



APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA FÁBRICA DE PNEUS: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE RETRABALHO POR ESCASSEZ NA BANDA DE RODAGEM

APPLICATION OF QUALITY TOOLS IN A TIRE FACTORY: A CASE STUDY FOR REDUCING REWORK DUE TO TREAD SHORTAGE

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN UNA FÁBRICA DE NEUMÁTICOS: UN ESTUDIO DE CASO PARA LA REDUCCIÓN DE RETRABAJO POR ESCASEZ EN LA BANDA DE RODADURA

Natália Macêdo e Silva ^{1*}, Willma Bastos Ribeiro Oliveira ², Maylane Neres Costa Santos ³,
André de Mendonça Santos ⁴, & Djoille Denner Damm ⁵

^{1 2 3 4 5} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade

^{1*} nataliamacedo@aluno.ufrb.edu.br ² willmaribeiro@aluno.ufrb.edu.br ³ rmaylanencts@aluno.ufrb.edu.br ⁴ andre.medonca@ufrb.edu.br ⁵ djoille@ufrb.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 16.03.2025

Aprovado: 18.04.2025

Disponibilizado: 03.06.2025

PALAVRAS-CHAVE: Pneus; Melhoria de processo produtivo; Ferramentas da Qualidade; Escassez de Borracha.

KEYWORDS: Tires; Production process improvement; Quality tools; Rubber shortage.

PALABRAS CLAVE: Llantas; Mejora del proceso de producción; Herramientas de Calidad; Escasez de caucho.

*Autor Correspondente: Silva, N. M. e.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o processo de fabricação de pneus e investigar as possíveis causas do elevado índice de retrabalho relacionado à “escassez na banda de rodagem”. Para a identificação das causas raízes, foi conduzido um método sistemático com o auxílio de ferramentas da qualidade: 5 Porquês; Diagrama de Ishikawa; Brainstorming; e 5W2H. A análise abrangeu o levantamento de dados históricos de retrabalho e a realização de reuniões com uma equipe multidisciplinar. Como resultado, a quantidade de pneus com defeitos foi reduzida em 50%, e o índice técnico passou de 0,35% para a meta de 0,28%. Essa melhoria refletiu diretamente no aumento da eficiência, na redução de custos e na elevação da produtividade da planta. As principais causas do problema foram identificadas e, com base nelas, foram realizadas ações corretivas e preventivas para mitigar os impactos do retrabalho no fluxo produtivo.

ABSTRACT

This research aims to analyze the tire manufacturing process and investigate the possible causes of the high rework rate related to “tread shortage”. To identify the root causes, a systematic method was conducted with the help of quality tools: 5 Why; Ishikawa Diagram; Brainstorming; and 5W2H. The analysis included the collection of historical rework data and meetings with a multidisciplinary team. As a result, the number of defective tires was reduced by 50%, and the technical index went from 0.35% to the target of 0.28%. This improvement directly reflected in increased efficiency, cost reduction and increased productivity of the plant. The main causes of the problem were identified and based on them; corrective and preventive actions were taken to mitigate the impacts of rework on the production flow.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo analizar el proceso de fabricación de neumáticos e investigar las posibles causas de la alta tasa de retrabajo relacionada con la escasez de banda de rodadura. Para identificar las causas raíz, se aplicó un método sistemático con la ayuda de herramientas de calidad: 5 Por Qués, Diagrama de Ishikawa, Lluvia de Ideas y 5W2H. El análisis incluyó la recopilación de datos históricos de retrabajo y reuniones con un equipo multidisciplinario. Como resultado, el número de neumáticos defectuosos se redujo en un 50% y el índice técnico pasó del 0,35% al objetivo del 0,28%. Esta mejora se reflejó directamente en una mayor eficiencia, reducción de costos y aumento de la productividad de la planta. Se identificaron las principales causas del problema y, con base en ellas, se implementaron acciones correctivas y preventivas para mitigar el impacto del retrabajo en el flujo de producción.



