



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTÔNIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

NATASHA REGINA GOTZ
SUELI MUNIZ LOPES

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS ASSOCIADAS
AO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO E SUA
PRIORIZAÇÃO VIA FMEA

LINS/SP
2º SEMESTRE/2025

Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: ab2f33b7641dbea9e2fe826a78643eb9f59e96ed5540e5be2471e4b64cbfea02
Link de validação: <https://valida.ae/75a7114175209582ef545bbac197e297fd7598a90c6fcfb5d?sv>



Validador



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTÔNIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

NATASHA REGINA GOTZ
SUELI MUNIZ LOPES

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS ASSOCIADAS
AO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO E SUA
PRIORIZAÇÃO VIA FMEA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
faculdade de Tecnologia de Lins para obtenção do
Título de Tecnólogo em Gestão da Qualidade

Orientador: Prof. Dr. Roberto Outa

LINS/SP
2º SEMESTRE/2025

Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: ab2f33b7641dbee9e2fe826a78643eb9f59e96ed5540e5be2471e4b64cbfea02
Link de validação: <https://valida.ae/75a7114175209582ef545bbac197e297fd7598a90c6fcfb5d?sv>



Validador




NATASHA REGINA GOTZ
SUELI MUNIZ LOPES

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS ASSOCIADAS AO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO E SUA PRIORIZAÇÃO VIA FMEA

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
de Lins como parte dos requisitos para
obtenção do título de Tecnólogo em
Gestão da Qualidade, sob orientação do
prof. Dr. Roberto Outa

Data de Aprovação: ____/____/____


Roberto Outa
Data 23/12/2025 07:36
#f22c7464df9611f0800e42010a2b601f

Dr. Roberto Outa


Alyssa C. B. M. Gedo
Data 22/12/2025 21:33
#f2623f81df9611f0800e42010a2b601f

Dra. Alyssa Carolina Barbosa Marques Gedo


Samuel Stabile
Data 23/12/2025 07:41
#f246f61fdf9611f0800e42010a2b601f

Me. Samuel Stábile





Gotz, Natasha Regina

G683i Identificar a causa raiz do desvio de flor solta no couro free cromo
automotivo, utilizando as ferramentas da qualidade / Natasha Regina
Gotz, Sueli Muniz Lopes. — Lins, 2025.

18f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da
Qualidade) — Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio
Seabra: Lins, 2025.

Orientador(a): Dr. Roberto Outa

1. Couro. 2. Flor solta. 3. FMEA. 4. Qualidade. 5. Curtimento. I. Lopes,
Sueli Muniz. II. Outa, Roberto. III. Faculdade de Tecnologia de Lins
Professor Antonio Seabra. IV. Título.

CDD 658.562

Gerada automaticamente pelo módulo web de ficha catalográfica da FATEC Lins
mediante dados fornecidos pelo(a) autor(a).





SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 CONCEITOS: GESTÃO DA QUALIDADE, FILOSOFIA LEAN E CONTROLE DE PROCESSO NO SETOR COUREIRO-AUTOMOTIVO	7
3 CONCEITO: FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E PREVENÇÃO DO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO	8
3.1 FMEA CONFORME AS NORMAS MIL-STD-1629A E IMCA M 166 REV. 1 ...	10
4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	11
5 DISCUSSÃO GERAL	14
6 CONCLUSÃO	16
7 REFERÊNCIAS	17

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS ASSOCIADAS AO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO E SUA PRIORIZAÇÃO VIA FMEA

Natasha Regina Gotz¹, Sueli Munis Lopes²
Prof. Dr. Roberto Outa³

^{1,2} Acadêmicos do Curso de Gestão da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof.
Antonio Sebrae – Fatec – SP, Brasil.

³ Docente do Curso de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia De Lins
Prof. Antonio Seabre – Fatec, Lins – SP, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo aplicar a ferramenta FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos para identificar, classificar e priorizar as possíveis causas do defeito flor solta no couro automotivo *free chrome*. A pesquisa utilizou a metodologia experimental, com monitoramento das principais etapas do processo de curtimento e recurtimento, associada ao uso de amostras padrão validadas pelo cliente e controles operacionais de pH, temperatura, concentração química e regulagem de equipamentos. Os resultados obtidos demonstraram que as etapas de remolho e desengalgação apresentaram as maiores reduções no Número de Prioridade de Risco (NPR), de 108 para 60, correspondendo a uma queda de 44,4%. Já a calagem e o descarte, embora tenham mostrado reduções de risco (16,7% e 33,3%, respectivamente), permaneceram como pontos críticos do processo, demandando maior atenção em termos de automação, manutenção e capacitação. A análise evidencia que o defeito flor solta resulta de um conjunto de fatores químicos, mecânicos e operacionais, sendo a integração de controles humanos, mecânicos e químicos essencial para mitigar falhas. A pesquisa reforça a relevância do uso de ferramentas estruturadas de qualidade como o FMEA, capazes de traduzir fenômenos complexos em informações práticas e aplicáveis à tomada de decisão industrial.

Palavras-Chave: Couro; Flor solta; FMEA; Qualidade; Curtimento.

ABSTRACT

This work aimed to apply the FMEA tool – Analysis of Failure Modes and their Effects to identify, classify and prioritize the possible causes of the loose flower defect in *free chrome* automotive leather. The research used the experimental methodology, with monitoring of the main stages of the tanning and retanning process, associated with the use of standard samples validated by the customer and operational controls of pH, temperature, chemical concentration and equipment regulation. The results obtained showed that the soaking and liming stages showed the greatest reductions in the Risk Priority Number (NPR), from 108 to 60, corresponding to a drop of 44.4%. Liming and demeating, although they showed risk reductions (16.7% and 33.3%, respectively), remained critical points in the process, requiring greater attention in terms of automation, maintenance and training. The analysis shows that the loose flower defect results from a set of chemical, mechanical and operational factors, and the integration

of human, mechanical and chemical controls is essential to mitigate failures. The research reinforces the relevance of using quality structured tools such as FMEA, capable of translating complex phenomena into practical information applicable to industrial decision-making.

Keywords: Leather; Loose flower; FMEA; Quality; Tanning.

1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva é um dos setores mais exigentes quanto à qualidade e desempenho dos materiais, especialmente no que se refere ao couro utilizado em revestimentos internos, cujo papel vai além da estética, abrangendo conforto, durabilidade e segurança (Ueno, 2017). O couro automotivo deve apresentar propriedades mecânicas e físico-químicas controladas, garantindo resistência à tração, uniformidade da superfície e estabilidade dimensional. No entanto, defeitos estruturais, como a denominada flor solta, ainda representam um desafio técnico relevante no controle de qualidade, afetando diretamente a integridade do produto e o desempenho do acabamento (Wells et al., 2016; Zhang et al., 2014).

