

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**RELATO DE ESTÁGIO: CONTROLE DE QUALIDADE DA CADEIA
PRODUTIVA DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA E SUA CONFORMIDADE
COM PARÂMETROS TÉCNICOS**

GIOVANA DA SILVA MENEGHELLI

Rio verde, GO

2026

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CÂMPUS RIO VERDE
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**RELATO DE ESTÁGIO: CONTROLE DE QUALIDADE DA CADEIA
PRODUTIVA DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA E SUA CONFORMIDADE
COM PARÂMETROS TÉCNICOS**

GIOVANA DA SILVA MENEGHELLI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador (a): Prof (a). Dra. Letícia Feury Viana

Rio verde, GO

2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

M541 da Silva Meneghelli, Giovana
RELATO DE ESTÁGIO: CONTROLE DE QUALIDADE DA
CADEIA PRODUTIVA DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA
E SUA CONFORMIDADE COM PARÂMETROS TÉCNICOS
/ Giovana da Silva Meneghelli. Rio Verde 2026.

1f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Leticia Fleury Viana.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220034 -
Bacharelado em Engenharia de Alimentos - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).

I. Título.

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos trinta dias do mês de abril de dois mil e vinte e seis às 13 horas e 22 minutos, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof^a. Letícia Fleury Viana (orientador), Prof^a. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima (membro interno) e Prof^a. Geovana Rocha Plácido (membro interno), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “RELATO DE ESTÁGIO: CONTROLE DE QUALIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA E SUA CONFORMIDADE COM PARÂMETROS TÉCNICO” de Giovana da Silva Menegheli, estudante do curso de Engenharia de Alimentos do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2022102200340040. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Rio Verde, 30 de abril de 2026.

(Assinado eletronicamente)

Letícia Fleury Viana

Orientador(a)

(Assinado eletronicamente)

Mayra Conceição Peixoto Martins Lima

Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)

Geovana Rocha Plácido

Membro da Banca Examinadora

Observação:

Para o caso de REAPRESENTAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REAPRESENTAÇÃO** do TCC. Desta forma, o estudante deve realizar correções e adequações no trabalho e apresentá-lo novamente em até **XX** dias, contados a partir

de hoje (XX/XX/XXX). Nesta nova oportunidade, após avaliação da banca examinadora, o estudante poderá ser APROVADO ou REPROVADO, não havendo possibilidade de outra reapresentação. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Para o caso de REPROVAÇÃO, tem-se no trecho final da Ata a seguinte redação:

“Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **REPROVAÇÃO** do(a) estudante. Desta forma, o estudante deverá realizar o desenvolvimento e defesa de novo TCC no próximo semestre. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Responsável de TCC.”

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leticia Fleury Viana, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 05/05/2026 13:43:38.
- **Mayra Conceicao Peixoto Martins Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 05/05/2026 13:51:37.
- **Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 09/05/2026 16:43:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/04/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 815194

Código de Autenticação: 3e69174aea



Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu pai, José Adolfo Meneghelli, à minha mãe, Adriana da Silva, e ao meu irmão, Gustavo da Silva Meneghelli, a quem expesso minha profunda gratidão por todo apoio, carinho e presença constante ao longo de toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e perseverança ao longo de toda essa caminhada, iluminando meus passos e me permitindo superar os desafios encontrados durante essa trajetória acadêmica.

Aos meus pais, expresso minha profunda gratidão por todo o amor, apoio, incentivo e investimento. Foram eles a base de tudo, que sempre acreditaram em mim, mesmo nos momentos mais difíceis, e não mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Essa conquista também é de vocês.

À Prof^a Dr^a Leticia Fleury Viana e a todos os meus professores que, nos anos de convivência, muito me ensinaram, contribuindo para o meu crescimento acadêmico.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade de cursar a graduação e pela qualidade do ensino oferecido.

Aos amigos e colegas da faculdade, agradeço a parceria construída ao longo do curso. Compartilhamos desafios, aprendizados e conquistas que tornaram essa trajetória mais leve e significativa. Cada momento vivido contribuiu não apenas para a minha formação acadêmica, mas também para o meu crescimento pessoal.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, expresso minha sincera gratidão pelo apoio, incentivo e compreensão ao longo desta jornada. A convivência diária, as trocas de experiências e as palavras de motivação foram fundamentais para que eu pudesse conciliar as responsabilidades profissionais com a realização deste trabalho.

Levarei comigo cada amizade construída e cada aprendizado compartilhado, que certamente farão parte da minha trajetória profissional e pessoal.

RESUMO

MENEGHELLI, Giovana da Silva. **Experiência profissional no controle de qualidade na cadeia produtiva de biodiesel**. 2026. _p.32. Monografia (Curso Engenharia de Alimentos). Instituto Federal Goiano, Engenharia de Alimentos – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2026.

O presente trabalho teve como objetivo relatar as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado em um laboratório industrial de controle de qualidade, com foco no acompanhamento do processo produtivo do biodiesel e das análises físico-químicas. O processo inicia-se com o recebimento da soja, seguido pelas etapas de limpeza, secagem, extração do óleo, refino e transesterificação, até a obtenção do produto final. Ao longo do processo, foram identificados pontos críticos de controle, nos quais são realizadas análises essenciais para a garantia da qualidade. Dentre as análises realizadas, destacam-se a determinação de umidade, índice de acidez, teor de sabões, fósforo, clorofila, estabilidade oxidativa, ponto de fulgor, viscosidade cinemática e teor de água. Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pelos órgãos regulamentadores, como ANP e MAPA, evidenciando a conformidade do biodiesel produzido com as especificações vigentes. A experiência proporcionou a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Alimentos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades técnicas e senso crítico na área de controle de qualidade. Como resultado do desempenho durante o estágio, houve a efetivação no cargo de analista de laboratório, destacando a importância da vivência prática para a inserção no mercado de trabalho.

Palavras-chave: biodiesel; controle de qualidade; análises físico-químicas; ANP; MAPA.

