OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO NA RAFITEC LTDA: DESAFIOS E ALTERNATIVAS AO USO DE PTFE

Eduardo Riad Sallum[1] João Vitor Ilkiv Pazinatto[2] Nathan Moratelli Carabajá[3] e Angelo Rodrigo Ruth[4]

RESUMO

Este artigo investiga a viabilidade técnica, econômica e ambiental da substituição de revestimentos de PTFE no processo de laminação da Rafitec. Foram avaliadas alternativas ao material atual, analisadas por meio de pesquisa de campo, benchmarking e ferramentas como Ishikawa e Matriz GUT. Os resultados indicaram a viabilidade de um material substituto com propriedades semelhantes, detalhado em plano 5W2H, evidenciando que a troca reduz custos e elimina o descarte de resíduos. A análise considera conceitos de gestão da qualidade, engenharia de processos, ciência dos materiais e gestão de custos. O estudo fornece subsídios para otimização de processos e é relevante para a sustentabilidade industrial, contribuindo para a eficiência operacional e o alinhamento às metas ambientais.
Palavras-chave: Processo de laminação. Politetrafluoretileno (PTFE). Otimização de processos. Sustentabilidade industrial. Gestão de custos.

ABSTRACT

This article investigates the technical, economic, and environmental feasibility of replacing PTFE coatings in Rafitec's lamination process. Alternatives to the current material were evaluated and analyzed through field research, benchmarking, and tools such as the Ishikawa diagram and the GUT Matrix. The results indicated the feasibility of a substitute material with similar properties, detailed in a 5W2H action plan, demonstrating that the replacement reduces costs and eliminates waste disposal. The analysis considers concepts of quality management, process engineering, materials science, and cost management. The study provides support for process optimization and is relevant to industrial sustainability, contributing to operational efficiency and alignment with environmental goals.
Keywords: Lamination process. Polytetrafluoroethylene (PTFE). Process optimization. Industrial sustainability. Cost management.

[1]Eduardo Riad Sallum, UniSENAI/PR, eriadsallum@gmail.com
[2]João Vitor Ilkiv Pazinatto, UniSENAI/PR, iv.ilkiv@gmail.com
[3]Nathan Moratelli Carabajá, UniSENAI/PR, nathanmoratellin@gmail.com
[4]Angelo Rodrigo Ruth, UniSENAI/PR, angelo.rodrigo@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

A busca contínua por redução de custos e minimização de impactos ambientais configura-se como um pilar estratégico para a competitividade e perenidade das indústrias na contemporaneidade. No setor de embalagens e tecidos técnicos, onde a eficiência produtiva e a responsabilidade socioambiental são cada vez mais valorizadas, a seleção de materiais e a configuração dos processos de manufatura desempenham um papel crítico. Nesse contexto, a análise de desafios operacionais específicos, como a aderência de materiais em etapas de alta temperatura, e a busca por soluções inovadoras e sustentáveis tornam-se fundamentais para o avanço tecnológico e a gestão eficiente dos recursos.

O Politetrafluoretileno (PTFE), popularmente conhecido pela marca Teflon®, é um fluoropolímero de notável importância industrial, reconhecido por suas propriedades singulares: é quimicamente inerte em quase todos os ambientes, possui excelentes propriedades elétricas, baixo coeficiente de atrito, pode ser usado a até 260 °C, porém é relativamente fraco e apresenta propriedades de escoamento a frio ruins. É muito usado para vedações anticorrosivas, válvulas e tubulações para produtos químicos, mancais, revestimentos antiaderentes e peças de componentes eletrônicos para operação a altas temperaturas (CALLISTER JÚNIOR, 2002). Essas características o tornam um material de escolha em diversas aplicações, incluindo revestimentos para equipamentos em processos de laminação e termoselagem, onde a prevenção da aderência de materiais a altas temperaturas é essencial para a qualidade do produto e a continuidade da produção. Contudo, o custo de aquisição do PTFE e os desafios ambientais associados ao seu descarte e à sua difícil reciclagem têm motivado a indústria a buscar materiais alternativos com desempenho funcional equivalente, mas com menor impacto econômico e ecológico.

A sustentabilidade transcendeu o discurso e consolidou-se como um direcionador estratégico nas operações industriais, sendo impulsionada por regulamentações ambientais, exigências de mercado, otimização do uso de recursos e fortalecimento da imagem corporativa. A falta de preocupação com a

regeneração dos recursos naturais resultou em regiões devastadas, levando ao abandono de terras, conflitos por melhores áreas e, em alguns casos, à dizimação de populações inteiras pela fome (GOLDEMBERG; LUCON, 2006). É por esse motivo que desenvolver um produto comercializável exige atender critérios de natureza econômica que não estão necessariamente relacionados a princípios científicos e à engenharia, mas sim a outras questões ambientais e sociais relacionadas à poluição, ao descarte, à energia e à reciclagem, para que o produto seja comercialmente competitivo, por exemplo (CALLISTER JÚNIOR, 2002).

