

ESTABILIDADE À OXIDAÇÃO DO DIESEL E BIODIESEL NA REGIÃO NORTE DO BRASIL: DESAFIOS E RISCOS À QUALIDADE DOS COMBUSTÍVEIS

OXIDATION STABILITY OF DIESEL AND BIODIESEL IN NORTHERN BRAZIL:
CHALLENGES AND RISKS TO FUEL QUALITY

ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN DEL DIÉSEL Y EL BIODIÉSEL EN EL NORTE DE
BRASIL: DESAFÍOS Y RIESGOS PARA LA CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

Everaldo de Queiroz Lima¹

Helder de Melo Guerreiro²

Alexandra de Lima Pereira³

Eliomar Passos de Oliveira⁴

Dimas José Lasmar⁵

RESUMO: O presente artigo analisa a estabilidade à oxidação do diesel, do biodiesel e de suas misturas na Região Norte do Brasil, com foco nas cidades de Manaus e Belém. O objetivo principal consiste em avaliar comparativamente o comportamento oxidativo de diferentes amostras de diesel, biodiesel e blendas, destacando os riscos para qualidade desses combustíveis em condições típicas da região. A metodologia combina revisão bibliográfica e pesquisa de campo, incluindo coleta de amostras em distribuidoras locais e ensaios laboratoriais segundo normas EN 14112 e EN 15751. Os resultados mostram que, embora o diesel mineral apresente elevada resistência à oxidação, o aumento do teor de biodiesel nas misturas reduz significativamente a estabilidade oxidativa, com médias de aproximadamente 13 h para o biodiesel e 20 h para o diesel B15. Em Manaus, a logística fluvial e a elevada umidade favoreceram valores mais baixos, em comparação a Belém. As discussões evidenciam que combustíveis menos estáveis aumentam a acidez, estimulam corrosão, favorecem crescimento microbiano e encurtam a vida útil do produto. Conclui-se que o avanço da mistura obrigatória de biodiesel demanda estratégias de aditivação, monitoramento contínuo e atualização das normas técnicas, a fim de assegurar desempenho adequado e confiabilidade da qualidade desses combustíveis no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Estabilidade à Oxidação. Diesel. Biodiesel. Região Norte.

¹Doutorando em Biotecnologia no PPGBIOTEC / UFAM.

²Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Internacional – UNINTER.

³Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais no PPGCEM / UFAM.

⁴Doutor em Biotecnologia pela UFAM, Professor Substituto na Faculdade de Tecnologia da UFAM.

⁵Doutor em Engenharia de Produção pela UFRJ, Professor Adjunto da UFAM e Docente Colaborador do PPGBIOTEC.

ABSTRACT: This study analyzes the oxidation stability of diesel, biodiesel, and their blends in the Northern Region of Brazil, focusing on the cities of Manaus and Belém. The main objective is to comparatively evaluate the oxidative behavior of different samples of diesel, biodiesel, and blends, highlighting the risks to vehicles and engines under typical conditions in the region. The methodology combines a literature review and field research, including sample collection from local distributors and laboratory tests according to EN 14112 and EN 15751 standards. The results show that, although mineral diesel exhibits high resistance to oxidation, increasing the biodiesel content in the blends significantly reduces oxidative stability, with averages of approximately 13 h for biodiesel and 20 h for B15 diesel. In Manaus, river transport and high humidity favored lower values compared to Belém. The discussions highlight that less stable fuels increase acidity, stimulate corrosion, promote microbial growth, and shorten the product's shelf life. It is concluded that the advancement of mandatory biodiesel blending demands additive strategies, continuous monitoring, and updating of technical standards in order to ensure adequate performance and reliability of the quality of these fuels in the Brazilian context.

Keywords: Oxidation Stability. Biodiesel. Northern Region.

RESUMEN: Este estudio analiza la estabilidad oxidativa del diésel, biodiésel y sus mezclas en la Región Norte de Brasil, con foco en las ciudades de Manaus y Belém. El objetivo principal es evaluar comparativamente el comportamiento oxidativo de diferentes muestras de diésel, biodiésel y mezclas, destacando los riesgos para vehículos y motores en condiciones típicas de la región. La metodología combina una revisión bibliográfica y una investigación de campo, incluyendo la toma de muestras de distribuidores locales y pruebas de laboratorio según las normas EN 14112 y EN 15751. Los resultados muestran que, aunque el diésel mineral exhibe alta resistencia a la oxidación, aumentar el contenido de biodiésel en las mezclas reduce significativamente la estabilidad oxidativa, con promedios de aproximadamente 13 h para el biodiésel y 20 h para el diésel B15. En Manaus, el transporte fluvial y la alta humedad favorecieron valores más bajos en comparación con Belém. Las discusiones destacan que los combustibles menos estables aumentan la acidez, estimulan la corrosión, promueven el crecimiento microbiano y acortan la vida útil del producto. Se concluye que el avance de la mezcla obligatoria de biodiesel exige estrategias de aditivos, monitoreo continuo y actualización de las normas técnicas para garantizar un rendimiento adecuado y la confiabilidad de la calidad de estos combustibles en el contexto brasileño.