O defeito flor solta caracteriza-se pela perda parcial da aderência entre a flor e a derme, originando regiões com aparência frouxa ou enrugada. Essa condição compromete a resistência mecânica e reduz o valor comercial do couro. As causas estão associadas a oscilações de pH, variações de temperatura, desequilíbrio químico nos banhos de curtimento e falhas de regulação de equipamentos (Custodio Neto, 2013). Além de afetar a aparência e o desempenho, o defeito gera perdas produtivas, retrabalho e descarte de material, impactando a eficiência e a sustentabilidade do processo industrial.

A crescente demanda por couros *free chrome* — livres de sais de cromo e compatíveis com padrões ambientais internacionais — intensifica a complexidade do processo de curtimento, exigindo controles mais rigorosos e padronizados. Nesse contexto, a gestão da qualidade atua como pilar estratégico para o equilíbrio entre desempenho técnico e conformidade ambiental, apoiando o controle estatístico, a rastreabilidade e a melhoria contínua (Ueno, 2017; Bassan, 2020).

Entre as ferramentas da qualidade voltadas à análise de falhas, destaca-se a Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA), que possibilita a identificação, classificação e priorização das causas potenciais de defeitos. O método, amplamente aplicado na engenharia de processos e na indústria automotiva, orienta o planejamento de ações preventivas e corretivas, reduzindo a variabilidade e promovendo a confiabilidade do produto (Palady, 1997; Doshi e Desai, 2017). O FMEA baseia-se na análise quantitativa de três parâmetros — severidade, ocorrência e detecção — cujo produto define o Número de Prioridade de Risco (NPR), indicador que orienta as decisões de melhoria e priorização de investimentos.

Assim, este estudo propõe aplicar o FMEA ao processo de curtimento *free chrome*, com o objetivo de identificar a causa raiz do defeito flor solta e propor ações de mitigação que resultem em maior estabilidade e qualidade no couro automotivo. A pesquisa integra conceitos de gestão da qualidade, engenharia de processo e análise experimental, buscando relacionar variáveis químicas, mecânicas e operacionais de forma estruturada.

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em quatro etapas principais:

1. Diagnóstico do processo produtivo, com levantamento dos parâmetros químicos, físicos e operacionais que influenciam o curtimento e acabamento;
2. Aplicação das ferramentas da qualidade, incluindo brainstorming e diagrama de Ishikawa, para identificar causas potenciais do defeito;
3. Elaboração e aplicação do FMEA, seguindo as normas MIL-STD-1629A e IMCA M 166 Rev. 1, para quantificar os riscos e priorizar ações corretivas;
4. Proposição de ações de melhoria, com análise de viabilidade técnica e integração aos princípios da melhoria contínua.

Com essa estrutura metodológica, o estudo busca oferecer uma contribuição prática e científica à indústria coureira, demonstrando como a integração entre engenharia de processo e gestão da qualidade pode elevar o nível de confiabilidade, padronização e sustentabilidade do couro automotivo (Ueno, 2017; Wells et al., 2016; Bassan, 2020).

2 CONCEITOS: GESTÃO DA QUALIDADE, FILOSOFIA LEAN E CONTROLE DE PROCESSO NO SETOR COUREIRO-AUTOMOTIVO

A Gestão da Qualidade, segundo a ISO 9001:2015, apresenta princípios que orientam as organizações na padronização dos processos, no foco no cliente e na busca contínua por melhorias. Esses princípios, quando aplicados de forma integrada ao cotidiano das empresas, favorecem a eficiência e contribuem para o sucesso e a sustentabilidade dos negócios, ao promover uma compreensão clara dos objetivos, recursos e resultados de cada etapa produtiva (Ueno, 2017). A *filosofia Lean Production* complementa essa estrutura ao propor a eliminação de desperdícios e o uso racional dos recursos. Originada no Sistema Toyota de Produção, essa abordagem baseia-se em produzir mais com menos tempo, espaço, esforço humano e custos, mantendo a qualidade como objetivo central. O uso de ferramentas como Just in Time, Kanban e Jidoka permite criar um fluxo contínuo de produção, reduzir falhas e elevar a confiabilidade dos resultados (Falconi, 2014; Ohno, 1997; Womack e Jones, 1996). No setor coureiro automotivo, a aplicação dos princípios Lean proporciona ganhos mensuráveis, como a redução de desperdícios de matéria-prima, o melhor aproveitamento de produtos químicos e a diminuição de retrabalhos.

A padronização das operações e o controle do fluxo produtivo tornam o processo mais previsível e estável, garantindo qualidade uniforme e menor custo operacional. A integração entre Lean e Gestão da Qualidade fortalece a cultura da melhoria contínua e estimula a inovação, promovendo sustentabilidade e crescimento organizacional (Ledesma, 2019; Bassan, 2020; Lima, 2023). As etapas do processo de fabricação do couro compreendem operações químicas e mecânicas que determinam as propriedades finais do material. A ribeira é responsável pela limpeza e remoção de tecidos que não farão parte do produto (CRQ, 2012). O curtimento, no modelo metal *free*, busca processos ambientalmente adequados e utiliza taninos vegetais que conferem resistência e estabilidade ao couro (Sousa, 2009). A basificação ajusta o pH e influencia na fixação das substâncias ativas (Custodio Neto, 2013). No recurtimento, são definidas características como toque, elasticidade e firmeza, enquanto a secagem e o amaciamento asseguram estabilidade e durabilidade ao produto final (Sousa, 2009).

O Sistema de Controle de Qualidade representa um componente necessário para garantir a padronização e a confiabilidade do couro automotivo. A implantação de um sistema eficiente requer a definição de parâmetros a serem monitorados e a análise constante dos dados gerados durante o processo (Sousa, 2009). A inspeção deve ter caráter preventivo, voltado à antecipação de falhas e não apenas à detecção de defeitos. Métodos como inspeção na fonte, autoinspeção e verificação sucessiva reforçam o controle e contribuem para a consistência dos resultados (Shingo, 1996).

3 CONCEITO: FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E PREVENÇÃO DO DEFEITO FLOR SOLTA EM COURO AUTOMOTIVO

O curtimento vegetal é o método comercial mais antigo de transformação de peles em couro, com registros que datam de cerca de 4.000 anos (Zungo, 2021). Nesse processo, conforme figura 1 são utilizados taninos de origem vegetal, extraídos de raízes, folhas, frutos, cascas, madeiras e sementes. Esses compostos naturais reagem com as fibras da pele, conferindo estabilidade e resistência ao couro. A produção moderna emprega taninos concentrados e secos por *spray dry*, provenientes de fontes sustentáveis, como o quebracho, o castanheiro e a acácia, que reagem em pH superior a 5 e se fixam em torno de 3,5. Essa etapa é determinante para a qualidade final e pode ser ajustada conforme o tipo de couro desejado (Zungo, 2021).

