

LIMPEZA DE PANOS E SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS

Natan Kenji Kurita Tsuru, Luiz Miguel Rodrigues Garcia, Acácio Gonzaga De Azevedo Junior, João Vitor Silva Belarmino, Camila Fogaça de Oliveira¹, Adriana Giseli Leite Carvalho, Daniel Almeida Colombo

RESUMO

Este estudo aborda uma questão crítica da gestão de resíduos industriais, especificamente os gerados por panos de limpeza impregnados com óleos industriais. A pesquisa foca na identificação de soluções eficazes para minimizar os custos operacionais associados à limpeza e manutenção de equipamentos industriais. Além disso, explora métodos de separação e destinação adequada desses resíduos, visando não apenas reduzir a poluição ambiental, mas também otimizar a eficiência operacional das indústrias. Por meio de uma abordagem sistemática, este trabalho busca contribuir para práticas industriais mais sustentáveis e economicamente viáveis.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Limpeza industrial; Eficiência operacional; Gestão de resíduos; Redução de custos.

CLEANING CLOTHS AND WASTE SEPARATION

ABSTRACT

This study addresses a critical issue in industrial waste management, specifically waste generated from cleaning cloths impregnated with industrial oils. The research focuses on identifying effective solutions to minimize operational costs associated with the cleaning and maintenance of industrial equipment. In addition, it explores appropriate methods for the separation and disposal of such waste, aiming not only to reduce environmental pollution but also to optimize industrial operational efficiency. Through a systematic approach, this study seeks to contribute to more sustainable and economically viable industrial practices.

Palavras-chave: Sustainability; Industrial cleaning; Operational efficiency; Waste management; Cost reduction.

¹ UniSenaiPR Londrina – Engenharia Mecânica. E-mail: camila.oliveira@sistemapiep.org.br (Autor correspondente)

1. INTRODUÇÃO “MÃOS NA MASSA”

1.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA (dados cadastrais)

GREIF EMBALAGENS INDUSTRIAIS DO BRASIL LTDA

CNPJ: 59.320.820/0017-70

Razão Social: Greif Embalagens Industriais do Brasil Ltda

Atividade Econômica: Fabricação de embalagens de material plástico

Código CNAE: 2222-6/00

Porte: Grande

1.2 CONTEXTO ATUAL DA SITUAÇÃO NA EMPRESA

- Durante as operações de manutenção, os profissionais utilizam tecidos absorventes para remover resíduos oleosos, limpar componentes e controlar vazamentos em equipamentos. Este procedimento, embora essencial, resulta na contaminação dos tecidos, que são posteriormente enviados para um serviço terceirizado de limpeza.
- Um estudo interno detalhado revelou um custo significativamente elevado associado à limpeza dos tecidos impregnados com resíduos oleosos dos equipamentos. Em resposta a esta questão financeira e operacional, foi proposto um projeto de lavagem e destilação local de óleo e água. Este projeto visa não apenas reduzir custos, mas também atender à demanda interna da empresa de forma eficiente e autônoma.
- O principal desafio no processo de lavagem desses tecidos reside no tratamento da água utilizada. Esta água, contaminada com resíduos oleosos, não pode ser descartada na rede de esgoto convencional devido às regulamentações ambientais e ao compromisso da empresa com a sustentabilidade. A destilação adequada, parte integrante do projeto proposto,

permitiria à empresa reutilizar esta água em várias aplicações, incluindo a própria lavagem dos tecidos.

- Essa medida não só resolveria o problema do descarte de água contaminada, mas também promoveria a sustentabilidade corporativa. Além disso, atenderia à demanda contínua por tecidos limpos, conferindo à empresa uma valiosa independência nesse aspecto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral:

Projetar um sistema de gestão de resíduos industriais, visando otimizar a eficiência operacional da empresa. Este sistema será projetado para transformar resíduos em recursos reutilizáveis, minimizando assim o impacto ambiental e reduzindo significativamente os custos operacionais.