Empresas como a Rafitec Ltda, que demonstram seu compromisso com a gestão da qualidade e a melhoria contínua de seus processos por meio da certificação ISO 9001, atuam em mercados competitivos onde a busca por eficiência é constante. Paralelamente a esse foco na qualidade, tais empresas também enfrentam o desafio de integrar princípios de sustentabilidade em suas operações. Essa necessidade de alinhamento sustentável impulsiona, por exemplo, a avaliação crítica de materiais e processos com potencial de impacto ambiental e de custo, como é o caso do uso do PTFE na laminação.

O processo de laminação é uma tecnologia de acabamento fundamental na indústria de tecidos técnicos e embalagens, como os produzidos pela Rafitec Ltda a partir da ráfia de polipropileno. De acordo com normas da ABNT e de órgãos internacionais (ISO, ASTM, CEN, DIN), produtos planos laminados são definidos como aqueles com seção transversal retangular, cuja largura é significativamente maior que a espessura. Apesar de terem superfície tecnicamente lisa, podem apresentar entalhes ou relevos intencionais, como em chapas de piso e painéis. A superfície também pode ser tratada para receber revestimentos ou facilitar processos de conformação. São considerados produtos planos laminados: chapas finas, chapas grossas, tiras, folhas e fitas, fornecidos em formato linear ou enrolados em bobinas, podendo conter revestimentos metálicos ou orgânicos (RIZZO, 2022). Apesar de seus benefícios, o processo de laminação a quente pode apresentar desafios operacionais, notadamente a potencial aderência de resíduos do material de revestimento aos rolos aquecidos ou de pressão, o que pode comprometer a qualidade do produto e levar a interrupções não planejadas na produção, exigindo soluções eficazes

de antiaderência.

Diante do cenário exposto e do desafio específico identificado na Rafitec Ltda, na Cidade Industrial de Curitiba, o objetivo geral deste artigo é propor uma alternativa técnica, econômica e ambientalmente viável para a substituição da manta de Politetrafluoretileno (PTFE) utilizada como revestimento antiaderente nos rolos do processo de laminação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são fundamentados os principais conceitos que embasam este trabalho. A fundamentação teórica é composta pelos conceitos de Teflon®, sustentabilidade, fibra de vidro, revestimento de silicone e redução de custos.

O politetrafluoretileno (PTFE), mais conhecido como Teflon®, é um polímero semicristalino conhecido por sua alta resistência térmica e resistência química. Sua antiaderência e seu baixo coeficiente de atrito fazem com que o material se torne altamente aplicável em diferentes situações industriais (MANO, 2000). Além disso, o Teflon possui grande estabilidade em sua estrutura, o que o deixa resistente a agentes corrosivos e a altas variações de temperatura (RODRIGUES, 2015).

Ser sustentável é buscar um desenvolvimento equilibrado dos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Segundo Barbieri (2011, p. 29), “sustentabilidade é a capacidade de um sistema se manter ao longo do tempo, preservando suas funções essenciais, sem esgotar os recursos dos quais depende”. Já para Sachs (2002, p. 25), “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”. Com base nisso, as empresas precisam aderir a práticas de produção que consigam garantir eficiência sem comprometer os recursos naturais das gerações futuras (BARBIERI, 2011). A implementação de planos de sustentabilidade nas etapas produtivas reduz os impactos ambientais e contribui para a construção de uma imagem organizada e responsável no mercado moderno atual (SACHS, 2007).

A fibra de vidro é muito utilizada na indústria por conta de sua alta

resistência mecânica, alta durabilidade e leveza. Sua estrutura tem como base filamentos extremamente finos de vidro, o que permite que essa fibra seja usada na fabricação de materiais reforçados, entregando maior resistência à estrutura dos materiais produzidos (MATHEUS, 2002). A junção dessa fibra com resinas poliméricas permite a criação de materiais muito resistentes a impactos, tornando-os ideais para setores como o automotivo e o aeroespacial (FARAH, 2010).

A manta de fibra de vidro com revestimento de silicone é um material feito para suportar temperaturas altas, pois apresenta ótimo desempenho térmico, boa resistência à abrasão e boa flexibilidade. A aplicação do silicone na fibra de vidro confere maior impermeabilidade, isolamento elétrico e resistência química, o que a torna extremamente utilizada em processos industriais com altas exigências térmicas (ARAÚJO, 2011). Além disso, esse tipo de manta é empregado em processos de produção de dutos e equipamentos que precisam de isolamento eficiente, mantendo estabilidade estrutural mesmo sob temperaturas altas contínuas (SOUZA, 2013).