Palabras clave: Estabilidad a la Oxidación. Biodiésel. Región Norte.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso de biodiesel tem aumentado gradualmente, desde 2008, a mistura obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil foi de 2% (B2) e alcançou 14% em 2024, com metas de até 20–25% nos próximos anos (MARINI, 2025; TAPANES, *et al.*, 2024). O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) busca reduzir emissões de poluentes e dependência externa de diesel fóssil, dado que o biodiesel, um composto de éster metílico de óleos vegetais ou gorduras animais, é fonte renovável de energia. No entanto, uma limitação conhecida do

biodiesel é sua menor estabilidade oxidativa comparada ao diesel mineral (ALMEIDA, *et al.*, 2018; FIGUEREDO, *et al.*, 2017).

Pesquisas comprovaram que, embora o óleo diesel comercial possua elevada resistência à oxidação, a presença de biodiesel em mistura tende a dominar o comportamento de oxidação da blend, reduzindo sua estabilidade geral. Quando o biodiesel se oxida, formam-se peróxidos, ácidos orgânicos corrosivos, gomas e sedimentos insolúveis, que podem entupir filtros de combustível, corroer componentes e danificar bombas e bicos injetores (ALMEIDA, *et al.*, 2018; FIGUEREDO, *et al.*, 2017).

Esses efeitos agravam-se em veículos de uso intermitente ou com combustíveis armazenados por longos períodos. Assim, cresce a preocupação técnica de avaliar e comparar a estabilidade oxidativa de diesel A S10 e A S500 versus biodiesel (de soja, girassol, sebo bovino etc.), e entender qualitativa e quantitativamente o impacto do aumento de biodiesel nas misturas sobre o desempenho futuro dos motores brasileiros. Portanto, o presente trabalho busca realizar o levantamento teórico acerca da estabilidade à oxidação do biodiesel, o diesel e suas misturas, assim como a avaliação química deles na Região Norte do Brasil, especificamente Manaus e Belém, a fim de apresentar um panorama refletindo sobre os riscos e desafios para veículos e motores.

Silva, *et al.* (2021) descrevem o diesel mineral como um combustível composto basicamente por cadeias alifáticas saturadas (C_8 – C_{16}) e compostos aromáticos, com baixo teor de oxigênio molecular. Em contraste, Figueredo, *et al.* (2017) apontam que o biodiesel (óxido vegetal transesterificado) contém ésteres de ácidos graxos de cadeia longa que geralmente apresentam múltiplas ligações duplas insaturadas. Essas insaturações tornam o biodiesel muito mais suscetível à oxidação: sob presença de oxigênio, os hidrogênios junto às duplas ligações são abstraídos, iniciando reações em cadeia que formam hidropéroxidos, aldeídos, ácidos carboxílicos e finalmente polímeros, que formam depósitos, conforme levantamento realizado por Almeida, *et al.* (2018).

Figueredo, *et al.* (2017) também evidencia fatos experimentais que confirmam que óleos de maior grau de insaturação (e.g. girassol) produzem biodiesel com indução de oxidação mais curta (p. ex. ~1,7 h para biodiesel de girassol vs. ~4,8 h para biodiesel de soja, medido em Rancimat a 110 °C). Quanto maior a concentração de ligações duplas no combustível (maior teor de ácido linolênico, por exemplo), maior será a facilidade à oxidação. Em suma, o perfil lipídico do biodiesel, ao contrário do diesel inerte, determina sua baixa estabilidade.

A conferência internacional que gerou o documento dos avanços recentes na engenharia mecânica contribuiu com o tema, Singh, *et al.* (2016) discutiram que para avaliar estabilidade oxidativa de combustíveis foram desenvolvidos diversos métodos acelerados. O método Rancimat (norma EN 14112) expõe a amostra a ar aquecido (tipicamente 110 °C) e mede o tempo até formação rápida de produtos ácidos (período de indução). Embora inicialmente desenvolvido para óleos comestíveis, o Rancimat foi adaptado para biodiesel (padrão europeu exige IP mínimo de 6–8 h em B100). Em contraste, combustíveis derivados de petróleo tradicionalmente usam métodos como o Teste de Oxigênio Ativo (AOM) ou ASTM D2274 (oxidação acelerada gravimétrica a 95 °C).