INTRODUÇÃO

Com as constantes mudanças no mercado, as empresas têm buscado evoluir de maneira sustentável para atender a competitividade global. No Brasil, essa necessidade se reflete no setor de transporte, onde, em 2024, o modal rodoviário movimentou cerca de 65% das cargas e se responsabilizou por quase 95% do transporte de passageiros, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2024). Esse cenário evidencia a importância desse modal para a economia brasileira e a relevância mercadológica do segmento de pneus, um dos principais componentes desses veículos. Diante disso, as organizações almejam alcançar crescimentos constantes, sendo impulsionadas a buscar continuamente a melhoria de seus processos, produtos e serviços, visando chegar em resultados que assegurem maior eficiência e correção de possíveis falhas, chegando em menores custos de produção (Silva, 2024).

Para qualquer veículo automotor, Anjos (2023) relata que o pneu é um dos principais componentes, devido a sua função de dar suporte para todo o peso da estrutura e da carga, além de ser responsável pelo contato do veículo com o solo, sendo considerado um item de segurança. É válido destacar que, apesar da sua relevância no mercado, esse produto está no centro da questão ambiental devido ao alto impacto de degradação e aos riscos quando descartado de maneira incorreta (Agência Brasil, 2022). É por tais fatores que os fabricantes de pneus atuam diretamente na redução das perdas, mantendo alto padrão de qualidade, alinhado com a busca por preços competitivos, identificando oportunidades no processo que proporcionem ganhos para a empresa (Pinto, 2017). A produção de peças e produtos com defeito está associada a componentes que não atendam aos requisitos especificados pela qualidade (Antunes, 2008). Significa dizer que quando um produto não conforme é gerado há perdas com material, manuseio, produtividade, tempo e esforço, além de desperdícios de espera, movimentação e estoque.

Nesse cenário, uma empresa de pneus localizada no interior da Bahia, realizou um mapeamento dos defeitos que mais impactam na qualidade, no que tange a retrabalho, e identificou que a “Escassez na banda de rodagem” está entre os cinco piores da planta fabril, com 25% a mais de pneus com defeito do que a meta de 0,28% do volume produzido. Diante disso, devido ao alto custo atrelado e ao risco de ter um pneu eliminado (quando não se atinge o padrão especificado), o presente trabalho visa promover a redução do retrabalho para o defeito “escassez na banda de rodagem” com o propósito de assegurar maior competitividade, promover aumento da produtividade e qualidade do produto e redução do descarte desse produto, que possui alto impacto de degradação.

Para isso, realizou-se um estudo de caso, objetivando uma melhor compreensão e aprofundamento, baseando-se em uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa, para adquirir informações que possam definir e padronizar as amostras deste estudo através da utilização de uma fonte direta de dados. Ademais, ferramentas da qualidade (Brainstorming, 5 Porquês, Diagrama de Ishikawa, Matriz GUT e 5W2H) foram elaboradas para investigação da causa raiz, ações foram implementadas e dados de retrabalho, antes e depois da atuação, foram avaliados, objetivando mensurar o impacto das atividades.

REVISÃO DE LITERATURA

BRAINSTORMING

Traduzido em português como “tempestade de ideias”, essa ferramenta é uma técnica útil para gerar novas ideias, de maneira formal ou informal, e envolver a equipe multifuncional de trabalho acerca de determinada problemática em um intervalo pequeno de tempo, onde é estimulado o pensamento criativo, sendo que apenas é permitida discussão após o recolhimento de todas as ideias (Breyfogle III, 2003).

Oliveira (2020) aborda que a ferramenta pode ser realizada de duas maneiras distintas, a estruturada, onde cada pessoa do grupo pode falar uma ideia por rodada, e a não estruturada, onde os integrantes do grupo falam suas ideias apenas quando elas surgem. Como vantagem deste método, nota-se o incentivo à livre associação, à participação equitativa e ao rompimento de barreiras causadas pela inibição.