ABSTRACT

MENEGHELLI, Giovana da Silva. Professional experience in quality control in the biodiesel production chain. 2026. _p.32. Monograph (Food Engineering Course). Instituto Federal Goiano, Food Engineering – Rio Verde Campus, Rio Verde, 2026.

This work aimed to report the activities carried out during the supervised internship in an industrial quality control laboratory, focusing on monitoring the biodiesel production process and the physicochemical analyses. The process begins with the receipt of soybeans, followed by the stages of cleaning, drying, oil extraction, refining, and transesterification, until obtaining the final product. Throughout the process, critical control points were identified, at which essential analyses are performed to ensure quality. Among the analyses performed, notable ones include the determination of moisture, acidity index, soap content, phosphorus, chlorophyll, oxidative stability, flash point, kinematic viscosity and water content. The results obtained were compared with the limits established by regulatory agencies, such as ANP and MAPA, highlighting the compliance of the biodiesel produced with current specifications. The experience provided practical application of the knowledge acquired throughout the Food Engineering course, contributing to the development of technical skills and critical thinking in the area of quality control. As a result of the performance during the internship, there was confirmation in the position of laboratory analyst, emphasizing the importance of practical experience for entry into the job market. Keywords: biodiesel; quality control; physicochemical analyses; ANP; MAPA.

Keywords: biodiesel; quality control; physicochemical analyses; ANP; MAPA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Equipamento Motomco para determinação de umidade em grãos	13
Figura 2 – Espectrômetro NIRS (Near Infrared Spectroscopy) utilizado na determinação de composição da soja	14
Figura 3 – Sistema de titulação utilizando solução alcoólica, fenolftaleína como indicador e solução de NaOH para determinação de acidez	14
Figura 4 – Sistema de titulação utilizando solução acetônica e solução de HCl para determinação do teor de sabões	15
Figura 5 – Espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) utilizado na determinação de fósforo	15
Figura 6 – Espectrofotômetro utilizado na determinação do teor de clorofila em óleo de soja	15
Figura 7 – Equipamento Rancimat utilizado na determinação da estabilidade oxidativa do biodiesel	17
Figura 8 – Equipamento para determinação do ponto de fulgor do biodiesel em vaso fechado	18
Figura 9 – Viscosímetro utilizado na determinação da viscosidade cinemática a 40 °C do biodiesel	18
Figura 10 – Titulador Karl Fischer coulométrico utilizado na determinação do teor de água (método ASTM D6304)	19
Figura 11 – Fluxograma do processo	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Soja (matéria-prima)	24
Tabela 2 - Óleo de soja degomado	25
Tabela 3 - Produção de Biodiesel	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ASTM – American Society for Testing and Materials

°C – Graus Celsius

g – Grama

h – Hora

HCl – Ácido clorídrico

ICP-OES – Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado

kg – Quilograma

L – Litro

m – Metro

mg – Miligrama

mL – Mililitro

mol·L⁻¹ – Moles por litro

NaOH – Hidróxido de sódio

NIRS – Near Infrared Spectroscopy (Espectroscopia no Infravermelho Próximo)

rpm – Rotações por minuto

s – Segundo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 DESENVOLVIMENTO.....	12
2.1 Caracterização do local de estágio	12
2.2 Atividades desenvolvidas.....	13
2.3 Descrição do processo produtivo	19
2.4 Não conformidades	23
2.5 Considerações sobre o controle de qualidade	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A soja (Soja) destaca-se como uma das principais *commodities* agrícolas do Brasil, desempenhando papel estratégico tanto na economia quanto no abastecimento de cadeias produtivas industriais. Nas últimas décadas, o país consolidou-se como um dos maiores produtores mundiais desse grão, impulsionado pela expansão das áreas cultiváveis, avanços tecnológicos e alta demanda internacional. Além de sua importância na alimentação humana e animal, a soja constitui matéria-prima essencial para a produção de óleo vegetal, que, por sua vez, possui ampla aplicação na indústria de biocombustíveis, especialmente na produção de biodiesel (RAMOS et al., 2023; CONAB, 2025).

O crescimento da produção de soja está diretamente associado à sua versatilidade e ao aproveitamento integral do grão, sendo o óleo um dos principais produtos de valor agregado. No contexto energético, esse óleo vegetal tem se destacado como a principal fonte para a produção de biodiesel no Brasil, representando a maior parcela das matérias-primas utilizadas nesse setor (ANP, 2025; EPE, 2024).

Tal predominância se justifica pela ampla disponibilidade da soja no território nacional, pela infraestrutura já consolidada de processamento e pela viabilidade econômica de sua utilização como insumo energético (ANP, 2023; EMBRAPA, 2022).

O biodiesel (Biodiesel), por sua vez, surge como uma alternativa renovável aos combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. No Brasil, sua inserção ocorreu a partir de políticas públicas voltadas à sustentabilidade energética, promovendo o desenvolvimento do setor de biocombustíveis e incentivando a produção em larga escala (EPE, 2024; ANP, 2025). Sua produção baseia-se, principalmente, na reação de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, resultando em um combustível biodegradável e menos poluente quando comparado ao diesel de origem fóssil. Segundo a EPE (2024), o biodiesel continuará apresentando crescimento significativo na matriz energética brasileira.

Nesse contexto, a cadeia produtiva do biodiesel envolve diversas etapas, desde a produção agrícola da soja, passando pela extração e refino do óleo, até a conversão do óleo em biodiesel e sua distribuição. Cada uma dessas etapas requer rigoroso controle de qualidade, a

fim de garantir a conformidade do produto final com as especificações técnicas exigidas por órgãos reguladores e padrões industriais. A qualidade das matérias-primas, como a soja e o óleo vegetal, influencia diretamente a eficiência do processo produtivo e as características físico-químicas do biodiesel obtido como produto final (KNOTHE, 2021; MORETTO; FETT, 2023).