Na prática, conforme o relatório técnico da NREL (2005), o teste Rancimat é aplicado tanto para biodiesel quanto para diesel de acordo com normas recentes (EN 15751/16091:2014), permitindo comparação direta. Outros métodos como calorimetria diferencial de varredura (P-DSC) e PetroOXY (ASTM D7545) têm sido estudados, mas o Rancimat permanece referencial para FAME e blends. É importante notar que muitos métodos mensuram aspectos distintos (tempo de indução vs. formação de sedimentos), dificultando comparação direta entre diesel mineral e biodiesel. Ainda assim, indicadores comuns (como horas de indução a 110 °C) possibilitam análise comparativa qualitativa entre esses combustíveis.

4

Estudos comparativos evidenciam que diesel mineral é intrinsicamente mais estável que qualquer biodiesel puro ou blend. Em testes Rancimat, amostras de diesel comercial geralmente atingem tempos de indução muito superiores ou indefinidos (não se oxida no intervalo de ensaio), enquanto biodiesel puro produz induções curtas. Por exemplo, Figueiredo, *et al.* (2017) observaram induções de 4,8 h para B100 de soja e apenas 1,73 h para B100 de girassol, enquanto Kalat (2017) mensurou ~8,0 h para B100 e ~8,7 h para diesel puro na mesma condição, mostrando que, mesmo com biodiesel de boa qualidade, o diesel atinge valores similares ou maiores.

Em blendas, a adição de biodiesel provoca queda gradativa da estabilidade: um estudo brasileiro mostrou que misturas com 5–50% biodiesel apresentaram induções decrescentes conforme o teor aumentava, com redução de estabilidade especialmente acentuada acima de 10% de biodiesel. Além disso, Silva, *et al.* (2021) confirmaram via P-DSC que a estabilidade térmica e oxidativa diminui monotonicamente à medida que o teor de biodiesel sobe de 5% a 50%. Na prática, conforme Almeida, *et al.* (2018), isto significa que combustíveis com alto teor de biodiesel exigem uso rápido: combustíveis menos estáveis formam mais ácidos e sedimentos oxidativos, degradando o produto e causando depósitos nos motores.

A fabricante de equipamentos de análises Metrohm (2024) Comparando numericamente, dados instrumentais ilustram bem essa tendência. Em ensaio Rancimat a 110 °C, amostras de diesel puro muitas vezes não atingem ponto de indução em tempo razoável (indicando alta estabilidade). Em contraste, biodiesel puro tipicamente fica na faixa de 4–8 h, e suas misturas exibem valores intermediários: reportou-se ~27,3 h para B10, 17,2 h para B20 e 13,6 h para B30 em diesel-biodiesel. Ou seja, mesmo 10% de biodiesel reduz a estabilidade relativa do diesel, ainda que de modo não tão drástico quanto B30.

Segundo Almeida, *et al.* (2018), esse efeito quantitativo, a forte diminuição de horas de indução, reflete o aumento de sítios reativos no combustível. Ademais, a degradabilidade do biodiesel sobrecarrega o sistema de combustão: vários autores destacam que os subprodutos da oxidação (peróxidos, ácidos) atacam componentes metálicos e podem obstruir filtros, elevando custos de manutenção.

Do ponto de vista qualitativo, a diferença entre diesel e biodiesel revela-se em praticamente todos os estudos, a baixa estabilidade oxidativa do biodiesel é um dos principais entraves para seu uso como substituto natural do diesel mineral (FIGUEIREDO, *et al.*, 2017). Nesse sentido, percebem-se dois desafios principais: (1) enchimento rápido dos estoques de combustíveis com alto teor de biodiesel para evitar oxidação; e (2) necessidade de antioxidantes ou modificações químicas para elevar a resistência do biodiesel.

5

No Brasil, conforme a pesquisa de Silva, *et al.* (2024), já se sabe da praxe de adicionar antioxidantes sintéticos ao biodiesel (ou extratos vegetais ricos em fenóis) para atender ao critério de 8 h de indução. Porém, à medida que o percentual de biodiesel cresce (p. ex., de B10 para B14, B20 etc.), o volume de antioxidante necessário aumenta, pressionando custos e logística do setor.

Além disso, diferenças metodológicas complicam a comparação direta. Enquanto o Rancimat é padrão para FAME puro, técnicas como DSC (calorimetria) ou PetOXY podem ser mais sensíveis à degradação de blends. Estudos indicam correlações entre métodos (p. ex., correlação entre IP Rancimat e depósito ASTM D2274), mas alertam que eles medem fenômenos distintos (SINGH, *et al.*, 2016). Constatou-se que a mistura de diesel e biodiesel pode ser estudada por Rancimat, porém resultados de métodos distintos nem sempre concordam em suas magnitudes absolutas. Ainda assim, qualitativamente todos concordam que quanto maior o teor de biodiesel, menor a estabilidade oxidativa da mistura (SILVA, *et al.*, 2021; ALMEIDA, *et al.*, 2018).