5 PORQUÊS

Consoante Braz e Cazini (2019), a técnica dos 5 porquês auxilia na compreensão da origem de um determinado problema, por meio de 5 perguntas sobre os porquês aconteceram as ocorrências. Os 5 porquês têm como objetivo identificar a causa raiz de um problema, e normalmente encontra-se a causa raiz entre a terceira e quinta pergunta. Porém, se for necessário, deve-se repetir até descobrir o que originou o problema (Aguiar, 2014). Em seguida, busca-se desenvolver ações efetivas relacionadas diretamente com as causas da problemática.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Este diagrama também pode ser chamado de diagrama causa e efeito ou espinha de peixe ou 6M's e possibilita uma forma simples de exibir graficamente as causas para um determinado problema dividido em 6 principais grupos: mão de obra; máquina; material; método; medição; e meio ambiente. A melhoria de processo envolve a atuação sobre causas de variação, as quais, na prática, podem surgir em quantidades muito elevadas. A utilização deste diagrama serve para mapear a ligação entre o problema na realização de uma atividade e as causas que contribuem para a ocorrência desse efeito, que podem afetar no resultado final (Corrêa & Oliveira, 2017).

MATRIZ GUT

Uma matriz de Gravidade, Tendência e Urgência (GUT) costuma ser utilizada posteriormente na aplicação do Diagrama de Ishikawa para determinação dos segmentos com maiores impactos para o problema em questão. A Matriz GUT faz uso de técnicas que auxiliam na classificação do grau de importância e do impacto, sendo bastante utilizada para compreender e avaliar os riscos por meio de priorização, buscando diminuir as reações causadas pelas falhas (Trucolo et al., 2016). Para priorização e realização das ações é necessário atribuir notas que ajudem a classificar o grau de relevância do que está sendo analisado. A partir da soma ou multiplicação dos valores atribuídos é possível definir as ações prioritárias, sendo essas as quais possuírem os valores mais altos.

5W2H

Conforme Nakagawa (2014), o plano de ação 5W2H é capaz de promover um planejamento organizado e detalhado das atividades propostas. A ferramenta é composta por sete

questionamentos de direcionamento das ações: *what* (o que), que estabelece o problema a ser resolvido ou ação que deve ser executada; *why* (por que), a motivação para realizar a ação ou resolver o problema; *who* (quem), que determina os responsáveis para execução; *where* (onde), local em que será realizada a atividade; *when* (quando), prazo para que aconteçam; *how* (como), para detalhar a forma como será realizado; e, por fim, *how much* (quanto), descrevendo qual o custo atrelado às atividades (Mello, 2021).

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo de caso, visando uma melhor compreensão e aprofundamento na área estudada (Yin, 2015). O estudo baseia-se em uma pesquisa descritiva, que visa fazer uso de conhecimentos de determinadas características e dados informativos de conjuntos de pessoas ou grupos em geral, objetivando adquirir informações concretas que possam definir e padronizar amostras de estudos específicos que estão em análise (Gil, 2008). Além disso, a abordagem utilizada foi a qualitativa, aplicada para compreender cada etapa do sistema e utilizá-las como fonte direta de dados (Rosa, 2021).

Primeiramente, na etapa de identificação do problema, buscou-se avaliar o histórico de dados de retrabalho, extraído da base de dados da empresa, no período de janeiro a maio (meses que antecedem o início do projeto) do ano de 2024. Assim como, os percentuais acumulados para os dois anos anteriores. A partir disso, um estudo foi conduzido para avaliar a frequência e o impacto no tempo não produtivo e, então, foi selecionado o defeito de escassez da banda de rodagem, pois ele está entre os cinco mais impactantes na planta, possuindo um percentual técnico de 0,35%, para o mesmo período, estando 0,07% acima da meta estabelecida de 0,28% do volume total produzido.

Concomitante à identificação do problema foi sendo realizada a coleta de dados para a sua validação. Na etapa seguinte, após análise dos dados coletados para definição do projeto, objetivando compreender o cenário e obter uma visão clara sobre o histórico do defeito, buscou-se correlacionar as variáveis do processo com a escassez na banda de rodagem, com o intuito de identificar os fatores que influenciam diretamente na ocorrência desse. Com base nesse diagnóstico inicial, tornou-se possível estruturar a equipe de trabalho de forma estratégica.

A equipe de trabalho montada foi formada por 11 colaboradores que representaram as diversas áreas da fábrica, sendo todos com mais de 10 anos de experiência na empresa de pneus, como, confecção, inspeção final, vulcanização, manutenção e produção, sendo, portanto, multidisciplinar. A escolha do grupo levou em consideração a importância de visões distintas de cada parte do processo para melhor identificação das causas raízes, bem como, das propostas de atuação a fim de aprofundar a análise das causas e direcionar as ações de forma mais eficaz através das ferramentas da qualidade.

