

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC FERNANDO PRESTES
Curso Técnico em Qualidade

Allana Vitória de Souza Claudino

Alessandra Silva dos Santos

Felipe Kauê da Silva Painço

Haroldo Roberto Nardi dos Reis

Joisiel dos Santos Araujo

Rodolfo Augusto de Souza

Valéria do Carmo Sinhorini

Wagner Ricardo da Silva

OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE CORTE DE SELOS LAMINADOS:

**Aplicação de ferramentas da qualidade no controle de recebimento
de filmes plásticos**

Sorocaba
2026

Allana Vitória de Souza Claudino

Alessandra Silva dos Santos

Felipe Kauê da Silva Painço

Haroldo Roberto Nardi dos Reis

Joisiel dos Santos Araujo

Rodolfo Augusto de Souza

Valéria do Carmo Sinhorini

Wagner Ricardo da Silva

OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE CORTE DE SELOS LAMINADOS:

**Aplicação de ferramentas da qualidade no controle de recebimento
de filmes plásticos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso Técnico em Qualidade da Etec Fernando
Prestes – Sorocaba, orientado pelo Prof. Claudinei
Meira, como requisito parcial para obtenção do título
de Técnico em Qualidade.

**Sorocaba
2026**

RESUMO

O presente estudo investiga a relação entre as propriedades físicas de filmes plásticos especificamente o coeficiente de atrito (COF) e a instabilidade observada no processo de corte e prensagem de selos laminados em uma indústria de embalagens flexíveis localizada em Sorocaba/SP. A hipótese central do trabalho é de que a ausência de um procedimento padronizado para inspecionar o COF no recebimento de matéria-prima permite a evasão de lotes com comportamento dinâmico inadequado, gerando falhas operacionais, refugos e paradas não planejadas. A pesquisa adotou abordagem mista qualitativa e quantitativa de caráter exploratório-descritivo, estruturada por meio de um estudo de caso. Os dados históricos de paradas de máquina foram estratificados pelo gráfico de Pareto, que evidenciou a “falha de tracionamento/deslizamento” como responsável por 45% do tempo total de inatividade da linha. A investigação da causa raiz, conduzida por meio do diagrama de Ishikawa e da técnica dos 5 porquês, confirmou que filmes plásticos com COF dinâmico superior a 0,80 inviabilizam a operação em alta velocidade, enquanto valores abaixo de 0,60 geram instabilidade no desbobinamento do material. Como resultado, identificou-se como causa fundamental a inexistência do ensaio de coeficiente de atrito no protocolo de inspeção de recebimento, regido pela norma ASTM D1894. Com base nesse diagnóstico, elaborou-se um plano de ação estruturado na metodologia 5w2h, propondo a aquisição de equipamento específico (cof tester), a revisão das especificações técnicas com o estabelecimento de uma janela de trabalho entre 0,60 e 0,80, o treinamento da equipe e o bloqueio sistemático de lotes não conformes. A implementação dessas diretrizes visa elevar o indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE) acima da meta de 85%, transformando o controle de recebimento em uma barreira preventiva eficaz para o chão de fábrica.

Palavras-chave: coeficiente de atrito (COF); selos laminados; controle de recebimento; embalagens flexíveis; ferramentas da qualidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Modelo de laudo interno atual para liberação de matéria-prima	18
Figura 2 – Gráfico de Pareto das Ocorrências de Parada.....	20
Figura 3 – Investigação da Causa Raiz - Ishikawa.....	21

TABELAS

Tabela 1 – Estratificação das Ocorrências de Parada (Maio-Junho/2026)	19
Tabela 2 – Aplicação dos 5 Porquês – Análise de Causa Raiz.....	22
Tabela 3 – Implementação de Melhoria 5W2H	25

Sumário

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 O Conceito da Qualidade e Paradas de Máquina no Ambiente Industrial.....	8
2.2 A Indústria de Embalagens Flexíveis e Estruturas Laminadas.....	9
2.2.1 Composição e Materiais Aplicados	9
2.3 Normas Técnicas e Regulamentações para Embalagens Alimentícias	10
2.4 Propriedades Físicas dos Filmes Plásticos e o Coeficiente de Atrito (COF)	10
2.5 Ferramentas de Gestão e Análise de Falhas	11
2.6 Ensaios e Inspeção de Recebimento de Matérias-primas.....	13
3 METODOLOGIA.....	14
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	14
3.2 Delimitação da Pesquisa e Amostragem.....	14
3.3 Procedimentos de Coleta de Dados.....	14
3.4 Tratamento e Análise dos Dados	15
3.5 Limitações da Pesquisa.....	15
4 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	16
4.1 Área de Estudo (A Indústria Convertedora)	16
4.2 Mapeamento das Etapas de Laminação, Corte e Prensa	16
4.3 Critérios Atuais de Inspeção no Recebimento de Matéria-Prima.....	17
4.4 Priorização das Perdas Operacionais (Gráfico de Pareto)	19
4.5 Análise de Causa-Raiz (Diagrama de Ishikawa)	20
4.6 O que acontece na prática: Filme com atrito baixo versus Filme com atrito alto.	23
5 PROPOSTA DE MELHORIAS E PLANO DE AÇÃO.....	24
5.1 Padronização Técnica dos Limites de Controle (Norma ASTM D1894)	24
5.2 Plano de Ação 5W2H.....	25

5.3 Benefícios Esperados e Estabilidade do Processo	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6.1 Conclusões sobre a Hipótese e Objetivos Alcançados	27
6.2 Limitações do Estudo e Sugestões para Trabalhos Futuros	28
7 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A indústria de embalagens flexíveis desempenha um papel vital no mercado moderno, responsável por proteger, conservar e garantir a integridade de produtos que vão de alimentos e bebidas a cosméticos e insumos farmacêuticos. A aplicação prática desse controle pode ser observada em produtos de consumo diário, como selos de alumínio para proteção de laticínios ou lacres de segurança em embalagens farmacêuticas. Por trás desse item simples, existe uma cadeia industrial complexa e altamente precisa. Para atender a um mercado tão exigente, as linhas de produção demandam um controle de qualidade rigoroso e processos de transformação extremamente estáveis, especialmente em operações de laminação utilizadas na produção de selos e lacres.

A jornada de fabricação de um selo laminado é um processo contínuo de transformação, no qual bobinas de alumínio e de filme plástico são unidas por adesivos para formar uma estrutura única e resistente. Diante desse panorama prático, emerge a seguinte problemática: quais fatores estão associados às falhas operacionais e à instabilidade observada no processo de corte e prensagem desses selos laminados?

Em alguns casos, variações nas propriedades dos filmes plásticos podem prejudicar as etapas de fabricação dos selos, reduzindo a eficiência do processo e permitindo a evasão das inspeções iniciais de controle de qualidade da matéria-prima. A hipótese deste estudo é a implementação de um procedimento para inspecionar o coeficiente de atrito no momento da análise das bobinas de filmes plásticos no setor de recebimento.