MÉTODOS

O presente trabalho combina o estudo exploratório disponível no arcabouço científico com a atividade de estudo em campo. A pesquisa bibliográfica se deu por meio dos portais de pesquisa científica Google Acadêmico, Scielo e Periódico Capes, seguindo as seguintes diretrizes:

Uso de artigos científicos e trabalhos acadêmicos (dissertação ou doutorado);
Uso de artigos de periódicos, portais eletrônicos, portais oficiais, leis e normas;
Até 10 anos de sua publicação para artigos e trabalhos;
Palavras-chave: Estabilidade Oxidativa, Diesel, Biodiesel, Manutenção, Motores.

A atividade em campo complementou a pesquisa com levantamento de dados de estabilidade à oxidação em bases de distribuição de combustíveis na Região Norte do país, especificamente nas cidades de Manaus e Belém, pelo período de 2 anos (2023 a 2025). O procedimento para coleta dos dados se deu da seguinte forma:

Diesel e biodiesel sem mistura são coletados diretamente do tanque armazenador da distribuidora;

Amostras são do tipo corrida: lançadas de cima abaixo e puxadas baixo para cima em velocidade constante percorrendo toda a extensão vertical do tanque preenchendo até 80% do volume do amostrador;

Amostras tipo diesel B (misturados ao biodiesel) são feitas em bancada, por meio da adição de 15% v/v de biodiesel ao diesel S10 e S500;

Amostras são identificadas e enviadas para laboratório credenciado para testes em combustíveis;

Obtenção da estabilidade à oxidação a 110°C por meio do método EN 14112 e EN 15751 com resultado em horas.

Dessa forma, os resultados bibliográficos foram complementados pelos dados obtidos em campo a fim de desenvolver discussões acerca dos riscos e desafios projetados para a Região Norte do Brasil, buscando delinear o panorama dessa problemática por meio da análise crítica da estabilidade à oxidação do diesel, biodiesel e suas mesclas.