A redução de custos é uma estratégia muito importante para otimizar processos produtivos. Para que isso aconteça, é preciso adotar métodos eficientes que consigam diminuir os desperdícios sem alterar a qualidade do produto (OLIVEIRA, 2014). Uma forma eficaz de alcançar essa redução é realizar uma análise dos custos de produção, eliminando gastos desnecessários e promovendo melhor utilização dos recursos disponíveis (BRUNI; FAMÁ, 2012).

2.1 JUSTIFICATIVA PARA O ESTUDO

O uso da fita de politetrafluoretileno (PTFE) no processo produtivo da Rafitec Ltda apresenta dois desafios principais: o alto custo de investimento e sua baixa sustentabilidade. O PTFE é amplamente utilizado na indústria devido às suas propriedades notáveis, sendo empregado “em aplicações que requerem dureza, excelentes propriedades elétricas, resistência ao calor e baixo coeficiente de atrito” (WIEBEK; HARADA, 2005, p. 236). Apesar de suas vantagens técnicas garantirem a qualidade do produto, seu impacto econômico e ambiental impulsiona a busca por alternativas mais viáveis. Os impactos

principais são apresentados a seguir.

a) Impacto Financeiro: a empresa Ltda investe anualmente cerca de R$ 216.000,00 na aquisição de fita de PTFE, considerando que cada rolo do material tem um custo médio entre R$ 1.600,00 e R$ 1.700,00 (conforme dados internos da empresa referentes a 2025). Esse material é empregado em todos os produtos comercializados, com exceção da grama sintética, abrangendo um total de nove itens, entre os quais big bags, geomembranas e geotêxteis. Somado aos custos operacionais, de matéria-prima e de mão de obra, o uso da fita representa um gasto significativo para a organização, o que é detalhado na Figura 2.

Figura 1 – Custo anual estimado com fita de PTFE na Rafitec Ltda



Fonte: Rafitec (2025).

b) Impacto Ambiental: a fita de PTFE, conhecida popularmente como Teflon, também apresenta desafios ambientais significativos, principalmente devido à sua elevada persistência e difícil degradação natural. Fatores como a exposição à radiação podem degradar polímeros fluorados como o PTFE, reduzindo sua massa molar e alterando suas propriedades mecânicas, efeito intensificado na presença de oxigênio (WIEBEK; HARADA, 2005). Além disso, a degradação do PTFE, seja por processos físicos ou químicos, pode resultar na de subprodutos fluorados persistentes, que contribuem para sua pegada ecológica. Em comparação, outros fluoropolímeros, como o copolímero FEP (fluoreto de etileno e

propileno), podem apresentar características distintas; por exemplo, o FEP possui tolerância à radiação significativamente maior que o PTFE, cerca de dez vezes superior (WIEBEK; HARADA, 2005), ilustrando a diversidade de propriedades dentro dessa classe de materiais.

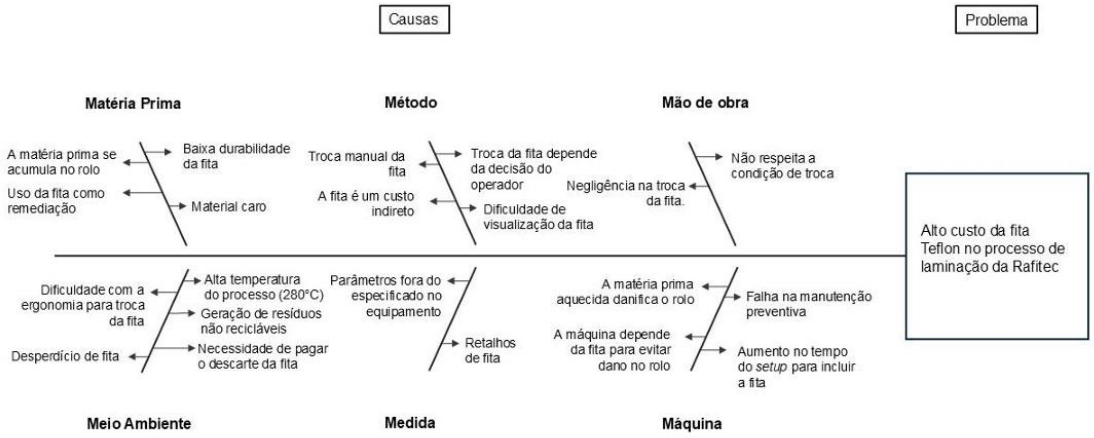
Diante dos fatores apresentados, a relevância deste estudo reside na necessidade de reduzir custos operacionais e minimizar impactos ambientais na produção da Rafitec, alinhando-se às práticas de sustentabilidade cada vez mais exigidas pelo mercado.