Com o intuito de mapear as causas da escassez na banda de rodagem, aplicou-se o *brainstorming*, com a participação de toda a equipe de trabalho, em três rodadas em dias distintos, com duração média de 30 minutos. Para que o resultado obtido fosse mais eficaz, cada opinião foi ouvida, sem interrupções ou críticas, de modo que qualquer sugestão fosse válida. Essa ferramenta foi direcionada pela líder do projeto que possibilitou tempo médio de 5 minutos por pessoa para opinar acerca das causas.



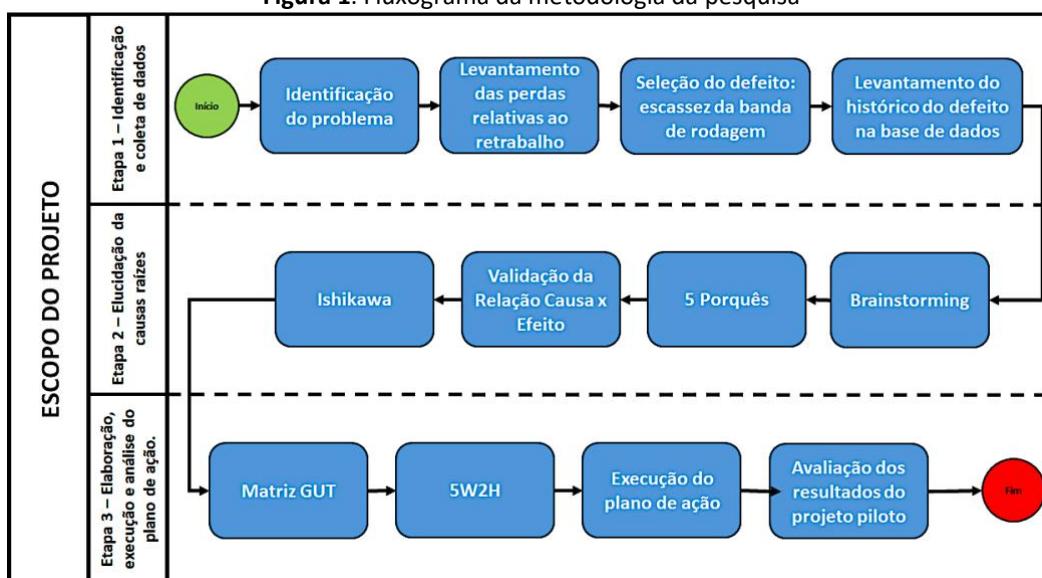
Após a aplicação do *brainstorming*, que possibilitou a coleta de informações a respeito da causa do defeito, em uma reunião distinta com participação de todos os membros, que durou cerca de 1 hora, foram construídos os 5 porquês, com o objetivo de aprofundar as causas e reorganizar as informações coletadas, tomando como referência a relação existente entre as possíveis causas dos defeitos levantados pautado esse *link* na experiência e conhecimento empírico e técnico da equipe multidisciplinar, tendo em vista que alguns dos pontos trazidos são consequências de certas ações.

Em seguida, depois da construção dos 5 porquês, aplicou-se a Matriz de Ishikawa ou Diagrama de causa e efeito, com o intuito de classificar os principais causadores do problema de “escassez na banda de rodagem” nas seis dimensões da ferramenta, seja ele máquina, medida, meio-ambiente, mão de obra ou materiais.

Para a resolução das tratativas, depois da construção do diagrama Ishikawa, uma nova reunião foi realizada, com a participação de todos os membros e com duração estimada de 1 hora, para a elaboração do plano de ação. Iniciou-se com a aplicação da Matriz GUT, objetivando priorizar as causas que possuem maior urgência para resolução, a partir dos valores atribuídos por cada colaborador do projeto baseados nos critérios de gravidade, urgência e tendência. A pontuação destinada para cada possível motivação foi somada e os três que apresentaram maiores valores foram definidos como prioridade de atuação, com o intuito de ocasionar maior impacto. Os valores atribuídos poderiam ser 9, 3 ou 1, sendo a maior nota para o mais crítico.

