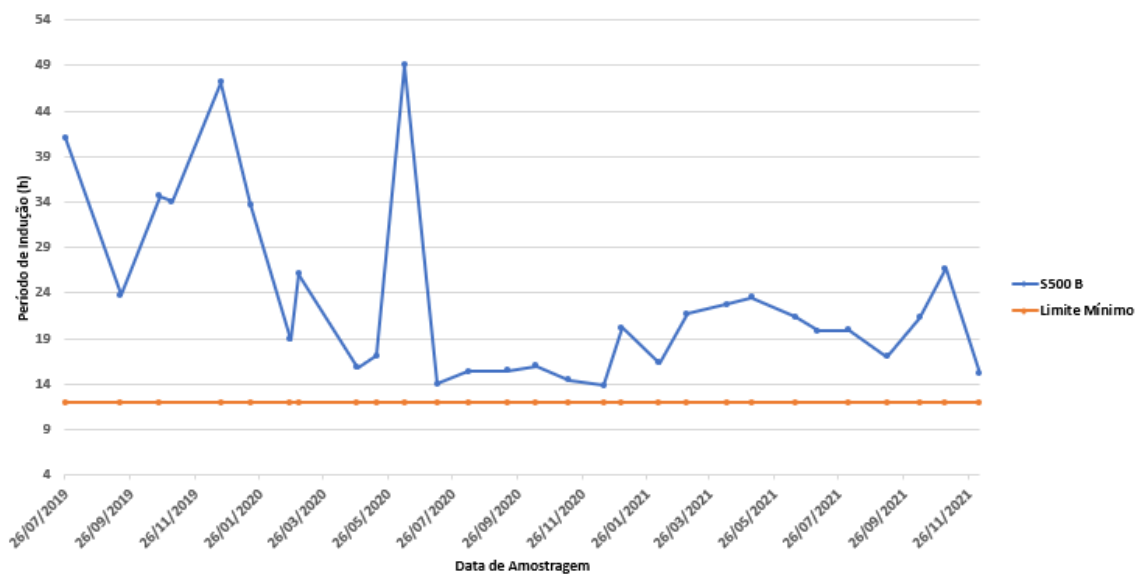
país (origem do biodiesel) até as distribuidoras da região Norte. Vale ressaltar que operações contínuas são realizadas entre a distribuidora Atem Manaus e Porto Velho, fortalecendo o argumento levantado, pois a troca entre combustíveis é comum.

Assim os dados investigativos acerca da estabilidade oxidativa do diesel S10 B e S500 B são apresentados na Figura 6. Ainda acompanhando a mesma semelhança com os dados de Porto Velho observados no biodiesel.

Figura 6 – Estabilidade oxidativa dos combustíveis diesel S10 B e S500 B em Manaus



(a)



(b)

Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

Os dados computados até então fundamentam esta investigação e dão subsídios suficientes para

que alternativas técnicas e operacionais sejam buscadas em prol da qualidade dos combustíveis conforme as normas vigentes. Assim, é importante ressaltar a forte correlação da umidade higroscópica com a estabilidade oxidativa, onde este se apresenta como provável estopim da não-conformidade.

Os resultados atestam a necessidade de providências, haja vista a estabilização dos dados, cuja tendência é constante, isto é, o comportamento sistemático dessas informações não possui projeções para alterações significativas na estabilidade oxidativa. Ademais, a proporção de adição de biodiesel aumentará em 15 %, conforme publicações da ANP (BRASIL, 2021), agravando as questões observadas até então.

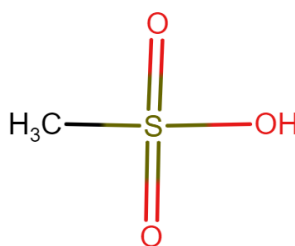
DISCUSSÃO ACERCA DA ESTABILIDADE OXIDATIVA NO COMBUSTÍVEL DIESEL

Os dados coletados dos combustíveis diesel B, expostos nas Figura 4 e 6, apresentaram uma melhora significativa de conformidade da estabilidade oxidativa na adição do biodiesel entre o S10 B e S500 B, abrindo o questionamento acerca da causa do favorecimento do diesel cuja concentração de enxofre é maior, no caso diesel S500.

O combustível diesel, como um derivado do petróleo, possui na sua estrutura básica o hidrocarboneto, contudo algumas moléculas de outros átomos também estão presentes, como as nitrogenadas e sulfonadas. O biodiesel possui ésteres em sua composição, já que o mesmo é oriundo de matéria prima orgânica, portanto, é natural que sua composição seja abundante em hidroxilas e ésteres, dessa forma, o enxofre presente no diesel reagirá com os átomos de oxigênio presentes no biodiesel formando o ácido sulfônico nas pontas das cadeias (Figura 7), conforme Bruice (2006).

Segundo a autora o ácido sulfônico possui pKa 21, classificando-o como forte, pois sua base conjugada se apresenta estável, por causa da deslocalização da carga negativa entre três átomos de oxigênio. Dessa forma, o enxofre se apresenta como um eficiente capturador de átomos de oxigênio, pela sua alta reatividade, estabilizando as estruturas das moléculas de ésteres presentes no biodiesel, ao substituí-las pelo ácido sulfônico.

Figura 7 – Ácido sulfônico



Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

Assim, compreende-se que pelo fato do diesel S500 possuir maiores concentrações de enxofre a estabilidade oxidativa aumenta, pois os ésteres e as moléculas de oxigênio presentes no biodiesel, que são responsáveis pela reatividade oxidativa do mesmo, são atacadas pelo enxofre, portanto, os desafios para combustíveis com menores concentrações de enxofre se apresentam maiores, apesar da contribuição ao desenvolvimento sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, como parte da discussão da tese de doutorado do PGBIOTEC, alcançou resultados que expressam, em tese, a realidade da logística operacional do combustível biodiesel na região norte do país, assim, tornou-se possível a descrição de um panorama regional. As cidades de Manaus e Porto Velho apresentaram resultados próximos da igualdade, com comportamentos tais quais semelhantes, portanto, considerando a movimentação de combustíveis interligada em toda região norte do país e a origem única do biodiesel, na região centro-oeste do país, entende-se, com isso, que possivelmente os resultados apresentados neste trabalho conferem à realidade da quantidade majoritária dos combustíveis comercializados na região norte do país, necessitando de novos estudos em diferentes locais distribuídos pela região para uma coleta de dados representativa.

Assim, através desta pesquisa, é possível direcionar pensamentos críticos e elucidativos em prol da resolução de tal problemática, seja por meios operacionais, logísticos ou reacionais, pois tanto o biodiesel quanto o diesel S10 B se apresentam além dos limites estabelecidos pela ANP. A discussão se torna ainda mais expressiva com o aumento da adição de biodiesel nos combustíveis diesel em 2023, agravando a problemática e colocando em risco a conformidade do diesel S500 B, único que ainda se mantém dentro do limite de estabilidade oxidativa normativa aceitável até a publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

ANP. **Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014** – DOU de 26-08-2014. Disponível em < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=2740642007> >. Acesso em 11 de fev. 2023.

ANP. **Resolução nº 798, de 1º de agosto de 2019** – DOU de 02-08-2019. Disponível em < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=381216#:~:text=Altera%20a%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20ANP%20n%C2%BA,da%20caracter%C3%ADstica%20estabilidade%20%C3%A0%20oxida%C3%A7%C3%A3o.>> >. Acesso em 11 de fev. 2023.

BRASIL. **Mistura de biodiesel ao diesel**. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em < https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3 >. Acesso em 12 de fev. 2023.

BRUICE, Paula Yurkanis. Química orgânica: Paula Yurkanis Bruice. **Pearson Prentice Hall**, 2006.

CAVALCANTI, E. H.; ZIMMER, A. R.; BENTO, F. M.; FERRÃO, M. F. **Chemical and microbial storage stability studies and shelf life determinations of commercial Brazilian biodiesels stored in carbon steel containers in subtropical conditions**. Fuel, v. 236, p. 993-1007, 2019.

EUROPEAN STANDARD. **SIST EN 14112:2020** - Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test). European Committee for Standardization: 2020.

EUROPEAN STANDARD. **SIST EN 15751:2014** - Automotive fuels - Fatty acid methyl ester (FAME) fuel and blends with diesel fuel - Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method. European Committee for Standardization: 2014.

LÔBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Química nova, v. 32, p. 1596-1608, 2009.

MOURA, Nayara Neiva; DUTRA, Rodrigo Bastos Cesarino; SOARES, I. P. **Avaliação da estabilidade oxidativa do B100 com o uso de aditivos comerciais e Extrativos**. 2016.

OLIVEIRA, E. P.; OLIVEIRA, T. C.; SILVA; E. L.; LIMA; E. Q.; SOUZA, M. S.; MACEDO; F. P.; CARMO, G. B. **Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.12, ISSN: 2525-8761 p. 121730-121743 dec. 2021.

SILVA, E. L. DA., OLIVEIRA, E. P. DE, LASMAR, D. J., GALL, J. P. DE M., UCHOA, A. W. G., MACEDO, F. P. DE, CARMO, G. B. DO, LIMA, E. DE Q., & GUERREIRO, H. DE M. (2022). **Investigação de contaminação de combustíveis em rede de postos e a relação com as resoluções descumpridas**: Investigation of fuel contamination in a gas station network and the relationship with non-compliant resolutions. Brazilian Journal of Development, 8(10), 70241–70261. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-349>.

SILVA, E. L., de Oliveira, E. P., Gall, J. P. de M., Filho, F. A., Uchoa, A. W. G., Lasmar, D. J., Lima, E. de Q., do Carmo, G. B., de Macedo, F. P., & Guerreiro, H. (2023). **Investigação das causas de não conformidades legais na qualidade dos combustíveis de usinas termoeletricas na região Norte do Brasil**. Concilium, 23(1), 16–30. <https://doi.org/10.53660/CLM-814-23A62>.

3.4 Assessment of the problems of Brazilian biofuels policy and the proposal for an operational solution for distributors in the north

Avaliação da problemática da política brasileira de biocombustíveis e a proposta de solução operacional para distribuidoras do norte

<https://doi.org/10.53660/CLM-2443-23539>

Eliomar Passos de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3227-1347>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: eliomarquimico@yahoo.com.br

Dimas José Lasmar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0473-9876>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br

Jamal da Silva Chaar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2697-0278>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: jchaar@gmail.com

Everaldo de Queiroz Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6887-4594>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: everaldolima.am@gmail.com

CPF: 009.613.812-21

Helder de Melo Guerreiro

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8214-8645>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: helder.guerreiro@atem.com.br

ABSTRACT

This work sought to combine bibliography, critical analysis and operability into a set of evaluations regarding the Brazilian biodiesel policy, discussing the necessary efforts that a distributor in the northern region of the country must make to comply with the specifications of the National Agency for Petroleum, Biofuels and Gas Natural (ANP), regulator and supervisor at national level regarding the water content present in biodiesel. A distributor provided space for the construction of a filtration system using two filter elements available on the fuel market, Clean Diesel and Donaldson, mostly applied to diesel, and thus operational tests were developed to evaluate their effectiveness in filtering biodiesel (B100) and the consequent mitigation of water content. In fact, both resulted in an effectiveness greater than 10%, however Donaldson showed a maximum effectiveness of 34%, surpassing Clean Diesel with values close to 10%, in terms of reduction compared to the initial content. The Donaldson filter presented rapid saturation against the continuity of Clean Diesel, generating data that could be fundamental for future research and applications.

Keywords: Biodiesel, Fuel, Filter, Brazil.

RESUMO

Este trabalho buscou concatenar bibliografia, análise crítica e operacionalidade em um conjunto de avaliações acerca da política brasileira de biodiesel, discutindo acerca dos esforços necessários que uma distribuidora da região norte do país deve realizar para se enquadrar às especificações da Agência Nacional do Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural (ANP), regulamentadora e fiscalizadora em âmbito nacional no que tange ao teor de água presente no biodiesel. Uma distribuidora cedeu espaço para a construção de um sistema de filtragem utilizando dois elementos filtrantes disponível no mercado de combustíveis, Clean Diesel e Donaldson, majoritariamente aplicados à diesel, e assim desenvolve-se testes operacionais para avaliação da sua eficácia na filtragem de biodiesel (B100) e a consequente mitigação do teor de água. De fato, ambos resultaram em eficácia superior a 10 %, contudo Donaldson apresentou máxima eficácia 34 % que sobrepujando Clean Diesel com valores próximos de 10 %, no tocante a redução comparada ao teor inicial. O filtro Donaldson apresentou rápida saturação contra a continuidade do Clean Diesel, gerando dados que podem ser fundamentais para pesquisas e aplicações futuras.

Palavras-chave: Biodiesel, Combustível, Filtro, Brasil.

INTRODUÇÃO

CONTEXTO DA PROBLEMÁTICA SOCIOECONÔMICA

Além do incentivo por meio da adição de biodiesel no diesel o governo brasileiro já estudava em 2016 um plano de desenvolvimento dos biocombustíveis, principalmente etanol e biodiesel, nomeado de RenovaBio – Biocombustíveis 2030, pois foi lido a meta de triplicar a produção de biocombustíveis até o dito ano, onde o então ministro de minas e energia Fernando Coelho declarou que o objetivo do plano seria dar tranquilidade, estabilidade e previsibilidade para os investidores do setor (Ubrabio, 2016).

Brasil assumiu o compromisso no acordo de Paris na data de 21 de setembro de 2016, por meio da ratificação das suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). Assim, o país comprometeu-se a reduzir as emissões de gases estufa em 37 % abaixo dos níveis de 2005, em 2025, mantendo a evolução dessa contribuição até atingir os desejáveis 43 % em 2030 (Brasil, 2017).