2.2 CAUSAS PRIORIZADAS DO DESAFIO

Nesta subseção são apresentadas as causas levantadas por meio do diagrama de Ishikawa e as causas priorizadas por meio da Matriz GUT.

O levantamento das causas do problema foi realizado utilizando-se o brainstorming, organizando-as no diagrama de Ishikawa nas categorias método, mão de obra, máquina, meio ambiente, medida e matéria-prima, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 2 – Diagrama de Ishikawa com as causas e o problema relacionados ao artigo



Fonte: os autores (2025).

Todas as causas levantadas no diagrama de Ishikawa foram listadas na Matriz GUT e priorizadas, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Matriz GUT para priorização das causas

Causa	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT
Geração de resíduos não recicláveis	5	5	5	125
Material caro	5	5	5	125
A matéria-prima se acumula no rolo	5	5	4	100
A fita é um custo indireto	5	4	4	80
Falha na manutenção preventiva	5	4	4	80
A matéria-prima aquecida danifica o rolo	5	3	5	75
Negligência na troca da fita	5	3	5	75
Desperdício da fita	4	4	3	48
Troca da fita dependente da decisão do operador	3	4	4	48
A máquina depende da fita para evitar danos no rolo	3	4	4	48
Baixa durabilidade da fita	4	4	3	48
Parâmetros fora do especificado no equipamento	4	3	3	36
Dificuldade de visualização da fita	3	3	3	27
Troca manual da fita	3	3	2	18
Necessidade de pagar o descarte da fita	4	2	2	16
Não respeitar a condição de troca da fita	2	4	2	16
Alta temperatura do processo (280 °C)	3	2	2	12
Uso da fita como remediação	3	2	2	12
Aumento do tempo de setup para incluir a fita	3	3	1	9
Retalhos de fita	2	2	2	8
Dificuldade com a ergonomia para troca da fita	3	2	1	6

Fonte: os autores (2025).

O critério adotado, em função dos recursos disponíveis, para a tratativa das causas é a linha de corte igual ou superior a 100 pontos.

3 METODOLOGIA

Para a realização deste artigo foram utilizados a pesquisa de campo, a pesquisa bibliográfica, a pesquisa de internet, a entrevista informal com gestores e colaboradores da Rafitec Ltda, o brainstorming, o diagrama de Ishikawa, a Matriz GUT, o benchmarking e o 5W2H.

A pesquisa de campo, segundo Marconi e Lakatos (2019), busca obter informações e conhecimentos, sendo útil tanto para esclarecer problemas e testar hipóteses quanto para identificar fenômenos e suas possíveis relações. Por meio dessa pesquisa, o problema real da empresa Rafitec foi analisado e descrito neste artigo.

Já a pesquisa bibliográfica, utilizada neste artigo para levantar os principais conceitos que fundamentam este trabalho, é, de acordo com Marcelino (2020), uma consulta e apropriação de materiais já publicados e disponíveis, como livros, revistas, periódicos científicos, fascículos, entre outros.

A pesquisa de internet, também utilizada para fundamentar conceitos deste trabalho, é, segundo Mascarenhas (2018), usada em contextos acadêmicos, exigindo que o usuário saiba localizar, selecionar e utilizar as informações com critério e criatividade.

A entrevista informal é a que possui a menor estrutura entre as técnicas de entrevista, diferenciando-se da conversação comum por seu objetivo principal ser a coleta de dados (GIL, 2008). Essa técnica foi utilizada neste estudo para o levantamento de dados na empresa Rafitec Ltda.

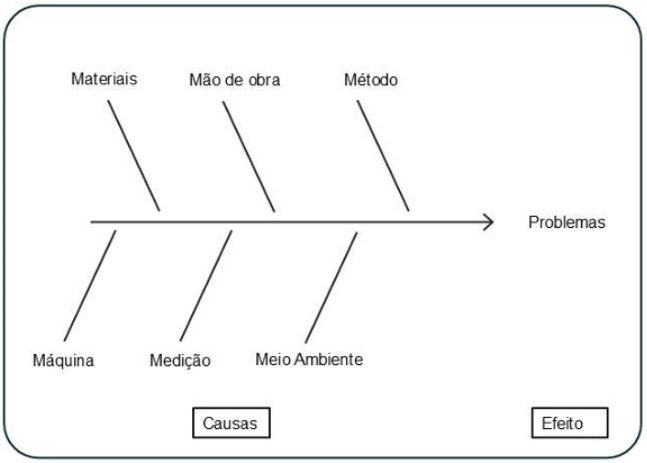
O brainstorming, também conhecido como “tempestade de ideias”, é uma técnica criada por Alex Osborn na década de 1940, utilizada para estimular a criatividade em grupo, tendo como objetivo principal obter respostas rápidas para problemas específicos (REIS, 2021). Essa técnica foi utilizada neste estudo para levantar ideias de acordo com os desafios propostos.