Por fim, depois da construção da Matriz GUT, foi elaborado um plano de ação, o 5W2H, o qual foi direcionado pelas causas raízes mais críticas constatadas pela matriz de priorização. Em uma reunião com duração de 1 hora e 30 minutos, todas as ferramentas já construídas foram apresentadas para todos os 11 colaboradores do projeto, com o objetivo de que ações fossem propostas, às pessoas responsáveis, a forma como ela seria conduzida, o prazo para realização e a motivação desta atividade. Posteriormente, a líder do projeto mapeou os custos atrelados a cada atividade, o que levou a construção do plano de ação. A execução das atividades foi realizada em uma linha piloto para melhor identificação da eficácia das ações (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da metodologia da pesquisa



Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

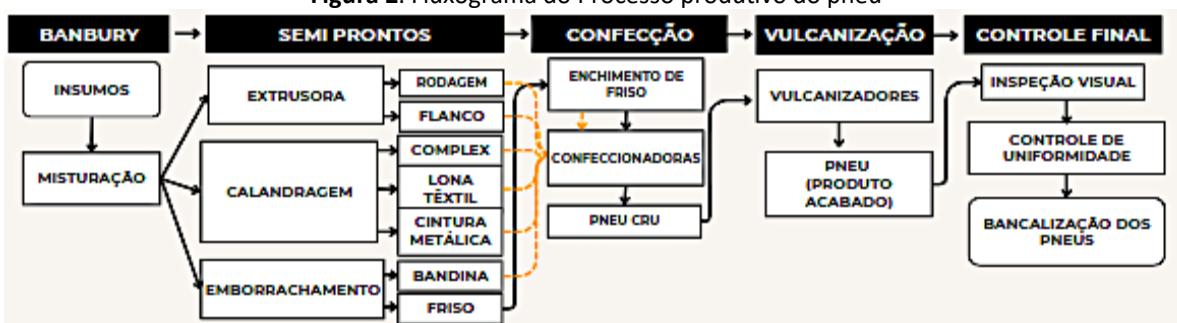
Nesta seção serão discutidos os resultados da aplicação das ferramentas da qualidade no estudo de caso em questão, que tem como objetivo de promover a redução de retrabalho e proporcionar maior competitividade, produtividade e qualidade além da redução do descarte deste produto.

A fábrica de pneus estudada, cujo nome será preservado, é uma multinacional com unidades fabris em diversos locais do mundo. A planta analisada está há mais de 30 anos com produção ativa, possui mais de 1.000 colaboradores e uma produção superior a 12 mil pneus por dia. Com foco apenas em pneus para carros, a empresa fica sediada no interior da Bahia, e atende tanto a demanda de equipamentos originais, para as montadoras, como para revenda, com foco majoritário no mercado exterior para ambos os tipos de produtos.

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PNEUS

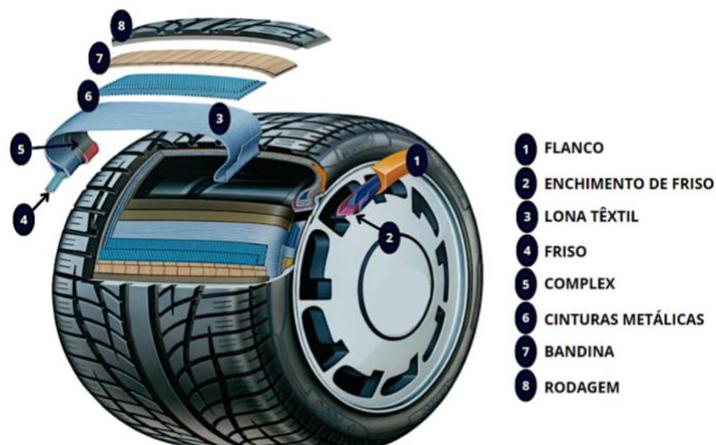
O processo produtivo do pneu se inicia no *banbury* com a mistura dos insumos (negro de fumo, borracha sintética e natural, enxofre etc.) a fim de transformá-los em compostos de borracha. Em seguida (Figura 2), esse produto é destinado para a área de semiprontos. Nessa fase há três tipos de processos: calandragem, onde o composto é extrudado e aderido a fios de aços ou tecidos têxtil, para em seguida ser cortado, originando a cintura metálica e lona têxtil, respectivamente, além do complex; a extrusora, onde também será extrudado para produzir o flanco e a rodagem do pneu; o emborrachamento, onde componentes metálicos serão recobertos por borracha para originar o enchimento de friso e bandina (Da Silva, 2017).