O acordo de Paris foi o precursor do RenovaBio, gerando o estímulo e fundamentos necessários para uma movimentação nacional para os desdobramentos com biocombustíveis, contudo, as discussões e preocupações levantadas pela Petrobrás em 2017 não se podem dar por concluídas. Grangeia, Santos e Lazaro (2021) adicionou aos estudos socioeconômicos do caso a emergência da pandemia de COVID-19 como uma imprevisibilidade de alto risco negativo, pois cenário da incerteza se instalou no Brasil e no mundo, não se sabendo ao certo como os incentivos governamentais podem afetar o mercado de commodities e a venda de combustíveis.

Lazaro e Thomaz (2021) levantaram dados e avaliaram a presença dos stakeholders no desenvolvimento da política do plano RenovaBio desde sua construção até sua consolidação por meio da ANP. Os autores atestaram que algumas lacunas estão presentes ao se observar a estruturação dos stakeholders, onde não se identificou a presença de participantes de Organizações Não Governamentais (ONGs) que se posicionam contra os biocombustíveis ou os apoiadores dos combustíveis fósseis, afetando a lisura do processo.

Os autores apontaram para as preocupações levantadas ao se discutir sobre o programa, como a sustentabilidade, o correto uso das terras, que são meios de produção de commodities, se tornando concorrentes do biodiesel, além do quesito econômico, através dos investimentos do mercado de carbono, apresentado do Artigo 6 do Acordo de Paris.

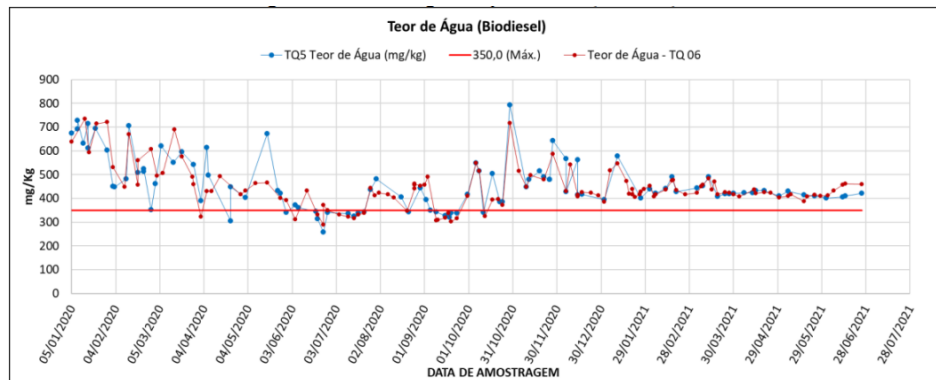
A ANP tem estado presente no desenvolvimento do assunto, assumindo seu papel executivo na concatenação governamental brasileira, assim, realizando consultas públicas desde 2018 e implementando normas compulsórias para atender às metas do plano RenovaBio (Lazaro e Thomaz, 2021). Contudo, apesar dos esforços da agência para determinar diretrizes de utilização e manuseio dos combustíveis no Brasil é válido ressaltar as dificuldades de se cumprir com requisitos operacionais, logísticos e físico-químicos num país com dimensões continentais.

Oliveira *et al.* (2021) realizou estudos de qualidade de combustível na região norte do país e expos trabalhos abordando a problemática encontrada por meio de análises laboratoriais. Entre os parâmetros de qualidade determinados pela ANP para o diesel e biodiesel está o teor de água, sendo o valor representativo das partículas de água presente no seio do combustível em nível molecular, isto é, imperceptível ao olho nu, sendo verificado por metodologia de Karl Fischer (ANP, 2023).

O agravante detectado por Oliveira *et al.* (2021b) está relacionado intrinsecamente à região quente e úmida predominante sobre o norte do país, pois as características newtonianas e sua viscosidade permitem a troca gasosa e transferência de massa entre o seio do líquido e a área externa a este, isto é, caracterizando-o como higroscópico (Cremasco, 2021).

Por essa condição a umidade abundante no local, podendo chegar a valores próximos de 100 % segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE (2023), causa aumento significativo no teor de água do biodiesel, gerando resultados acima do determinado pela ANP (Figura 1), enquadrando as distribuidoras da região numa posição de impotência diante da natureza inevitável do biocombustível e a sua logística.

Figura 1 – Teor de água presente no biodiesel da região norte do Brasil



Fonte: Oliveira *et al.*, 2021b.

As informações apresentadas na Figura 1 evidenciam a problemática do teor de água no biodiesel, o histórico ultrapassa limites estabelecidos pela então norma vigente ANP 45/2014, que estabelecia 200 mg de água/kg de combustível para o biodiesel, contudo um valor de 150 mg/kg acima era permissível pela ANP especificamente para distribuidores, resultando em 350 mg/kg.

É então na data de 5 de abril de 2023 que se publica na DOU a resolução ANP 920, de 4 de abril de 2023, atualizando as diretrizes referente ao biodiesel acerca do controle da qualidade a ser observado pelos agentes econômicos que atuam com o produto. Contudo, mesmo após publicações e temas acerca da questão da umidade intrínseca à região norte a norma atualizadora não abordou qualquer assunto sobre, nem revisou os limites de teor de água, mantendo o padrão da ANP 45/2014.

O cenário da normatização da ANP contra os problemas levantados por Oliveira *et al* (2021b), sobre as dificuldades logísticas e operacionais para se manter os padrões de qualidade, somado às discussões de Grangeia, Santos e Lazaro (2021) e Lazaro e Thomaz (2021) acerca das políticas do biodiesel e das incertezas socioeconômicas acerca do tema demonstram a descontextualização política brasileira acerca do biodiesel.

Alternativas operacionais, normativas ou físico-químicas não são apresentadas pela ANP, principal órgão executivo e fiscalizador de combustíveis, nem pelo governo federal através do ministério de minas e energia, restando especulações e pesquisas de metodologias e estudos que possam mitigar tal agravante a fim de se adequar às exigências nacionais.

ALTERNATIVAS DE MITIGAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

Estudos como de Faccini (2008) são promissores, pois apontam para futuras tecnologias a serem aplicadas a fim de purificar o biodiesel, pois seu trabalho buscou meios de aplicá-lo em contexto industrial, avaliando sua aplicabilidade e compatibilidade com as especificações da ANP. Semelhantemente Orihuela *et al.* (2019) realizou estudos computacionais a fim de verificar a

possibilidade de filtração de diversos combustíveis, incluindo biodiesel no ato da sua combustão.

Ambos os estudos abrem o leque do contexto científico acerca da purificação do biodiesel, onde temos que na verdade, há uma necessidade de se avaliar a qualidade dos produtos que estão sendo produzidos, distribuídos e consumidos pelo país, isto é, a verificação da sua qualidade desde a produção até o consumo. A aplicação da simulação numérica de Orihuela *et al.* (2019) apresenta um avanço nos questionamentos acerca da modelagem matemática, pois direciona pesquisas para métodos alternativos de filtragem que podem ser avaliadas por simulação, investigando alternativas e buscando estratégias, materiais e condições operacionais para melhorar a eficiência de filtragem do biodiesel em todas as suas etapas.

Este trabalho busca implementar a filtragem do biodiesel em modo operacional em escala piloto, desenvolvendo técnicas práticas de mitigação do teor de água, utilizando grandes quantidades de biodiesel em uma distribuidora da região norte do Brasil e filtros consolidados no mercado de combustíveis voltados para combustíveis diesel. Busca-se contribuir com os estudos acerca da filtragem do biodiesel, esclarecendo suas aplicabilidades e encontrando soluções para o problema da normatização descontextualizada com a região norte do país.

MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação dos estudos envolveu a construção de um projeto físico utilizando meios de transferir grandes quantidades de volume de biodiesel para filtragem, a fim de simular operações a granel. Dessa forma, este estudo utilizará o espaço de uma distribuidora de combustíveis como laboratório operacional buscando encontrar resultados que possam contribuir para a busca de soluções aos gargalos do biodiesel.

Os filtros escolhidos foram concebidos pela empresa Donaldson filtration solutions, fornecedor internacional, e um de fornecedor nacional, denominado de Clean Diesel. Ambos foram projetados para combustível diesel, visando a retenção de impurezas e água livre, assim, este trabalho buscará atestar se os materiais de tais filtros geram resultados positivos para a filtragem de biodiesel e a mitigação de água molecular (teor de água).

FILTRO DE MARCA DONALDSON

O filtro Donaldson utilizado na sistemática experimental, é classificado conforme modelo DBB0248, que é acoplado ao tubo de distribuição P561880 (Figura 2).

Figura 2 – Cartucho utilizado (a) e tubo de distribuição (b)



Fonte: Donaldson, 2023.

O cartucho DBB0248 é um filtro absorvedor de água originalmente projetado para realizar operações com diversos tipos de combustíveis e biocombustíveis, contudo sua aplicação majoritária se dá em óleos diesel. Seu material não é projetado para remoção de particulados conforme informações técnicas.

A fornecedora descreve que a retenção de água livre é instantânea, sendo necessário apenas uma filtragem para que a remoção ocorra eficientemente. O filtro foi projetado para atuar também em conjunto com outros, para que a remoção de particulados seja realizada, evitando o envenenamento do material filtrante.

O tubo de distribuição P561880 permite a instalação de quatro cartuchos construído aço carbono suportando fluxo de até 250 gpm ou 946 lpm. Sua estrutura segmenta os fluxos em paralelo, sendo dois cartuchos para cada lado, aumentando a vida útil dos filtros e reduzindo a perda de carga.

O conjunto tubo de distribuição e cartuchos são facilmente conectados à sistemas de tubos e conexões, sendo flexível para ser aplicado em casos e locais diversos, sendo assim ideal para os estudos deste trabalho.

FILTRO CLEAN DIESEL

O filtro fornecido por uma empresa brasileira foi projetado para ser inserido dentro de uma grande carcaça (Figura 3), destinado para a geração de energia, petroquímica, embarcações, maquinário agrícola, tanques e armazenamento.

Figura 3 – Elemento filtrante nacional (a) e carcaça (b)



Fonte: Autoria própria, 2023.

Segundo a fornecedora o filtro possui compatibilidade química com diesel, gasolina e querosene, sendo seus materiais de produção listados pelo Federal Drug Administration. Diferente do filtro da Donaldson o Clean Diesel também atua na retenção de contaminantes, realizando a separação conjunta de água e impurezas.

A sua carcaça metálica é projetada conforme tamanho e quantidade de filtros utilizados, além do mais sua estrutura é desmontável permitindo maior flexibilidade para operações múltiplas e diversificadas conforme a necessidade do cliente. Dessa forma, este trabalho utilizou duas carcaças onde cada possuía 7 elementos filtrantes de 30” de comprimento e 10 micrômetro de porosidade.

O material filtrante atua em temperaturas de até 70 °C, seu tempo de troca recomendado se dá conforme perda de carga de 2,3 Bar a 20 °C. A fornecedora afirma que o filtro é projetado para atuar a vazão de 600 L/h (litros por hora) para cada 10” de comprimento.

ANEXOS E COMPLEMENTOS DA ESTRUTURA DE FILTRAGEM

Ambos os filtros foram montados em um único sistema, interconectados por tubulações de aço carbono e uma base móvel de ferro (Figura 4). Os filtros não se complementam, portanto foram realizados testes separados, utilizando da mesma entrada, porém saídas distintas. Explicando, a entrada possui um jogo de duas válvulas direcionando o fluxo para cada filtro, assim as duas linhas passam entre as carcaças e terminam em saídas distintas, isto é, não se misturam.

A estrutura compreende os itens especificados na Tabela 1. Sua estrutura móvel foi ideal para a locomoção do sistema físico que resultou em aproximadamente 200 kg de peso, assim os testes tiveram praticidade e flexibilização.

Tabela 1 – Anexos às carcaças dos filtros

Item	Descrição
Bomba centrífuga	Modelo KSB 15 Cv / 4 Bar
Válvulas	Total: 5
Relés	Total: 2
Chave de Partida	Weg SSW 07
Manômetros	Total: 4

Fonte: Autoria própria, 2023.

Dois manômetros foram direcionados para cada filtragem. No tubo de distribuição Donaldson foram instalados nas conexões de entrada e saída, já na carcaça Clean Diesel instalou-se no topo das colunas.

O quadro de energia da estrutura foi montado com dois relés e uma chave de partida do tipo soft-starter, isto é, chave de partida estática, destinada à aceleração, desaceleração e proteção de motores de indução trifásicos, pois através do controle da tensão aplicada ao motor, mediante o ajuste do ângulo de disparo dos tiristores, permite obter partidas e paradas suaves.

O combustível foi transferido dos tanques da distribuidora para um caminhão-tanque por meio de uma plataforma de carregamento. Assim transferiu-se 25 m³ de biodiesel para 5 tanques de 5 m³ de capacidade, mantendo um tanque vazio para recebimento do produto filtrado.

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

A amostragem do combustível se manteve baseada na norma brasileira ABNT NBR 14883, que dispõe acerca da amostragem manual de petróleo, seus derivados e biocombustíveis. Assim, as técnicas utilizadas neste trabalho são classificadas em duas: amostragem corrida e amostragem composta.