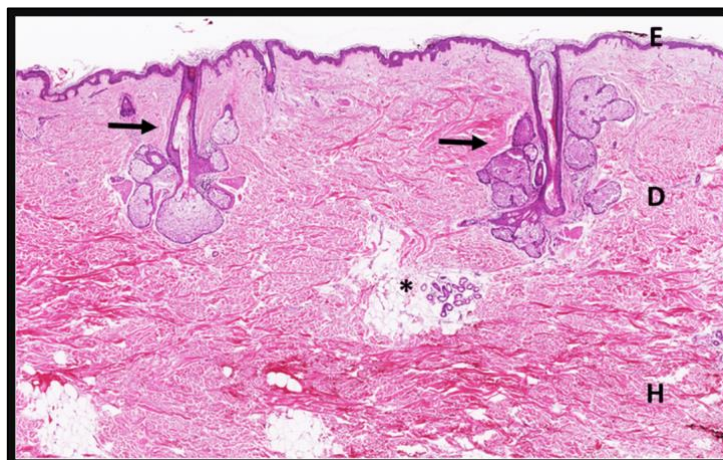
Figura 1 – Principais fontes de extratos vegetais

	Castanheiro <i>Castanea sativa</i>	Acácia <i>Acacia mearmsii</i>	Quebracho <i>Schinopsis lorentzii</i>	Tara <i>Caesalpinia spinosa</i>
				
Parte da planta usada	Madeira	Casca	Madeira	Vagens
Países	Itália (e em toda a Europa)	Brasil, e África do Sul	Argentina, Bolívia, Paraguai	Peru e Bolívia

Fonte: MK Química, Leather Naturally, 2020.

Durante o recurtimento, são definidas as características de firmeza, toque e aparência da flor do couro. O defeito conhecido como flor solta ocorre quando há variações no pH, especialmente durante a neutralização, o que reduz a reatividade dos taninos e enfraquece a ligação entre a flor e a derme (Oliveira, 2022). Esse desbalanceamento gera diferenças de maciez e densidade entre as camadas, resultando em um empacotamento frouxo das fibras de colágeno. Estudos microestruturais confirmam que a presença de lacunas entre a flor e a derme compromete a resistência mecânica e favorece a separação da camada superficial (Wells et al., 2016; Zhang et al., 2014; Liu et al., 2010).

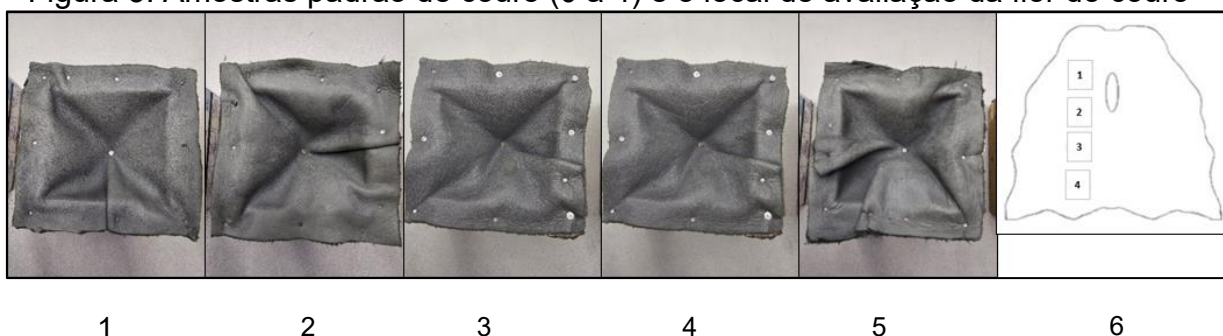
Figura 2 – Estrutura da pele: epiderme (E), derme (D) e hipoderme (H)



Fonte: Normal Skin Histology. ResearchGate, 2025.

Pesquisas recentes indicam que o uso de nanopartículas durante o tratamento do couro pode reduzir a ocorrência do defeito e, ao mesmo tempo, minimizar perdas produtivas, apresentando-se como uma alternativa tecnológica promissora (Science Direct, 2021). A definição de amostras padrão é um recurso fundamental para garantir a uniformidade da avaliação do couro. Cada amostra representa um nível de ocorrência do defeito flor solta, variando de 0 (sem defeito) a 4 (defeito crítico). Essas amostras são validadas pelo cliente e utilizadas como referência durante a inspeção, assegurando comparabilidade e confiabilidade nos resultados (Bassan, 2020).

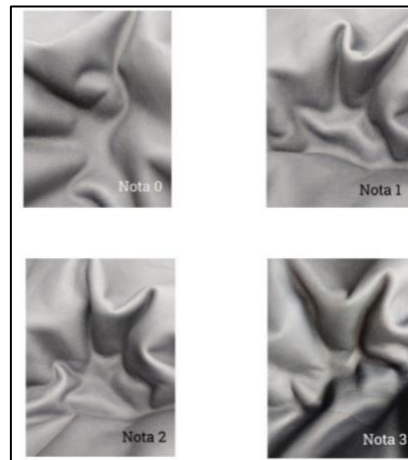
Figura 3: Amostras padrão de couro (0 a 4) e o local de avaliação da flor do couro



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

A figura 3 apresenta o padrão de referência para a inspeção do defeito flor solta em couro automotivo. As cinco amostras à esquerda, numeradas de 1 a 5, mostram a progressão do defeito, desde o couro íntegro até a perda total de coesão entre a flor e a derme. A amostra 6 ilustra os quatro pontos de inspeção aplicados no controle de qualidade, onde o operador avalia a firmeza e a aderência da superfície. O procedimento é realizado nos dez primeiros couros produzidos, de forma padronizada, combinando o toque manual com a observação visual da resistência do material (Bassan, 2020; Wells et al., 2016). Esse método reduz variações de interpretação e garante consistência nos resultados do processo produtivo. O monitoramento é contínuo após o *set up* da operação. São considerados aprovados os couros com flor 0 ou 1, e reprovados aqueles com flor 3 e 4 ou mais de dois pontos classificados como nota 2. Esse sistema padronizado de avaliação visual e tátil permite um controle mais rigoroso da qualidade, reduzindo perdas e assegurando a estabilidade do processo.