1.3.2 Objetivos Específicos:

Desenvolver um processo de lavagem dos panos contaminados e a separação eficiente dos resíduos;

Implementar um processo de destilação de óleo e água para reaproveitar os recursos e reduzir os custos com a limpeza dos panos;

Estabelecer práticas sustentáveis de gestão de resíduos, visando a minimização do impacto ambiental da atividade industrial.

1.4 METODOLOGIA

Iniciamos o estudo com a coleta de materiais da indústria Greif Embalagens, incluindo panos sujos, reagentes de limpeza e seus respectivos contaminantes (Figuras 1, 2 e 3).

Figura 1: Panos sujos provenientes da empresa Greif



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2: Reagente de limpeza utilizado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3: Produto contaminante da indústria.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Este estudo propõe um método de limpeza dos OLUC utilizando o desgordurante BT-36, um processo que possibilita a separação do óleo para descarte adequado e a reutilização da água extraída na higienização de panos e estopas. Além de reduzir o impacto ambiental, essa abordagem traz vantagens econômicas, pois há demanda para o refinamento desses resíduos, permitindo sua comercialização para a criação de novos produtos.

Do ponto de vista econômico, essa estratégia representa um diferencial competitivo, pois possibilita o controle interno do uso de materiais, reduzindo a dependência de serviços terceirizados para a limpeza. Além disso, a economia no consumo de água e produtos de limpeza contribui para a redução de custos operacionais. A comercialização do óleo recuperado por meio da destilação também evita seu descarte inadequado, fortalecendo a sustentabilidade empresarial e promovendo um ciclo produtivo mais eficiente.

Após a coleta, realizamos a classificação e separação dos materiais, seguido da pesagem individual de cada pano utilizando uma balança de laboratório, o que proporcionou maior precisão (Figura 4).

A diluição do desengordurante foi uma etapa fundamental do processo, sendo realizados testes para determinar a melhor proporção e o tempo ideal de agitação dos panos. Foram utilizadas três diluições: 1/10, 1/50 e 1/100, com 500 mL de solução. Cada diluição corresponde a uma parte do reagente de limpeza para 10, 50 ou 100 partes de água, resultando em volumes finais de 550 mL (1/10), 510 mL (1/50) e 505 mL (1/100) (Figura 5).

Figura 4: Panos pesados e catalogados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5: Reagentes químicos e água para diluição.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Inicialmente, realizamos os testes com as diluições de 1/10, 1/50, 1/100 denominadas A, B e C, por 10 minutos de agitação, e nas mesmas diluições D, E e F por 20 minutos de agitação.

Após obter informações sobre a melhoria na efetividade da limpeza ao longo do tempo, foi testada a influência da agitação para otimizar o processo. Os testes foram conduzidos com uma proporção fixa (1/50) de produto após os primeiros testes de diluição. Os tempos de teste variaram entre 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 e 30 minutos, visando determinar o melhor tempo de lavagem para aumentar a eficiência do processo sem desperdício de tempo.

A agitação foi realizada utilizando uma mesa agitadora (Figura 6) a 50% de intensidade. Cada pano foi colocado em um béquer e catalogado de acordo com uma

classificação definida pelos colaboradores do estudo. Cada béquer foi selado para evitar vazamentos durante o processo de agitação, devido à força centrífuga gerada pela máquina (Figura 7), a qual é responsável por movimentar os panos, garantindo que entrem em contato com o reagente diluído e eliminem os contaminantes presentes.

Figura 6: Mesa agitadora



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7: Béquer selado para processo de agitação



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o processo de limpeza, os panos foram retirados da mistura e enxaguados em água corrente para remover os reagentes presentes após a lavagem. Em seguida, foram deixados para secagem em temperatura ambiente e separados uns dos outros (Figura 8). Após a secagem, os panos foram pesados para verificar a quantidade de material removido durante a lavagem (Figura 9). A solução resultante da limpeza foi armazenada para posterior análise (Figura 10).

Figura 8: Panos separados para secagem.