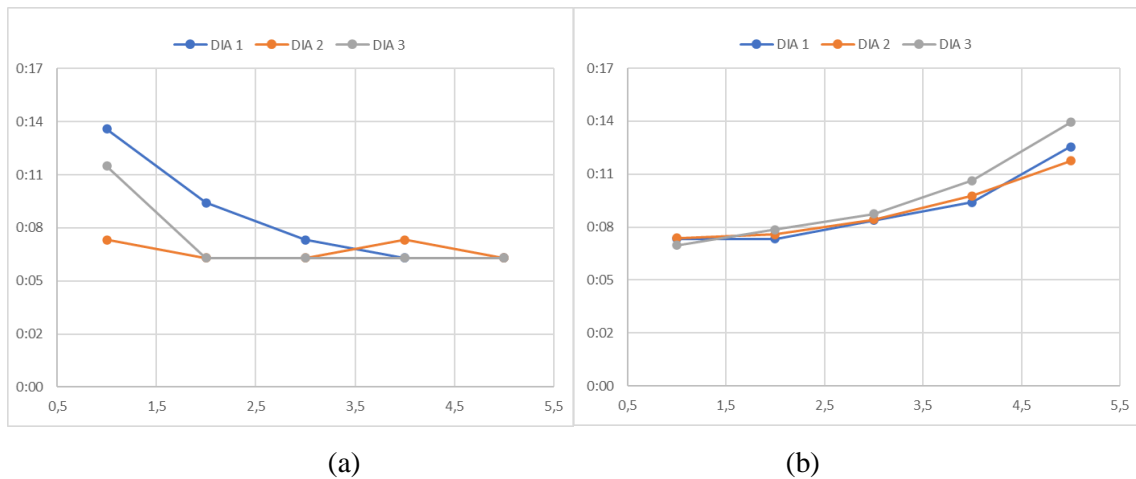
Em todo caso, qualquer amostra a ser coletada deve ser armazenada conforme ANP 44/2013, que determina o uso de garrafas de polietileno opacas para manuseio, transporte e armazenagem de amostras, e conforme Norma Regulamentadora brasileira de número 20, acerca das devidas providências a serem tomadas sobre segurança e saúde com amostras de combustíveis.

Após as filtrações, amostras corridas foram coletadas e devidamente identificadas com a numeração do respectivo tanque do caminhão: tanques C1, C2, C3, C4 e C5. As amostras foram analisadas no Laboratório de Pesquisas e Ensaios de Combustíveis (LAPEC), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), e em mais dois laboratórios comparativos aqui nomeados A e B, onde realizou-se os estudos de teor de água, ponto de fulgor e estabilidade oxidativa.

RESULTADOS OPERACIONAIS

Os resultados operacionais referentes ao tempo cronometrado para os respectivos dias de testes são apresentados na Figura 5, onde se destacam as diferenças opostas de comportamento entre os filtros Celan Diesel e Donaldson.

Figura 5 - Medição de tempo de filtragem com clean diesel (a) e Donaldson (b)



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os dados do tempo de operação para Clean Diesel (Figura 6a) indicam que os momentos iniciais apresentaram maiores valores possivelmente pelo estado estático que o material filtrante se encontrava, necessitando de lubrificação interna, apresentando maior resistência à passagem do produto. A estabilidade do tempo de operação observada denota a permanência da eficácia de filtragem, portanto não ocorrendo saturação, dessa forma o elemento filtrante presente no sistema se manteve insubstituível nos três dias.

Por meio da visualização gráfica dos dias de testes percebe-se que a resistência encontrada nos primeiros tanques é diminuída gradativamente, o que indica que o filtro Clean Diesel necessita de acomodação ao sistema e ao combustível, tendendo à estabilidade conforme a utilização.

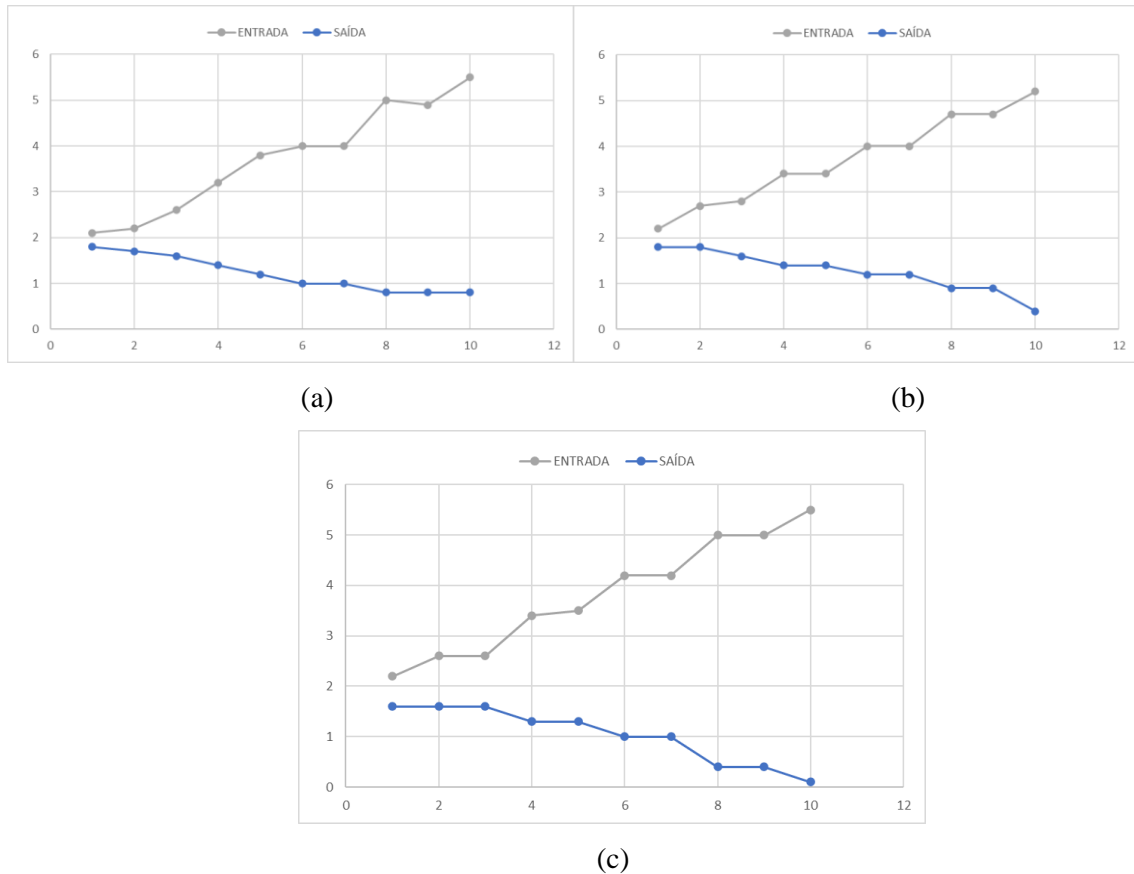
A pressão de filtragem na saída se manteve em valores próximos a 2,0 bar. O singelo desenvolvimento de saturação futura pôde ser detectado através da medição entre o primeiro e último dia. Mediu-se pressão de saída de 1,8 a 1,9 bar no Dia 1, enquanto no Dia 3, após 75 m³ de biodiesel filtrados, a pressão medida encontrava-se entre 2,1 e 2,2 bar.

Em contraposição, o filtro Donaldson (Figura 6b) apresenta o comportamento padrão de saturação, iniciando suas operações com o tempo de 8 minutos, contudo após 25 m³ a medição retorna para 14 minutos na mesma filtragem. Assim, tornou-se necessária a substituição do elemento a cada dia de testes.

Ademais, através das medições da pressão na entrada e saída do sistema com o filtro Donaldson

(Figura 7) desenhou-se o desenvolvimento da saturação, onde é ressaltado o comportamento inversamente proporcional entre as variáveis.

Figura 7 – Pressão de entrada e saída Donaldson, Dia 1 (a), Dia 2 (b) e Dia 3 (c)

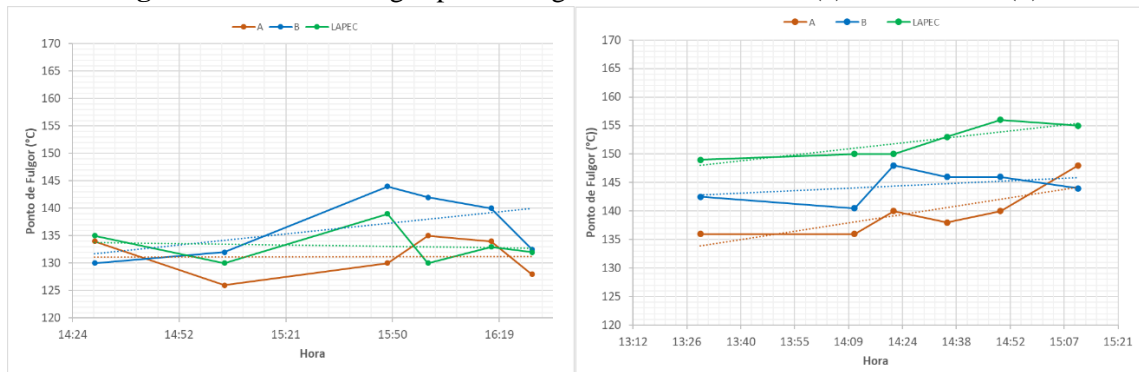


Fonte: Autoria própria, 2023.

Com dez pontos de medição totais, sendo o início e fim de cada etapa de operação, o desenvolvimento gráfico dos Dias 1, 2 e 3 (Figura 7) se apresentam em comportamento padrão com poucas nuances distintas. O aumento da pressão de saída, atingindo valores de até 5,5 bar, e a diminuição da entrada, obtendo até 0,1 bar, evidenciam a obstrução gradual do filtro, alertando para questões de segurança, haja vista a elevação da temperatura com o aumento da pressão de fluxo.

AVALIAÇÃO DO PONTO DE FULGOR

O ponto de fulgor, por ser um dos parâmetros de grande relevância nos combustíveis, foi avaliado através dos gráficos da Figura 8. O comportamento gráfico evidencia uma diferença entre os dados para cada tipo de filtragem, para Donaldson os dados indicam um comportamento mais suave e direcionado do que a filtragem com Clean Diesel.

Figura 8 – Ponto de fulgor para filtragem com clean diesel (a) e Donaldson (b)

(a)

(b)

Fonte: Autoria própria, 2023.

Apesar dos resultados das linhas de tendência do teste Donaldson apontarem para um crescimento na temperatura do ponto de fulgor não se deve considerar uma relação direta com a diminuição do teor de água ou eficiência de filtragem, pois a presença da água particulada (teor) no combustível contribui para o aumento da resistência à temperatura no seio do líquido, retardando o desprendimento das partículas mais leves, consequentemente aumentando o ponto de fulgor.

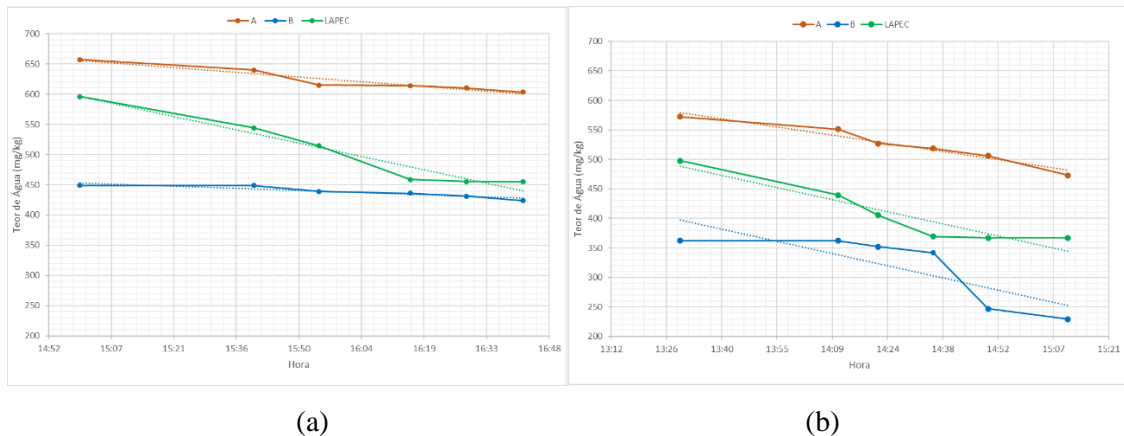
Dessa forma, a comparação entre os resultados pode ser interpretada por meio da menor variância gráfica encontrada nos dados da filtragem Donaldson, enquanto a filtragem Clean Diesel possui maior difusividade. Tal aumento do ponto de fulgor pode ser relacionado com a diminuição de particulados no meio, o único fator a ser alterado no meio além do teor de água.

Os particulados, por possuírem maior complexidade que as simples cadeias de hidrocarbonetos, possivelmente direcionam a energia em trânsito para as moléculas do combustível, gerando caminhos preferenciais de energia, intensificando a influência da temperatura no meio, diminuindo o ponto de fulgor.

Essa hipótese infere na maior eficiência de filtragem por meio da Donaldson, o que é coerente, pois o material de absorção do filtro possui estrutura e dimensões mais delicadas que um filtro comum.

AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

Por meio da Figura 9 são apresentados os dados de medição do teor para as filtragens, onde é avaliado a eficácia dos materiais filtrantes para a retirada de água molecular.

Figura 9 – Teor de água para filtragem com clean diesel (a) e Donaldson (b)

Fonte: Autorial própria, 2023.

A filtragem por meio do sistema Clean Diesel apresentou eficácia de aproximadamente 10 %, onde picos máximos atingiram 12 %, constituindo-se no sistema que remeteu a menor melhora significativa na mitigação do teor de água.

A filtragem por meio do sistema Donaldson apresentou resultados confiáveis de alta significância, por atingir eficácia de 34 %, cujos valores médios de todos os laboratórios indicam que a eficácia de filtragem ultrapassa a 10 %. Todavia, a saturação dos filtros com apenas 25 m³ de combustível operado evidencia uma lacuna a ser resolvida, além do fato da diminuição da vazão de saída como consequência de tal saturação, aumentando o tempo de operação para até valores próximos de 14 minutos para 5 m³.