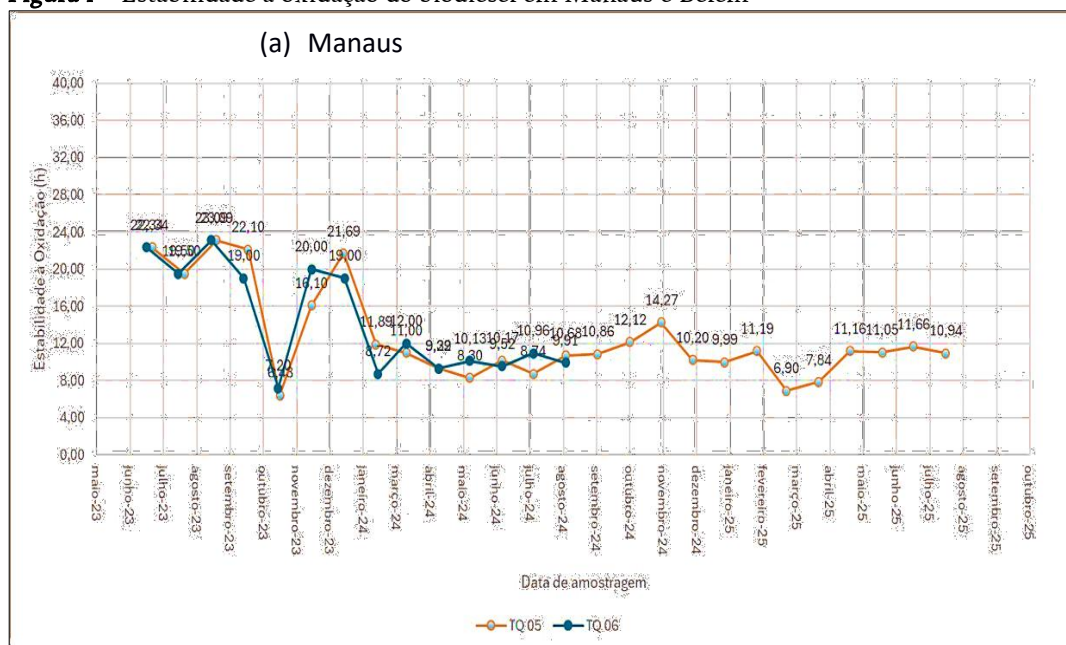
RESULTADOS E DISCUSSÃO

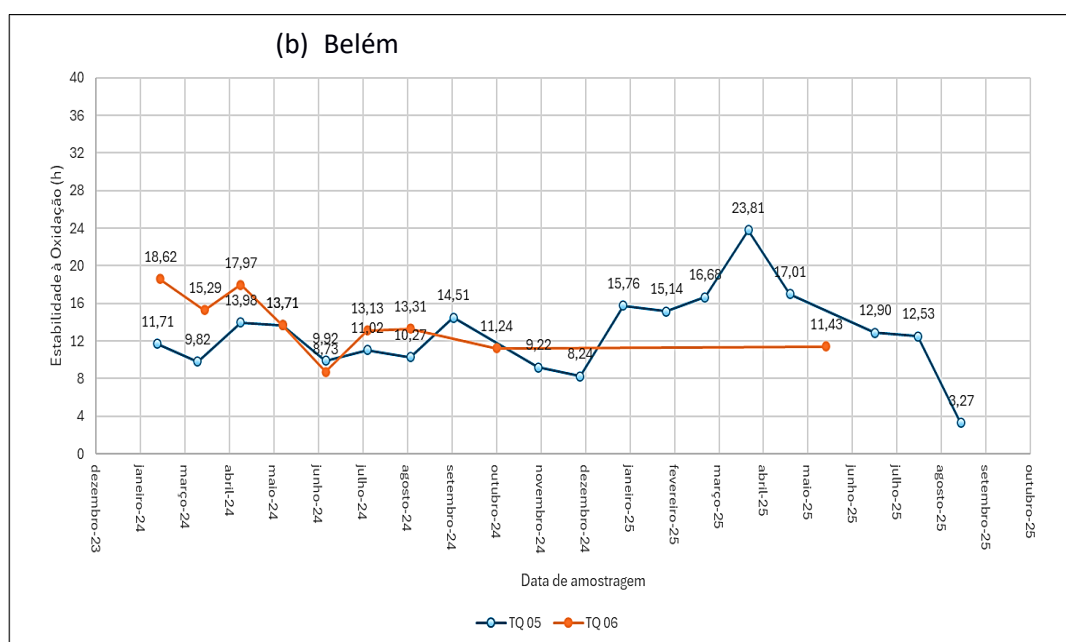
Os dados de estabilidade à oxidação coletados em Manaus e Belém se dividiram em dois tanques para o biodiesel (TQ 05 e TQ 06), ambas as cidades com tanques de mesma nomenclatura (Figura 1).

A comparação entre cidades evidentemente descreve um comportamento singular para cada, onde não há convergência entre os produtos avaliados em Manaus e Belém partindo de uma análise visual. Contudo, para uma avaliação assertiva acerca da pertinência dos dados, é necessário considerar a diferença operacional entre as bases distribuidoras estudadas. Fatores como a qualidade do combustível comprado, diferença entre fornecedores, diferenças entre os climas, equipe técnica, rotatividade e tipo de tanque de armazenagem impactam diretamente nos resultados de estabilidade à oxidação.

Portanto, mostra-se mais adequado que a avaliação dos dados seja feita por meio da média dos valores, assim como seus pontos máximo e mínimo, a fim de evitar o viés conclusivo que não considere as nuances operacionais. Dessa forma, verifica-se que Manaus obteve máximo de 23,09 h e mínimo de 6,43 h sendo a média de 13,25 h enquanto Belém obteve máximo de 23,81 h e mínimo 8,24 h sendo a média de 13,45 h. Avaliando-se as médias, verifica-se a sua proximidade como indicação de equivalência nos impactos da região. Ou seja, apesar das perceptíveis variações entre os resultados das cidades, temos médias que atingem uma diferença de 1,5 % evidenciando um comparativo aceitável entre as cidades.

Figura 1 – Estabilidade à oxidação do biodiesel em Manaus e Belém





Fonte: LIMA, et al., 2026.

Ao se considerar o limite estabelecido para os produtores de biodiesel (resultado mínimo de 13 h) verifica-se que a média é aceitável, contudo, valores abaixo de 10 h são evidentemente recorrentes, pois constata-se 12 pontos em Manaus e 5 pontos em Belém. Portanto, Manaus expressa maior dificuldade em manter um armazenamento estável de biodiesel, cuja origem provavelmente se dá por conta da logística dificultosa na região.

Avaliando o transporte do biodiesel, identificou-se que Manaus é somente acessada por meio de balsas-tanques, sendo uma logística essencialmente fluvial. O transporte por águas pode estimular o aumento no teor de água do combustível, haja vista todo meio de armazenagem dispor de suspiros para o alívio diário de pressão, onde o processo ocorre via meio atmosférico, dessa forma, certamente o ambiente próximo ao rio conterá maior concentração de umidade que em terra seca, sendo absorvido pelo sistema de alívio.