Figura 4– Avaliação de critério



Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A partir da definição dos padrões de inspeção e monitoramento, torna-se necessário adotar um método capaz de identificar, classificar e prevenir as causas do defeito flor solta de forma estruturada e mensurável. Nesse contexto, aplica-se o FMEA, ferramenta reconhecida por seu uso na gestão e prevenção de falhas em processos industriais. A metodologia FMEA permite avaliar as possíveis causas de falhas segundo três critérios principais: severidade, ocorrência e detecção, os quais, combinados, resultam no Número de Prioridade de Risco (NPR). Esse indicador orienta as ações corretivas e preventivas mais adequadas, priorizando os pontos do processo com maior probabilidade de gerar defeitos (Palady, 1997; Doshi e Desai, 2017). No presente estudo, a ferramenta é aplicada para compreender a origem do defeito flor solta no couro automotivo *free chrome*, determinar sua causa raiz e propor medidas para reduzir sua reincidência. O FMEA cumpre três funções principais: atuar como ferramenta de prognóstico de problemas, servir como procedimento estruturado para o desenvolvimento de processos novos ou revisados e funcionar como registro formal da evolução e das melhorias implementadas (Palady, 1997). Embora demande tempo e envolvimento da equipe, o método representa um investimento no controle da qualidade, pois proporciona retorno ao reduzir falhas e custos operacionais.

A aplicação adequada do FMEA depende da participação coletiva dos profissionais envolvidos, consolidando um raciocínio técnico compartilhado sobre o processo. Essa abordagem transforma dados e observações em informações organizadas que servem de base para decisões preventivas e corretivas. Cada FMEA deve incluir cinco elementos fundamentais — função, falha, efeito, causa e controle — cuja ausência compromete a eficácia da análise e o retorno esperado em confiabilidade e qualidade (Palady, 1997).

3.1 FMEA CONFORME AS NORMAS MIL-STD-1629A E IMCA M 166 REV. 1

A técnica de Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) foi estruturada segundo os procedimentos definidos pela MIL-STD-1629A, norma que estabelece requisitos para a identificação sistemática de modos de falha potenciais, seus efeitos e a classificação de cada modo conforme sua severidade no sistema analisado (Department of Defense, 1980). Para adaptar o método à aplicação industrial, foi utilizada adicionalmente a IMCA M 166 Rev. 1, que fornece diretrizes práticas para

condução de FMEA em sistemas complexos, em especial para indústrias offshore, definindo aspectos como escopo, formato e atualização periódica da análise (International Marine Contractors Association, 2016).

Neste estudo, a matriz FMEA foi desenvolvida com três parâmetros principais: Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). A criticidade de cada modo de falha foi calculada pela equação,

$$C_i = S_i \cdot O_i \cdot D_i \quad (1)$$

em que C_i representa o índice de criticidade do modo de falha i , o qual o valor orienta a priorização de ações corretivas, sendo os níveis de severidade, ocorrência e detecção estabelecidos conforme as escalas propostas nas referidas normas, conforme preconizado pelas normas citadas.

O uso combinado das normas MIL-STD-1629A e IMCA M 166 Rev. 1 assegurou que a atribuição dos valores de S, O e D fosse consistente, auditável e compatível com práticas internacionais de confiabilidade e gestão de risco (Department of Defense, 1980; International Marine Contractors Association, 2016). O procedimento adotado incluiu a definição do sistema, subsistema ou componente analisado, a identificação dos modos de falha potenciais e suas causas, e a avaliação dos efeitos em diferentes níveis, conforme previsto pela MIL-STD-1629A (Department of Defense, 1980). Em seguida, foram registrados os métodos de detecção existentes e os controles aplicados, seguindo a abordagem da IMCA M 166 Rev. 1, que enfatiza que o FMEA deve ser um documento dinâmico, atualizado periodicamente ao longo do ciclo de vida do sistema (International Marine Contractors Association, 2016).

Essa padronização sistemática garante que a análise dos modos de falha seja robusta e permita a priorização de ações com base em riscos concretos. A aplicação combinada das normas MIL-STD-1629A e IMCA M 166 Rev. 1 fortalece o rigor metodológico do estudo, assegura a rastreabilidade das decisões e viabiliza replicações ou auditorias do processo.

4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A pesquisa adota a metodologia experimental, caracterizada pela intervenção direta do pesquisador nas variáveis do processo produtivo, utilizando instrumentos e métodos de análise que possibilitam explicar relações de causa e efeito (Pereira et al., 2013). Essa abordagem é particularmente adequada para estudos de defeitos em processos industriais, pois permite manipular parâmetros críticos, verificar os efeitos das alterações e validar hipóteses de forma prática.

No caso do presente trabalho, cujo objetivo é identificar a causa raiz do defeito flor solta no couro automotivo *free chrome*, a metodologia experimental foi aplicada ao longo das etapas de ribeira, curtimento, basificação, recurtimento, secagem e semiacabado. Foram monitorados parâmetros como pH, temperatura, concentração química, tempo de processo, volume de banho e regulação de equipamentos (Pereira et al., 2013).

O sistema de controle de qualidade foi estruturado de acordo com Sousa (2009 p. 367), combinando inspeções finais com controles intermediários. Foram adotadas amostras padrão, aprovadas pelo cliente, que serviram como referência visual para avaliação do defeito flor solta (Bassan, 2020). A classificação variou de 0 (sem defeito) a 4 (defeito crítico), o que permitiu padronizar o julgamento e reduzir a subjetividade da inspeção.

Como ferramenta central da análise, utilizou-se o FMEA (Doshi; Desai, 2017; Palady, 1997). O FMEA possibilitou estruturar o raciocínio em torno de quatro aspectos principais: falhas potenciais, seus efeitos, suas causas e os controles existentes. Para cada modo de falha foram atribuídos valores de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), cujo produto resultou no Número de Prioridade de Risco (NPR). Essa métrica orientou a priorização das falhas mais críticas e definiu as ações corretivas a serem implementadas.

A Tabela 1 apresenta os resultados do FMEA aplicado às etapas críticas do processo de curtimento, incluindo falhas potenciais, causas, efeitos, valores iniciais de severidade, ocorrência e detecção, o cálculo do Número de Prioridade de Risco (NPR), além das ações recomendadas e os valores finais obtidos após a implementação das medidas (Custodio Neto, 2013 e Sousa, 2009).

Tabela 1 – Aplicação do FMEA e os Respectivos Resultados.