CONCLUSÃO

Este trabalho realizou levantamento bibliográfico acerca da questão socioeconômica da política brasileira de biodiesel e a sua comercialização obrigatória às distribuidoras de combustíveis diesel em todo país, arguindo acerca dos desafios e as incertezas pertinentes ao processo de disseminação do biodiesel como regulador e mitigador dos impactos ambientais, satisfazendo o acordo de Paris.

Uniu-se teoria à testes operacionais, desenvolvendo a busca pela redução do teor de água, principal fator de impacto nas distribuidoras da região norte, apresentando tal tentativa como crítica à normatização descontextualizada da ANP, como órgão regulamentador e fiscalizador, que não apresenta meios e alternativas para a problemática intrínseca à região por causa das intempéries.

Os testes e resultados representam os esforços de uma distribuidora da região norte para se adequar à normatização do biodiesel brasileiro, assim os filtros do mercado de combustíveis escolhidos para o estudo remeteram resultados promissores para possíveis aplicações industriais na região norte do Brasil, onde ambos atingiram valores de 10 % de eficácia, contudo os filtros Donaldson avançaram até

34 % a custa da integridade de seus filtros por conta das impurezas do biodiesel.

Este estudo abre um leque para novas pesquisas, a fim de buscar aprimorar a eficiência de filtragem em concordância com a excelência operacional, isto é, a efetividade aplicada ao processo, ao mesmo tempo que tais pesquisas carregam consigo a crítica da incoerência da ANP ante a um Brasil plural, diversificado, onde distribuidoras do norte lidam com problemáticas inexistentes nas demais regiões do país.

REFERÊNCIAS

ANP. **Resolução nº 44, de 19 de novembro de 2013** – DOU de 20-11-2013. Disponível em < <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-44-2013-o-diretor-geral-substituto-da-agencia-nacional-do-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-anp-com-base-na-portaria-n-348-de-14-de-dezembro-de-2015-tendo-em-vista-as-disposicoes-da-lei-n-9478-de-6-de-agosto-de-1997-e-com-base-na-resolucao-de-diretoria-n-264-de-6-de-abril-de-2016> >. Acesso em 11 de nov. 2023.

ANP. **Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014** – DOU de 26-08-2014. Disponível em < <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-45-2014?origin=instituicao&q=45/2014> >. Acesso em 11 de nov. 2023.

ANP. **Resolução nº 920, de 4 de abril de 2023** – DOU de 05-04-2023. Disponível em < <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-920-2023-estabelece-a-especificacao-do-biodiesel-e-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializem-o-produto-em-territorio-nacional?origin=instituicao> >. Acesso em 11 de nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira 14883:2021** - Petróleo, derivados de petróleo e biocombustíveis - Amostragem manual. Rio de Janeiro: 2021.

BRASIL. Lei Nº 13.576, de 26 de Dezembro de 2017. **Presidency of the Republic**. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Distrito Federal: 2017.

CREMASCO, M. A. Fundamentos de transferência de massa. **Editora Blucher**. São Paulo: 2021.

DONALDSON. Manual Técnico DBB0248. **Digital Document**. Access at 4 de out. 2023.

DONALDSON. Manual Técnico P561880. **Digital Document**. Access at 4 de out. 2023.

FACCINI, Candice Schmitt. Uso de adsorventes na purificação de biodiesel de óleo de soja. **Masters dissertation**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Porto Alegre: 2008.

GRANGEIA, Carolina; SANTOS, Luan; LAZARO, Lira Luz Benites. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects. **Energy Conversion and Management: X**, v. 13, p. 100156, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100156>

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Meteogramas de Manaus. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Artigo da Internet**. Disponível em < <https://previsaonumerica.cptec.inpe.br/novo/meteograma/wrf7/am/manaus> >. Acesso em 5 de ago. 2023.

LAZARO, Lira Luz Benites; THOMAZ, Lais Forti. A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200056r2vu2021L4DE>

OLIVEIRA, E. P.; LASMAR, D. J.; CHAAR, J. S.; SILVA, E. L.; LIMA, E. Q.; SOUZA, M. S.; MACEDO, F. P.; CARMO, G. B.; SANTOS, E. P. Perfil da qualidade do Biodiesel, Diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na Região Norte do Brasil Quality profile of Biodiesel, Diesel B S10 and B S500 in a distributor in Northern Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 110135-110152, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-008>

OLIVEIRA, E. P.; LASMAR, D. J.; CHAAR, J. S.; SILVA, E. L.; LIMA, E. Q.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. P.; POLARI, L. B. Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte Impacts of Biodiesel Quality Regulation for Regulated Agents in the North Region. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 121730-121743, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-777>

ORIHUELA, M. P.; HARALAMPOUS, O.; CHACARTEGUI, R.; GARCÍA, M. T.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. Numerical simulation of a wall-flow particulate filter made of biomorphic silicon carbide able to fit different fuel/biofuel inputs. **Processes**, v. 7, n. 12, p. 945, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr7120945>

REI DAS MANGUEIRAS. Manual Técnico Clean Diesel. **Digital Document**. Access at 4 de out. 2023.

UBRABIO. Governo planeja lançar plano para biocombustíveis. **Internet Article**. Available in < <https://ubrabio.com.br/2016/11/28/governo-planeja-lancar-plano-para-biocombustiveis/> >. Access at 15 de ago. 2023.

3.5 Innovation management and a technological filtration solution for the problem of water content in B S10 diesel from the North of Brazil

E. P. OLIVEIRA*, D. J. LASMAR, J. S. CHAAR, E. Q. LIMA, H. M. GUERREIRO

Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia

ORCID ID: [https://orcid.org/0009-0004-3227-1347*](https://orcid.org/0009-0004-3227-1347)

[eliomarquimico@yahoo.com.br*](mailto:eliomarquimico@yahoo.com.br)

ABSTRACT

This work presents the problem regarding the water content present in biodiesel and how the direct impacts can be harmful to the commercialization of S10 B diesel in Amazonas and even in the northern region of Brazil. Two filters chosen as the best on the market were tested to integrate a pilot filter prototype to test the reduction of water content in diesel when transferring from transport to storage. The tests were carried out with a mixture of 12% biodiesel in the filter, a percentage that already makes the diesel outside the limits recommended by the National Petroleum Agency – ANP. The tests showed an efficiency of approximately 50% in mitigating the water content in diesel, ensuring the safety and quality of the product, in compliance with the guidelines of the Brazilian National Petroleum Agency.

KEYWORDS: Moisture; Fuel; Filtering; Quality.

GESTÃO DA INOVAÇÃO E SOLUÇÃO TECNOLÓGICA DE FILTRAÇÃO PARA O PROBLEMA DO TEOR DE ÁGUA NO DIESEL B S10 DO NORTE DO BRASIL

RESUMO

Este trabalho apresenta a problemática referente ao teor de água presente no biodiesel e como os impactos diretos podem ser prejudiciais para a comercialização do diesel S10 B no Amazonas e mesmo na região norte do Brasil. Foram testados dois filtros escolhidos como os

melhores no mercado, para integrarem um protótipo de filtro piloto para testar a redução do teor de água no diesel em situação da transferência do transporte para a armazenagem. Os testes foram realizados com uma mistura de 12% de biodiesel no filtro, percentagem que já torna o diesel fora dos limites recomendados pela Agência Nacional do petróleo – ANP. Os testes apresentaram uma eficiência de aproximadamente 50% de mitigação do teor de água no diesel, assegurando a garantia de segurança e qualidade do produto, em atendimento às diretrizes da Agência Nacional do Petróleo do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Umidade; Combustível; Filtragem; Qualidade.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O diesel, em suas diversas denominações, é o principal combustível comercializado no mercado brasileiro, utilizado no transporte de cargas e de passageiros, em embarcações, na indústria, na geração de energia, nas máquinas para construção civil, nas máquinas agrícolas e locomotivas, atendendo as necessidades dos consumidores e as mais avançadas tecnologias em motores a combustão, considerando a melhor eficiência energética e os limites de emissões atmosféricas definidos (Petrobrás, 2021).

A região Norte utiliza o diesel rodoviário B S10 e S500, porém em audiências públicas a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP já estuda a descontinuação do diesel rodoviário S500, por ter alto teor de enxofre, permanecendo somente o B S10 que possui baixo teor. Essa mudança, somada ao aumento de biodiesel na mistura com o diesel rodoviário, traz um alerta sobre as especificações da qualidade final do diesel rodoviário na região Norte.

Por esse motivo neste trabalho é apresentada a avaliação de um elemento filtrante no processo de filtragem do diesel rodoviário e as tendências de especificação em relação ao teor de água.

2. COMERCIALIZAÇÃO DE DIESEL NA REGIÃO NORTE

A série histórica da comercialização do diesel em volume na região norte no período de 2016 a 2022 é apresentada na Figura 1 a seguir (ANP, 2023).

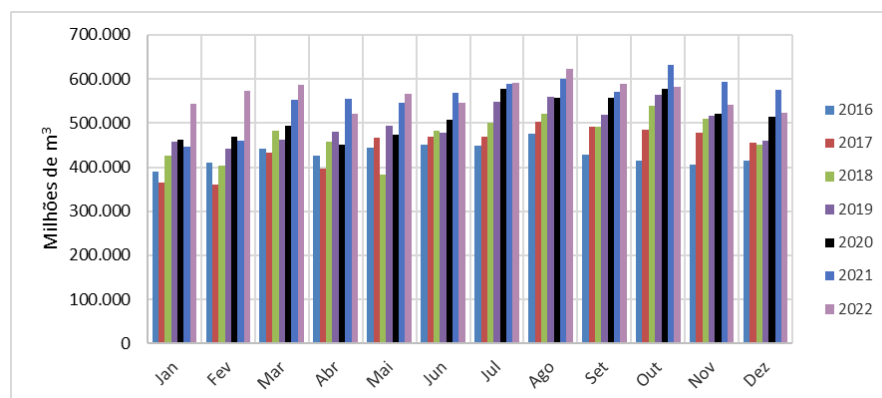
Figura 1 – Volume total de Diesel em m³ comercializado na região Norte

Mês	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	390,882	365,207	425,081	458,143	462,201	446,176	542,726
2	409,974	360,620	404,218	441,262	469,265	458,903	574,137
3	441,329	432,264	482,143	462,517	494,924	553,403	587,706
4	425,520	395,679	456,793	479,740	450,181	553,944	520,706
5	444,764	467,474	383,203	494,591	473,024	546,131	566,198
6	450,939	469,050	483,253	478,511	508,530	567,813	546,309
7	447,810	468,013	501,405	548,329	578,506	587,872	591,071
8	476,900	503,475	521,882	559,979	558,083	600,719	623,118
9	429,191	491,605	491,987	519,366	556,751	570,508	589,210
10	415,374	485,679	538,785	564,948	577,656	632,009	583,146
11	406,318	477,788	510,727	516,510	520,450	593,594	540,861
12	415,349	454,701	451,167	461,051	514,786	575,315	524,374
	5,154,350	5,371,558	5,650,644	5,984,947	6,164,357	6,686,328	6,789,562

Fonte: ANP, 2023.

Observa-se que o consumo de diesel total é crescente a cada ano, entre o período de 2016 a 2022 (Figura 2), O crescimento entre o período de 2016 a 2022 foi de 13,27%, com média de 4,61%, porém no período 2020/2021 o crescimento foi de 8,47%, o maior e quase o dobro da média do período (ANP, 2023).

Figura 2 – Evolução da comercialização de diesel na região Norte

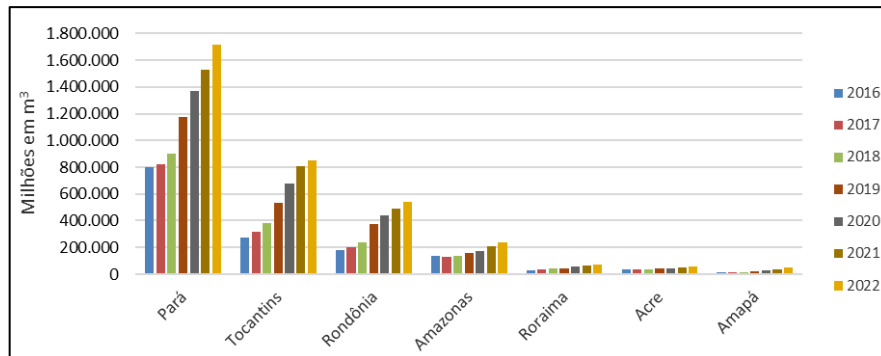


Fonte: ANP, 2023.

Os tipos de diesel rodoviários comercializados pelas distribuidoras da região Norte são o B S10 e B S500. O diesel B S10 é usado obrigatoriamente em veículos fabricados a partir de 2012, sua principal característica é o baixo teor de enxofre de 10 ppm (partes por milhão). Conforme dados do anuário da ANP (2023), o maior consumidor de diesel S10 é o estado do Pará com 1.7 bilhões de m³, Tocantins acima de 846 milhões de m³, Rondônia acima de 540

milhões de m³ e o Amazonas acima de 240 milhões de m³, conforme Figura 3.

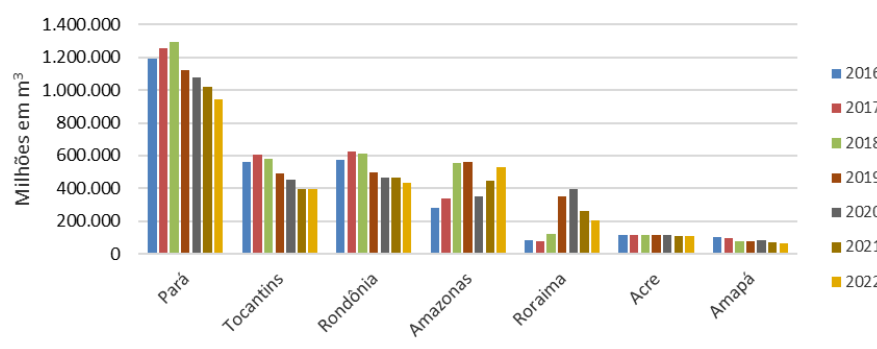
Figura 3 – Comercialização de Diesel S10 no Norte do Brasil entre 2016 e 2022



Fonte: ANP, 2023.