Além disso, o controle de qualidade em ambientes industriais desempenha papel fundamental na identificação de não conformidades e na implementação de ações corretivas, assegurando a padronização dos processos e a confiabilidade dos resultados analíticos. Parâmetros como índice de acidez, teor de umidade, viscosidade, densidade e composição química são frequentemente monitorados ao longo da cadeia produtiva, sendo comparados com limites estabelecidos por normas técnicas e literatura científica (ANP, 2023; O'BRIEN, 2020).

Dessa forma, a avaliação da qualidade ao longo da cadeia produtiva do biodiesel de soja torna-se essencial não apenas para garantir a eficiência do processo industrial, mas também para assegurar a qualidade do produto final, contribuindo para a sustentabilidade e competitividade do setor. Nesse sentido, o ambiente laboratorial assume papel central, sendo responsável pela realização de análises físico-químicas que subsidiam a tomada de decisão e o controle operacional das unidades produtivas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo relatar as atividades desenvolvidas durante o estágio na área de controle de qualidade em uma indústria de biodiesel, com ênfase na avaliação da qualidade das matérias-primas, soja em grão e óleo de soja, e do produto final (biodiesel), bem como na verificação de sua conformidade com parâmetros técnicos e literatura científica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização do local de estágio

O estágio supervisionado foi realizado em uma empresa, localizada no município de Rio Verde, Estado de Goiás, no período de 09 de outubro de 2023 a 02 de dezembro de 2024, totalizando uma carga horária de 1680 horas, com jornada semanal de 30 horas.

A empresa atua no setor agroindustrial, abrangendo atividades de armazenamento de grãos, processamento de soja e produção de biodiesel, configurando-se como uma unidade integrada da cadeia produtiva da soja.

As atividades foram desenvolvidas no laboratório de controle de qualidade, setor responsável pelo monitoramento das características físico-químicas das matérias-primas e dos produtos intermediários e finais, assegurando a conformidade com padrões internos e com as especificações estabelecidas pela legislação vigente, especialmente aquelas definidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

2.2 Atividades desenvolvidas

Durante o período de estágio, as atividades estiveram voltadas à execução de análises laboratoriais e ao monitoramento da qualidade da soja, óleo de soja e biodiesel ao longo de toda a cadeia produtiva, com o uso de diferentes equipamentos analíticos, conforme ilustrado nas Figuras 1 a 8.

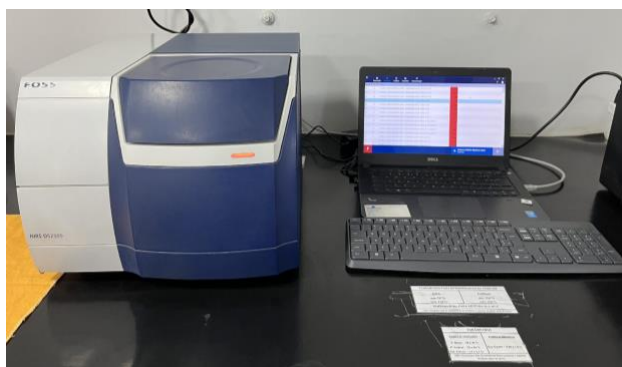
No que se refere à matéria-prima soja, foram realizadas análises de umidade, extrato etéreo e teor de proteína, parâmetros fundamentais para a avaliação da qualidade do grão e de seu potencial de processamento industrial. Essas análises eram realizadas com três vezes ao dia, correspondendo a uma análise por turno de produção, garantindo o acompanhamento contínuo da matéria-prima recebida e processada. Para a determinação desses parâmetros, foram utilizados os equipamentos Motomco e Nirs para análises rápidas de umidade, extrato etéreo e proteína bruta, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Equipamento Motomco para determinação de umidade em grãos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 2 – Espectrômetro NIRS (Near Infrared Spectroscopy) utilizado na determinação de composição da soja.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para o óleo de soja, foram conduzidas análises de umidade, acidez, teor de sabões, fósforo e clorofila. Esses parâmetros são essenciais para o controle das etapas de refino, uma vez que influenciam diretamente a eficiência do processo e a qualidade do produto final. As análises do óleo seguiram a mesma frequência adotada para a soja, sendo realizadas três vezes ao dia, permitindo o monitoramento sistemático das condições do processo. Os equipamentos utilizados nessas determinações incluem tituladores, espectrofotômetros e outros dispositivos laboratoriais, conforme ilustrado nas Figuras 3 a 6.

Figura 3 – Sistema de titulação utilizando solução alcoólica, fenolftaleína como indicador e solução de NaOH para determinação de acidez.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 4 – Sistema de titulação utilizando solução acetônica e solução de HCl para determinação do teor de sabões.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5 – Espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) utilizado na determinação de fósforo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 – Espectrofotômetro utilizado na determinação do teor de clorofila em óleo de soja.



Fonte: Arquivo pessoal.

Já no biodiesel, foram realizadas diversas análises físico-químicas, incluindo índice de acidez, teor de fósforo, estabilidade oxidativa, ponto de fulgor, massa específica, viscosidade cinemática, corrosividade ao cobre, teor de água, contaminação total, glicerol livre e glicerol total. Essas análises são fundamentais para garantir que o biocombustível atenda às especificações técnicas exigidas para sua comercialização e utilização, conforme estabelecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020).

No contexto do controle de qualidade, distinguem-se dois níveis de monitoramento: as análises completas e as análises de rotina de acompanhamento do processo. As análises completas correspondem ao conjunto integral de ensaios exigidos pela Resolução ANP nº 45/2014, que define o Regulamento Técnico nº 4/2014, que estabelece os limites de qualidade do biodiesel (B100). Sendo realizadas as análises ao final do processo produtivo para liberação do lote. Incluindo parâmetros como estabilidade oxidativa, teor de fósforo, ponto de fulgor, contaminação total, corrosividade ao cobre, glicerol livre e glicerol total, além dos parâmetros básicos, como índice de acidez, massa específica, viscosidade cinemática, teor de água e aspecto.