Etapas / Função	Falha	Efeito	Sev.	Causa	Contr.	Controles	Detec.	Risco	Ação recomendada	Respons. Prazo	Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detecção	Risco (NPR)
Recurtimento	Falta de homogeneidade na penetração	Áreas ficam rígidas e outras muito moles, gerando tensão desigual.	7	Tempo insuficiente para diluição do produto	4	Acompanhar diluição do produto com a supervisão do setor	7	196	Ajuste de tempo;	Paulo Henrique 01/12/2025	Tempo ajustado para melhor diluição	6	5	4	120
Classificação	Avaliação de flor fora do padrão estabelecido	Aumentando o desvio de flor do artigo	8	Falta de treinamento e insegurança do operador	7	Treinamento contínuo	3	168	Padronização de critérios	Sabrina Lima 05/12/2025	Treinamento com os padrões de critérios	6	4	3	72
Materia Prima	Faixa de tamanho pequena.	Influência na esteiragem das fibras com menor resistência	7	separação do couro com menor entrelaçamento de fibras e pele com menor resistência	6	Inspeção rigorosa	4	168	Seleção de materiais.	Vanessa Silva 01/12/2025	Treinamento do Operador	3	3	4	36
Calagem	Excesso de cal e sulfeto na calagem	Causando destruição das fibras da flor.	6	Excesso de produtos químicos; falha no controle de dosagem.	3	Automação na dosagem do cal	8	144	Treinamento do operador da automação da dosagem	Ana Silveira 20/09/2025	Treinamento do Operador	6	5	4	120
Descarne	Descarnes mal feitas	Ferem a flor mecanicamente por atrito	6	Ajuste incorreto de equipamentos; operadores não treinados.	4	Cronograma de manutenção do equipamento	6	144	Capacitação de operadores para elaboração do cronograma	Carlos Santos 25/09/2025	Cronograma aplicado	6	4	4	96
Secagem	Temperatura mal regulada no vácuo	Criando microfissuras na flor.	7	Não atingir a unidade ideal de saída do equipamento e alterar a regulagem sem acompanhamento técnico.	6	Manutenção preventiva	3	126	Manutenção regular do equipamento; calibração.	Tiago Martins 25/11/2025	Cronograma aplicado para manutenção preventiva	5	4	3	60
Recurtimento	Uso de agentes de enchimento muito superficiais	Que não penetram e criam delaminação com a flor.	7	Precitulação de produto na superfície	2	Testes.	8	112	Seleção criteriosa de agentes de enchimento;	Vanessa Silva 03/12/2025	Realizar testes químicos nos produtos	4	5	4	80
Remoção	Remoção insuficiente	Resíduos de sangue e sujeira que apodrecem a agnido na pele.	6	Tempo insuficiente de remoção; água de má qualidade.	3	Controle de tempo e temperatura	6	108	Monitoramento da água do remoção	Bruno Oliveira 22/08/2025	Check List	5	4	3	60
Desencalagem	Desencalagem ineficiente	Deixando resíduos alcalinos que continuam agindo no colágeno da flor.	6	Excesso de produtos químicos; falha no controle de dosagem.	3	Automação na dosagem.	6	108	Treinamento do operador da automação da dosagem	Daniel Costa 01/10/2025	Treinamento do Operador	3	5	4	60
Recurtimento	Mau controle de pH durante o recurtimento	Levando à hidrólise da flor.	5	Controle insuficiente do pH no recurtimento.	5	Controlar pH e se necessário fazer a correção	4	100	Controle de pH por 1 mês corrido com liberação da supervisão do setor	Fernanda Lima 10/10/2025	Avaliação das liberações pelo supervisor	5	4	3	60
Secagem	Variações constante de temperatura no túnel de secagem	Causando choques térmicos na flor.	7	Equipamento com problema sem manutenção	4	Calibração de equipamentos.	3	84	Manutenção preventiva	Tiago Martins 28/12/2025	Cronograma de prevenção do equipamento	6	3	4	72
Secagem	Reumectação excessiva na umidificação antes do amaciamento	Amolecendo demais a flor.	7	Recondicionar o couro para atingir a unidade específica e exercer para limite superior devido ao erro operacional	4	Monitoramento rigoroso da unidade	3	84	Treinamento.	Paulo Henrique 20/11/2025	Treinamento do Operador	4	3	4	48
Recurtimento	Temperatura de diluição fora da especificação da fórmula	Resultando em áreas com coesão desigual	7	Diluir produtos em água fria ou quente fora da especificação do produto químico causando precipitação	4	Controle de temperatura	3	84	Treinamento.	Paulo Henrique 22/12/2025	Treinamento do Operador	3	3	4	36
Materia Prima	Presença de parasitas	Que causam lesões e fragilidade local.	2	Matéria-prima de baixa qualidade; inspeção deficiente.	5	Seleção de fornecedores	8	80	Inspeção criteriosa na entrada.	Elisara Pereira 05/10/2025	Treinamento do Inspetor especificado na matéria prima	3	4	3	36
Programação	Tempo em excesso de descanso entre recurtimento e secagem	Ocorrendo couros amassados e retratados com dificuldade de abertura	6	Falha de programação dentro do prazo de descanso definido	4	Monitoramento do tempo.	3	72	Revisão de programação da secagem	Bruno Martins 09/12/2025	Revisar programação junto a área técnica para definir como prosseguir	5	4	3	60
Recurtimento	Manipulação inadequada no fúlio	Causando atrito excessivo.	7	Carga acima do padrão, equipamento com problema que pode quebrar no meio do processo	3	Cronograma de manutenção do equipamento	3	63	Treinamento dos operadores; ajuste de carga.	Carlos Santos 10/11/2025	Padronização de carga para o fúlio	5	4	3	60
Rebaixe	Deficiência no controle da espessura durante o rebaixamento	Tomando a flor vulnerável ao desprendimento.	5	Falha de controle no processo, deixando a espessura na tendência superior da especificação	4	Monitoramento constante	3	60	Ajuste de processos.	Ana Clara 07/12/2025	Treinamento do Operador	4	4	3	48
Programação	Tempo em excesso de descanso entre rebaixamento e recurtimento	Couro seco sem a unidade necessário para o processo	6	Falha de programação dentro do prazo de descanso definido	5	Monitoramento do tempo de descanso.	2	60	Revisão de programação do recurtimento	Daniela Costa 01/11/2025	Treinamento	3	3	4	36
Recurtimento	Falta de tempo suficiente para difusão dos produtos	Concentração superficial que fragiliza a flor.	4	Falha de operação, quebra de equipamento	5	Monitoramento contínuo; manutenção preventiva.	3	60	Capacitação de operadores para monitoramento contínuo da diluição do produto	Ana Silva 05/11/2025	Treinamento para padronização de diluição	3	3	4	36
Semi terminado	Regulagem fora do padrão estabelecido do roteiro	Pressão a cima do padrão estabelecido	6	Erro operacional no início do processo	3	Revisão de procedimentos; calibração de equipamentos.	3	54	Treinamento	Paulo Henrique 10/12/2025	Check List da supervisão nos Setup dos equipamentos	4	4	3	48
Recurtimento	Lavagem insuficiente após neutralização	Deixando resíduos alcalinos ativos na flor.	6	Quebra de equipamento no processo, falta de água	3	Manutenção preventiva	3	54	Manutenção regular; monitoramento da água.	Tiago Martins 30/12/2025	Cronograma de prevenção do equipamento	5	3	3	45
Secagem	Estiragem exagerada durante secagem a vácuo	Tensiona excessivamente a flor.	6	Má regulagem de pressão/vácuo; falta de monitoramento.	3	Ajuste automático de parâmetros.	3	54	Treinamento	Hugo Almeida 20/10/2025	Treinamento e monitoramento consate por 1 mês	3	4	3	36
Recurtimento	Produtos de recurtimento muito duros.	Que deixam a flor quebradiça.	6	Escolha de produto com princípio ativo errado	1	Seleção criteriosa de produtos	8	48	Testes de qualidade.	Mariana Soares 15/11/2025	Realizar testes químicos nos produtos	6	3	4	72
Recurtimento	Lavagem deficiente após aplicação de taninos	Provocando cristalização superficial na flor.	7	Quebra de equipamento no processo após adição de taninos e erro operacional	2	Verificação de equipamentos.	3	42	Manutenção regular;	Tiago Martins 20/12/2025	Cronograma de prevenção do equipamento	4	3	3	36
Materia Prima	Defeitos estruturais da cura da pele com sal contaminado ou mal distribuído	Que danificam a flor.	5	Má conservação adequada sem proteção, permitindo que a pele deteriore	2	Controle de qualidade.	4	40	Inspeção rigorosa	Vanessa Silva 26/12/2025	Treinamento do Operador	3	3	4	36
Recurtimento	Sobredosagem de engraxe	Separa as fibras da flor devido ao excesso de lubrificantes.	6	Dosagem incorreta de óleos/engraxes.	2	Padronização de formulação	3	36	Validação de dosagem.	Gabriela Rocha 15/10/2025	Validação do percentual de óleo/engraxa	4	3	3	36
Recurtimento	Falta de estabilização térmica antes de processos de secagem	Gerando retração irregular nas regiões do couro	6	Manter o couro armazenado em local seco	5	Monitoramento da temperatura.	1	30	Armazenamento adequado	Sabrina Lima 15/12/2025	Check List da supervisão para validar o armazenamento	3	3	3	27
Materia Prima	Uso de couros de animais doentes ou mal alimentados	Com estrutura de colágeno deficiente.	4	Origem animal inadequada; falta de certificação sanitária.	2	Controle de fornecedores	3	24	Exigência de certificação sanitária.	Bruno Oliveira 25/10/2025	Treinamento e Separação por grupo de fornecedores	3	2	3	18