No Amazonas, o quarto em volume de consumo de diesel rodoviário, estão instaladas as principais bases primárias de distribuição, três portos de atracação de navio, a refinaria de processamento de petróleo Refman, a plataforma terrestre de exploração de petróleo e o gás da Província de Urucú. O diesel S500 é consumido no estado do Pará em volume acima de 941 milhões de metros cúbicos, o primeiro em consumo, em Tocantins o volume consumido é acima de 394 milhões de metros cúbicos, o segundo, e no Amazonas 527 milhões, em 2022, de acordo com dados estatísticos da ANP (2023), com evolução apresentada na Figura 4, o quarto.

Figura 4 – Comercialização de diesel S500 no Norte do Brasil entre 2016 e 2022



Fonte: ANP, 2023.

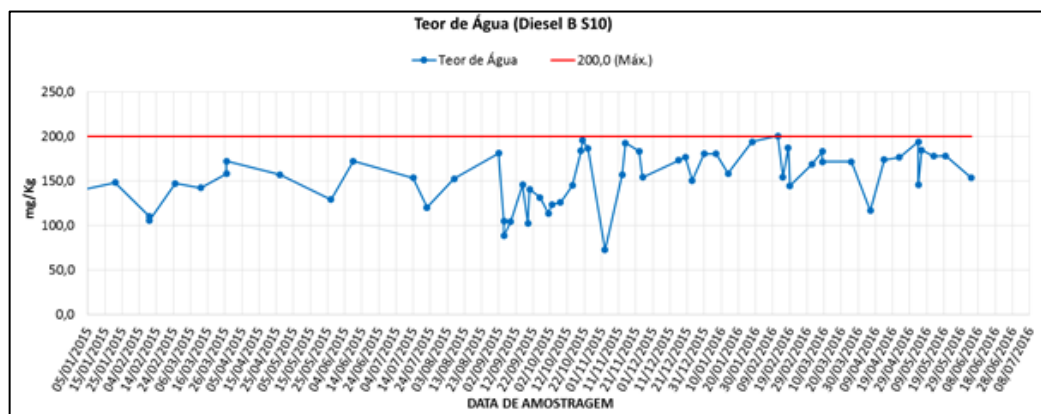
Apesar de ser o maior estado do Brasil, o Amazonas se mantém na quarta posição por questões geográficas que não permitem a construção de muitas e longas rodovias, além da precariedade das existentes que dificultam o tráfego mais intenso. O estado do Pará apresenta vantagens entre os estados do norte nas condições logísticas por explorar vias fluviais e rodoviários no transporte de passageiros e mercadorias.

3. PROBLEMÁTICA DA UMIDADE NO DIESEL TIPO B S500 E BS10

As características de qualidade dos combustíveis que são utilizados no Brasil seguem as resoluções da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). As especificações do diesel completas estão dispostas na RESOLUÇÃO ANP Nº 50, DE 23.12.2013, sobre o teor de água para os agentes regulados: refinarias, distribuidores e postos revendedores precisam ter seus respectivos produtos enquadrados. O teor de água admitido como máximo para o diesel B S500 em 500 mg/kg e para o B S10 em 200 mg/kg, sendo que para efeito de fiscalização em distribuidora o teor máximo é de 350 mg/kg, que é o mesmo aplicado em todo território, conforme a resolução.

O teor de água do diesel B S10 avaliado nos estudos de Oliveira, 2016, apresentou índices próximos dos limites estabelecidos pela norma ANP que em torno de 200 mg/kg, durante o ano de 2015 e 2016 (Figura 5).

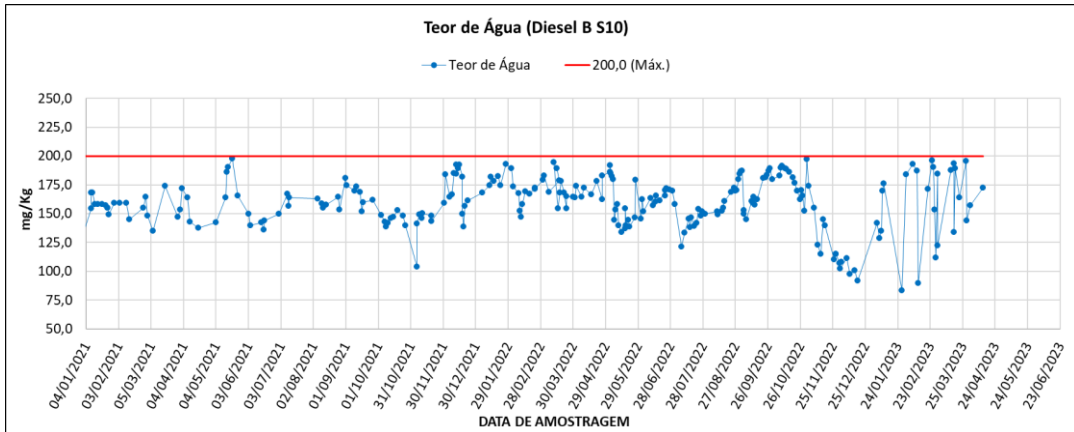
Figura 5 – Teor de água no diesel B S10



Fonte: Oliveira, 2016.

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) apresentou um novo cronograma com planejamento de aumento de biodiesel adicionado ao diesel rodoviário, que até 2025 prevê 15% de biodiesel adicionado (Agência Brasil, 2023). O acompanhamento continuado das bateladas do diesel B S10 apresenta uma tendência de o combustível não atender a especificação no estado do Amazonas, estabelecida pelo CNPE, pois atualmente já se encontra no limite da margem da especificação, conforme Figura 6 de Oliveira *et al.* (2023).

Figura 6 – Teor de água no diesel B S10

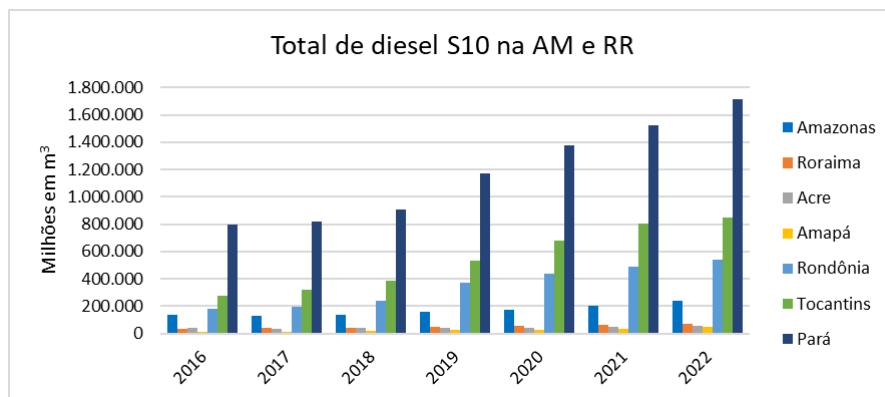


Fonte: Oliveira *et al.*, 2023.

Essa projeção aponta um volume médio entre os anos de 2017 e 2022 de 168.480 milhões m³, sendo que no ano 2022 foi de 240.000 milhões de m³ de diesel B S10, comercializado somente no Amazonas. Em 2026 a estimativa é de misturar 15% de biodiesel ao diesel S10, porém essa proporção apresenta uma possibilidade grande de o principal diesel rodoviário com menor quantidade de enxofre estar fora de especificação.

O Amazonas é o quarto maior consumidor de diesel S10 da região Norte, segundo a ANP (2023). Considerando que em 2022 a comercialização foi cerca de 240.076 m³ de diesel no Amazonas (Figura 7), esse volume pode ser utilizado como referência, caso o diesel S10 saia de especificação no estado. A preocupação com o teor de água, que hoje é somente das distribuidoras, em relação ao biodiesel, poderá chegar aos postos revendedores com o S10.

Figura 7 – Comercialização de diesel S10 no Norte do Brasil entre 2016 e 2022

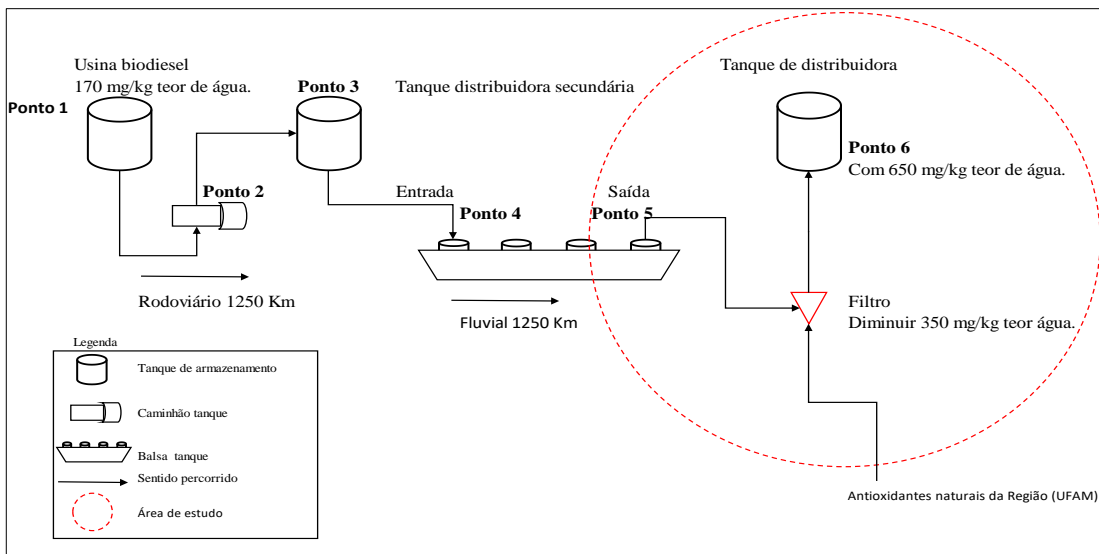


Fonte: ANP, 2023.

4. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DO FILTRO E TESTES

O biodiesel que é misturado ao diesel nas distribuidoras da região norte, que estão situadas em Manaus-AM, é proveniente do Mato Grosso e percorre uma trajetória de etapas no processo logístico distinto do restante do país e é impactado pelo clima bastante úmido Figura 8.

Figura 8 – Mapeamento do fluxo logístico e área de estudo

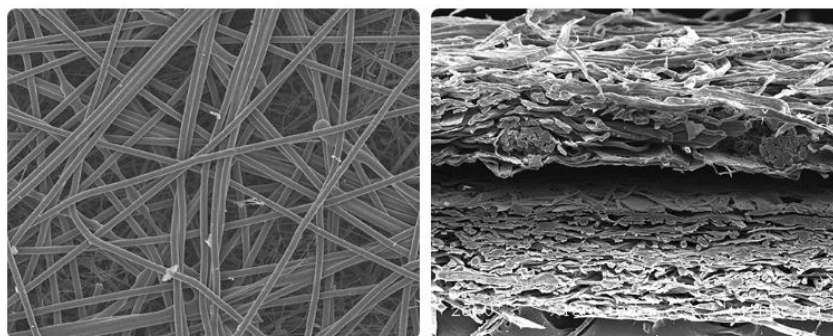


Fonte: Autoria própria, 2024.

Buscou-se no mercado filtros empregados na redução de umidade que pudessem auxiliar nos testes propostos nesta pesquisa, tendo como requisito a extração de água do biodiesel que pudesse ser mensurado em ppm. Dois modelos foram escolhidos, um com base nas características técnicas descritas em seu manual, de marca Donaldson; e outro da marca Clean Diesel, apresentado por iniciativa do distribuidor após tomar conhecimento desta pesquisa.

Segundo a Donaldson (2024) filtros podem ser classificados conforme a sua utilização: para particulados ou para absorção. Para o caso da retirada de água, tanto livre quanto molecular, o filtro indicado é o de absorção, cujo material é mais delicado e específico para o contato com a água (Figura 9).

Figura 9 – Material de filtragem para particulados (a) e para água (b)



(a)

(b)

Fonte: Donaldson, 2024.

Enquanto o filtro para particulados é produzido por meio de fibras que são modeladas para um determinado tamanho e especificação, isto é, para que acomode os particulados em questão, o filtro absorvedor utiliza tecnologia polimérica chamada pela empresa como superabsorvente, pois possui grande afinidade com a água. Dessa forma, a Donaldson (2024) aconselha, caso o combustível possua indícios de presença simultânea de água e particulados, que um processo em cascata de filtro particulado e absorvedor seja montado, onde o combustível será purificado de impurezas e depois desumidificado.

Para esta pesquisa, foram estabelecidos parâmetros para a aplicabilidade real no processo de distribuição, em que o filtro para ser utilizado no tanque da distribuidora deveria diminuir 300mg/kg de ppm, pois, conforme estudo de Oliveira (2016), a média é do teor de pelo menos 650mg/kg para alcançar os 350 mg/kg e atender a especificação da resolução ANP n° 45 (2014).

Partiu-se da premissa de que o protótipo deveria ser construído para testes operacionais em escala piloto, sendo sua configuração direcionada para experimentos práticos em quantidade de volume na faixa dos milhares. Dessa forma, definiu-se que os experimentos deveriam ocorrer com o auxílio de um caminhão tanque (CT) por ter as condições ideais de testes e a utilização de seis tanques independentes, disponíveis na distribuidora. A quantidade para a análise foi estabelecida em 5.000 L (cinco mil litros) por teste, cujo volume foi definido pela medição do tanque do caminhão, que seria transferido de um tanque para outro do mesmo veículo. Foi utilizado como tanque emissor e receptor um caminhão tanque de 30m³, sendo carregado com 25m³, permanecendo com um tanque de 5m³ vazio para ser utilizado como tanque receptor.