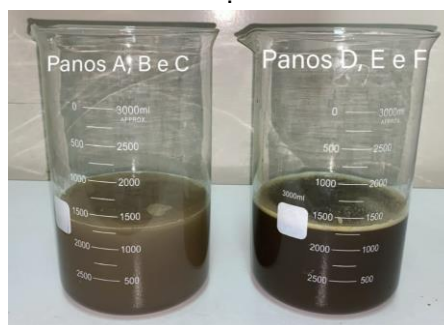


Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9: Pesagem do pano pós lavagem.



Figura 10: Coleta dos extratos pós lavagem dos panos A, B, C, D, E e F



Fonte: Elaborado pelos autores.

A solução armazenada foi filtrada para remover impurezas, como óleos e partículas sólidas. Para isso, utilizou-se um papel filtro e um funil apropriado (Figuras 11 e 12). Durante o processo, observou-se que o papel filtro se saturava prematuramente devido à viscosidade do óleo, o que dificultava a passagem do líquido e tornava o processo bastante lento, resultando em testes prolongados.

Figura 11: Funil adequado para utilização do filtro de papel.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 12: Papel utilizado no processo de filtração



Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro método utilizado para a remoção das impurezas presentes na solução foi o processo de peneiramento. Utilizou-se uma peneira com abertura de 500 μm (Figura 13). A solução resultante da limpeza foi peneirada na tentativa de remover todas as impurezas. A filtração mostrou-se eficaz na remoção dos resíduos sólidos maiores presentes na superfície, porém deixou a solução pós-filtração com algumas impurezas que poderiam interferir no processo de destilação (Figura 14). O método mais apropriado para separar elementos de diferentes densidades e não solúveis foi o de decantação, descrito no decorrer deste estudo.

1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o desenvolvimento da sociedade e os avanços tecnológicos, a gestão de resíduos torna-se um desafio cada vez mais relevante, especialmente no que diz respeito ao descarte e reaproveitamento de óleos lubrificantes usados ou

contaminados (OLUC). Esses resíduos representam não apenas um risco ambiental significativo, mas também uma oportunidade para reuso e refinamento, desde que sejam tratados de forma adequada.

Os OLUC são classificados como resíduos perigosos de classe I, pois podem conter substâncias tóxicas e de difícil degradação, tornando-se altamente prejudiciais ao meio ambiente quando descartados de forma inadequada. Segundo a ABNT (2004), sua composição pode apresentar elementos nocivos, o que impede seu despejo em aterros sanitários, visto que podem contaminar o solo e os recursos hídricos, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

No contexto industrial, a busca por soluções inovadoras para o tratamento de resíduos tem se mostrado essencial. Neste estudo, propõe-se um método de limpeza dos OLUC por meio de destilação, um processo eficiente na recuperação do óleo residual, possibilitando sua reutilização e evitando danos ambientais associados ao descarte irregular.

A implementação desse processo está em conformidade com a Resolução CONAMA n.º 362/2005, que define diretrizes para a gestão do óleo lubrificante usado ou contaminado, atribuindo responsabilidades a produtores, importadores, revendedores e geradores no manejo desses resíduos. Dessa forma, a adoção de um sistema de destilação interno não apenas permite um controle mais eficiente do processo, mas também garante o cumprimento da legislação ambiental vigente. Além disso, essa abordagem contribui para a redução dos impactos ambientais e promove a adoção de práticas sustentáveis dentro da indústria.

A destilação é um processo físico amplamente utilizado para a separação de misturas com base nos diferentes pontos de ebulição de seus componentes. Segundo Mano, Dias, Oliveira (2004), a destilação é um processo físico de separação que tem como princípio a diferença nos pontos de ebulição dos componentes de uma mistura. É amplamente utilizada tanto em laboratórios de pesquisa quanto na indústria para purificar líquidos e, em alguns casos, sólidos com baixos pontos de fusão. A

destilação pode ser classificada de diversas maneiras, dependendo da natureza da mistura e do procedimento utilizado.