A Matriz GUT auxiliou na priorização dos problemas levantados, conforme

a proposta deste trabalho; segundo Novaski, Freitas e Billig (2020, p. 2), “a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma ferramenta de gestão que pode ser aplicada na análise e na priorização de problemas ou de ações de correção a serem implementadas”.

O diagrama de Ishikawa, conforme o modelo apresentado na Figura 1, possibilitou definir as causas do problema. Segundo César (2011, p. 63), “o diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado”.

Figura 1 – Modelo do diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito)



Fonte: Barros; Bonafini, 2014, p. 40.

Segundo Seleme e Stadler (2012), a ideia principal do benchmarking é observar as melhores práticas usadas por empresas de destaque e adaptá-las à realidade da organização.

A ferramenta 5W2H é composta por um conjunto de perguntas originadas do idioma inglês, utilizadas com o propósito de organizar ideias e esclarecer problemas, sendo amplamente aplicada na estruturação de planos de ação (SELEME; STADLER, 2012). Neste estudo, foi utilizada para a elaboração do plano de ação.

4 APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

As alternativas de solução para as causas priorizadas foram levantadas por meio de benchmarking em organizações e estudos de caso publicados, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Alternativas de solução

Organização / estudo de caso	Qual era o problema/desafio?	O que foi feito?	Como foi feito?	Qual foi o resultado?
Lubrizol Corporation, multinacional especializada em aditivos para plásticos e polímeros (LUBRIZOL, 2025).	Altos custos operacionais e impactos ambientais decorrentes do uso do PTFE, além de limitações de desempenho em algumas aplicações.	Pesquisa e desenvolvimento para encontrar um material alternativo ao PTFE, mais acessível economicamente e com menor impacto ambiental.	Testes comparativos entre PTFE e UHMWPE, analisando desgaste, resistência térmica e química, com ajustes de processo para adoção na produção.	Substituição do PTFE pelo UHMWPE, com redução de custos e impacto ambiental e desempenho igual ou superior nas aplicações.
Chemours, empresa derivada da DuPont, fabricante de PTFE (CHEMOURS, 2025).	Riscos associados ao PFOA, descontinuado por ações legais sobre efeitos ecotoxicológicos e de saúde.	Adoção de um produto químico alternativo, denominado GenX, e de PTFE reticulado por radiação.	Exposição do PTFE à radiação em temperaturas acima do ponto de fusão no vácuo, induzindo a reticulação das cadeias poliméricas.	Melhoria das propriedades mecânicas em alta temperatura e da estabilidade à radiação, com maior integridade mecânica e ao desgaste.
Ensinger, empresa de desenvolvimento, fabricação e venda de compostos e plásticos de engenharia (ENSINGER, 2025).	Em altas temperaturas, o Teflon pode liberar gases tóxicos e compostos perfluorados, como o PFOA.	Substituição do Teflon por TECACOMP XS (PPA, PA66, PPS e PEEK).	Materiais modificados para otimizar as propriedades de atrito e desgaste, sem a necessidade de PTFE como lubrificante principal.	Material mais barato de produzir e capaz de suportar altas temperaturas sem efeitos colaterais.

Fonte: os autores (2025).

4.2 PLANO DE AÇÃO

Com base na análise das causas priorizadas e das alternativas de mercado, a proposta central deste estudo consiste na substituição da atual fita de fibra de vidro com Teflon por uma manta de fibra de vidro com revestimento de silicone. Para viabilizar essa mudança, foi estruturado um plano de ação detalhado, baseado em critérios técnicos e operacionais, contemplando todas as etapas necessárias, desde a solicitação de orçamento até a reinstalação e o teste do equipamento. A elaboração deste plano busca garantir a continuidade da produção com qualidade, segurança e eficiência, reduzindo o risco de falhas durante a execução.

Para proporcionar um roteiro claro e detalhado das etapas de implementação, as ações para a substituição do material são apresentadas a seguir, utilizando a ferramenta 5W2H, conforme detalhado no Quadro 3, que organiza as atividades, responsabilidades, prazos e recursos.