Assim, estabeleceu-se os seguintes procedimentos para os estudos experimentais: a) Carregar o Caminhão Tanque com 5 dos 6 tanques disponíveis; b) Acoplar o mangote de

conexão de entrada ao primeiro tanque; c) Acoplar o mangote de conexão de saída ao tanque vazio; d) Registrar as medições por cada tanque (batelada); e) Se observada a saturação por meio do manômetro, trocar o filtro; f) Não realizar o teste em caso de intempéries (chuva e ventania); g) Coletar ao final do teste uma amostra corrida de cada tanque (batelada) para envio ao laboratório (dois comerciais, A e B, e o LAPEC – Laboratório de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis, da Universidade Federal do Amazonas).

O resultado é que a construção do protótipo foi adaptada para volumes de transferências de 5.000 L, utilizando-se elementos filtrantes comerciais já existentes no mercado e fornecidos por duas empresas especializadas em desenvolvimento de equipamentos de filtração. Dessa forma, utilizaram-se filtros da marca Donaldson DBB0248 (Figura 10) acoplados a um distribuidor de fluxos P561880, uma bomba KSB de 15 Cv / 4 Bar, controlados por um monobloco chave de partida Weg SSW 07, construindo, assim, um sistema piloto de filtração a granel.

Figura 10 – Filtros Donaldson DBB0248



Fonte: Autoria própria, 2024.

A construção do protótipo (Figura 11) inicialmente seguiu as especificações expostas na Tabela 1, com um motor Weg 15 cv, conectado por tubulação de uma polegada ao separador de fluxos com os elementos filtrantes na forma de cartuchos enroscáveis, sendo ambos os equipamentos presos e fixados a uma bacia de contenção. O dispositivo foi controlado por um sistema elétrico *on off*.

Figura 11 – Protótipo para teste de elemento filtrante



Fonte: Autoria própria, 2024.

A aplicação prática ocorreu com o filtro protótipo de escala piloto, aproximadamente 1/4 da proporção original utilizada na distribuidora, haja vista a inviabilidade de testes realizados em tanques de dimensões normais da Distribuidora, ou seja, a bomba, encanamento e quantidade de filtros utilizados possuem a quarta parte do que seria em condições plenas de operação a granel.

Tabela 1 – Acessórios de construção do protótipo

Acessório	Característica
Sistema de filtragem	Donaldson
Conjunto Motobomba	KSB
Megabloco	50-32-200
Motor Weg	15 Cv
Bacia de contenção	Base física do protótipo
Motor ON/OFF	Conforme disponível no mercado

Fonte: Autoria própria, 2024.

O sistema do distribuidor de fluxos e os elementos filtrantes são provenientes das empresas *Megafilter* e *Rei das Mangueiras* com elemento filtrante de marca *Donaldson* e *Clean Diesel*, respectivamente, por atuar na área de soluções em filtros combustíveis. Dessa forma, o equipamento é instalado em conjunto com demais conectores e atuadores, a fim de simular como seria a filtragem real do biodiesel na distribuidora. Contudo, para a avaliação da filtragem do diesel, apenas o elemento filtrante da marca *Donaldson* foi utilizado, pois, em outros estudos (Oliveira *et al.*, 2023) detectou-se que o filtro *clean diesel* saturava em proporções consideravelmente maiores que o *Donaldson*, sendo incompatível para as escalas de volume de combustível da distribuidora.

Os combustíveis após a filtragem foram armazenados em garrafas de polietileno opacas, conforme determinação ANP n° 44 (2013) e então direcionadas para teste a dois laboratórios

comerciais da cidade, contratados pela distribuidora como terceirizados, denominados de A e B, e o laboratório da Universidade Federal do Amazonas, LAPEC – Laboratório de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis. Assim, a eficiência é calculada utilizando como referência o ponto inicial antes da filtração, isto é, a amostra composta dos tanques anterior ao processo de teste.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos locais com potencial para a instalação do protótipo do filtro

Percebeu-se que a instalação do protótipo não seria aconselhável nos tanques a granel da distribuidora, pois possuem volume que atingem até 10 milhões de litros de combustível, podendo receber fluxos de cargas de até 1 milhão de litros por hora a 4,5 bar de pressão da bomba. Portanto, para fins de avaliação primária e acomodação do protótipo ao processo da distribuidora, optou-se pela instalação em algum dos pontos de carregamento localizados na plataforma para caminhões e no terminal para balsas.

Caminhões podem transportar até 60 mil litros de combustível, numa vazão de carregamento de 1.000 L por minuto, enquanto balsas de 1 a 4 milhões de litros, por meio de uma vazão de 20 mil litros por minuto. Tais condições permitem que o filtro seja avaliado com maior eficácia e segurança, além de maior facilidade para sua instalação, haja vista os tubos de conexão serem ajustáveis nas suas saídas, permitindo a instalação, enquanto nos tanques a granel seria necessária uma modificação estrutural e adaptativa.

Diante dessas informações, concluiu-se que os locais em potencial para a instalação do protótipo para possíveis testes em escala a granel poderiam ser na Plataforma de carregamento de Caminhões Tanques e Terminal de carregamento de Balsas. Optou-se para a realização desta pesquisa pela Plataforma.

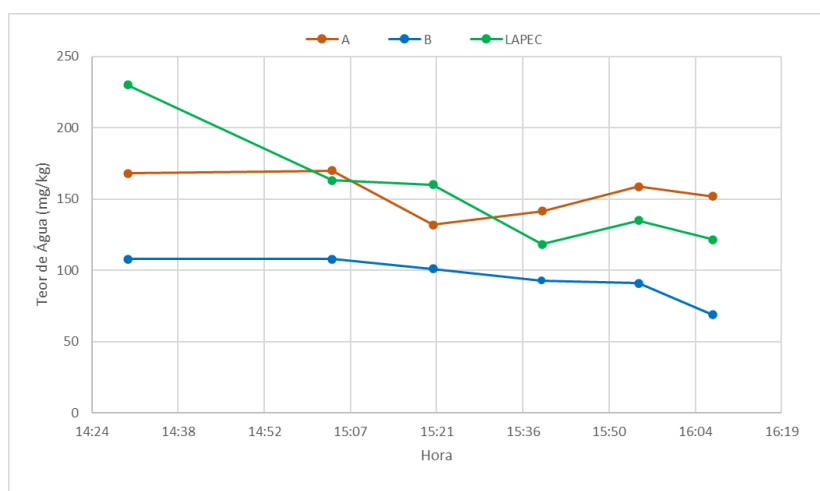
5.2 Avaliação do desempenho do protótipo do filtro

Os dados foram extraídos dos resultados da filtração de diesel B S10, com a proporção de 12% de biodiesel conforme legislação atual. Cada ponto representado no gráfico da Figura 12 descreve a sequência dos tanques filtrados conforme a hora do processo: ponto 1 (inicial), ponto 2 (primeiro tanque), ponto 3 (segundo tanque), ponto 4 (terceiro tanque), ponto 5 (quarto tanque), ponto 6 (quinto tanque). Os tanques são independentes entre si, não se relacionam, portanto, cada ponto representa uma avaliação única, não acumulativa dos resultados anteriores

ou posteriores.

Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE (2023), o período em que os testes foram realizados apresenta umidade relativa de 81 % com temperatura média de 27,1 °C. Segundo os dados disponibilizados no portal, não há mudanças bruscas de temperatura e umidade durante o ano, o que garante a estabilidade destes testes, além do fato do biodiesel disponibilizado ter sua produção de apenas um mês da data dos testes.

Figura 12 – Resultado da avaliação do teor de água em diesel B S10 após filtragem



Fonte: A autoria própria, 2024.

A eficiência da filtragem é apresentada por meio da Tabela 2, onde são ressaltados os melhores resultados pelo laboratório LAPEC, atingindo valores próximos a 50 %, com o decaimento de 230 mg de água /kg de combustível para 118 mg/kg. As diferenças entre laboratórios se dão por questões das metodologias empregadas por cada um, de fato o laboratório LAPEC apresenta maior estabilidade entre seus dados, o que é esperado, do que os outros, pois esperava-se dados com pouca dispersão entre si.

Tabela 2 – Eficiência de filtragem por laboratório

Ponto	A	B	Lapec
Tanque 1	0%	-1,25%	29,07%
Tanque 2	6,48%	21,32%	30,34%
Tanque 3	13,89%	15,78%	48,53%
Tanque 4	15,74%	5,42%	41,38%
Tanque 5	36,11%	9,47%	47,15%

Fonte: A autoria própria, 2024.

Mesmo os pontos sendo independentes entre si percebe-se uma evolução progressiva dos dados de filtração, onde se infere que a relação causal seja pela natureza virgem do filtro ainda não utilizado até o ato. Portanto, determina-se que os dados tendem a estabilidade da eficiência de filtração em sistema contínuo, isto é, estável e independente do tempo, evidenciando a eficiência do filtro Donaldson, mantendo a estabilidade dos resultados dos três últimos pontos em torno de uma média aceitável (48 %, 41 % e 47 %).

Para todos os tanques os valores do tempo de filtração e a diferença de pressão de entrada e saída foram equivalentes, conforme Tabela 3, indicando que, ao convergir com os dados da Tabela 4, o sistema piloto possui tendência a alta eficiência (aproximadamente 50%) e continuidade duradoura do processo, pois a mínima variação de tempo e pressão indicam lenta degradabilidade dos filtros.

Tabela 3 – Tempo e pressão de testes

Ponto	Tempo	Pressão de Entrada	Pressão de Saída
Tanque 1	07:18	1,8	1,1
Tanque 2	07:13	1,8	1,1
Tanque 3	07:18	1,8	1,1
Tanque 4	07:30	1,9	1,1
Tanque 5	07:40	1,9	1,1

Fonte: Autoria própria, 2024.

Os demais resultados laboratoriais referentes a massa específica, calculados por meio de densidade, temperatura e o ponto de fulgor se mantiveram inalterados nos testes, portanto, além dos benefícios apresentados, a filtração não altera propriedades físico-químicas do combustível, garantindo a qualidade e a segurança da armazenagem e comercialização.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática do teor de água na região norte no país é um estudo já abordado para o biodiesel e como este se apresenta susceptível às intempéries do ambiente quente e úmido da Amazônia, assim, este trabalho discutiu a repercussão dessa problemática no diesel de mistura S10, pois é alvo das políticas públicas para a progressão dessa mistura até 15 % de seu volume em 2026.

O teste de filtração representa alternativa validada por este trabalho para uma mistura

de 12% do biodiesel no diesel, pois apresentara eficiência, segurança e qualidade para o diesel, podendo ser implementada pelas distribuidoras da região norte. Isto deve evitar o aumento do teor de umidade no diesel, que resulta em problemas nos postos de combustíveis, com o aumento dos desgastes de filtros e manutenção de máquinas, impactando em custos, baixa qualidade e segurança dos serviços prestados aos clientes finais, além da diminuição da estabilidade oxidativa e do ponto de fulgor.

Este trabalho apresenta os resultados da filtração por absorção de umidade da marca Donaldson acoplados a anexos mecânicos básicos, como bomba, mangueiras, controladores e tanques. Sua eficiência apresentou redução de umidade próxima a 50 %, para uma mistura de 12% do biodiesel no diesel, com garantia de durabilidade do processo com o baixo desgaste do filtro e apresentou segurança mantendo a qualidade inalterada.

O protótipo do filtro mostrou-se satisfatório para volumes comuns à caminhões tanque, pois o tempo de filtração, aproximadamente 7 minutos para 5.000 litros, para filtros não saturados, não apresentou desvios consideráveis no carregamento do Caminhão Tanque, podendo ser aplicado sem prejuízos à rotina da plataforma de carregamento da base distribuidora, para aplicabilidade efetiva se dá para o diesel B S10.

Sua estrutura permite a fácil instalação em locais diversos, haja vista os tubos de distribuição aos filtros serem encaixáveis e configuráveis conforme a necessidade do usuário. Contudo, para carregamentos em grandes quantidades, não é aconselhável o uso intenso do filtro para o biodiesel, que apresentou resultados de saturação em velocidade consideráveis, implicando na troca dos cartuchos a cada abastecimento de CT.

Muito embora a redução do teor de água com a utilização do protótipo do filtro tenha se mostrado satisfatória com os testes realizados com a mistura de 12% do biodiesel, indicando que poderá ser satisfatório também para uma mistura de 15%, não necessários testes com 15% para comprovar o atendimento à Norma da Agência Nacional do Petróleo a vigorar para o ano de 2025.

Entende-se, por fim, que esta pesquisa apresentou resultados que poderão contribuir para o avanço nas pesquisas e desenvolvimento de processos biotecnológicos sobre a utilização do biocombustível, óleo diesel e outros combustíveis fósseis comercializados no Amazonas e na região norte.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Percentual de biodiesel no diesel subirá para 14% em março de 2024.** Disponível em < <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-12/percentual-de-biodiesel-no-diesel-subira-para-14-em-marco-de-2024> >. Acesso em 10 de jan. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados estatísticos.** Atualizado: em 05/04/2023, disponível em: (<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>). Acesso em 06 de abril. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 50, DE 23.12.2013 - DOU 24.12.2013.** AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. disponível em: < <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-50-2013?origin=instituicao&q=50/2013> >. Acesso em 06 de abril. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 44, DE 19.11.2013 - DOU 20.11.2013.** AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. disponível em: < <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-44-2013-2022-11-18-versao-compilada?origin=instituicao> >. Acesso em 06 de abril. 2023.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE. Nº 17, de 21 de março de 2023. Resolução nº 3, de 20 de março de 2023, do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. Aprovo. Em 28 de março de 2023.