A destilação simples é adequada para separar um líquido de substâncias não voláteis ou de líquidos com pontos de ebulição significativamente diferentes. A destilação fracionada é empregada quando os componentes da mistura possuem pontos de ebulição próximos. Neste método, utiliza-se uma coluna de destilação fracionada, que permite uma separação mais eficiente em uma única operação, evitando múltiplas destilações simples.

Na destilação fracionada, podem ocorrer dois tipos de misturas: zeotrópicas e azeotrópicas. As misturas zeotrópicas são compostas por substâncias com pontos de ebulição distintos. Durante o aquecimento, a composição do vapor varia, pois os componentes evaporam em temperaturas diferentes, permitindo sua separação por destilação.

Por outro lado, as misturas azeotrópicas são formadas por dois ou mais líquidos que, em uma proporção específica, apresentam um ponto de ebulição constante. Nesse caso, tanto a destilação simples quanto a fracionada não alteram a composição da mistura, pois o vapor gerado possui a mesma proporção dos componentes líquidos, impossibilitando sua separação por esse método.

A destilação aplicada ao tratamento de OLUC representa, portanto, uma solução eficaz dentro da logística reversa desses resíduos, garantindo não apenas a conformidade com a legislação ambiental, mas também promovendo benefícios econômicos e sustentáveis para a indústria. Ao possibilitar a recuperação e o reaproveitamento dos óleos lubrificantes contaminados, o processo contribui para a redução do consumo de novos recursos e para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado desses materiais. Dessa forma, a destilação se consolida como uma alternativa viável para a gestão responsável dos resíduos industriais.

2. VIVENCIANDO A INDÚSTRIA

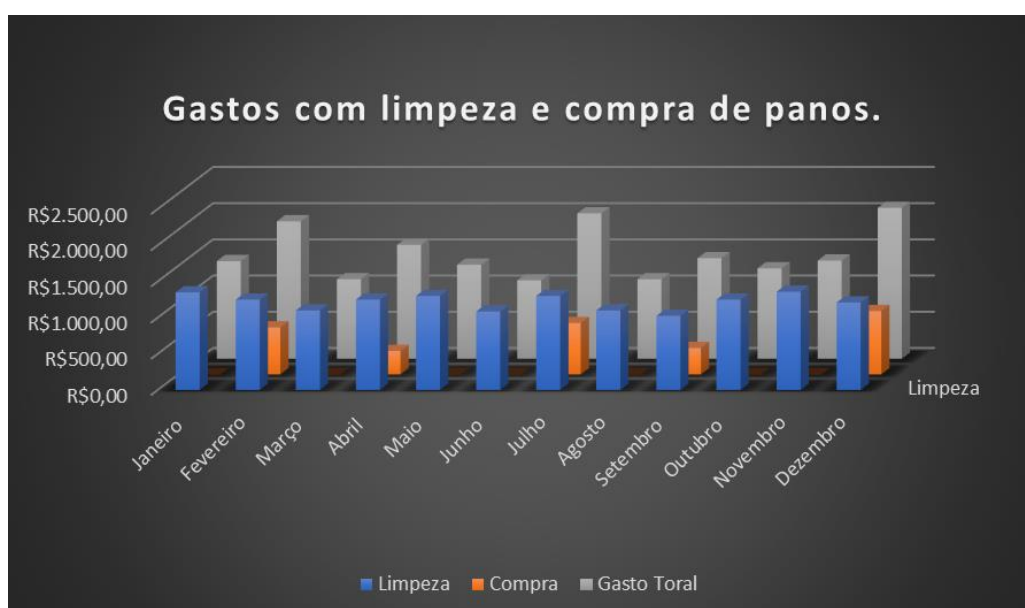
2.1 JUSTIFICATIVA

Na empresa GREIF EMBALAGENS INDUSTRIAIS DO BRASIL LTDA, foi identificado um alto custo relacionado à limpeza e reposição de panos utilizados no processo produtivo. Após algumas lavagens, constatou-se que, com o uso contínuo, os panos perdem sua eficiência e deixam de ser adequados para a remoção de resíduos.

Consequentemente, os gastos aumentam devido à necessidade frequente de aquisição de novos panos para uso pelos colaboradores.