O fenômeno é intensificado por conta do clima quente amazônico, haja vista maiores temperaturas concentrarem maiores quantidades de umidade absoluta. Cartas psicrométricas utilizadas no Brasil representam a umidade relativa em linhas ascendentes conforme aumento de temperatura, mantendo o percentual de umidade, porém expandindo a concentração de água. Tal parâmetro físico-químico é decorrente da expansão do ar quente, haja vista o mesmo ser um gás, permitindo que suas moléculas agrupem maior quantidade de água disponível.

Justamente, um rio possui uma colossal quantidade de água disponível para vaporização e absorção pelo ar aquecido. A atmosfera ao ser aquecida expande o ar fazendo com que o meio

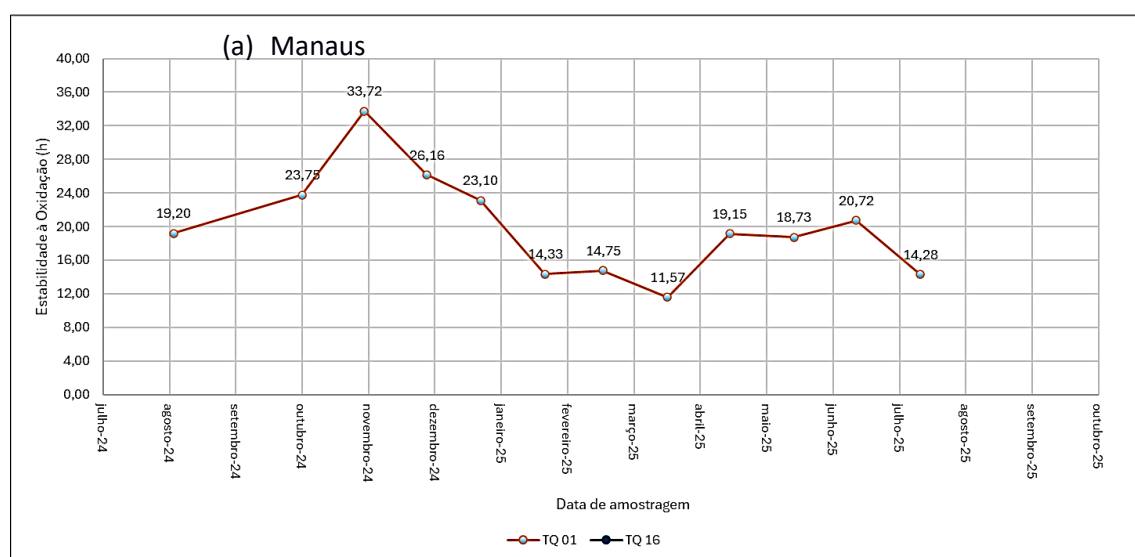
diminua a concentração de água, por conta do aumento de volume, gerando desequilíbrio por meio de um gradiente de concentração e ativando a força motriz para a transferência de massa (do mais concentrado para o menos concentrado). Por fim, a superfície da água é estimulada pela força motriz à vaporização, isto é, a solubilização da água pelo ar.

Quanto ao diesel B S10, os resultados apresentam resultados com valores mais elevados, porém, para a sua plena interpretação, é necessário ressaltar que o diesel é avaliado pelo método EN 15751, enquanto o biodiesel segue a EN 14112. A temperatura de análise em biodiesel segue o padrão estabelecido de 110 °C, mas em diesel não há temperatura estabelecida, porém, obedecendo a mesma metodologia de quantificação da oxidação e buscando se aproximar da mesma sistemática da análise do biodiesel (Figura 2).