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Os resultados da aplicação do FMEA podem ser mostrados como:

Calagem: O excesso de cal e sulfeto foi identificado como falha crítica, causando destruição das fibras da flor. O risco inicial apresentou NPR de 144, composto por severidade 6, ocorrência 3 e baixa capacidade de detecção (8). Esse

valor posiciona a falha entre os pontos prioritários de intervenção. A ação recomendada foi o treinamento dos operadores responsáveis pela automação da dosagem, garantindo maior controle no uso de produtos químicos. Após a implementação, a ocorrência aumentou levemente de 3 para 5 devido ao registro mais detalhado dos desvios, mas a detecção foi ajustada para 4, resultando em NPR final de 120. Essa redução demonstra ganho de confiabilidade no processo, ainda que a severidade intrínseca da falha permaneça constante.

Remolho: O tempo insuficiente de remolho e a baixa qualidade da água foram associados à permanência de resíduos de sangue e sujeira, que comprometem a integridade da flor. O risco inicial apresentou NPR de 108 (S = 6, O = 3, D = 6). A ação recomendada foi o monitoramento contínuo da água do remolho e implantação de checklist operacional. Como resultado, a severidade foi reduzida de 6 para 5, a ocorrência de 3 para 4 e a detecção melhorada para 3. O NPR final caiu para 60, evidenciando que a falha, embora não eliminada, foi significativamente mitigada, com impacto direto na qualidade do couro.

Descarne: Nesta etapa, descarnes mal feitos geravam danos mecânicos à flor, como atrito e cortes superficiais. O risco inicial apresentou NPR de 144 (S = 6, O = 4, D = 6), configurando-se como uma das falhas mais severas do processo. As ações propostas incluíram capacitação de operadores e implantação de cronograma de manutenção preventiva dos equipamentos de descarne. Após a implementação, a severidade permaneceu 6, mas a detecção melhorou de 6 para 4, resultando em NPR final de 96. Essa redução indica avanço, mas reforça a necessidade de continuidade das medidas para atingir níveis de risco aceitáveis.

Desencalagem: A desencalagem ineficiente provocava resíduos alcalinos que permaneciam ativos, interferindo nas reações posteriores e comprometendo a qualidade final. O risco inicial foi NPR 108 (S = 6, O = 3, D = 6). A ação adotada foi o treinamento dos operadores com foco no ajuste da automação do processo. Após a ação, a severidade caiu para 3, a ocorrência aumentou de 3 para 5 devido ao maior rigor no controle, e a detecção foi mantida em 4. O NPR final reduziu para 60, o que demonstra eficácia das intervenções e maior estabilidade do processo.

A aplicação do FMEA evidenciou que os maiores riscos iniciais estavam concentrados nas etapas de calagem e descarne, ambas com NPR 144, devido ao impacto direto sobre a integridade da flor. O remolho e a desencalagem, embora apresentassem NPR inicial 108, também se mostraram relevantes por influenciarem diretamente a qualidade química e mecânica do couro.

As ações corretivas aplicadas resultaram em reduções expressivas de risco:

- Remolho e desencalagem apresentaram a maior queda relativa, com redução de 44,4% no NPR (de 108 para 60).
- Calagem reduziu o risco em 16,7% (de 144 para 120), apontando a necessidade de controles adicionais de automação.
- Descarne apresentou redução de 33,3% (de 144 para 96), ainda permanecendo como etapa crítica do processo.

Esses resultados confirmam a eficácia do uso do FMEA como ferramenta de diagnóstico e prevenção, permitindo priorizar os riscos mais significativos, alocar recursos de forma direcionada e validar a hipótese de que a aplicação de ferramentas da qualidade pode reduzir a ocorrência do defeito flor solta no couro automotivo.