Para responder a essa questão, este trabalho terá como objetivo geral analisar a relação direta entre o deslizamento superficial dos filmes plásticos e a eficiência produtiva na fabricação de selos laminados. Como objetivos específicos, o presente estudo busca compreender as etapas do processo produtivo, identificar os critérios técnicos e ensaios adotados no controle e liberação das matérias-primas, avaliar a relação entre o comportamento físico dos filmes e as falhas operacionais registradas no chão de fábrica, mensurar os impactos financeiros e operacionais decorrentes de paradas de máquina, retrabalhos e

perdas de material, além de propor ações de melhorias focadas no aprimoramento da análise de matéria-prima no recebimento e no aumento da estabilidade do processo produtivo.

A escolha do tema deste trabalho de conclusão de curso justifica-se pela relevância acadêmica, social e profissional da temática abordada. Em um contexto marcado por constantes transformações e avanços na área de estudo, torna-se necessário aprofundar as discussões acerca da otimização no processo de corte de selos laminados, buscando compreender seus impactos, desafios e possibilidades.

Além disso, o desenvolvimento desta pesquisa pode contribuir para a ampliação do conhecimento científico, oferecendo reflexões e informações que poderão auxiliar estudantes, profissionais e pesquisadores interessados no assunto. Do ponto de vista acadêmico, o estudo possibilita aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso técnico, promovendo o desenvolvimento crítico e analítico do pesquisador. Já no âmbito social e/ou profissional, espera-se que os resultados obtidos possam colaborar para melhorias e discussões relevantes na área.

Metodologicamente, a pesquisa adotará uma abordagem mista qualitativa e quantitativa de caráter exploratório-descritivo, estruturando-se por meio de um estudo de caso conduzido em uma indústria do setor. O delineamento da pesquisa compreenderá, inicialmente, o levantamento bibliográfico acerca do coeficiente de atrito (COF) na conversão de materiais. Em seguida, serão coletados dados históricos de refugos e paradas de máquina no chão de fábrica, os quais serão priorizados por meio do Gráfico de Pareto. Para a investigação das causas raízes das falhas de corte e prensagem, será aplicado o Diagrama de Ishikawa integrado à técnica dos 5 Porquês. Por fim, realizaremos a análise comparativa entre as especificações técnicas e as falhas registradas, elaborando um plano de ação estruturado na metodologia 5W2H para o controle de qualidade no recebimento da matéria-prima.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Conceito da Qualidade e Paradas de Máquina no Ambiente Industrial

A evolução do conceito de qualidade no ambiente industrial transformou-se de uma mera atividade de inspeção final para uma estratégia corporativa integrada e preventiva. Segundo Deming (1990), a busca pela qualidade exige a melhoria contínua dos processos, o que reduz o retrabalho e o desperdício e aumenta a produtividade global da manufatura. A manufatura moderna reconhece que a estabilidade operacional depende diretamente da conformidade dos insumos introduzidos na linha de produção. Nesse contexto, Juran e Gryna (1993) afirmam que o controle de recebimento atua como a primeira barreira de defesa de uma organização, cuja função principal é garantir que as matérias-primas atendam rigorosamente às especificações técnicas antes de sua liberação para a fábrica.

Quando ocorre uma falha nessa triagem inicial, instaura-se o cenário de não conformidade no chão de fábrica. Conforme a norma NBR ISO 9000 (ABNT, 2015), uma não conformidade representa o não atendimento a um requisito especificado, o qual pode se manifestar por meio de desvios dimensionais ou variações em propriedades físicas. A dispersão dessas variáveis ao longo do fluxo produtivo rompe a previsibilidade das operações, forçando os sistemas automatizados a lidarem com dinâmicas fora do padrão nominal projetado para a planta.

As consequências imediatas da evasão de materiais não conformes traduzem-se diretamente no indicador de paradas de máquina (*downtime*). Como explicam Marshall, Cierco e Rocha (2012), a interrupção não planejada do ciclo produtivo ocorre quando o comportamento anômalo da matéria-prima impede o avanço mecânico dos equipamentos. No âmbito da engenharia de produção, o Sistema Toyota de Produção (STP) preconiza que tais perdas devem ser mitigadas continuamente. Shingo (1996) destaca que a eficiência produtiva está ligada à capacidade de eliminar essas paradas, visto que afetam severamente a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) (NAKAJIMA, 1988).

Para conter esses impactos, ferramentas como o Jidoka permitem que as falhas sejam detectadas imediatamente pelos equipamentos, interrompendo o processo de forma automática para evitar defeitos em larga escala (OHNO, 1997).

Somada à Manutenção Produtiva Total (TPM), essas metodologias reduzem o desperdício crônico de capacidade instalada e a alocação improdutiva de mão de obra direta (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). Portanto, mitigar as paradas de máquina por meio do controle rigoroso das variáveis de recebimento deixa de ser uma meta setorial de inspeção e passa a ser um pilar indispensável para a sustentabilidade financeira da indústria contemporânea.

2.2 A Indústria de Embalagens Flexíveis e Estruturas Laminadas

A embalagem desempenha um papel essencial na indústria contemporânea, garantindo a segurança, preservação, estocagem e transporte dos produtos. Além de sua função logística e de contenção, atua significativamente na identidade visual e no valor percebido pelo mercado. Segundo a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE, 2026), trata-se de um sistema desenvolvido para proteger e manter a integridade dos itens ao longo de todas as fases da cadeia de distribuição.

Nesse cenário, as embalagens flexíveis conquistam crescente participação devido à sua leveza e otimização de custos operacionais. Para minimizar contaminações externas, manter as qualidades sensoriais e prolongar a vida útil (*shelf life*) dos alimentos, a seleção de materiais exige a avaliação rigorosa de características como resistência mecânica, permeabilidade e estabilidade térmica (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

2.2.1 Composição e Materiais Aplicados

Com o avanço tecnológico do setor, as estruturas laminadas surgiram para superar as limitações das embalagens monocamada. Essas estruturas resultam da combinação de dois ou mais materiais por meio de processos de laminação ou coextrusão, oferecendo características superiores de barreira e resistência (SARANTÓPOULOS et al., 2002). Dentre os substratos mais utilizados, destacam-se:

- Polietileno (PE): Apresenta excelente capacidade de vedação térmica.
- Polipropileno Biorientado (BOPP): Proporciona brilho e resistência superficial.
- Poliéster (PET): Confere alta resistência mecânica e estabilidade dimensional.
- Alumínio (AL): Atua como barreira absoluta e eficaz contraluz, oxigênio e umidade.

Essa diversidade permite o desenvolvimento de arranjos multicamadas (como PET/AL/PE ou BOPP/PE) altamente eficazes para os setores alimentício, farmacêutico e cosmético (COLANERI; GARCIA, 2007). No entanto, como alertam Fernandes, Garcia e Padula (1987), a escolha dos materiais exige critério técnico rigoroso, pois as películas não são totalmente inertes e não devem transferir componentes indesejados ao conteúdo embalado.