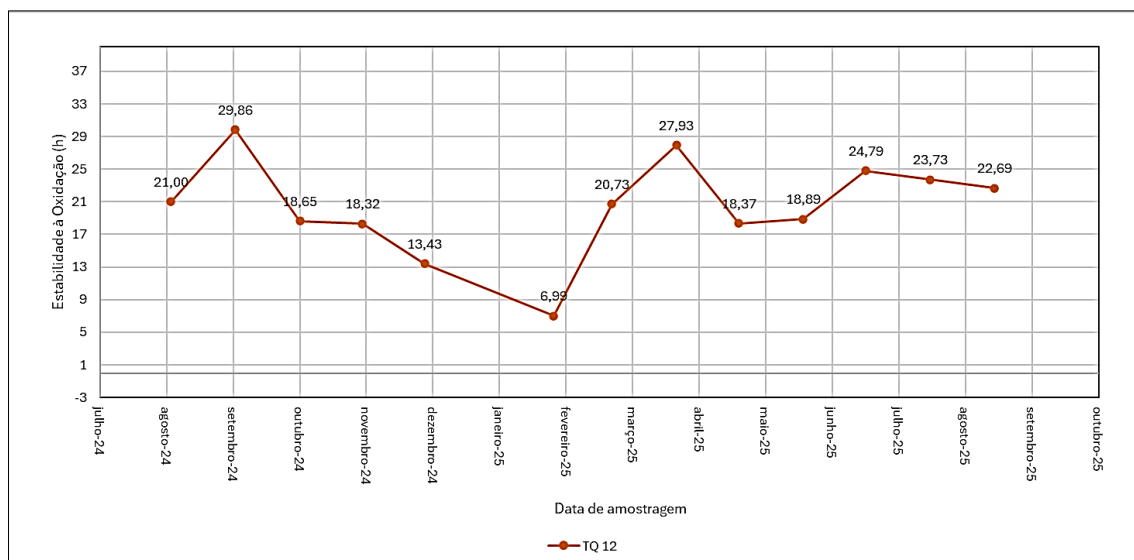
Em Manaus, o valor máximo atingiu 33,72 h e o mínimo 11,57 com a média de 19,96 h, enquanto Belém anotou valor máximo de 29,86 h e o mínimo 6,99 h com a média de 20,41 h. Dessa forma, interpreta-se que, apesar do máximo valor mínimo pertencer a Belém, Manaus apresenta maior quantidade de pontos com baixo valor, refletido na sua média menor.

Portanto, a perspectiva da influência do transporte na cidade de Manaus também é verificável no diesel B S10 misturado com 15 % v/v de biodiesel. Ademais, considerando que o diesel possui menor higroscopicidade e que o seu transporte se dá majoritariamente por dutos e navios, observa-se que os baixos pontos de estabilidade à oxidação são fortemente influenciados pelo biodiesel misturado ao diesel. Dessa forma, evidencia-se que o diesel comercializado na sociedade é diretamente afetado pela qualidade do biodiesel armazenado nas distribuidoras.

Figura 2 – Estabilidade à oxidação do diesel em Manaus e Belém



(b) Belém



Fonte: LIMA, et al., 2026.

O perfil oxidativo dos combustíveis tem impactos práticos. Misturas mais instáveis podem gerar depósitos na bomba e injetores, aumentando o desgaste mecânico. Além disso, ácidos formados aceleram a corrosão interna das tubulações de combustível e tanques. Esses problemas agravam-se sob condições comuns no Brasil: altas temperaturas ambientais, longas rotas rodoviárias e tempos de inatividade de veículos em postos. Fabricantes de motores podem necessitar repassar orientações específicas (como intervalos de manutenção reduzidos ou filtros mais resistentes) conforme o aumento do blend. Também, há riscos de incompatibilidade com materiais poliméricos (vedantes e tubulações plásticas) que já são conhecidos do uso prolongado de B100.

Do ponto de vista regulatório, o avanço para percentuais de biodiesel maiores forçará reavaliação das normas de combustíveis, talvez inclusão de novas especificações de estabilidade para blends ou atualização de metodologias de teste. Em resumo, a crescente porcentagem de biodiesel traz desafios de qualidade do combustível que repercutem em desempenho e confiabilidade de motores. É fundamental que a indústria e órgãos reguladores do Brasil desenvolvam estratégias de monitoramento e aditivação que assegurem a estabilidade de combustíveis à medida que o uso de biodiesel cresce, evitando problemas de rompimento de especificação e danos aos veículos.

Um biodiesel com baixa estabilidade à oxidação, quando incorporado em uma mistura de 15% ao diesel fóssil, pode trazer uma série de consequências relevantes ao longo da cadeia de armazenamento, distribuição e uso. O primeiro impacto está associado à formação de produtos de oxidação, como gomas, vernizes e sedimentos. Mesmo em pequena proporção, esses

compostos tendem a se acumular nos tanques e sistemas de alimentação, provocando entupimento de filtros e injetores, o que compromete a pulverização do combustível e reduz a eficiência da combustão. Esse processo resulta em aumento do consumo, perda de desempenho e emissões mais elevadas de material particulado e hidrocarbonetos (SILVA, *et al.*, 2021).

Outro efeito importante está relacionado ao aumento da acidez do combustível, consequência natural da oxidação que gera ácidos graxos livres e compostos instáveis. A elevação do número de acidez provoca corrosão em componentes metálicos, bombas, linhas e tanques, especialmente quando há presença de água. Esse ambiente também favorece o crescimento microbiano, já que o biodiesel oxidado é mais higroscópico e fornece substratos para micro-organismos que se desenvolvem na interface com a água livre (TAPANES, *et al.*, 2024).