A aplicação da metodologia experimental aliada à ferramenta FMEA possibilitou identificar os pontos críticos do processo produtivo associados ao defeito flor solta. As etapas de calagem e descarne apresentaram riscos elevados, mesmo após as ações corretivas, o que evidencia a necessidade de controles adicionais e maior automação.

Em contrapartida, remolho e desencalagem apresentaram reduções expressivas de risco, com quedas de 44,4% no NPR, demonstrando que ajustes simples em parâmetros de processo e treinamento dos operadores podem gerar resultados significativos.

Do ponto de vista qualitativo, o trabalho contribuiu para estruturar o raciocínio técnico em torno de falhas complexas, traduzindo observações empíricas em informações organizadas e hierarquizadas. Isso fortalece a cultura de prevenção e a utilização de ferramentas de gestão da qualidade na indústria coureira.

Sob a ótica quantitativa, os dados do FMEA mostraram reduções concretas de risco, com NPR diminuindo de 144 para 120 na calagem, de 108 para 60 no remolho, de 144 para 96 no descarte e de 108 para 60 na desencalagem. Esses valores confirmam a eficácia parcial das ações implementadas e oferecem base objetiva para a priorização de investimentos em melhorias.

Os resultados deste estudo oferecem benefícios diretos à sociedade, ao garantir maior confiabilidade no fornecimento de couro automotivo de qualidade, ampliando a segurança e o conforto dos usuários finais. Para a indústria, a aplicação do FMEA promove a redução de perdas, o aumento da eficiência produtiva, a diminuição de custos com refugo e a melhoria da imagem corporativa junto ao mercado internacional. No campo da ciência, a pesquisa reforça a aplicabilidade das ferramentas de qualidade em processos complexos como o curtimento, fornecendo evidências práticas de que métodos estruturados como o FMEA podem ser decisivos para compreender e mitigar falhas em setores industriais de alta exigência

5 DISCUSSÃO GERAL

A aplicação da metodologia experimental possibilitou compreender de forma clara como as variáveis críticas influenciam a formação do defeito flor solta no couro automotivo *free chrome*. As etapas de ribeira, curtimento, basificação, recurtimento e secagem foram acompanhadas de maneira sistemática, mas foi a utilização da ferramenta FMEA que permitiu transformar observações empíricas em dados estruturados, quantificando riscos e priorizando as causas mais relevantes. Por meio dos índices de severidade, ocorrência e detecção, obteve-se o Número de Prioridade de Risco (NPR), que serviu como base para orientar as ações corretivas e avaliar sua eficácia.

A metodologia mostrou-se eficaz ao integrar práticas tradicionais de inspeção, como o uso de amostras padrão e o monitoramento de pH, temperatura e produtos químicos, com uma ferramenta analítica de gestão da qualidade. Essa combinação tornou possível direcionar os esforços de forma mais objetiva, convertendo a análise qualitativa em resultados numéricos que facilitaram a tomada de decisão. A tabela 2 mostra um resumo comparativos dos resultados.

Tabela 2: Resultados Comparativos

Aspecto Analisado	Benefícios Identificados pela Aplicação da Metodologia (FMEA e Monitoramento)	Resultados Obtidos e Interpretação Ampliada
Integração metodológica	Transformação de observações empíricas em dados quantitativos e hierarquização dos riscos através do NPR.	Melhoria na priorização das ações e uso mais racional dos recursos; estabelecimento de base numérica para tomada de decisão.
Etapa de Calagem	Implementação de treinamentos e melhoria na detecção de falhas operacionais.	Redução do NPR de 144 para 120 (-16,7%); risco ainda elevado devido à severidade estrutural do processo; necessidade de controle automatizado e redução do uso de cal.
Etapa de Remolho	Introdução de checklist e monitoramento da qualidade da água.	Redução do NPR de 108 para 60 (-44,4%); mostrou alta sensibilidade da preparação inicial da pele; estabilidade do processo significativamente aprimorada.
Etapa de Descarne	Capacitação de operadores e reforço na manutenção dos equipamentos.	Redução do NPR de 144 para 96 (-33,3%); risco residual elevado; confirma dependência da habilidade humana e da condição mecânica; sugere automação parcial.
Etapa de Desencalagem	Ajustes operacionais e capacitação sobre equilíbrio químico.	Redução do NPR de 108 para 60 (-44,4%); diminuição da severidade demonstra controle eficaz de variáveis químicas.
Combinação de controles (químico, mecânico e humano)	Aplicação conjunta de medições de pH, controle de produtos, manutenção preventiva e treinamento.	Redução global de riscos; comprovação de que o defeito flor solta decorre da interação de múltiplos fatores distribuídos no processo.
Uso da ferramenta FMEA	Consolidação de uma abordagem estruturada para diagnóstico de causas e priorização de riscos.	Conversão de dados complexos em informações práticas e estratégicas para melhoria contínua e planejamento de novas tecnologias.
Visão estratégica do processo	Ampliação da compreensão sistêmica do defeito e de suas origens.	Identificação de pontos críticos de alavancagem (remolho e desencalagem) e vulnerabilidades estruturais (descarne e calagem).

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A Tabela 2, Benefícios e resultados obtidos com a aplicação da metodologia FMEA e do monitoramento do processo, apresenta a síntese dos principais avanços alcançados.

Na etapa de calagem, a implementação de treinamentos e a melhoria na detecção reduziram o NPR de 144 para 120, correspondendo a 16,7%. Embora a redução tenha sido limitada, o resultado mostra o potencial de avanço com a automação e o controle rigoroso da dosagem de cal e sulfeto, já que o impacto dessa etapa é estrutural e de difícil mitigação apenas por ações humanas.

A etapa de remolho apresentou redução de risco de 108 para 60, equivalente a 44,4%, resultado da adoção de checklist e do monitoramento da qualidade da água. Esses controles mostraram que o preparo inicial da pele é decisivo para a uniformidade e a resistência do couro, confirmando a importância de uma base bem controlada para as etapas seguintes.

Na etapa de descarne, o NPR diminuiu de 144 para 96, representando 33,3% de redução, após o reforço da manutenção preventiva e a capacitação dos operadores. Apesar da queda significativa, o risco residual permaneceu elevado, demonstrando que a operação ainda depende fortemente da habilidade humana e das condições dos equipamentos. O resultado indica que a automação parcial e o acompanhamento por sensores podem ser alternativas promissoras para reduzir falhas.