Figura 2. Fluxograma do Processo produtivo do pneu



Fonte: Autores (2025).

Na confecção ocorre a unificação de todos os componentes produzidos na etapa precedente. Deste modo, forma-se o pneu cru, como é chamado antes de ser vulcanizado, com o friso, enchimento de friso, flanco, lona têxtil, cintura metálica, complex, bandina e rodagem (Figura 3). Na etapa seguinte, a vulcanização, o pneu cru será submetido a altas pressões e temperaturas com o objetivo de alcançar as propriedades químicas e físicas especificadas, originando o produto final (Costa, 2017). A última etapa é o controle final, onde o pneu passará por avaliações manuais e testes de uniformidade, com o intuito de assegurar a qualidade padrão, segurança e confiabilidade na *performance* do pneu, para posterior bancalização.

Figura 3. Elementos que compõem o pneu

Fonte: Autores (2025).

Durante cada etapa desse processo podem surgir materiais não conformes, sendo eles oriundos de perturbações no processo. Como consequência, têm-se produtos que não podem ser reaproveitados, chamados de eliminados, ou quando há necessidade de pequenos ajustes/reparos, denominado retrabalho. O defeito estudado neste trabalho, incide majoritariamente como retrabalho e é subdividido em duas tipologias: Falta de material (Figura 4) e biscoito arredondado (Figura 5).

Figura 4. Tipologia de falta de material

Fonte: Autores (2025).

Figura 5. Tipologia de biscoito arredondado

Fonte: Autores (2025).

O primeiro caso é caracterizado por um “corte” circunferencial na rodagem (Figura 4), enquanto o segundo apresenta arredondamento do biscoito na rodagem (Figura 5). Para cada uma dessas tipologias há uma causa distinta atrelada, que exigirá esforços diferentes, tanto para direcionamento das atuações quanto para execução do retrabalho. Com o objetivo de tornar os esforços mais assertivos, foram aplicadas ferramentas da qualidade, as quais serão abordadas nos próximos tópicos, que identificarão a causa raiz do problema.

CENÁRIO DO PROJETO DE MELHORIA

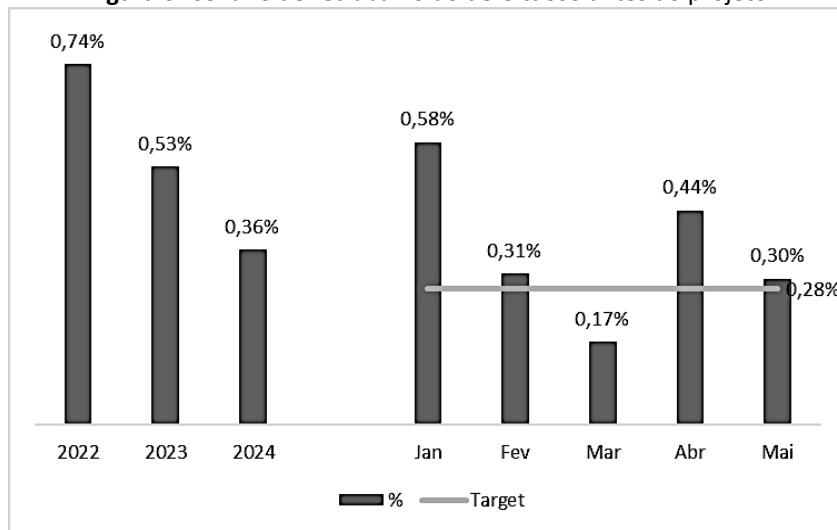
O *Key Performance Indicators (KPI)* de retrabalho é acompanhado diariamente pelos gestores de qualidade e para definição da meta para o ano seguinte considera-se uma média dos últimos seis meses do ano anterior. Desta forma, para o defeito de Escassez na Banda de Rodagem, definiu-se uma meta de 0,28% do volume total produzido para o ano de 2024. Durante os primeiros meses deste ano, o indicador encontrou-se fora da meta estabelecida.