Por outro lado, as análises de rotina de acompanhamento do processo consistem em um conjunto de ensaios mais rápidos e operacionais, realizados com frequência de duas em duas horas ao longo da produção. Nesse grupo, destacam-se principalmente índice de acidez, massa específica, e teor de água, parâmetros diretamente relacionados ao controle da reação de transesterificação e à eficiência das etapas de purificação. Essas análises permitem o monitoramento em tempo real das condições do processo, possibilitando a identificação imediata de desvios, como reações incompletas ou presença excessiva de água, que podem comprometer a qualidade do produto final.

Do ponto de vista técnico, o controle desses parâmetros é essencial, uma vez que valores elevados de índice de acidez podem indicar degradação do biodiesel ou presença de ácidos graxos livres, comprometendo a estabilidade oxidativa e a qualidade do combustível (KNOTHE, 2021; ANP, 2023).

A análise de massa específica é amplamente utilizada no monitoramento do processo produtivo do biodiesel por se tratar de um parâmetro de rápida determinação e sensível às variações na composição do sistema. Sua importância está relacionada à capacidade de indicar, de forma indireta, a eficiência da reação de transesterificação e a possível presença de impurezas, como glicerol, água e álcool residual. Além disso, a massa específica influencia diretamente propriedades relacionadas ao desempenho do combustível, devendo atender aos

limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2023). Dessa forma, essa análise constitui uma ferramenta essencial para o controle operacional, padronização e garantia da qualidade do biodiesel (O'BRIEN, 2020; MORETTO; FETT, 2023).

O teor de água é considerado um dos principais fatores de risco para a qualidade do biodiesel, pois favorece reações de hidrólise, acelera processos oxidativos e possibilita o desenvolvimento microbiológico durante o armazenamento, comprometendo a estabilidade e a vida útil do combustível (RAMOS et al., 2023; KNOTHE, 2021).

Assim, enquanto as análises completas eram realizadas em todos os lotes produzidos, assegurando a conformidade do biodiesel com as especificações da ANP, as análises de rotina atuavam como ferramenta de controle operacional contínuo, contribuindo para a estabilidade do processo e a padronização da produção. Os principais equipamentos utilizados nessas análises para certificação estão apresentados nas Figuras 7 a 10.

Figura 7 – Equipamento Rancimat utilizado na determinação da estabilidade oxidativa do biodiesel.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8 – Equipamento para determinação do ponto de fulgor do biodiesel em vaso fechado.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 – Viscosímetro utilizado na determinação da viscosidade cinemática a 40°C do biodiesel.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10 – Titulador Karl Fischer Coulométrico utilizado na determinação do teor de água (método ASTM D6304).

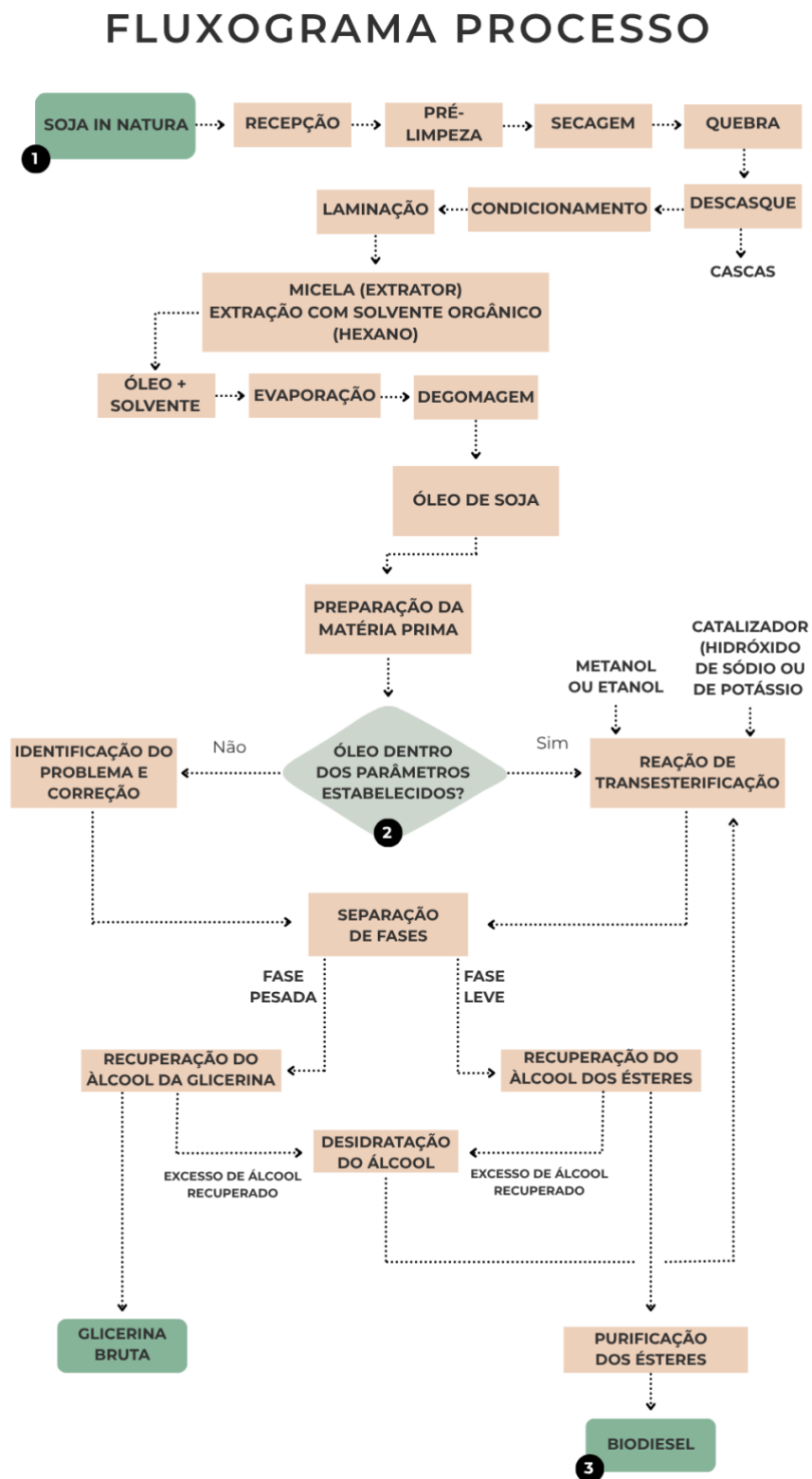


Fonte: Arquivo pessoal.