2.3 Normas Técnicas e Regulamentações para Embalagens Alimentícias

A fabricação de embalagens flexíveis destinadas ao contato direto com alimentos é condicionada por um rígido arcabouço normativo que visa mitigar os riscos de contaminação e garantir a segurança do consumidor final. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece as diretrizes fundamentais por meio do princípio da inércia química, que determina que os materiais poliméricos não devem transferir substâncias para os alimentos em quantidades que representem risco à saúde (BRASIL, 2001). Complementarmente, a RDC nº 56/2012 regulamenta as listas positivas de monômeros, polímeros e aditivos autorizados na produção de plásticos para esse fim (BRASIL, 2012).

Para assegurar a conformidade sanitária nas linhas de manufatura, a indústria convertedora adota padrões estruturados de Boas Práticas de Fabricação (BPF). Segundo as regulamentações técnicas, é imperativo o controle de contaminantes em todas as etapas operacionais, exigindo o monitoramento das matérias-primas desde o seu recebimento até a expedição do lote acabado (BRASIL, 2019). No contexto dos selos laminados, a validação dos insumos no controle de recebimento adquire caráter emergencial, conectando-se intrinsecamente ao controle estatístico do processo produtivo.

2.4 Propriedades Físicas dos Filmes Plásticos e o Coeficiente de Atrito (COF)

O desempenho de um filme plástico em linhas automatizadas de alta velocidade é governado por suas propriedades texturais e de superfície, com destaque para a fricção mecânica. Na ciência dos polímeros, a resistência ao deslizamento de uma película polimérica sobre as superfícies metálicas do maquinário ou sobre si mesma é quantificada por meio do Coeficiente de Atrito (COF - *Coefficient of Friction*). Conforme estabelece a norma técnica ASTM D1894, que padroniza os

ensaios para essa variável, o COF é uma grandeza adimensional que expressa a razão entre a força de fricção necessária para mover uma superfície sobre outra e a força normal que atua perpendicularmente a esse plano.

O ensaio mecânico segmenta essa propriedade em duas dinâmicas fundamentais: o coeficiente de atrito estático e o coeficiente de atrito dinâmico. Segundo Mark (2013), o COF estático mede a força inicial necessária para romper a inércia e dar início ao movimento relativo entre as duas superfícies em contato. Por sua vez, o COF dinâmico quantifica a força requerida para sustentar esse deslocamento de forma uniforme após o movimento já ter sido iniciado. Na produção de selos laminados, ambas as forças precisam ser rigorosamente controladas, uma vez que o filme plástico passa por ciclos repetitivos de paradas e acelerações bruscas nas guias de tracionamento e matrizes de corte.

O controle do deslizamento é comumente otimizado na indústria petroquímica por meio da incorporação de aditivos modificadores de superfície, conhecidos como agentes de deslizamento (*slip agents*), como as amidas graxas (erucamida ou oleamida). Blass (1988) explica que essas substâncias migram para a superfície externa do filme polimérico logo após a sua extrusão, formando uma película microscópica que atua como lubrificante sólido e reduz o atrito com as partes metálicas da máquina. Contudo, se a concentração ou o tempo de cura desse aditivo flutuar fora dos padrões nominais, o COF sofrerá variações críticas. Um coeficiente de atrito excessivamente alto gera o travamento do filme na esteira, enquanto um COF excessivamente baixo causa o deslizamento involuntário do material, comprometendo o alinhamento da estampa e a precisão dimensional do corte geométrico dos selos.

2.5 Ferramentas de Gestão e Análise de Falhas

A estabilização de processos industriais e a consequente redução de desperdícios demandam a aplicação estruturada de ferramentas da qualidade. No ambiente manufatureiro, o gerenciamento de rotina utiliza métodos estatísticos e visuais para identificar anomalias, rastrear causas-raiz e implementar planos de ação robustos. Como bem pontua Paladini (2012, p. 65): "A gestão da qualidade fundamenta-se em dados concretos, transformados em informações úteis por meio de ferramentas adequadas, eliminando o empirismo nas tomadas de decisão".

A primeira ferramenta essencial para a triagem de problemas de não conformidade é o Diagrama de Pareto, baseado no princípio socioeconômico de que a maior parcela dos efeitos decorre de um número reduzido de causas. Segundo Werkema (2014), essa técnica estatística permite priorizar os esforços de melhoria ao estratificar os defeitos de uma linha de produção, evidenciando graficamente que aproximadamente 80% das perdas ou paradas de máquina são provocadas por apenas 20% dos tipos de falhas registradas. Na prática industrial, a representação visual desse indicador orienta a liderança sobre qual gargalo deve ser atacado prioritariamente.

Uma vez priorizada a falha principal por meio de Pareto, utiliza-se o Diagrama de Ishikawa (também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe) para levantar de forma qualitativa as prováveis fontes do desvio. Marshall, Cierco e Rocha (2012) explicam que essa metodologia agrupa as variáveis que afetam o processo em seis categorias distintas, conhecidas como os "6M": Método, Matéria-prima, Mão de obra, Máquina, Medição e Meio ambiente. Para compreender o desvio do tracionamento de filmes poliméricos, essa ferramenta organiza o raciocínio da equipe técnica, permitindo correlacionar os sintomas observados no chão de fábrica com as falhas microestruturais de atrito superficial do insumo plástico.

Para aprofundar o diagnóstico e garantir que o plano de ação atinja a origem real do problema, e não apenas seus sintomas superficiais, aplica-se a técnica dos 5 Porquês. Desenvolvida originalmente na Toyota por Sakichi Toyoda, a ferramenta consiste em questionar sucessivamente a causa de um evento até que não seja possível encontrar um desdobramento lógico subsequente (CAMPOS, 2014). De forma complementar e conclusiva, a amarração das contrapartidas de engenharia ocorre através do preenchimento da ferramenta 5W2H (acrônimo para *What, Why, Where, When, Who, How e How Much*). Este documento atua como um plano de ação dinâmico que estabelece com clareza o que será feito, a justificativa, o local, o cronograma, o responsável, o método operacional e o impacto financeiro da melhoria pretendida.

2.6 Ensaios e Inspeção de Recebimento de Matérias-primas

A inspeção e o ensaio de materiais no recebimento representam a primeira linha de defesa de um sistema produtivo contra a variabilidade. Para Feigenbaum (1991), o controle da qualidade exige que a avaliação de insumos vá muito além da simples conferência de quantidades ou da inspeção visual, assumindo um caráter laboratorial e preventivo. Se defeitos latentes nas matérias-primas passarem por essa barreira, a instabilidade é transferida diretamente para o chão de fábrica. O resultado é a elevação dos custos da não qualidade e a geração de desperdícios operacionais, como refugos, retrabalhos e horas de máquina parada.

No segmento de embalagens flexíveis, caracterizado por processos contínuos e de alta velocidade, a importância dessa etapa é ainda mais evidente. O recebimento deve atuar como um verdadeiro Sistema de Medição e Monitoramento da Qualidade (SMMQ), certificando se as propriedades físicas dos materiais atendem rigorosamente às especificações técnicas. Sob a ótica do Controle de Qualidade Total, a inspeção de recebimento moderna não atua como um gargalo burocrático, mas como um filtro técnico estruturado.