O gráfico abaixo ilustra os custos da empresa, evidenciando um aumento significativo nos gastos com a compra de novos materiais, especialmente em situações que envolvem vazamentos em máquinas e quebras de equipamentos. Esses problemas resultam em um volume maior de resíduos e impactam diretamente a qualidade e a disponibilidade dos materiais.

Figura 13: Gastos com limpeza e compra de panos



2.2 CAUSAS DO PROBLEMA PRIORIZADAS

A empresa Greif enfrenta dificuldades devido à falta de comprometimento da empresa terceirizada na entrega dos panos limpos. Com uma alta produção diária, a Greif gera grandes volumes de resíduos, especialmente na manutenção das máquinas da linha de produção. Grande parte desses resíduos provém da limpeza do maquinário, um processo essencial para garantir o funcionamento contínuo das operações. Qualquer interrupção na produção devido à quebra de equipamentos pode comprometer o cumprimento de metas e prazos, que são primordiais para a empresa.

Outro desafio enfrentado pela indústria está relacionado aos custos com a limpeza terceirizada e a reposição de panos. A compra de novos materiais torna-se inevitável devido ao desgaste dos panos durante o uso, aos danos ocasionados nos processos de lavagem e às perdas no transporte realizado pela empresa terceirizada. Esses fatores resultam em um déficit na quantidade disponível de panos a cada ciclo de lavagem, impactando a eficiência operacional e elevando os custos.

3. TROCANDO IDEIAS

3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

- ✓ Lavagem e destilação local de óleo e água: Esta alternativa visa reduzir custos e atender à demanda interna da empresa de forma eficiente e autônoma, tratando a água contaminada e promovendo a sustentabilidade.
- ✓ Controle interno do uso de materiais: Essa estratégia busca reduzir a dependência de serviços terceirizados para a limpeza, economizar no consumo de água e produtos de limpeza, e comercializar o óleo recuperado para evitar o descarte inadequado.

3.2 PLANO DE AÇÃO

- i. Coleta de materiais
- ii. Classificação e separação dos materiais
- iii. Diluição do desengordurante
- iv. Testes de agitação
- v. Enxágue e secagem
- vi. Análise da solução resultante
- vii. Implementação da destilação
- viii. Análise dos resultados

3.3 RESULTADOS (esperados ou obtidos)

Após todas as lavagens, as soluções resultantes foram deixadas em repouso por 24 horas para o processo de decantação. Posteriormente, foram realizados testes para determinar o tempo mínimo necessário para a conclusão da separação. Após um período de pelo menos 5 horas, observou-se que a solução apresentou uma divisão: na parte superior, formou-se uma camada oleosa contendo os materiais menos densos, enquanto os mais densos se depositaram no fundo, originando uma solução escura composta por água, detergente e óleo diluído.

Figura 13: Peneira de 500 mm de abertura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 14: Peneira após o uso.

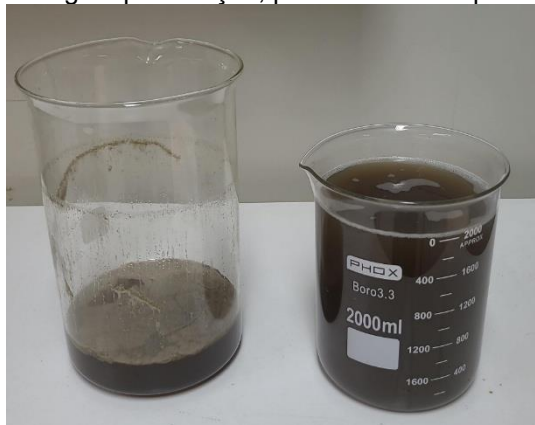


Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o processo de decantação, procedeu-se à separação dos elementos resultantes. Utilizando uma mangueira de sucção, foi removido o líquido presente na parte inferior da solução, deixando apenas o material da camada superior. O material remanescente após a sucção, contendo partes de óleo e água, foi armazenado e será

descartado adequadamente por meio de empresas especializadas na coleta de resíduos de óleo para reuso (Figura 15).