A etapa de desencalagem também apresentou uma redução expressiva, de 108 para 60, ou 44,4%, reflexo do melhor controle químico e do treinamento voltado ao equilíbrio do banho. Essa melhoria confirma que pequenas correções operacionais podem gerar ganhos importantes na estabilidade do processo.

A combinação de controles químicos, mecânicos e humanos resultou em diminuição global dos riscos e comprovou que o defeito flor solta é consequência da interação entre variáveis distribuídas ao longo de todo o processo. O controle simultâneo do pH, dos produtos utilizados, da manutenção e da rotina operacional foi determinante para alcançar resultados consistentes.

O uso do FMEA estruturou o raciocínio técnico, transformando dados dispersos em informações estratégicas que orientam ações de melhoria e fortalecem a tomada

de decisão. A ferramenta demonstrou ser capaz de traduzir fenômenos complexos em indicadores objetivos, reforçando sua aplicabilidade na indústria coureiro automotiva.

A visão estratégica do processo foi ampliada, permitindo identificar as etapas com maior potencial de controle, como remolho e desencalagem, e aquelas que ainda demandam aprimoramento, como calagem e descarte. Essa leitura integrada reforça que o defeito flor solta não decorre de uma única causa, mas de um conjunto de interações químicas, mecânicas e operacionais.

De modo geral, os resultados apresentados na Tabela 11 confirmam que a integração entre controle de processo, capacitação técnica e análise de risco promoveu uma melhora real na qualidade do couro. O trabalho evidencia que o uso sistemático do FMEA, aliado ao monitoramento contínuo, constitui uma ferramenta eficiente para reduzir variabilidades, aumentar a confiabilidade e orientar decisões estratégicas voltadas à melhoria contínua.

6 CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia experimental aliada à ferramenta FMEA possibilitou identificar os pontos críticos do processo produtivo associados ao defeito flor solta. As etapas de calagem e descarte apresentaram riscos elevados, mesmo após as ações corretivas, o que evidencia a necessidade de controles adicionais e maior automação. Em contrapartida, remolho e desencalagem apresentaram reduções expressivas de risco, com quedas de 44,4% no NPR, demonstrando que ajustes simples em parâmetros de processo e treinamento dos operadores podem gerar resultados significativos.

Do ponto de vista qualitativo, o trabalho contribuiu para estruturar o raciocínio técnico em torno de falhas complexas, traduzindo observações empíricas em informações organizadas e hierarquizadas. Isso fortalece a cultura de prevenção e a utilização de ferramentas de gestão da qualidade na indústria coureira.

Sob a ótica quantitativa, os dados do FMEA mostraram reduções concretas de risco, com NPR diminuindo de 144 para 120 na calagem, de 108 para 60 no remolho, de 144 para 96 no descarte e de 108 para 60 na desencalagem. Esses valores confirmam a eficácia parcial das ações implementadas e oferecem base objetiva para a priorização de investimentos em melhorias.

Os resultados deste estudo oferecem benefícios diretos à sociedade, ao garantir maior confiabilidade no fornecimento de couro automotivo de qualidade, ampliando a segurança e o conforto dos usuários finais. Para a indústria, a aplicação do FMEA promove a redução de perdas, o aumento da eficiência produtiva, a diminuição de custos com refugo e a melhoria da imagem corporativa junto ao mercado internacional. No campo da ciência, a pesquisa reforça a aplicabilidade das ferramentas de qualidade em processos complexos como o curtimento, fornecendo evidências práticas de que métodos estruturados como o FMEA podem ser decisivos para compreender e mitigar falhas em setores industriais de alta exigência.

7 REFERÊNCIAS

- BASSAN, EDILBERTO. *Ferramentas avançadas da qualidade*. Rio de Janeiro: Clube de Autores, 2020.
- CUSTODIO NETO, SILVESTRE. *Inovação e dedicação ao couro: aliando a química à prática de aplicação*. São Paulo: Magic Luck Editora, 2013.
- DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-STD-1629A – *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*. Washington, D.C., 1980.
- DOSHI, R. S.; DESAI, D. A. Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) in automotive manufacturing process. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 34, n. 7, p. 940–953, 2017. DOI: 10.1108/IJQRM-09-2015-0135.
- FALCONI, VICENTE. *O verdadeiro poder*. Nova Lima: Falconi Editora, 2014.
- FÉLIX DE SOUSA, JOANA D'ARC. *Apostila: beneficiamento de peles e couros*. 2. ed. Franca: [s.n.], 2009.
- INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION. IMCA M 166 Rev. 1 – *Guidance on Failure Modes and Effects Analysis*. London, 2016.
- LIU, H.; WANG, Y.; WANG, Q.; ZHANG, Y. Morphological characterization of looseness in bovine leather. *Journal of the American Leather Chemists Association*, v. 105, n. 7, p. 260–267, 2010.
- OHNO, TAIICHI. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PALADY, P. *FMEA: análise dos modos e efeitos de falha: previsão e prevenção de problemas antes que ocorram*. São Paulo: IMAM, 1997.
- PEREIRA, A.; OLIVEIRA, G.; SANTOS, J. *Metodologia científica aplicada à engenharia*. São Paulo: Atlas, 2013.
- RESEARCHGATE. *Normal skin histology: human dermis structure*. 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/Normal_skin_histology. Acesso em: 22 maio 2025.
- SHINGO, SHIGEO. *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia*. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SCIENCE DIRECT. Advances in leather processing using nanotechnology. *Journal of Cleaner Production*, v. 280, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124422.
- UENO, A. T. *Gestão da qualidade e produtividade: fundamentos e aplicações industriais*. São Paulo: Blucher, 2017.
- WELLS, HANNAH C. et al. Looseness in bovine leather: microstructural characterization. *Journal of the American Leather Chemists Association*, v. 111, n. 7, p. 252–260, 2016.
- WELLS, P.; CARR, N.; CLARKE, A. Quality management systems in the leather industry: challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 304–315, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.055.
- ZHANG, HUAYONG et al. *Characterization of leather structure via metallographic sample preparation*. *Journal of the American Leather Chemists Association*, v. 109, n. 3, p. 108–113, 2014.
- ZHANG, J.; LI, X.; YANG, F. Physical and mechanical properties of automotive leathers under varying tanning conditions. *Journal of the American Leather Chemists Association*, v. 109, n. 2, p. 45–52, 2014.
- ZUNGO, LUIS. MK Química. *Fabricação moderna de couro vacuum*. 2021. Disponível em: <https://mkgrupo.com.br/noticias/leathernaturallyemkquimicadivulgaminformacoes-sobre-a-producao-de-couro-vacum>. Acesso em: 22 set. 2025.