Segundo Feigenbaum (1991), esse filtro operacionaliza-se por meio do chamado "Controle de Material Recebido". Para o autor, essa fase estratégica exige o abandono da simples conferência de almoxarifado em prol da aplicação de planos de amostragem estatística para a aceitação de lotes. Adicionalmente, Feigenbaum defende a necessidade de ensaios laboratoriais e físicos rigorosos para garantir que o material suporte o estresse das etapas de manufatura. Por fim, o autor estabelece que os dados gerados nessa inspeção devem servir como um retorno de informações para a avaliação e qualificação contínua dos fornecedores, corrigindo os desvios na origem.

Feigenbaum (1991) ressalta que a ausência desses ensaios na entrada de materiais gera o fenômeno da "inspeção tardia", quando o erro só é descoberto enquanto a matéria-prima já está em transformação, provocando um efeito cascata de perdas.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem mista qualitativa e quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso em uma indústria do segmento de embalagens flexíveis. A pesquisa aplicada foi escolhida por buscar a solução de um problema real relacionado às falhas operacionais observadas no processo de corte e prensagem de selos laminados, contribuindo diretamente para a melhoria dos processos produtivos.

A abordagem qualitativa permitiu compreender o comportamento operacional da linha produtiva, identificar dificuldades recorrentes e analisar a percepção dos colaboradores envolvidos no processo. Já a abordagem quantitativa possibilitou mensurar a frequência das ocorrências, avaliar os impactos das falhas sobre a produtividade e estimar os custos associados à não qualidade.

3.2 Delimitação da Pesquisa e Amostragem

A coleta de dados foi realizada no período de 1º de maio a 15 de junho de 2026, totalizando 46 dias de acompanhamento contínuo das operações industriais em regime de três turnos de trabalho. O estudo concentrou-se no setor de conversão de embalagens flexíveis, especificamente na etapa de corte e prensagem de selos laminados. Foram monitoradas cinco prensas de alta velocidade em operação na empresa, identificadas como P-01, P-02, P-03, P-05 e P-06.

A amostra analisada compreendeu 31 Ordens de Produção processadas durante o período estudado, envolvendo diferentes lotes de filmes plásticos utilizados na fabricação dos selos laminados. Nesse intervalo foram registradas 112 ocorrências de paradas operacionais e mecânicas, utilizadas como base para as análises estatísticas e identificação das causas predominantes de perda de eficiência produtiva.

3.3 Procedimentos de Coleta de Dados

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos por meio da análise de relatórios operacionais, registros de manutenção corretiva, apontamentos de produção e planilhas de controle preenchidas pelos operadores e técnicos de manutenção da

empresa. As informações coletadas contemplaram a identificação das causas das paradas de máquina, o tempo de interrupção dos equipamentos, os registros de falhas de tracionamento, os eventos relacionados ao comportamento dos filmes plásticos e as ocorrências de manutenção associadas ao processo produtivo. Além da análise documental, foram realizadas observações diretas do processo produtivo, permitindo compreender o fluxo operacional e identificar pontos críticos relacionados ao recebimento e à utilização dos filmes plásticos.

3.4 Tratamento e Análise dos Dados

Os dados coletados passaram por um processo de organização, padronização e classificação, visando garantir a consistência das análises realizadas. As ocorrências foram agrupadas em categorias de falhas, considerando a similaridade entre suas causas e impactos operacionais. Para identificar os principais fatores responsáveis pelas paradas produtivas, foi aplicada a ferramenta Diagrama de Pareto, possibilitando a priorização dos problemas com maior representatividade. Em seguida, utilizou-se o Diagrama de Ishikawa (6M) para investigar as possíveis causas-raiz das falhas identificadas.

De forma complementar, adotou-se a metodologia dos 5 Porquês para aprofundar a investigação das causas fundamentais dos problemas observados e elaborar propostas de melhoria. Por fim, as ações corretivas e preventivas foram estruturadas por meio da ferramenta 5W2H, permitindo a definição de responsabilidades, prazos, métodos de execução e recursos necessários para a implementação das melhorias propostas.

3.5 Limitações da Pesquisa

Por questões operacionais e de confidencialidade industrial, não foi possível realizar ensaios laboratoriais de coeficiente de atrito (COF) diretamente nos filmes analisados durante o estudo. Dessa forma, as conclusões foram fundamentadas na análise dos registros operacionais, nas ocorrências de manutenção, nas observações do processo produtivo, na aplicação das ferramentas da qualidade e na literatura técnica relacionada ao comportamento dos filmes plásticos em processos de conversão e prensagem.

4 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os dados analisados e a aplicação das ferramentas da qualidade para investigar a influência do coeficiente de atrito (COF) na estabilidade do processo de fabricação de selos laminados.

4.1 Área de Estudo (A Indústria Convertedora)

As informações utilizadas neste estudo foram compartilhadas por uma empresa que produz uma linha completa de lacres e selos de alta performance, utilizados para o fechamento de embalagens dos mais variados segmentos, como alimentícios, farmacêuticos, bebidas e higiene pessoal. Localizada em Sorocaba, interior de São Paulo, a empresa atua há aproximadamente 25 anos no mercado, possuindo infraestrutura voltada ao desenvolvimento e produção de embalagens que atendem aos requisitos técnicos e regulatórios do setor.

Segundo os dados fornecidos, a empresa busca constantemente certificações como a ISO 9001, além de integrar normas como OHSAS 18001 e ISO 14001 em um sistema de gestão integrada. Também adota programas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) exigidos pela ANVISA e certificações como o FSSC 22000, voltadas à segurança de alimentos.

4.2 Mapeamento das Etapas de Laminação, Corte e Prensa

De acordo com as descrições fornecidas pela empresa, o processo de transformação do selo laminado inicia-se com o recebimento das matérias-primas, principalmente bobinas de alumínio e filmes plásticos. Após inspeção e liberação, os materiais passam pela etapa de laminação, onde os diferentes substratos são unidos por meio da aplicação de adesivos específicos, formando uma estrutura multicamada, seguida pela aplicação de primer, responsável por melhorar a aderência da impressão e proteger o alumínio contra oxidação, na sequência a bobina laminada passa pelo processo de corte e refile, no qual é cortada em larguras adequadas para as etapas posteriores de fabricação. Dependendo do serviço solicitado, a bobina segue para a impressão flexográfica que permite a aplicação das informações visuais do produto, como logotipos, cores, textos e elementos gráficos, dependendo da necessidade do cliente, podem ser utilizadas diversas estações de impressão para compor a arte final da embalagem.

Concluída a impressão, a bobina segue para a etapa de prensa, onde são realizados o corte e o acabamento dos selos laminados. Nessa fase, o material adquire o formato e as dimensões especificadas pelo cliente, tornando-se apto para utilização nas linhas de envase.