O resultado é a formação de lodo, que além de acelerar a corrosão, intensifica problemas de entupimento. A baixa estabilidade oxidativa também reduz a vida útil da mistura, pois o B15 tende a deteriorar-se mais rapidamente durante o armazenamento, exigindo rotação de estoque mais frequente e maior rigor no controle de qualidade. Em condições desfavoráveis, como temperaturas elevadas e presença de contaminantes, o processo de degradação se acelera e torna a mistura imprópria para uso em períodos muito curtos.

11

Além disso, a presença de compostos oxidados pode modificar a viscosidade local do combustível, prejudicando o processo de atomização e levando a uma combustão menos uniforme. Esses fatores combinados resultam em custos operacionais mais altos para usuários e distribuidores, uma vez que há necessidade de trocas mais frequentes de filtros, limpeza de tanques, aplicação de aditivos antioxidantes e até mesmo manutenção corretiva em motores e sistemas de injeção.

No âmbito logístico, a instabilidade impõe maior vigilância laboratorial, com monitoramento do número de acidez, teor de água, estabilidade oxidativa por ensaios padronizados e contagem microbiológica. Embora a diluição em 15% atenuie parcialmente os problemas, não os elimina, pois muitos dos efeitos são não lineares e pequenas quantidades de polímeros ou ácidos podem desencadear falhas em pontos sensíveis do sistema. Assim, um biodiesel com baixa estabilidade à oxidação compromete a confiabilidade do B15, aumenta riscos de falhas mecânicas, onera a manutenção, acelera a degradação do combustível estocado e pode afetar diretamente tanto a qualidade do ar quanto a competitividade econômica da mistura no mercado brasileiro (ALMEIDA, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa indica de forma consistente que o diesel fóssil apresenta estabilidade oxidativa muito superior ao biodiesel. Em testes acelerados (Rancimat), combustíveis com maior fração de biodiesel revelam drástica queda no período de indução de oxidação. O diesel A S10 e A S500, por outro lado, pode não atingir o ponto de indução em condições similares, denotando alta resistência ao envelhecimento. Assim, as misturas no Brasil estão sujeitas a menor reserva de vida útil, quanto maior o teor de biodiesel, menor a estabilidade e maior a formação de subprodutos corrosivos. Isso implica desafios concretos para os veículos nacionais, desde necessidade de adição de antioxidantes até ajustes nos intervalos de manutenção.

Por fim, destaca-se que métodos de teste diferentes podem gerar valores numéricos distintos, mas todos apontam à mesma conclusão qualitativa: o biodiesel insaturado oxida-se muito mais facilmente que o diesel. Consequentemente, à medida que o Brasil eleva seu blend de biodiesel nos combustíveis rodoviários, cresce a urgência de mitigar seus efeitos negativos por meio de tecnologia de aditivos, melhorias em formulações ou atualizações normativas. A qualidade do combustível deve ser garantida para que a transição energética continue sem prejuízos à durabilidade e eficiência dos motores movidos a diesel.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBIOTEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo espaço cedido para desenvolvimento da pesquisa e elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. Estudo da estabilidade oxidativa de blendas diesel/biodiesel para uso automotivo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Trabalho de Conclusão de Curso. Natal, 2018.

FIGUEREDO, I., *et al.* M. Biodiesel de soja e de girassol: avaliação da estabilidade oxidativa por Rancimat e DSC. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC, Belém, PA, 2017.

KALAT, F. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel e diesel comercial com adição de biodiesel. 2017. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MARINI, M. A deep dive into Brazil's biodiesel sector. Rabobank. Artigo da Internet – 2025. Disponível em: <https://www.rabobank.com/knowledge/qo11469246-a-deep-dive-into-brazil-s-biodiesel-sector>. Acesso em 20 de set. 2025.

METROHM. Oxidation stability of diesel, biodiesel, and blends: Reliable oxidation stability measurements in diesel, biodiesel, and blends according to EN 14112, EN 15751, and EN 16568. Nota técnica de aplicação. Disponível em: https://lcms.cz/labrulez-bucket-strapih3hsga3/an_r_034_download_953a37dd2d.pdf. Acesso em 20 de set. 2025.

NREL. An Evaluation and Comparison of Test Methods to Measure the Oxidation Stability of Neat Biodiesel. National Renewable Energy Laboratory. San Antonio, 2005.

SILVA, J., *et al.* Thermal oxidative stability of biodiesel/petrodiesel blends by P-DSC and its calculated cetane index. MDPI. Processes, v. 9, n. 1, p. 174, 2021.

SINGH, R., *et al.* Recent Advances in Mechanical Engineering. International conference. Enriched Publications Pvt. Ltd. Nova Delhi, 2016.

TAPANES, N., *et al.* Estudo da estabilidade térmica e oxidativa de misturas diesel-biodiesel utilizando a espectrofotometria UV-Vis. Revista GeSec, São José dos Pinhais, v. 15, n. 10, e4399, 2024.