Quadro 3 – Plano de ação (5W2H)

Etapa	What (o quê)	Why (por quê)	Where (onde)	When (quando)	Who (quem)
1	Solicitar orçamento da fita de fibra de vidro revestida de silicone	Identificar fornecedores e obter o melhor custo-benefício	Setor de compras	01/07/2025	Comprador responsável
2	Analisar cotações e aprovar compra	Escolher o fornecedor com a melhor proposta	Setor de compras	08/07/2025	Gerente de compras
3	Emitir pedido de compra	Formalizar a aquisição do material	Sistema ERP da empresa	10/07/2025	Comprador responsável
4	Receber e conferir o material	Garantir que o material esteja conforme o solicitado	Almoxarifado	17/07/2025	Almoxarife
5	Agendar parada da máquina de laminação	Planejar a substituição sem impactar a produção	Setor de produção	17/07/2025	Supervisor de produção
6	Desligar a máquina e preparar para a troca	Garantir segurança durante a substituição	Linha de laminação	20/07/2025	Técnico de manutenção
7	Remover a fita de Teflon	Eliminar o material	Linha de	20/07/2025	Técnico de

Etapa	What (o quê)	Why (por quê)	Where (onde)	When (quando)	Who (quem)
		antigo para instalação da nova fita	laminação		manutenção
8	Limpar a superfície de aplicação	Assegurar aderência adequada da nova fita	Linha de laminação	20/07/2025	Técnico de manutenção
9	Instalar a fita de fibra de vidro revestida de silicone	Restaurar a eficiência do processo de laminação	Linha de laminação	20/07/2025	Técnico de manutenção
10	Testar a máquina após a troca	Verificar o funcionamento correto após a substituição	Linha de laminação	20/07/2025	Operador da máquina
11	Validar instrução de trabalho	Garantir a padronização do processo de trabalho	Linha de laminação	28/07/2025	Supervisor de produção

Fonte: os autores (2025).

O Quadro 3 detalha, de forma sequencial, cada etapa envolvida no processo, especificando a atividade a ser realizada, sua justificativa, o local de execução, o prazo estimado, o profissional responsável, o método de realização e, quando aplicável, o custo previsto (associado principalmente às horas de funcionamento em domingo e às horas extras dos funcionários envolvidos na troca). Essa abordagem permite uma visualização clara das ações e a identificação de responsabilidades e prazos, otimizando a gestão do tempo e dos recursos.

Inicialmente, prevê-se a solicitação de orçamento do material junto a fornecedores homologados, com a finalidade de selecionar a proposta mais vantajosa em termos de custo, prazo de entrega e qualidade. Após a análise e aprovação da melhor proposta, o pedido de compra é formalizado por meio do sistema interno da organização. O material adquirido é conferido no almoxarifado, onde é verificada sua conformidade com as especificações técnicas previamente definidas. Em seguida, realiza-se o agendamento da parada da máquina de laminação, de modo a evitar interferências na

programação de produção. A substituição do material é feita pela equipe de manutenção, que desliga o equipamento, remove a antiga fita de Teflon e executa a limpeza da superfície com o produto adequado, garantindo uma base limpa para a aplicação da nova fita. A instalação é realizada conforme as orientações técnicas do fabricante, com posterior acionamento da máquina testes operacionais conduzidos pelo operador responsável e, por fim, é realizada a validação das instruções de trabalho, padronizando o processo para revisões futuras da máquina.

Um dos principais direcionadores para a elaboração deste plano é a otimização de custos na aquisição do material de revestimento. Para quantificar a vantagem econômica da alternativa proposta, realizou-se uma análise comparativa de custos diretos entre o material atualmente em uso e o novo, apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Análise comparativa de custo por rolo

Material	Custo por rolo (dimensões úteis equivalentes)
Fita de fibra de vidro revestida com PTFE Teflon® (Armalon®) – material atual	R$ 1.600,00
Manta de fibra de vidro revestida com silicone (Dacosil®) código Indaco 3035 – material proposto	R$ 1.012,50
Economia direta por rolo	R$ 587,50 (~36,7%)

Fonte: os autores (2025). Nota: valores baseados em dados internos da Rafitec Ltda, o material atual e em cotação da empresa Indaco (junho/2025) para o material proposto.

O comparativo apresentado no Quadro 4, baseado em cotação específica para a manta de fibra de vidro com silicone, demonstra que a substituição do material resulta em uma economia imediata de aproximadamente 36,7% no custo de aquisição por rolo. É fundamental ressaltar que essa análise representa um cenário viável, mas não exaustivo, uma vez que existem outras opções de fornecedores e modelos no mercado, inclusive com potencial de custo ainda menor, o que fortalece a viabilidade econômica da proposta. A comparação de valores considera, em todos os casos, rolos com o mesmo comprimento e largura útil de aplicação, garantindo a equivalência. Além do ganho direto no material principal, o custo total para a implementação do plano também considera,

conforme apontado no Quadro 3, uma estimativa das horas úteis dos funcionários e dos insumos necessários para a preparação da máquina.