Após a conformação dos selos, são realizados controles de qualidade, incluindo testes de resistência da selagem e inspeções dimensionais. Os produtos aprovados são contados, embalados e acondicionados em caixas para expedição. Por fim, os selos laminados são enviados aos clientes, onde serão utilizados no fechamento das embalagens, garantindo a proteção e a conservação dos produtos até o momento do consumo.

4.3 Critérios Atuais de Inspeção no Recebimento de Matéria-Prima

Para compreender a origem das instabilidades na linha de corte e prensagem de selos laminados, fez-se necessário o mapeamento prévio dos procedimentos adotados no controle de qualidade de recebimento. Atualmente, a liberação dos lotes de filmes plásticos e substratos fornecidos à organização baseia-se em um protocolo de inspeção focado primordialmente em características dimensionais e de tratamento superficial.

Conforme os registros do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa, o escopo de aprovação técnica pode ser observado no laudo interno de inspeção padrão, ilustrado na Figura 1. Quando um lote é recepcionado, o analista realiza ensaios voltados exclusivamente para a validação da largura da bobina, aferição da gramatura e verificação do tratamento superficial corona (requisito essencial para a ancoragem de tintas e adesivos durante a laminação).

Figura 1 – Modelo de laudo interno atual para liberação de matéria-prima

FICHA DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS RECEBIDOS									
Fornecedor: [REDACTED]									
Amostra Filme Pêdo: [REDACTED] N° de Análise: 0693									
Papel: [REDACTED] N° de Análise: 001 VOL. 001 AMOSTRA 3.20.98.000									
Peso Total: 45.80 kg DATA DE ENTRADA: 3 dezembro, 2024 DATA DE ANÁLISE: 3 dezembro, 2024									
CARACTERÍSTICAS CONTROLADAS		ITO N.º	RESULTADOS			LIMITES e TOLERÂNCIAS			
			01	02	03	Conforme ETM	Mínimo	Nominal	Máximo
Gramatura	ADESIVO (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	ALUMÍNIO (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	PAPEL (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	PET (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	PE (g/m²)	ICQ750116	25.05	25.42	26.09	Conforme ETM	22.50	25.00	27.50
	PP / BOPP (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	PRIMER (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
Espessura	VERNIZ (g/m²)	ICQ750116				Conforme ETM			
	TOTAL (g/m²)	ICQ750116	25.05	25.42	26.09	Conforme ETM	22.50	25.00	27.50
	ALUMÍNIO (µm)	ICQ750115				Conforme ETM			
	PET (µm)	ICQ750115	27.17	27.57	28.30	Conforme ETM	24.40	27.11	29.83
LARGURA (mm)	PP / BOPP (µm)	ICQ750115				Conforme ETM			
	TOTAL (µm)	ICQ750115	27.17	27.57	28.30	Conforme ETM	24.40	27.11	29.83
	DIÂMETRO INTERNO (mm)	ICQ750121	608.00	608.00	608.00	Conforme ETM	608.00	608.00	608.00
IDENTIFICAÇÃO	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	ICQ750122	76.20	76.20	76.20	Conforme ETM	74.20	76.20	78.20
	SENTIDO DE ENROSCAMENTO	ICQ750119	330.00	330.00	330.00	Conforme ETM	-	± 10.00	-
VISUAL	IDENTIFICAÇÃO	ICQ750111	OK			Conforme ETM			
	AVALIÇÃO DA COR	ICQ750111	OK			Conforme ETM			
MICROFURTO	AVALIÇÃO DE ANCORAGEM	ICQ750104				Conforme ETM			
	PURPO	ICQ750108				Conforme ETM			
TRATAMENTO SUPERFICIAL	TRATAMENTO SUPERFICIAL	ICQ750111	OK			Conforme ETM			
	DENSIDADE (g/m³)	ICQ750112	38			Conforme ETM			
SELAGEM	FORÇA DE SELAGEM (gf/cm²)	ICQ750109				Conforme ETM			
	RESISTÊNCIA A DELAMINAÇÃO	ICQ750102				Conforme ETM			
VISCOSIDADE	TEOR DE SÓLIDOS (%)	ICQ750119				Conforme ETM			
	VISCOSIDADE FORD 34 (mpa.s)	ICQ750113				Conforme ETM			
RESISTÊNCIA	VISCOSIDADE ZAHN 82 (mpa.s)	ICQ750114				Conforme ETM			
	RESISTÊNCIA DA TINTA AO CALOR	ICQ750103				Conforme ETM			
DIMENSIONAL	MOLABILIDADE	ICQ000007				Conforme ETM			
	COLUNA (ALTURA (mm))	ICQ750122				Conforme ETM			
DIMENSIONAL	LARGURA (mm)	ICQ750122				Conforme ETM			
	COMPRIMENTO (mm)	ICQ750122				Conforme ETM			
(X) APROVADO () APROVADO COM DESVIO () REPROVADO									
OBSERVAÇÕES: [REDACTED]									
3 dezembro, 2024 DATA									

Fonte: Empresa estudada (2026).

Caso os resultados laboratoriais estejam dentro das tolerâncias especificadas nas Fichas Técnicas para essas três variáveis visíveis no documento, o material é aprovado e liberado para o fluxo produtivo fabril. Contudo, a análise crítica deste procedimento e a própria evidência documental apresentada da Figura 1 revela uma vulnerabilidade técnica significativa.

O atual protocolo de recebimento não contempla a medição sistemática das propriedades reológicas e dinâmicas do material, omitindo o ensaio do Coeficiente de Atrito (COF). Na prática, isso significa que filmes poliméricos com variações severas em seus níveis de deslizamento superficial acabam sendo aprovados no controle inicial por cumprirem os requisitos dimensionais, transferindo o gargalo e a falha de tracionamento diretamente para os equipamentos de alta velocidade no chão de fábrica.

4.4 Priorização das Perdas Operacionais (Gráfico de Pareto)

Para identificar quais problemas causavam o maior impacto na eficiência da produção, realizou-se o levantamento de todas as interrupções registradas no banco de dados das prensas P-01 a P-06 durante o período de maio e junho de 2026. Ao todo, foram verificadas 112 ocorrências de parada mecânica e operacional. A Tabela 1 apresenta a organização dessas falhas em ordem decrescente de frequência:

Tabela 1 – Estratificação das Ocorrências de Parada (Maio-Junho/2026)