Além das análises laboratoriais, as atividades incluíram o registro dos resultados em planilhas físicas e sistemas eletrônicos, assegurando a rastreabilidade das informações. Os resultados obtidos eram comunicados aos setores produtivos, possibilitando a tomada de decisão e a realização de ajustes nos processos industriais, quando necessário. Ressalta-se que a calibração dos equipamentos laboratoriais não era realizada internamente, sendo conduzida por empresa terceirizada especializada, com periodicidade anual, em conformidade com as diretrizes da ISO 17025 e com rastreabilidade assegurada ao INMETRO. Adicionalmente, eram realizadas verificações intermediárias e rotinas de controle interno, como checagens com padrões e padronizações de reagentes, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados analíticos entre os intervalos de calibração, contribuindo para a manutenção da qualidade dos dados e para o atendimento às especificações estabelecidas pela ANP.

2.3 Descrição do processo produtivo

Figura 11- Fluxograma do processo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O processo produtivo do biodiesel na empresa tem início com o recebimento da soja *in natura*, seguindo uma sequência estruturada de operações unitárias destinadas à obtenção do biocombustível final, conforme apresentado na Figura 11. Inicialmente, os grãos passam pelas etapas de recepção, pré-limpeza, secagem e quebra, seguidas do descasque e condicionamento, etapas fundamentais para a remoção de impurezas, ajuste da umidade e preparo físico da matéria-prima. Posteriormente, ocorre a laminação, processo responsável pelo aumento da área superficial do grão, favorecendo a eficiência da etapa de extração do óleo com solvente orgânico, geralmente hexano, resultando na formação da micela, mistura constituída por óleo e solvente (KNOTHE, 2021; MORETTO; FETT, 2023).

O ponto indicado como (1) na Figura 11 corresponde à etapa inicial da cadeia produtiva e é considerado um ponto crítico de controle de qualidade, no qual são realizadas análises da matéria-prima, como teor de umidade, extrato etéreo e proteína, assegurando a adequação da soja ao processamento industrial. Esses parâmetros são fundamentais para garantir maior rendimento na extração do óleo, estabilidade do armazenamento e eficiência das etapas subsequentes do processo produtivo (EMBRAPA, 2022; CONAB, 2025).

Após a extração, a micela é submetida à evaporação para recuperação do solvente, seguida da etapa de degomagem, na qual são removidos fosfolipídios e outras impurezas, originando o óleo de soja. Em seguida, ocorre a preparação da matéria-prima, etapa que antecede a reação química, garantindo que o óleo esteja em condições adequadas para o processamento. O ponto (2), destacado na Figura 11, refere-se à verificação da qualidade do óleo, sendo um ponto decisório do processo, no qual se avalia se o óleo atende aos parâmetros estabelecidos; caso contrário, são realizadas ações corretivas. Nessa fase, são conduzidas análises como umidade, acidez, teor de fósforo, sabões e clorofila, assegurando a eficiência da etapa subsequente.

Na sequência, o óleo é direcionado para a reação de transesterificação, na qual reage com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador alcalino, como hidróxido de sódio ou potássio, formando ésteres (biodiesel) e glicerina como subproduto. Após a reação, ocorre a separação de fases, originando uma fase leve (ésteres) e uma fase pesada (glicerina), seguidas das etapas de recuperação do álcool, desidratação e purificação dos ésteres. A glicerina bruta também é obtida como coproduto do processo. Por fim, o ponto (3), indicado na Figura 11, corresponde ao biodiesel purificado, sendo considerado um ponto crítico de controle, no

qual são realizadas análises físico-químicas completas, como índice de acidez, viscosidade, massa específica, teor de água e estabilidade oxidativa, garantindo a conformidade do produto com as especificações vigentes.

Dessa forma, observa-se que os pontos (1), (2) e (3) destacados no fluxograma representam etapas estratégicas do processo produtivo, nas quais se concentram as principais atividades de controle de qualidade, permitindo o monitoramento contínuo da cadeia produtiva, a identificação de não conformidades e a tomada de decisões para assegurar a padronização e a qualidade final do biodiesel produzido.

2.4 Não conformidades

Durante o estágio, foram observadas situações de não conformidade, como teores elevados de fósforo no óleo e altos níveis de umidade no biodiesel.

Nos casos em que os resultados analíticos apresentaram valores fora dos limites especificados, o primeiro procedimento adotado consistia na repetição da análise, com o objetivo de descartar possíveis erros analíticos. Confirmada a não conformidade, os resultados eram comunicados aos setores responsáveis para a adoção de medidas corretivas.

No caso de teores elevados de fósforo no óleo vegetal, a correção normalmente não implica no descarte imediato da matéria-prima, mas na adoção de estratégias de reprocessamento dentro da própria etapa de refino, especialmente na degomagem. Quando as análises indicam valores acima dos limites estabelecidos, o óleo pode ser submetido a uma degomagem mais intensiva, envolvendo aumento da dosagem de água na degomagem aquosa ou aplicação de ácidos, como ácido fosfórico ou cítrico, na degomagem ácida, promovendo maior eficiência na hidratação e precipitação dos fosfolípidios. Após essa etapa, os compostos removidos são separados por centrifugação, podendo o processo ser repetido até que o teor de fósforo atinja níveis adequados para o processamento industrial. Em determinadas situações, também podem ser empregadas etapas complementares, como branqueamento com materiais adsorventes, visando à remoção adicional de impurezas e compostos residuais. O descarte do óleo é considerado apenas em situações extremas, quando não há viabilidade técnica ou econômica para o reprocessamento. Dessa forma, o controle do teor de fósforo está diretamente relacionado à eficiência das etapas de refino, sendo fundamental para evitar a desativação do catalisador e a formação de sabões durante a reação de transesterificação (MORETTO; FETT, 2023; ZHANG et al., 2024).