A implementação da abordagem detalhada, tanto na descrição narrativa precedente quanto na estrutura consolidada nos Quadros 3 e 4, visa assegurar o controle efetivo dos prazos, a alocação eficiente dos recursos humanos e financeiros e a completa rastreabilidade das ações. Esses resultados são fundamentais para a padronização dos processos de manutenção e para fomentar a melhoria contínua na produção industrial da Rafitec.

4.3 RESULTADOS

Com a execução do plano de ação proposto, a implementação da substituição da fita de PTFE pela manta de fibra de vidro com revestimento de silicone alcançou uma série de melhorias significativas no processo de laminação da Rafitec Ltda. Os resultados obtidos abrangem avanços econômicos, operacionais e ambientais, além do desenvolvimento das equipes e da otimização dos processos internos.

Primeiramente, constatou-se uma considerável otimização econômico-operacional. Conforme detalhado na análise comparativa de custos (Quadro 4), a substituição do material resultou em uma economia direta de aproximadamente 36,7% na aquisição de cada rolo. Esse ganho inicial foi ampliado pelos benefícios operacionais subsequentes, como a maior durabilidade do novo material, que levou a uma menor frequência de trocas, com consequente redução no tempo de máquina parada. Adicionalmente, a superior resistência térmica e à abrasão do material proposto aumentou a vida útil do revestimento e diminuiu a necessidade de intervenções corretivas, resultando em maior eficiência produtiva.

No que tange à sustentabilidade, os benefícios alcançados foram igualmente relevantes. A menor frequência de troca da manta e a utilização de um material mais resistente contribuíram diretamente para a redução de resíduos industriais, alinhando a operação às políticas de responsabilidade socioambiental da empresa e fortalecendo sua imagem institucional. Destaca-se o potencial de reciclabilidade do material como uma vantagem técnica relevante da manta de fibra de vidro com revestimento de silicone que, ao contrário da fita de Teflon,

pode ser mais facilmente reciclada. Esse aspecto implicou: i) menor volume de material destinado ao descarte; e ii) consequente diminuição do impacto ambiental, reforçando o compromisso da empresa com práticas mais ecológicas e com os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Paralelamente, a iniciativa fomentou o desenvolvimento técnico e a padronização processual. A implantação foi acompanhada de treinamentos práticos, assegurando a correta compreensão dos operadores sobre os cuidados e procedimentos adequados ao novo material, elevando o nível técnico da equipe e promovendo um ambiente de trabalho mais participativo. A nova implementação foi continuamente monitorada, permitindo a coleta de dados para aperfeiçoamentos no processo e promovendo práticas consistentes de melhoria contínua. Finalmente, a atualização das instruções de trabalho e dos registros operacionais contribuiu para a padronização dos procedimentos, garantindo maior controle sobre o processo, facilitando treinamentos futuros e reduzindo falhas por variações operacionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo cumpriu seus propósitos ao investigar os desafios inerentes ao uso de Politetrafluoretileno (PTFE) no processo de laminação da empresa Rafitec Ltda e ao desenvolver e implementar uma proposta fundamentada para sua substituição por uma alternativa viável. O objetivo geral de elaborar e executar uma proposta para a substituição da fita de Teflon foi alcançado de forma metódica, com base na análise dos objetivos específicos. Estes contemplaram a quantificação dos custos atuais da fita de PTFE, que indicavam um expressivo dispêndio anual para a empresa, a análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental de materiais alternativos, e a formulação e implementação de uma solução otimizada. A alternativa proposta, detalhada em um plano de ação 5W2H, sugeriu a substituição do PTFE por um material com propriedades adequadas, tendo em vista o potencial de redução de custos — como o menor valor da fita alternativa identificada — e a perspectiva de minimização do impacto ambiental pela possível eliminação do descarte de

resíduos de PTFE.

A metodologia empregada foi fundamental para a estruturação e o alcance dos resultados deste trabalho. A combinação de pesquisa de campo, que permitiu a análise e descrição do problema real na Rafitec Ltda, com a pesquisa bibliográfica e de internet, que forneceram o embasamento conceitual, mostrou-se eficaz. Ferramentas como o brainstorming para o levantamento de ideias, o Diagrama de Ishikawa para a identificação das causas do problema e a Matriz GUT para a priorização dessas causas foram cruciais para a análise crítica da situação. Adicionalmente, o benchmarking auxiliou na exploração de soluções já implementadas no mercado, enquanto a ferramenta 5W2H foi essencial para a elaboração e execução de um plano de ação claro e viável.