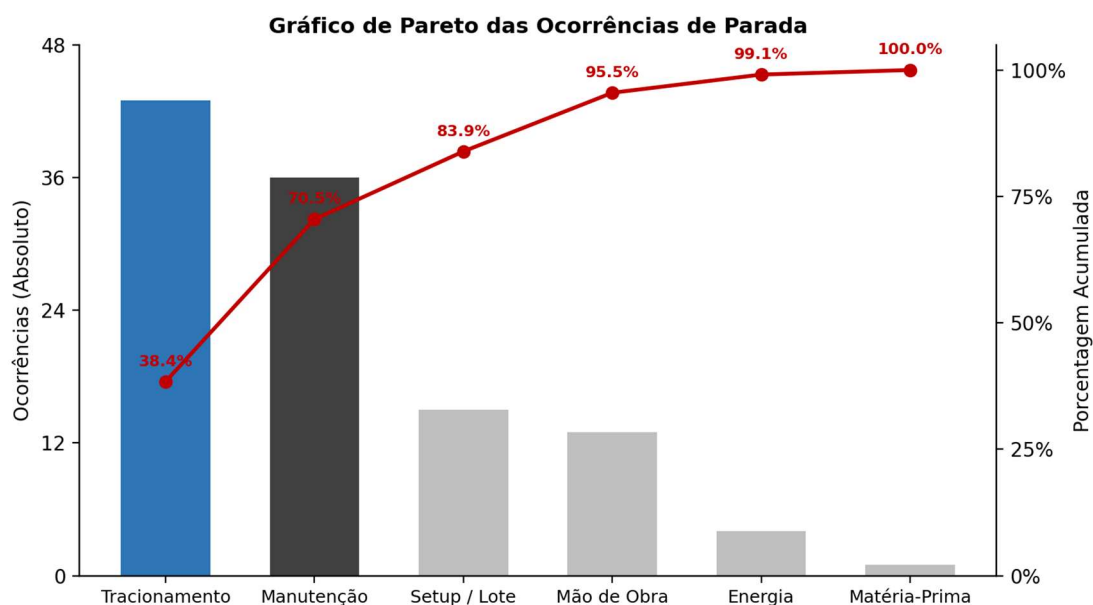
CATEGORIA DA FALHA REGISTRADA	QUANTIDADE	PORCENTAGEM (%)	PORCENTAGEM ACUM.
Falha de Tracionamento / Deslizamento	43	38,4%	38,4%
Manutenção Mecânica / Elétrica	36	32,1%	70,5%
Troca de Lote / Setup da Máquina	15	13,4%	83,9%
Mão de Obra / Organizacional	13	11,6%	95,5%
Falta de Energia	4	3,6%	99,1%
Falta de Matéria-Prima	1	0,9%	100,0%

Fonte: Baseado nos registros reais de manutenção das prensas (2026).

Com base nos dados da Tabela 1, foi construído o Gráfico de Pareto (Figura 2) para ilustrar visualmente a regra dos “poucos vitais” contra os “muitos triviais”. A

representação gráfica torna evidente onde a gestão deve concentrar os esforços de bloqueio.

Figura 2 – Gráfico de Pareto das Ocorrências de Parada



Fonte: Gerado por IA através dos dados (2026).

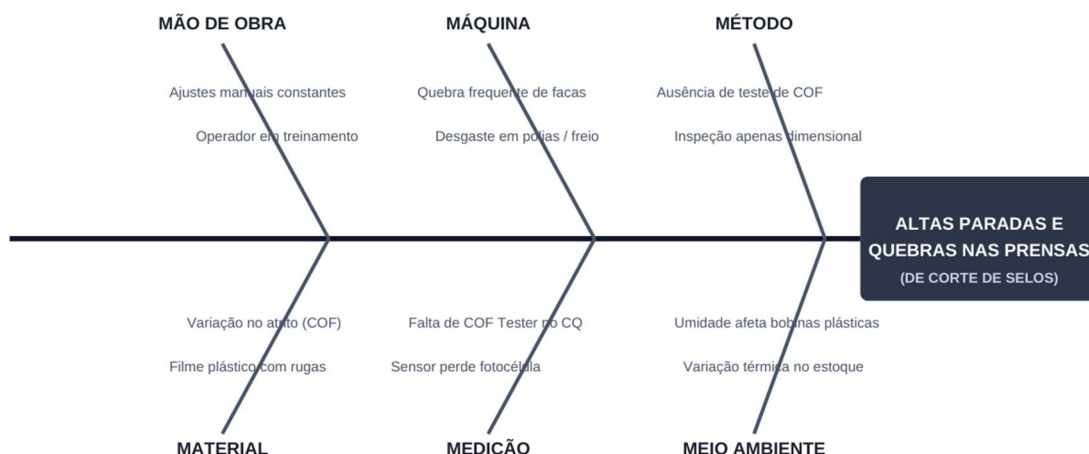
A análise conjunta da Tabela 1 e da Figura 2 demonstra que as duas primeiras categorias (Falha de Tracionamento/Deslizamento e Manutenção Mecânica/Elétrica) acumulam sozinhas 70,5% do total de paradas do setor. Esse acumulativo demonstra uma forte relação de causa e efeito. No dia a dia da fábrica, quando o filme plástico apresenta resistência ao tracionamento e enrosca nos rolos da prensa, o equipamento sofre um atrito mecânico excessivo. Esse impacto contínuo desajusta os magazines e desgasta as facas de corte, provando que grande parte das manutenções corretivas é gerada pela dificuldade de deslizamento do material.

4.5 Análise de Causa-Raiz (Diagrama de Ishikawa)

A partir da confirmação de que os desvios de tracionamento e as manutenções mecânicas respondiam por 70,5% das perdas, aplicou-se o Diagrama de Ishikawa (6Ms) para investigar as causas Raiz das falhas no corte dos selos. A Figura 3

apresenta as causas mapeada com a equipe operacional de acordo com as informações cedidas:

Figura 3 – Investigação da Causa Raiz - Ishikawa



Fonte: Elaborado pelos próprios autores com auxílio da IA.

Essa análise detalhada do diagrama de Ishikawa deixa claro como os fatores interagem. No braço do Material, a variação de atrito (COF) surge como a principal causa-raiz. Quando o material chega muito áspero (COF alto) ou muito liso (COF baixo), ele interfere diretamente no Método atual, que falha ao não realizar ensaios de deslizamento no laboratório. Consequentemente, afeta-se a Medição, o sensor perde a referência óptica da fotocélula devido ao escorregamento do filme prejudicando o processo em Máquina com batimento desalinhado e desgastes frequentes das facas.

Diante deste resultado, foi aplicada a técnica dos 5 Porquês para aprofundar essa análise conforme mostra a tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Aplicação dos 5 Porquês – Análise de Causa Raiz

Nº	Por que?	Resposta (Porque...)
1º	Por que o filme está encavalando na guia de entrada?	Porque a força de tração necessária para mover o filme está acima do limite do motor.
2º	Por que a força de tração está alta?	Porque existe uma resistência excessiva ao deslizamento entre o filme e as superfícies metálicas.
3º	Por que a resistência ao deslizamento está alta?	Porque o coeficiente de atrito (COF) do filme está fora da especificação ideal para o equipamento.
4º	Por que o COF está fora da especificação?	Porque houve uma migração insuficiente de aditivos <i>slip</i> (erucamida) para a superfície do filme durante a extrusão no fornecedor.
5º	Por que o material foi utilizado mesmo assim?	✓ Causa raiz: Porque o teste de COF não faz parte do protocolo de inspeção obrigatório no recebimento de matéria-prima da fábrica.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

A aplicação da ferramenta dos 5 Porquês permitiu aprofundar a investigação iniciada pelo Diagrama de Ishikawa, direcionando a análise para a categoria matéria-prima. Observou-se que os filmes plásticos analisados atendiam aos critérios atualmente exigidos pelo controle de recebimento, como largura, gramatura e tratamento superficial corona. Entretanto, durante o processamento

industrial, alguns lotes apresentavam comportamento distinto quanto ao deslizamento e tracionamento nas máquinas de corte e prensagem.