Já no caso de elevados teores de umidade no biodiesel, o produto é submetido a reprocessamento, geralmente por meio de etapas de secagem envolvendo aquecimento controlado associado à aplicação de vácuo ou utilização de sistemas contendo materiais adsorventes. A remoção da água é essencial, pois sua presença compromete a estabilidade oxidativa do biodiesel, favorece reações de hidrólise e pode ocasionar problemas operacionais, como corrosão, formação de emulsões e proliferação microbológica durante o armazenamento (KNOTHE, 2021; ANP, 2023).

A ocorrência dessas não conformidades evidencia a importância do controle de qualidade como ferramenta preventiva e corretiva dentro do processo industrial. Do ponto de vista operacional, desvios como elevados teores de fósforo podem comprometer diretamente a eficiência da reação de transesterificação, uma vez que esses compostos podem atuar como inibidores do catalisador, reduzindo a conversão dos triglicerídeos e aumentando a formação de subprodutos indesejáveis, como sabões. De maneira semelhante, a presença excessiva de água no biodiesel favorece reações de hidrólise, reduz a estabilidade do combustível e pode causar problemas logísticos, incluindo entupimento de filtros, corrosão em sistemas de armazenamento e danos em motores (O'BRIEN, 2020; MORETTO; FETT, 2023).

Além dos impactos técnicos, tais não conformidades também possuem implicações econômicas, uma vez que demandam reprocessamento, aumento no consumo energético e maior tempo de produção. Nesse sentido, a identificação rápida desses desvios e a adoção de medidas corretivas são fundamentais para minimizar perdas e garantir a eficiência e a competitividade do processo produtivo.

A frequência dessas ocorrências, ainda que não quantificada neste estudo, reforça a necessidade de implementação de estratégias de melhoria contínua, como otimização das etapas de refino e controle mais rigoroso das condições operacionais, visando reduzir a variabilidade do processo.

2.5 Considerações sobre o controle de qualidade

A atuação integrada entre o laboratório e os setores produtivos possibilitou a identificação ágil de desvios operacionais, bem como a implementação de ações corretivas e preventivas, contribuindo para a estabilidade do processo e para a padronização do biodiesel produzido. Nesse contexto, destaca-se a importância do acompanhamento sistemático de parâmetros físico-químicos em pontos estratégicos do processo, garantindo maior controle das variáveis críticas e suporte à tomada de decisão. A rastreabilidade dos dados analíticos, aliada

à adoção de procedimentos operacionais padronizados, reforça a confiabilidade dos resultados obtidos e a consistência das análises realizadas.

Adicionalmente, a comparação dos resultados analíticos com padrões internos de qualidade e com as especificações estabelecidas pela ANP evidencia a necessidade do cumprimento de requisitos técnicos rigorosos, assegurando a conformidade do produto final. Dessa forma, o controle de qualidade não apenas garante o atendimento às exigências normativas, mas também contribui para a eficiência do processo industrial e para a competitividade do biodiesel no mercado.

Os resultados obtidos nas análises realizadas ao longo da cadeia produtiva do biodiesel foram organizados com base na média dos dados coletados durante o trimestre de 2024 (julho, agosto e setembro), sendo comparados com os limites estabelecidos por padrões internos da indústria e por órgãos reguladores, conforme apresentado nas Tabelas 1, 2 e 3. Essa abordagem permite uma avaliação representativa do desempenho do processo produtivo ao longo do período analisado, reduzindo a influência de variações pontuais e evidenciando a estabilidade operacional.

Tabela 1 – Média dos dados coletados para a Soja (matéria-prima) durante 3 meses

Característica	Resultado Médio Trimestral	Limite da Indústria	Limite MAPA
Umidade (%)	9,6%	9,0 a 11,0%	≤ 14,0 %
Extrato Etéreo (%)	21,2%	—	—
Proteína (%)	35,49%	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere à matéria-prima soja (Tabela 1), o teor médio de umidade de 9,6% encontra-se dentro da faixa considerada ideal para armazenamento e processamento industrial, permanecendo abaixo do limite máximo de 14% estabelecido pela legislação brasileira (MAPA, 2007). Esse resultado é relevante, uma vez que baixos teores de umidade reduzem a atividade microbiana, minimizam perdas por deterioração e contribuem para a manutenção da qualidade tecnológica dos grãos durante o armazenamento. De acordo com a EMBRAPA (2022), valores de umidade entre 9% e 11% são considerados adequados para a conservação da soja destinada ao processamento industrial, favorecendo maior estabilidade e eficiência nas

etapas subsequentes da cadeia produtiva. Resultados semelhantes também são descritos pela CONAB (2025), que destaca a importância do controle da umidade para redução de perdas qualitativas e preservação do potencial de extração do óleo.

Em relação à composição química, o teor médio de extrato etéreo (21,2%) está alinhado com valores reportados na literatura para soja destinada ao processamento industrial, cujos teores geralmente variam entre 18% e 22%, dependendo da cultivar, das condições de cultivo e do manejo pós-colheita (EMBRAPA, 2022; CONAB, 2025). Esse parâmetro possui elevada relevância industrial, pois está diretamente relacionado ao rendimento do processo de extração de óleo e, conseqüentemente, à eficiência da produção de biodiesel (MORETTO; FETT, 2023).