DONALDSON. **How to use water absorbing filters.** Digital Document. Disponível em < <https://www.donaldson.com/en-us/engine/filters/technical-articles/how-to-use-water-absorbing-filters> >. Acesso em 8 de jan. 2024.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Meteogramas de Manaus. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Artigo da Internet.** Disponível em < <https://previsaonumerica.cptec.inpe.br/novo/meteograma/wrf7/am/manaus> >. Acesso em 5 de ago. 2023.

OLIVEIRA, Eliomar Passos de. Estudo do teor de água no biodiesel utilizado na mistura do diesel no Amazonas. 2016. 66 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

OLIVEIRA, E. P., LASMAR, D. J., CHAAR, J. DA S., LIMA, E. DE Q., & GUERREIRO, H. Assessment of the problems of Brazilian biofuels policy and the proposal for an operational solution for distributors in the North: Avaliação da problemática da política brasileira de biocombustíveis e a proposta de solução operacional para distribuidoras do Norte. **Concilium**, 23(21), 962–976. <https://doi.org/10.53660/CLM-2443-23S39>

PETROBRAS. **Óleo Diesel.** Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/automotivos/oleo-diesel/>. Acesso em: 10/02/2021 16:29.

SILVA, E. L. DA., OLIVEIRA, E. P. DE, LASMAR, D. J., GALL, J. P. DE M., UCHOA, A. W. G., MACEDO, F. P. DE, CARMO, G. B. DO, LIMA, E. DE Q., & GUERREIRO, H. DE M. (2022). Investigação de contaminação de combustíveis em rede de postos e a relação com

as resoluções descumpridas: Investigation of fuel contamination in a gas station network and the relationship with non-compliant resolutions. **Brazilian Journal of Development**, 8(10), 70241–70261. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-349>.

CONCLUSÃO RECOMENDAÇÕES GERAIS

Os dados apresentados no capítulo 3.1, correspondente ao objetivo 1, permitem a avaliação das condições físico-químicas dos combustíveis biodiesel e diesel rodoviário, comprovando o obstáculo na sua qualidade por meio da especificação de teor de água no biodiesel imposto pela ANP, máximo de 350 mg/kg. Avaliaram-se os demais parâmetros físico-químicos, que garantiram a normalidade na região norte para óleos diesel, contudo verificando-se a aproximação do teor de água do diesel B-S10 do limite estabelecido, indicando possíveis problemas futuros.

A discussão acerca da normatização se aprofundou no capítulo 3.2, tratou de dados da contemporaneidade de parâmetros regulados pela ANP como o ponto de entupimento a frio de diesel e a pressão de vapor da gasolina, ambos regulados e avaliados conforme a região de distribuição ou produção, conforme direcionado pelo objetivo 2 desta tese. Entretanto se critica o fato de tal ajuste não ser aplicado ao teor de água no biodiesel (B100) que deveria, pelo menos, possuir um aumento de 100 mg/kg nas suas especificações máximas na região norte do país. Além do mais, os estudos apontaram que o consumidor final não é afetado pelos valores que extrapolam a especificação de teor de água da ANP, dada a rotatividade do combustível e os óleos diesel S10 e S500 conseguirem conter tal aumento, apontando que o único prejudicado no contexto avaliado é o agente econômico de distribuição.

No capítulo 3.3 os estudos se direcionaram para as consequências da umidade presente nos combustíveis, concernente à estabilidade oxidativa, e assim foi possível detectar que tanto o biodiesel quanto o diesel B-S10 se apresentam além dos limites estabelecidos pela ANP, ou seja, o risco de decomposição do combustível é consideravelmente maior no norte do país do que nas demais regiões, cujo nível de umidade é menor. O impacto maior acerca da estabilidade oxidativa menor está na sua armazenagem, pois longos períodos da permanência do combustível sem movimentação em grandes tanques, apresentando proporcionalmente maiores reações com a atmosfera e permitindo a decomposição por oxigênio. Assim, surgiu uma preocupação quanto ao aumento da adição de biodiesel no diesel para os próximos anos.

Assim, no capítulo 3.4 descreve-se uma crítica social, acerca da política de biocombustíveis brasileira, em conjunto com a apresentação de uma solução operacional, por meio de um estudo de caso da filtragem do biodiesel por meios aplicados normalmente a óleos diesel. Os resultados promissores apontam para a diminuição do teor de água ao se aplicar a filtragem, contudo deve-se considerar a presença de particulados naturais no combustível que

satura filtros absorvedores de água.

Por fim, no capítulo 3.5, gestão da inovação, foram abordadas questões como a concepção e construção do protótipo do filtro e os testes realizados através da aplicação da filtragem para o diesel B, conforme direcionado pelo objetivo 3 e 4 desta tese. Visou-se a mitigação e geração de dados para servir de base de estudos para futuras prospecções de misturas de biodiesel, isto é, o aumento do teor de B100 no diesel A. A biotecnologia dos filtros se apresenta como determinante para a eficácia do processo, pois filtros absorvedores de água devem ser desenvolvidos com polímeros hidrofílicos específicos que atuarão na mitigação, enquanto filtros removedores de partículas são produzidos por meio de fibras que reterão um tipo especificado de impurezas, conforme porosidade exigida. Assim, seus resultados para a desumidificação apresentaram alta eficácia, com a mistura de 12% do biodiesel no diesel, próximo de 50 %, reduzindo notavelmente a presença de água no combustível, tornando a pesquisa para óleos diesel B promissora, conforme objetivos 5 e 6 desta tese, para percentuais maiores de mistura do biodiesel no diesel.

O protótipo foi montado com peças e anexos disponíveis no mercado, incluindo os materiais filtrantes, resultando no orçamento de R\$ 76.252,00, conforme descrição detalhada em anexo. Assim, a gestão da inovação se deu com a utilização de equipamentos já existentes para a montagem de um novo utilitário em prol da resolução da problemática apresentada neste trabalho. Os problemas identificados pela elevada umidade do biodiesel na região norte, com riscos de superar os limites máximo estabelecidos pela ANP, conforme Oliveira (2016), são causados principalmente por alguns aspectos da logística e meio ambiente da região. Esta representa apenas cerca de 1% do consumo de diesel, com participação bem distante das demais regiões do país.

Apesar de projeções futuras do governo federal apontarem para o acréscimo da adição de biodiesel em até 15 %, neste estudo concentrou-se esforços para a mitigação da umidade do biodiesel, seja puro ou misturado, conseguindo-se comprovar como verdadeira a hipótese H0 norteadora da pesquisa. Os resultados com o filtro *Donaldson* ultrapassaram a redução de 25 % de eficácia para o produto puro, enquanto o diesel B foi filtrado com valores próximos de 50 %, com testes da mistura de 12% de biodiesel no diesel, conforme direcionado pelo objetivo 4 desta tese. Recomenda-se a realização de testes futuros com o diesel B a 15 % de mistura do biodiesel, pois esta pesquisa apresentou dados promissores com a metodologia adotada.

Como a perspectiva crescente do uso do biodiesel, haja vista a ação governamental em

prol da redução de emissão de gás carbônico por meio do acordo de Paris e demais acordos internacionais, em prol do desenvolvimento sustentável, é recomendável que as distribuidoras da região norte do país busquem pesquisar e desenvolver novos filtros cada vez mais eficientes para o biodiesel e diesel B, que sejam apropriados para os desafios logísticos e físico-químicos do combustível.

Como o mercado do norte do país é considerado periférico, há sinais de que o problema do elevado teor de água no diesel não apresenta relevância para as agências reguladoras e comércio nacional. Todavia, o assunto para a sociedade é de alto interesse, em particular para o desenvolvimento de negócios que, além de ser de utilidade pública é também um instrumento de contribuição socioambiental, podendo afetar as principais empresas e o consumidor final da região norte. Por outra perspectiva, a mitigação do problema abordado com a adição do biocombustível (biodiesel) ao diesel rodoviário, previsto pela ANP, é importante para minimizar possíveis impactos ambientais causados por combustíveis fósseis.

Considerando que a logística da região norte influencia na qualidade do biodiesel e o avanço da adição do biodiesel ao diesel rodoviário, tem-se a oportunidade da realização de futuras pesquisas como por exemplo:

- a) realização do mapeamento da região Norte da avaliação da estabilidade oxidativa do diesel rodoviário S 10B;
- b) definição de parâmetros para a adição do biodiesel ao diesel rodoviário até 2024 e conforme interesse do governo até adição de 20 por cento de biodiesel;
- c) implementação de estudos sobre a regulamentação do biodiesel na região norte, uma vez que a influência do meio ambiente na qualidade dos combustíveis poderia ser levada em conta pela ANP, tornando mais flexíveis os limites de especificações aos agentes regulados e usuários.
- d) realização de pesquisas e desenvolvimento de processos biotecnológicos, bem como de novos dispositivos filtrantes, sobre o uso de combustíveis fósseis consumidos no Amazonas e demais estados da região norte.

REFERENCIAS COMPLEMENTARES

AMIT, R. e ZOTT, C. Business model innovation strategy: transformational concepts and tools for entrepreneurial leaders. New Jersey: **Wiley**, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Consulta postos web, postos cadastrados ANP.** disponível em: <http://www.anp.gov.br/distribuicao-e-revenda/revendedor/combustiveis-automotivos-1/consulta-posto-web>. Acesso em 05 de abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados estatísticos.** Atualizado: em 05/04/2023, disponível em: (<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>). Acesso em 06 de abril. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relação dos distribuidores, distribuidores cadastrados ANP.** disponível em: <http://www.anp.gov.br/distribuicao-e-revenda/distribuidor/combustiveis-liquidos/relacao-dos-distribuidores-bases-cessoes-de-espaco-contrato-de-fornecimento-quotas-e-entregas>. Acesso em 29 de dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **ANP publica resolução sobre especificação do biodiesel:** https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-publica-resolucao-sobre-especificacao-do-biodiesel. Publicado em 02/08/2019 14h01 Atualizado em 20/08/2020 17h20. Acesso em 18 de jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 14, DE 11.5.2012 - DOU 18.5.2012.** nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/agosto/ranp_45_2014.xml. Acesso em: 09 de dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25.8.2014 - DOU 26.8.2014.** AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>. Acesso em: 09 de dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 50, DE 23.12.2013 - DOU 24.12.2013.** AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2013/dezembro&item=ranp-50--2013>. Acesso em: 02 de jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **NOTA TÉCNICA: 73/2014/SBQ/RJ, Revisão da Resolução ANP nº 14/2012 que trata da Especificação do biodiesel (B100) produzido e comercializado no território nacional.** Rio de Janeiro, 07 de mai. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **DESPACHO Nº 621/2019/ANP, RJ. Rio de Janeiro, 6 de agosto de 2019.** disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/despacho-n-621-2019>. Acesso em: 08 de abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 852, DE 23 DE SETEMBRO DE 2021.** disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/o-que-sao-combustiveis>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

ALMEIDA, Josué Santiago de. Estudo da estabilidade oxidativa de blendas diesel/biodiesel para uso automotivo. 2018. 26 f. **Trabalho de conclusão de curso** (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

AVILA, Mayara Chagas De et al. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel produzido com blendas de óleo de chia e óleo de soja. Anais II CONEPETRO. Campina Grande: **Realize Editora**, 2016. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/26838>>. Acesso em: 10/02/2021 11:57.

BIODIESELBR. Biodiesel versus montadoras. **Artigo da Internet**. Disponível em <<https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/biodiesel-versus-montadoras-uma-nota-baixa>>. Acesso em 7 de jan. 2024.

BRANSKI, R. M.; OKU, S. H. Relationship between oil and renewable energies prices. **Brazilian Journal Of Petroleum And Gas** | v. 16 n. 1 | p. 001-012 | 2022 | ISSN 1982-0593. 781-3999-1-PB.pdf. Disponível em: [https://http://www.portalabpg.org.br/bjpg/index.php/bjpg/index](http://www.portalabpg.org.br/bjpg/index.php/bjpg/index). Acesso em: 13 de mai. 2022.

BENITES-LAZARO, L. L.; THOMAS, L. F. A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio): The case of Brazil's ethanol industry. **Ambiente e sociedade**, São Paulo. Vol. 24, 2021.

BENITES-LAZARO, L. L.; MELLO-THÉRY, N. A.; LAHSEN, M. Business storytelling about energy and climate change: The case of Brazil's ethanol industry. **Energy research & social science**, v. 31, p. 77-85, 2017.

CARVALHO, R. de A.; TEIXEIRA, R.M.; VALLE, M. L. M.; Estudo da adição de biodiesel no diesel s10 e s500 e seus efeitos nas propriedades do combustível e na atomização. **Blucher Engineering Proceedings**, setembro 2016 vol. 3 num. 1 - XXIV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, ISSN: 2357-7592. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/estudo-da-adicao-de-biodiesel-no-diesel-s10-e-s500-e-seus-efeitos-nas-propriedades-do-combustivel-e-na-atomizacao-23750>. Acesso em: 09 jan. 2021.

CHRISTOFF, Paulo. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2006.

COSTA, Angela Oliveira da. **A Inserção do Biodiesel na Matriz Energética Nacional: Aspectos Socioeconômicos, Ambientais e Institucionais**. 2017. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE. Nº 17, de 21 de março de 2023. **Resolução nº 3, de 20 de março de 2023, do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE.** Aprovo. Em 28 de março de 2023.

DE AZAMBUJA, Aline Oliboni de. **Avaliação da Contaminação Microbiana Durante Armazenamento Simulado Da Mistura B10 E Óleo Diesel Com Diferentes Teores De Enxofre.** 2016. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2016.

DTI. Innovation Report: Competing in the global economy: the innovation challenge. **DTI.** 2003.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **O que são combustíveis?** Petróleo e derivados explicados. Disponível em <<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/>>acesso 10 de jun. 2022.