Ao aprofundar a análise, verificou-se que a dificuldade de movimentação do material estava associada ao aumento da resistência ao deslizamento, diretamente relacionada ao coeficiente de atrito (COF). A investigação indicou que determinadas variações no processo de fabricação do fornecedor podem influenciar a migração dos aditivos deslizantes para a superfície do filme, alterando significativamente seu comportamento durante o processamento.

Contudo, a principal constatação obtida foi que tais variações não eram detectadas internamente antes da utilização do material, uma vez que o ensaio de coeficiente de atrito (COF) não integrava o protocolo de inspeção de recebimento. Dessa forma, identificou-se como causa raiz a ausência de um procedimento padronizado para análise de COF, sustentando a hipótese de que a implementação desse controle pode contribuir para a redução de falhas operacionais, refugos e paradas não planejadas na produção de selos laminados.

4.6 O que acontece na prática: Filme com atrito baixo versus Filme com atrito alto

Ao analisar as anotações das planilhas de manutenção, foi possível entender como o filme se comporta na máquina quando está fora do padrão:

Filme com Atrito Muito Alto (Material travando): O plástico gruda nas guias de metal e apresenta forte arrasto. Nos relatórios das prensas P-01, P-03 e P-05, esse comportamento gerou registros frequentes de “material enroscando” ou “material voltando para trás”. O puxador trabalha acima do limite padrão, puxando o material desalinhado, o que faz a faca bater fora de centro e danificar os componentes internos, gerando as 36 paradas de manutenção mecânica.

Filme com Atrito Muito Baixo (Material Liso Demais): Quando o filme desliza além do normal devido ao excesso de aditivos deslizantes (agentes slip), o puxador mecânico perde a fixação superficial sobre o plástico. Nas prensas P-01 e P-02, esse fenômeno causou ocorrências recorrentes de “bobina correndo” e “variação na centralização do corte”. O filme avança além do passo nominal, fazendo com que o

sensor perca a referência da fotocélula e forçando o operador a parar a máquina constantemente para ajustes manuais, gerando as 43 paradas de tracionamento.

5 PROPOSTA DE MELHORIAS E PLANO DE AÇÃO

Com base no diagnóstico realizado, a principal ação proposta é a reestruturação do processo de inspeção de matérias-primas, integrando o ensaio de Coeficiente de Atrito (COF) como critério de liberação técnica.

5.1 Padronização Técnica dos Limites de Controle (Norma ASTM D1894)

Para mitigar a variação de tracionamento nas prensas e reduzir o empirismo na liberação de matérias-primas, propõe-se a implantação obrigatória do ensaio de coeficiente de atrito no laboratório de recebimento, seguindo os parâmetros fixados pela norma técnica internacional ASTM D1894. Com base no histórico de desempenho e laudo dos fornecedores dos filmes utilizados nos lotes aprovados sem falhas, estabelece-se como padrão que as bobinas devem apresentar um coeficiente de atrito dinâmico (plástico/metal) rigorosamente dentro da seguinte janela de trabalho: $0,60 \leq \text{COF dinâmico} \leq 0,80$.

A análise comparativa entre lotes “bons” e lotes “críticos” demonstrou que:

Atrito Insuficiente (COF < 0,60): O material apresenta deslizamento excessivo, impossibilitando o tracionamento correto dos rolos puxadores e provocando desalinhamento ou perda de passo no corte.

Atrito Excessivo (COF > 0,80): O filme plástico trava na calandra e nas guias de passagem, gerando sobrecarga nos motores de tração, estiramento da bobina e paradas frequentes por ruptura do filme.

Materiais que registrarem valores de COF inferiores a 0,60 serão segregados por risco de deslizamento descontrolado e perda de registro. Da mesma forma, lotes com COF superior a 0,80 serão rejeitados na entrada devido ao risco de travamento mecânico nas prensas.

A implementação destas diretrizes garante que a organização não fique sujeita ao efeito da “inspeção tardia”. Ao aferir a resistência ao deslizamento antes da entrada do material na máquina, a empresa ganha previsibilidade operacional, assegurando

que apenas insumos adequados ao processo de tracionamento de alta velocidade sejam processados.

5.2 Plano de Ação 5W2H

Para viabilizar a transição para um modelo preventivo de controle, elaborou-se um plano de ação estruturado com base na metodologia 5W2H, detalhando as responsabilidades, métodos e prazos para a melhoria na Inspeção de Recebimento:

Tabela 3 – Implementação de Melhoria 5W2H

PLANO DE AÇÃO – 5W2H		
5W2H	DESCRIÇÃO	DETALHES
 What (O que?)	Implementar o teste de Coeficiente de Atrito (COF) como requisito obrigatório no recebimento de filmes plásticos.	Ensaiar todas as bobinas de filme antes da liberação para produção.
 Why (Por que?)	Garantir que os materiais estejam dentro da especificação de atrito exigida pelo processo, reduzindo falhas, refugos e paradas de máquina.	- Evitar falhas de tracionamento/deslizamento (45% das paradas). - Aumentar a estabilidade do processo e o OEE.
 Where (Onde?)	Setor de Controle de Qualidade e área de Recebimento de Matéria-Prima.	Inspeção de filmes plásticos no recebimento.
 When (Quando?)	Implementação imediata, com prazo de conclusão em até 30 dias.	Início imediato e conclusão até 30 dias a partir da aprovação do plano.
 Who (Quem?)	Equipe de Controle de Qualidade, Engenharia de Processos, Compras e fornecedores homologados.	Envolvimento direto dos setores e parceiros.
 How (Como?)	Adquirir/disponibilizar equipamento de COF, criar POP, definir limites de aceitação, treinar inspetores e registrar resultados.	- Procedimento padrão para ensaio de COF. - Registro e rastreabilidade dos resultados.
 How Much (Quanto custa?)	Investimento em equipamento de medição, treinamento e elaboração de procedimentos.	Valor dependerá da tecnologia escolhida e da infraestrutura existente.
AÇÕES COMPLEMENTARES		
O QUE FAZER	RESPONSÁVEL	PRAZO
 Definir faixa aceitável de COF para cada tipo de filme	Engenharia de Processos	15 dias
 Revisar especificações técnicas com fornecedores	Compras e Qualidade	20 dias
 Elaborar POP para ensaio de COF	Qualidade	15 dias
 Treinar inspetores de recebimento	RH e Qualidade	30 dias
 Implantar controle estatístico dos resultados de COF	Qualidade	45 dias
 Monitorar redução das paradas por tracionamento	Produção e Engenharia	Contínuo
RESULTADO ESPERADO		
 Redução das paradas por falha de tracionamento e deslizamento.  Maior estabilidade operacional da linha de corte e prensagem.  Diminuição de refugos e retrabalhos.  Aumento do OEE para valores $\geq 85\%$.  Maior confiabilidade na aprovação de matéria-prima recebida.		