Os ganhos obtidos com a realização e implementação deste estudo são de natureza teórica e prática, tanto para os autores quanto para a empresa Rafitec Ltda. Para os estudantes, o trabalho possibilitou a aplicação prática de conceitos de Gestão da Qualidade, Engenharia de Processos, Ciência dos Materiais e Gestão de Custos em um contexto industrial real, além do desenvolvimento de habilidades de pesquisa, análise e solução de problemas. Para a Rafitec Ltda, os ganhos práticos alcançados são expressivos, incluindo a redução efetiva de um custo anual considerável associado ao PTFE, a diminuição do impacto ambiental pela substituição de um material de difícil reciclagem e descarte problemático, e o consequente alinhamento do processo de laminação com as metas de sustentabilidade e as práticas de melhoria contínua da empresa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. R. **Materiais de alta performance: polímeros reforçados e isolantes térmicos.** São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARROS, E.; BONAFINI, F. (Orgs.). **Ferramentas da qualidade.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel.** São Paulo: Atlas, 2012.

CALLISTER JÚNIOR, W. D. **Ciência e engenharia dos materiais.** 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

CÉSAR, F. I. G. **Ferramentas básicas da qualidade: instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca24Horas, 2011.

FARAH, A. **Curso de resina de poliéster, fibra de vidro e moldes de silicone.** São Paulo: Poliartes, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. 1. ed. São Paulo: Revista USP, 2006.

INDACO. **Tecidos com Silicone.** Disponível em: https://www.indaco.com.br/tecidos-com-silicone. Acesso em: 20 maio 2025.

MANO, E. B. **Polímeros: ciência e tecnologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MARCELINO, C. A. A. S. **Metodologia de pesquisa.** 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020.

MATHEUS, M. A. **Fibra de vidro.** São Paulo: Livros Técnicos, 2002.

NOVASKI, V.; FREITAS, J. L.; BILLIG, O. **A. Aplicação de matriz GUT e gráfico de Pareto para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora.** International Journal of Development Research, ed. 10, 2020.

OLIVEIRA, D. P. R. Gestão estratégica de custos. São Paulo: Atlas, 2014.

RAFITEC. **Institucional.** Disponível em: https://rafitec.com.br/institucional. Acesso em: 4 mar. 2025.

REIS, D. R. **A criatividade nas organizações**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2021.

RIZZO, E. M. S. **Processos de decapagem, laminação a frio e recozimento de produtos planos de aço**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2022.

ANEXO A – FICHA TÉCNICA DA FITA DE PTFE (ARMALON® 255E)

Item	Especificação
Descrição	Fita de tecido de fibra de vidro impregnado com PTFE, com adesivo de silicone em um dos lados e liner protetor de adesivo em PVC corrugado amarelo.
Características	Antiaderência no dorso; baixo coeficiente de atrito; alta resistência à tração; boa resistência química; fácil desenrolamento e aplicação; permite pré-corte sem tocar no adesivo.
Código	255E 0,13 mm
Espessura do substrato	0,120 a 0,125 mm
Espessura com adesivo	0,160 a 0,165 mm
Adesão	5,0 N/cm (1,2 kg/25 mm)
Resistência à temperatura	-70 °C a 260 °C
Resistência à tração	Urdume: 60 kg/25 mm; Trama: 55 kg/25 mm
Alongamento	4%
Disponibilidade	Mantas de 1 m de largura ou rolos de 30 metros
Aplicações	Revestimento antiaderente em máquinas seladoras para embalagens flexíveis; revestimento de superfícies com necessidade de antiaderência ou baixo coeficiente de atrito; isolamento elétrico.
Garantia	Adesivos à base de silicone têm cura ativada por catalisadores ou temperatura; recomenda-se armazenamento abaixo de 25 °C, por até 6 meses da data de fabricação.

Fonte: Indaco (2025).

ANEXO B – FICHA TÉCNICA DA FITA DE SILICONE (DACOSIL 3035)

Item	Especificação
Descrição	Fita de tecido de fibra de vidro impregnado com silicone nos dois lados.
Características	Antiaderência; alto coeficiente de atrito; alta resistência à tração; boa resistência química; fácil desenrolamento e aplicação.
Código	3035.00000
Cor	Vermelho
Espessura do substrato	0,25 a 0,28 mm
Resistência à temperatura	-70 °C a 260 °C
Resistência à tração	Urdume: 240 lb/pol (110 kg/25 mm); Trama: 196 lb/pol (85 kg/25 mm)
Alongamento	4%
Dimensões do lençol	1000 mm de largura

Aplicações	Revestimento antiaderente; cortina para entrada e saída de túneis de encolhimento; capas protetoras para máquinas e equipamentos; revestimento de juntas de expansão em tubulações especiais; capa
Item	**Especificação**
	protetora contra respingos de solda.

Fonte: Indaco (2025).

Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.