KALGHATGI, G., Levinsky, H., & Colket, M. (2018). Future transportation fuels. **Progress in energy and combustion science**, 69, 103-105. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.06.003>.

KOMARIAH, L N.; HADIAH, F.; APRIANJAYA, J. F.; NERVRIAD, F.; biodiesel effects on fuel filter; assessment of clogging characteristics. **Journal Of Physics**, Conf. Ser. 1095 012017, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1095/1/012017>. Acesso em: 04 de jan. 2020.

LÔBO, I. P; FERREIRA, S. L. C.; Biodiesel: **parâmetros de qualidade e métodos analíticos**, Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009.

MORAES, M. B., CAMPOS, T. M., & Lima, E. (2019). **Modelos de desenvolvimento da inovação em pequenas e médias empresas do setor aeronáutico no Brasil e no Canadá.** Gestão & produção, 26(1), e2002. <https://doi.org/10.1590/0104-530X2002-19>.

NOZAKI, W; COUTINHO, I; DA COSTA; *et al.* Pioneiros do offshore: Estados e empresas na origem da exploração petrolífera no mar (1940-1970) **Revista de Economia Política Internacional.** Oikos volume 19, n. 1 2020. Rio de Janeiro. ISSN 1808-0235 | ISSN VIRTUAL 2236-0484.

OLIVEIRA, Eliomar Passos de. **Estudo do teor de água no biodiesel utilizado na mistura do diesel no Amazonas.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

OLIVEIRA, E. P. de.; OLIVEIRA, T. C. S.; SILVA, E. L. da S. Investigação do teor de água no Biodiesel utilizado na composição do Diesel B comercializado por uma distribuidora de combustíveis em Manaus/AM. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.9, p. 89663-89680. setembro. 2021.

OLIVEIRA, E. P. de.; LASMAR, D. J.; CHAAR, J. da S.; SILVA, E. L.; LIMA, E. Q.; *et al.* Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte. **Brazilian Journal of Development**, Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.12, p. 121730-121743 dec. 2021.

- OLIVEIRA, R. S. de.; SILVA, E. A. da.; RODRIGUES, P. R. P. R.; SOUZA, S. N. M. Avaliação da ação antioxidante de produtos naturais no biodiesel B100 (glycine máx.). **Rev. Engevista**, Paraná, V. 16, n. 3, p.410-419, setembro. 2014.
- OVALLES, C. Subsurface upgrading of heavy Crude oils and bitumen: what are heavy crude oils and bitumen. Boca Raton: **CRC Press, Taylor & Francis Group**, 2019.
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em Óleos, Gorduras e Alimentos Gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, 755-760, 2006.
- RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA. M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. **Rev. Virtual Quim**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 317-369. 2017.
- REZENDE, D.B.; ROCHA, M.P. de O.; PASA, V. M. D.; Re-esterification of macauba acid oil using glycerol for acidity reduction and biodiesel production. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, Dic 2019, Belo Horizonte, v. 36 n. 3 p. 1195 – 1204, 2019.
- SAMPAIO, R.M.; BONACELLI, M. B.M. Capacidades estatais e programas de promoção dos biocombustíveis no Brasil. **Revista Gestão & Conexões Management and Connections Journal**, Vitória (ES), v. 7, n. 1 jan./jun. 2018 ISSN 2317-5087 DOI: 10.13071/regec.2317-5087.2018.7.1.17141.137-160. disponível em: <http://www.portaldepublicacoes.ufes.br/ppgadm/article/view/17141/14407>. Acesso em: 28 dez. 2019.
- SOUZA, D. A. A. de.; CORREA, A. P. da L.; SILVA, P. M. M. da. Avaliação do potencial de misturas de antioxidantes naturais e sintético na estabilidade oxidativa de biodiesel. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 11782-11799 Feb. 2021 ISSN: 2525-8761 DOI:10.34117/bjdv7n2-008. disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24079>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- SOUZA, C. D. R. de.; CHAAR, J. da S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. dos S. de.; COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. dos. Caracterização físico-química das misturas binárias de biodiesel e diesel comercializados no Amazonas, vol.39 (2) 383 – 388, **Acta Amazônia**, 2009.
- WAZILEWSKI, Willian Tenfen. Estudo da estabilidade do biodiesel de crambe e soja. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.
- PETROBRAS. **Óleo Diesel**. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/automotivos/oleo-diesel/>. Acesso em: 10/02/2021 16:29.
- PÚBLICA. COP28. **Artigo da Internet**. Disponível em < <https://apublica.org/2023/12/nacop28-lula-mostra-licao-de-casa-sobre-amazonia-mas-reforca-contradicao-com-petroleo/> >. Acesso em 7 de jan. 2024.
- RODRIGUES, A.C.C. Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil. **Cleaner Engineering and Technology**, Vol. 4, outubro de 2021, 100197. doi.org/10.1016/j.clet.2021.100197. 2021.

ROTHWELL, R. (1994). Towards the fifth-generation innovation process. **International Marketing Review**, 11(1), 7-31. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/VhnKMQLtss3yNZk6NcKN4mJ/?lang=pt> Acesso em: 08 arb. 2022.

STANČIN, H; MIKULČIĆ, H; WANG, X; DUIĆ, N. A review on alternative fuels in future energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Volume 128, August 2020, 109927.

TEECE, D. J. Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic Management Journal**, v. 28, n. 13, p. 1319-1350, Dec 2007. ISSN 0143-2095.

WELSBY, D, Price, J, Pye, S. *et al.* Combustíveis fósseis inextraíveis em um mundo de 1,5°C. **Natureza** 597, 230-234 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03821-8>.


UBRABIO. **Biodiesel**: Publicada resolução que aumenta o parâmetro de estabilidade à oxidação. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2019/08/02/biodiesel-publicada-resolucao-que-aumenta-o-parametro-de-estabilidade-a-oxidacao/>. Acesso em: 18/06/2021 15:25.

US Energy Information Administration. **Petróleo e derivados explicados**. Disponível em <<https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/>>acesso 09 de jun. 2022.

ZHOU J., XIONG Y., LIU X. Evaluation of the oxidation stability of biodiesel stabilized with antioxidants using the Rancimat and PDSC methods. **Fuel**, v. 188, p. 61-68, 2017.


ANEXO

Anexo 1 – Artigo 1 publicado e Declaração da revista BJD

	<i>Brazilian Journal of Development</i> 110135 <small>ISSN: 2525-8761</small>
Perfil da qualidade do Biodiesel, Diesel B S10 e B S500 em uma distribuidora na Região Norte do Brasil	
Quality profile of Biodiesel, Diesel B S10 and B S500 in a distributor in Northern Brazil	
DOI:10.34117/bjdv7n12-008	
Recebimento dos originais: 12/11/2021 Aceitação para publicação: 01/12/2021	
Eliomar Passos de Oliveira Doutorando no PPGBIOTEC - UFAM Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis E-mail: eliomar.oliveira@atem.com.br	
Dimas José Lasmar Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ Professor no PPGBIOTEC - UFAM E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br	
Jamal da Silva Chaar Doutor em Ciências (Química-Química Analítica) pela USP Professor na Universidade Federal do Amazonas E-mail: jchaar@gmail.com	
Eline Lima da Silva Economista pela UFAM E-mail: eline@atem.com.br	
Everaldo de Queiroz Lima Engenheiro Químico pela CEULM ULBRA E-mail: everaldo.lima@atem.com.br	
Michele dos Santos Souza Licenciada em Química pela FAMETRO E-mail: michele.souza@atem.com.br	
Francijane Pacheco de Macedo Licenciada em Química pela FAMETRO E-mail: francijane.macedo@atem.com.br	
Gilberto Batista do Carmo Engenheiro Químico pela CEULM ULBRA E-mail: gilberto.carmo@atem.com.br	
Ewald Pimentel Santos Tecnólogo em Petróleo e Gás pela UNNORTE E-mail: ewald.santos@atem.com.br	

	Brazilian Journal of Development
DECLARAÇÃO	
A Revista Brazilian Journal of Development, ISSN 2525-8761 avaliada pela CAPES como Qualis CAPES 2019 B2, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado “ PERFIL DA QUALIDADE DO BIODIESEL, DIESEL B S10 E B S500 EM UMA DISTRIBUIDORA NA REGIÃO NORTE DO BRASIL ” de autoria de <i>Eliomar Passos de Oliveira, Dimas José Lasmar, Jamal da Silva Chaar, Eline Lima da Silva, Everaldo de Queiroz Lima, Michele dos Santos Souza, Francijane Pacheco de Macedo, Gilberto Batista do Carmo, Ewald Pimentel Santos</i> , foi publicado no v. 7, n.12, p.110135-110152.	
A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/issue/view/152	
DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-008	
Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.	
São José dos Pinhais, 01 de Dezembro de 2021.	
 Prof. Dr. Edilson Antonio Catapan Editor Chefe	<small>QR de validação da publicação</small>

Anexo 2 – Artigo 2 publicado e Declaração da revista BJD

	<i>Brazilian Journal of Development</i> 121730 ISSN: 2525-8761
Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte	
Impacts of Biodiesel Quality Regulation for Regulated Agents in the North Region	
DOI:10.34117/bjdv7n12-777	
Recebimento dos originais: 12/11/2021 Aceitação para publicação: 28/12/2021	
Eliomar Passos de Oliveira Doutorando no PPGBIOTEC – UFAM Acadêmico do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis E-mail: eliomar.oliveira@atem.com.br	
Dimas José Lasmar Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ Professor no PPGBIOTEC - UFAM E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br	
Jamal da Silva Chaar Doutor em Ciências (Química Analítica) pela USP Professor na Universidade Federal do Amazonas E-mail: jchaar@gmail.com	
Eline Lima da Silva Economista pela Universidade Federal do Amazonas Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Operações e Suprimentos E-mail: eline@atem.com.br	
Everaldo de Queiroz Lima Engenheiro Químico pela Universidade Luterana do Brasil Atem's Distribuidora de Petróleo S.A – Qualidade de Combustíveis E-mail: everaldo.lima@atem.com.br	
Raquel Passos de Oliveira Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus E-mail: passosraquel1819@gmail.com	
Elionei Passos de Oliveira Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus E-mail: elioneipassos@yahoo.com.br	
Luisa Bastos Polari Acadêmica do Curso de Direito da Faculdade La Salle Manaus E-mail: huiapolari@gmail.com	

	Brazilian Journal of Development
DECLARAÇÃO	
<p>A Revista Brazilian Journal of Development, ISSN 2525-8761 avaliada pela CAPES como Qualis CAPES 2019 B2, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado "Impactos da regulamentação da qualidade do Biodiesel para os agentes regulados na Região Norte" de autoria de Eliomar Passos de Oliveira, Dimas José Lasmar, Jamal da Silva Chaar, Eline Lima da Silva, Everaldo de Queiroz Lima, Raquel Passos de Oliveira, Elionei Passos de Oliveira, Luisa Bastos Polari, foi publicado no v. 7, n.12, p. 121730-121743.</p>	
<p>A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/issue/view/152</p>	
<p>DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-777</p>	
<p>Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.</p>	
<p>São José dos Pinhais, 30 de Dezembro de 2021.</p>	
	
<p>Prof. Dr. Edilson Antonio Catapan Editor Chefe</p>	

Anexo 3 – Artigo 3 publicado na revista Concilium



[Início](#) / [Edições anteriores](#)

Edições anteriores



v. 23 n. 3 (2023)

CONCIUM ENGLISH EDITION (0010-5236) -

Interdisciplinary (A2)

CALL FOR PAPERS

Submission Deadline: 2023-02-12

Notification of Acceptance: 2023-02-21

Anexo 4 – Orçamento do projeto

ORÇAMENTO

O financiamento e fomento é realizado pela empresa Atem Distribuidora de Petróleo S.A, que possui interesse nos resultados da pesquisa, sendo oficializado em documento assinado e reconhecido em cartório em que a empresa se compromete em contribuir com a pesquisa, na formação do pesquisador pelo Programa de Pós-Graduação.

Tabela 7 - Atividades e respectivos custos/investimentos para o desenvolvimento da pesquisa.

IT	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo/Valor
1	Tanque cap. 1000L, em polietileno com porta palete em aço e gradeamento, homologado pelo inimento,	unid	2	R\$ 1.500,00
2	Conjunto motor bomba, Conjunto Motobomba Ksb (15 cv) 150/50 Com Motor Eletrico,	unid	1	R\$ 3.000,00
3	Mangueira, mangote, 1"	m	10	R\$ 300,00
4	Filtro, projeto e construção	unid	1	R\$ 20.000,00
5	Válvula fecho duplo,	1	3	R\$ 600,00
6	Visita técnica empresa de desenvolvimento de filtros	-	2	R\$ 9.000,00
7	Equipamentos de proteção e manuseio de combustível	1		R\$ 500,00
8	Custo com montagem das valvulas e do protótipo do filtro	horas	20	R\$ 10.000,00
9	Movimentação do caminhão tanque retirada e devolução de combustível para o tanque	h	24	R\$ 2.400,00
10	Garrafas de amostras tipo ambar, batoque e tampa	72	72	R\$ 72,00
11	Análises de amostras de biodiesel, teor de água, massa específica, ponto de fulgor, aspecto visual e cor.	amostra	72	R\$ 14.400,00
12	Submissão de artigo em periodico qualificado	unid	2	R\$ 6.000,00
13	Cota de combustível para deslocamento de orientador realizar acompanhamento em campo	litros	120	R\$ 480,00
14	Participação em congresso para divulgação dos resultados da pesquisa (inscrição, passagem, alimentação e hotel)	congresso	2	R\$ 8.000,00
15	Total estimado			R\$ 76.252,00

Fonte: Autor, respectivos custos/investimentos fomentados pela Atem Distribuidora.