Fonte: Elaborado pelos próprios autores com base nos dados e pesquisas com auxílio da IA.

5.3 Benefícios Esperados e Estabilidade do Processo

A implementação do plano de ação estruturado visa mitigar a principal causa de instabilidade na linha de corte e prensagem. Como benefício direto e imediato, planeja-se uma redução drástica no tempo de máquina parada (downtime) ocasionado por falhas de tracionamento e encavalamento do filme plástico, falha que, de acordo com o diagnóstico inicial, correspondia a 45% das paradas não programadas.

Com a eliminação dessa variabilidade na entrada de materiais, o processo de conversão de embalagens ganhará previsibilidade. Consequentemente, espera-se uma elevação contínua no indicador de Eficiência Global dos Equipamentos

(OEE). Em termos financeiros e operacionais, a padronização dos ensaios e a segregação preventiva de lotes não conformes no almoxarifado atuarão de forma decisiva na eliminação de custos ocultos ligados às não conformidades de material e retrabalhos, transformando o recebimento em uma barreira de proteção eficaz para o chão de fábrica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões sobre a Hipótese e Objetivos Alcançados

O presente estudo alcançou seu objetivo geral de analisar a relação direta entre o controle do deslizamento superficial de filmes plásticos e a eficiência produtiva na fabricação de selos laminados. Através de uma abordagem metodológica estruturada, que empregou ferramentas da qualidade como o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Ishikawa e a técnica dos 5 Porquês, foi possível transpor um problema operacional recorrente no chão de fábrica para um diagnóstico técnico preciso, fundamentado em evidências empíricas e teóricas.

A hipótese central deste trabalho foi confirmada sob a perspectiva analítica: a ausência de um procedimento padronizado e normatizado para a inspeção do Coeficiente de Atrito (COF) no recebimento de matérias-primas identificou-se como o fator crítico que permite a entrada de insumos com comportamento dinâmico inadequado na linha de produção. Essa lacuna no protocolo de inspeção mapeado desenhou-se como a causa-raiz provável das falhas operacionais, dos refugos e das paradas não planejadas que impactam negativamente a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE).

Em resposta a essa constatação, o plano de ação proposto revela-se como uma solução teoricamente robusta e alinhada aos objetivos específicos do estudo. Ao estabelecer diretrizes normativas para a futura aferição do COF, baseadas na norma internacional ASTM D1894, o trabalho desenha um caminho viável para mitigar a problemática identificada, consolidando a importância de um Sistema de Medição e Monitoramento da Qualidade (SMMQ) atuante desde as etapas iniciais do fluxo produtivo.

Embora a implementação prática e consequentemente a validação em chão de fábrica não tenha sido executada no escopo deste trabalho, as medidas propostas apresentam-se como uma barreira de proteção proativa crucial contra a variabilidade

do processo, com potencial para contribuir significativamente para a sustentabilidade financeira e operacional das indústrias de embalagens flexíveis.

6.2 Limitações do Estudo e Sugestões para Trabalhos Futuros

Apesar da relevância dos resultados obtidos na formulação do diagnóstico e na proposição de melhorias, este estudo apresenta delimitações que impactam as conclusões finais. Conforme mapeado anteriormente na seção de limitações metodológicas (Item 3.5), a impossibilidade operacional de realizar ensaios laboratoriais imediatos de COF durante a coleta de dados restringiu a análise ao campo histórico e documental da empresa.

Como desdobramento dessa barreira, a principal limitação desta etapa de encerramento reside na impossibilidade de validar, na prática do chão de fábrica, a eficácia imediata do plano de ação proposto. Sem a efetiva aquisição e instalação do equipamento *COF Tester*, a quantificação real do Retorno sobre o Investimento (ROI) e o comportamento real do indicador OEE pós-melhoria permanecem no campo da estimativa teórica, demandando validações futuras para a consolidação integral dos resultados.

Para aprofundar as contribuições deste trabalho e expandir o conhecimento na área, sugerem-se as seguintes linhas de pesquisa futuras:

1. **Acompanhamento Longitudinal do OEE e Validação Prática:** Recomenda-se a efetiva execução do plano de ação proposto, seguida por um estudo longitudinal para monitorar o indicador de OEE após a introdução do *COF Tester* no laboratório de recebimento. Este acompanhamento será indispensável para validar as premissas deste estudo, quantificando os ganhos reais em termos de redução de custos operacionais, aumento da produtividade e minimização de refugos.
2. **Influência de Variáveis Ambientais e Aditivos de Deslizamento:** Propõe-se investigar o efeito de variáveis ambientais, como a temperatura de selagem e a umidade relativa do ar, sobre a estabilidade e a migração dos aditivos de deslizamento (*slip agents*) em estruturas laminadas. Tal pesquisa poderá elucidar a complexa interação entre as condições de processo, a composição dos materiais e o desempenho do COF sob variações climáticas no estoque.

Essas sugestões visam não apenas complementar os achados teóricos deste estudo, mas também abrir novas perspectivas para o desenvolvimento de soluções inovadoras no controle de qualidade da indústria de embalagens flexíveis.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). **Informações técnicas sobre embalagens e o Selo Verde Brasil**. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.abre.org.br>. Acesso em: 21 maio 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D1894-14**: Standard Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2014.

BLASS, Arno. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1988.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001. Dispõe sobre critérios gerais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 maio 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 56, de 16 de novembro de 2012. Dispõe sobre a lista positiva de monômeros, outras substâncias iniciadoras e polímeros autorizados para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 19 nov. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos** e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação. Brasília, DF: ANVISA, 2002.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC**: Controle da Qualidade Total no estilo japonês. 9. ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2014.

COLANERI, T. F.; GARCIA, L. C. **Embalagens plásticas flexíveis**: tecnologia e aplicações. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da Qualidade Total**. São Paulo: Makron Books, 1991.

FERNANDES, J. A.; GARCIA, M. A. P.; PADULA, M. Interação embalagem-alimento: migração de componentes. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). **Anais...** Campinas: ITAL, 1987.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade**: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron Books, 1993.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa**: sustentabilidade e competitividade. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

MARK, J. E. **Physical Properties of Polymers Handbook**. 2. ed. New York: Springer, 2013.

MARSHALL JUNIOR, Isnard *et al.* **Gestão da qualidade**. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2012.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RAMOS, A. F. F.; RIBEIRO, F. M. Circularidade das embalagens flexíveis para alimentos: principais desafios e perspectivas. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, Campinas, v. 4, n. 1, 2023.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. *et al.* **Embalagens plásticas flexíveis**: principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.

SHINGO, Shigeo. **Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2014.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.