O teor de proteína observado (35,49%) também se encontra dentro da faixa típica descrita para grãos de soja destinados ao processamento industrial, normalmente entre 34% e 40% (EMBRAPA, 2022). Esse resultado demonstra adequada qualidade da matéria-prima, especialmente em relação ao aproveitamento industrial do farelo, importante coproduto da cadeia produtiva da soja. Além disso, elevados teores proteicos agregam valor comercial ao farelo destinado à alimentação animal.

De forma geral, a comparação com dados da literatura evidencia que a soja utilizada no processo apresenta características físico-químicas compatíveis com os padrões industriais exigidos para processamento e produção de biodiesel. A proximidade dos valores observados com aqueles reportados em estudos técnicos reforça a uniformidade da matéria-prima, sendo as variações normalmente atribuídas a fatores como condições edafoclimáticas, manejo agrícola, armazenamento e variabilidade genética das cultivares (EMBRAPA, 2022; CONAB, 2025). Dessa forma, os resultados obtidos indicam que a matéria-prima utilizada apresenta qualidade adequada para o processamento industrial, contribuindo para maior eficiência e estabilidade da cadeia produtiva.

Tabela 2 – Óleo de soja degomado

Característica	Resultado Médio Trimestral	Limite da Indústria	Limite MAPA
Umidade (%)	<0,12%	<0,20%	≤ 0,20 %
Acidez (mg KOH/g)	<0,42 mg KOH/g	<1,0 mg KOH/g	≤ 4,0 mg KOH/g

Sabões (ppm)	<90,73 ppm	<150 ppm	—
Clorofila (ppm)	<1107 ppm	<2000 ppm	—

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere ao óleo de soja degomado (Tabela 2), observa-se que os parâmetros de umidade e acidez apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos tanto pela indústria quanto por referências normativas, indicando elevada eficiência das etapas iniciais de refino. O teor de umidade inferior a 0,12% demonstra controle adequado das condições de processamento, estando próximo aos valores recomendados na literatura para óleos vegetais após a degomagem, que normalmente devem permanecer abaixo de 0,1% para evitar instabilidades durante o armazenamento e etapas subsequentes do refino.

A presença de água em níveis reduzidos é essencial, uma vez que teores elevados favorecem reações indesejáveis, como a hidrólise dos triacilgliceróis, levando ao aumento da acidez do óleo (MAPA, 2011). Estudos industriais indicam que a etapa de degomagem pode, inclusive, introduzir pequenas quantidades de água ao sistema devido à adição de soluções aquosas, sendo necessária uma etapa posterior de secagem para garantir a estabilidade do produto. Nesse contexto, os valores observados neste trabalho evidenciam eficiência não apenas na degomagem, mas também nas etapas subsequentes de remoção de umidade.

Em relação à acidez, o valor inferior a 0,42 mg KOH/g encontra-se abaixo dos limites típicos para óleos degomados destinados ao refino ou à produção de biodiesel. Na literatura, óleos de soja brutos apresentam valores de acidez na faixa de 0,5 a 1,0% de ácidos graxos livres, sendo reduzidos durante as etapas de refino. Estudos mais recentes sobre degomagem enzimática reportam valores de acidez em torno de 0,85 mg KOH/g após o processo, superiores aos encontrados neste trabalho, o que reforça a eficiência do processamento adotado pela indústria avaliada.

Adicionalmente, a baixa acidez observada é um indicativo de adequada qualidade da matéria-prima e de boas condições operacionais, uma vez que fatores como armazenamento inadequado e presença de umidade podem intensificar a formação de ácidos graxos livres. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que o óleo degomado apresenta características adequadas para a etapa de transesterificação, contribuindo para maior rendimento reacional e menor formação de sabões.

Tabela 3 – Produção de Biodiesel

Característica	Resultado Médio Trimestral	Limite da Indústria	Limite ANP
Fósforo (ppm)	<0,02 ppm	<1 ppm	≤ 10 mg/kg
Aspecto	Conforme	Conforme	Conforme
Contaminação Total (mg/kg)	<24 mg/kg	<24 mg/kg	≤ 24 mg/kg
Massa específica (kg/m ³)	890 kg/m ³	850–900 kg/m ³	850–900 kg/m ³
Teor de água (mg/kg)	118,35 mg/kg	<200 mg/kg	≤ 500 mg/kg
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,31 mg KOH/g	<0,50 mg KOH/g	≤ 0,50 mg KOH/g

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao biodiesel produzido (Tabela 3), todos os parâmetros analisados atenderam aos limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2023), evidenciando a conformidade do produto com os requisitos normativos vigentes. O índice de acidez apresentou valor médio de 0,31 mg KOH/g, inferior ao limite máximo de 0,50 mg KOH/g, indicando baixa concentração de ácidos graxos livres e adequada estabilidade química do combustível. Resultados semelhantes são descritos na literatura para biodiesel de soja produzido em escala industrial, com valores normalmente inferiores a 0,40 mg KOH/g, demonstrando eficiência nas etapas de purificação e estabilidade do produto final (KNOTHE, 2021; RAMOS et al., 2023).

O teor de água (118,35 mg/kg) também se encontra significativamente abaixo do limite máximo permitido pela legislação (500 mg/kg), sendo considerado um parâmetro crítico para a qualidade e estabilidade do biodiesel. Estudos recentes indicam que valores inferiores a 200 mg/kg contribuem para maior estabilidade oxidativa, redução de reações de hidrólise e menor risco de crescimento microbológico durante o armazenamento (KNOTHE, 2021; O'BRIEN,

2020). Dessa forma, os resultados obtidos indicam controle eficiente das etapas de secagem e purificação do produto.

A massa específica, com valor médio de 890 kg/m³, encontra-se dentro da faixa especificada pela ANP (850–900 kg/m³), indicando adequada conversão dos triacilgliceróis em ésteres e uniformidade do produto final. Além disso, valores dentro dessa faixa são considerados indicativos de biodiesel com composição adequada e boas características de combustão, conforme parâmetros internacionais de qualidade (RAMOS et al., 2023; KNOTHE, 2021).