Figura 15: Resultado da lavagem pós sucção, permanecendo apenas o material homogêneo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a separação dos materiais, foi iniciada a destilação. Esse processo consiste em aquecer a solução até o ponto de ebulição, permitindo que o vapor gerado seja condensado para produzir uma solução purificada.

Inicialmente, utilizou-se a destilação simples, na qual um béquer contendo a solução pós-decantação foi aquecido. A solução estava conectada a uma tubulação equipada com dois termômetros para monitorar a temperatura do vapor gerado: um localizado no béquer e outro na tubulação. Em seguida, o vapor foi direcionado para o cilindro de destilação, onde foi condensado por meio da circulação de água externa ao vidro, promovendo a redução da temperatura e convertendo o vapor novamente em líquido (Figura 16).

Após a destilação simples, foram observadas alterações no material. A coloração tornou-se quase transparente, embora ainda ligeiramente turva. Além disso, análises sensoriais indicaram a presença de um odor característico do produto químico, bem como um sabor associado a ele.

Figura 16: Montagem para a destilação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para melhorar a eficácia do projeto, foi testada a destilação fracionada visando um funcionamento mais eficiente. Antes da aplicação, a solução do elemento químico foi analisada para determinar o ponto de ebulição de cada material. Utilizando um béquer e uma manta aquecedora, os pontos de ebulição foram identificados como sendo 98°C para o reagente químico e 100°C para a água (Figura 17).

Figura 17: Teste do ponto de ebulição do reagente químico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 18: Montagem efetuada na destilação fracionada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A destilação fracionada (Figura 18) foi realizada com o auxílio de uma manta aquecedora, que proporcionou maior precisão no controle da temperatura da mistura. Quando a temperatura atingiu 98°C, o reagente químico entrou em ebulição, iniciando

o processo de separação dos componentes. No entanto, devido à proximidade dos pontos de ebulição dos materiais, não foi possível separar completamente os produtos químicos da água.

No que se refere à limpeza dos panos, o método aplicado mostrou-se eficaz, garantindo que todos os panos tratados com a solução designada fossem completamente limpos e estivessem em condições adequadas para reutilização, sem sofrer danos durante o processo de lavagem.

Além disso, a separação de óleos foi concluída com sucesso, permitindo a extração completa dos resíduos oleosos e sua destinação correta. No entanto, no que diz respeito à separação química dos elementos, os resultados não foram totalmente satisfatórios. A forte ligação química entre os componentes, aliada à proximidade de seus pontos de ebulição, dificultou a destilação, resultando na permanência de uma pequena porcentagem do reagente químico na solução final.

Apesar dessa limitação, a solução obtida ainda pode ser reaproveitada para outros fins, como a reutilização em novas limpezas de panos, garantindo um uso mais sustentável dos recursos e reduzindo o impacto ambiental do processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, foram realizados estudos para avaliar a eficiência do método e aprimorar as análises de desempenho. Somente após essa etapa, considerou-se o desenvolvimento de uma máquina que integrasse todos os processos. Como perspectiva futura, pretende-se aprimorar o processo de separação química dos componentes, visando obter água purificada e adequada para consumo.

Nossos agradecimentos a todos os envolvidos no decorrer dos trabalhos, agradecemos a empresa Greif, que nos proporcionou materiais para estudo em parceria ao Senai, aos colaboradores e integrantes do grupo, aos professores(as)

Camila Fogaça Oliveira, Adriana Giseli Leite Carvalho, Daniel Almeida Colombo e a todos os que fizeram parte do processo.

REFERÊNCIAS

COMPER, Indiana Caliman; SOUZA, Felipe Oliveira; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. Caracterização e Desafios da Logística Reversa de Óleos Lubrificantes. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, 2016.

MANO, E. B.; DIAS, M. L.; OLIVEIRA, C. M. F. **Química experimental de polímeros**. São Paulo: Editora Blücher, 2004.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.
[Recebido/Received: Dezembro 18 2024; Aceito/Accepted: Janeiro 29, 2025]