No que se refere à contaminação total (<24 mg/kg), os resultados atenderam rigorosamente aos limites normativos, evidenciando a eficiência das etapas de filtração e purificação do biodiesel. A presença de contaminantes sólidos pode ocasionar entupimento de sistemas de injeção, desgaste de componentes mecânicos e redução da eficiência operacional dos motores, sendo, portanto, um importante parâmetro de controle de qualidade industrial (ANP, 2023).

Adicionalmente, o baixo teor de fósforo (<0,02 ppm) observado no biodiesel demonstra elevada eficiência na remoção de fosfolípidios durante as etapas de degomagem e refino do óleo vegetal. Esse controle é essencial para evitar desativação catalítica durante a transesterificação e prevenir formação de depósitos em sistemas de combustão e motores (MORETTO; FETT, 2023; ZHANG et al., 2024).

De forma geral, os resultados demonstram que o controle de qualidade aplicado ao longo da cadeia produtiva é eficaz, garantindo que tanto a matéria-prima quanto os produtos intermediários e finais atendam aos padrões técnicos estabelecidos pelos órgãos reguladores. A proximidade dos valores obtidos com aqueles reportados na literatura reforça a robustez do processo produtivo, evidenciando condições operacionais adequadas e elevada eficiência nas etapas de conversão e purificação do biodiesel (KNOTHE, 2021; RAMOS et al., 2023).

Do ponto de vista industrial, a manutenção desses parâmetros dentro das faixas recomendadas não apenas assegura a qualidade do biodiesel produzido, mas também impacta diretamente a eficiência operacional do processo. Alterações nesses parâmetros podem resultar em perdas de rendimento, aumento do consumo de insumos químicos e maior geração de resíduos industriais. Além disso, desvios na qualidade do biodiesel tendem a comprometer

etapas subsequentes de armazenamento, transporte e utilização do combustível, exigindo intervenções corretivas que elevam os custos operacionais. Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam não apenas a conformidade com padrões técnicos, mas também a robustez do sistema de controle de qualidade adotado pela indústria.

Embora os resultados tenham permanecido dentro dos limites especificados pela legislação, é importante destacar que pequenas variações nesses parâmetros podem indicar alterações no equilíbrio do processo produtivo. Incrementos no teor de água ou no índice de acidez, por exemplo, podem sinalizar falhas nas etapas de purificação, secagem ou armazenamento do biodiesel, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e controle rigoroso das variáveis operacionais. Nesse contexto, o controle de qualidade não atua apenas como ferramenta de verificação, mas como elemento estratégico para otimização do processo industrial e garantia da estabilidade do combustível.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estágio supervisionado possibilitou a consolidação dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da formação acadêmica em Engenharia de Alimentos, evidenciando a importância de uma base sólida e crítica para atuação em ambientes industriais. Além disso, foi possível aplicar, na prática, conhecimentos adquiridos na graduação, o que contribuiu significativamente para o desempenho das atividades e para o desenvolvimento de habilidades como senso crítico e responsabilidade técnica.

Durante o período de estágio na empresa, observou-se a importância do controle de qualidade como ferramenta essencial para o monitoramento da cadeia produtiva, permitindo a identificação de não conformidades e a implementação de ações corretivas. A atuação integrada entre o laboratório e os setores industriais demonstrou ser fundamental para a manutenção da qualidade do biodiesel produzido, garantindo sua conformidade com os parâmetros técnicos estabelecidos. Ainda durante o estágio no setor do controle de qualidade na cadeia produtiva do biodiesel, foi possível compreender que a execução de análises laboratoriais vai além de procedimentos técnicos, exigindo conhecimento prévio, interpretação de resultados e tomada de decisão fundamentada, aspectos que são desenvolvidos de forma consistente no ambiente acadêmico.

Ao final do estágio, em virtude do desempenho apresentado e da capacidade de execução das atividades laboratoriais, houve a efetivação no cargo de Analista de Laboratório na mesma empresa, fato que reforça a relevância do estágio supervisionado como instrumento de inserção profissional. Essa oportunidade evidencia a importância da formação acadêmica aliada à experiência prática, consolidando a transição da vida acadêmica para o exercício profissional.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Resolução ANP nº 920, de 4 de abril de 2023. Estabelece a especificação do biodiesel comercializado no território nacional. Brasília, 2023.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Boletim Trimestral do Mercado de Combustíveis – 1º Trimestre de 2025. Brasília, 2025.

BORSATO, D.; MORETTO, E. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo: Blucher, 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25. Brasília, 2025.

Documentos internos. Procedimentos internos de controle de qualidade e produção de biodiesel. Rio Verde, 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Tecnologias de produção de soja no Brasil. Brasília: EMBRAPA Soja, 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2034. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Expansão de Energia 2034. Brasília, 2024.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão e qualidade. Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19–23, 2005.

KNOTHE, G.; RAZON, L. F. Biodiesel fuels. Progress in Energy and Combustion Science, v. 58, p. 36–59, 2017.

KNOTHE, G. The Biodiesel Handbook. 3. ed. Urbana: AOCS Press, 2021.

Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Regulamento técnico da soja. Instrução Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007. Brasília, 2007.

Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de óleos vegetais. Brasília, 2011.

MORETTO, E.; FETT, R. Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2023.

O'BRIEN, R. D. Fats and oils: formulating and processing for applications. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel no Brasil: matérias-primas, tecnologias de produção e propriedades do combustível. Revista Virtual de Química, v. 15, n. 2, p. 1–25, 2023.

SILVA, C. C.; SOUZA, M. A. Avaliação da qualidade do biodiesel de soja produzido no Brasil. Brazilian Journal of Development, v. 10, n. 1, p. 1450–1468, 2024.

YANG, B. et al. Changes in quality and composition of oils during degumming process. Food Chemistry, v. 145, p. 908–913, 2014.

ZHANG, H. et al. Advances in enzymatic degumming technology for vegetable oils. Applied Sciences, v. 14, n. 3, 2024.