Por conta disso, notou-se a necessidade de desenvolvimento de um projeto, de modo a promover uma redução desse indicador. Para avaliar o impacto do defeito no sistema produtivo, considera-se o percentual técnico, que é dado pela divisão da quantidade de retrabalho gerado pelo volume total produzido em um determinado período.

ANÁLISE HISTÓRICA DOS DADOS

Antes da elaboração das ferramentas da qualidade, para melhor compreensão do defeito, realizou-se um levantamento dos dados da geração de retrabalho, para o defeito de escassez na banda de rodagem, dos últimos dois anos e do ano vigente, de janeiro até maio, período em que o projeto foi proposto (Figura 6).

Figura 6. Cenário de retrabalho do defeituoso antes do projeto



Fonte: Autores (2025).

Foi possível perceber que o percentual técnico apresenta um decrescimento a partir do ano de 2022 até o ano de 2024. Entretanto, um acompanhamento mensal para este último ano, de janeiro a maio (meses que antecedem o projeto), mostra que os valores oscilam desordenadamente e sem acompanhamento específico para justificar tal fato. A partir disso, buscou-se encontrar correlação entre as variáveis do processo e o problema estudado, identificando quais destas impactam na escassez da banda de rodagem de modo a compreender as variações dos dados e propor ações efetivas para contenção do problema.

APLICAÇÃO DO BRAINSTORMING

A utilização das ferramentas da qualidade iniciou pelo *brainstorming*, que foi aplicado no início do mês de junho, sendo conduzido com a equipe de trabalho multidisciplinar, em uma reunião presencial, garantindo diversidade de perspectivas e maior riqueza nas contribuições. Durante esse momento, foram colhidos diversos *insights*, permitindo a identificação inicial de fatores que poderiam estar impactando na “escassez da banda de rodagem”, tanto para a tipologia de “biscoito arredondado” quanto para a de “falta de material”.

As informações coletadas foram organizadas (Figura 7) e serviram de fundamentação para aplicação das demais ferramentas. A confiabilidade das possíveis causas estabelecidas foi ratificada pelo *know-how* dos profissionais que compõem o projeto, os quais possuem mais de 10 anos de experiência na empresa na área da qualidade de pneus. Neste momento também, foi realizada a filtragem das causas coletadas, tendo em vista que essas foram

relatadas mais de uma vez por colaboradores distintos, ou seja, houve causas que receberam sugestão mais de uma vez, havendo a necessidade de agrupá-las.

Figura 7. Aplicação do *Brainstorming*

BRAINSTORMING	
PROBLEMA	CAUSA
BISCOITO ARREDONDADO	CONDIÇÃO DAS MÁQUINAS DE VULCANIZAÇÃO
	TRAVAMENTO DOS SPRINGS DO MOLDE
	ENTUPIMENTO DOS FUROS DE RESPIRO
	INTERVALO DE TEMPO ENTRE LAVAGEM DOS MOLDES
	NÃO APLICAÇÃO OU APLICAÇÃO INCORRETA DO LUBRIFICANTE
FALTA DE MATERIAL	PERFIL DA SAGOMATA DA RODAGEM DESALINHADO
	CASAMENTO IRREGULAR DA SAGOMATA COM O MOLDE
	COMPORTAMENTO DA MASSA DE RODAGEM

Fonte: Autores (2025).

APLICAÇÃO DOS 5 PORQUÊS

A partir das possíveis motivações coletadas no *brainstorming*, aplicou-se os 5 porquês (Figura 8) com o objetivo de investigar a causa raiz através de questionamentos sucessivos de cada problema. Esse processo possibilitou um aprofundamento na análise, eliminando causas superficiais e destacando fatores fundamentais que necessitavam de intervenção.

Figura 8. 5 porquês

Nº	Motivo / Problema	5 POR QUÊS				
		Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
1	Escassez na banda de rodagem	Falta de massa na rodagem	Comportamento cinético irregular da massa de rodagem	Ausência de monitoramento da cinética da massa		
		Casamento irregular da sagomata com o molde	Sagomata desalinhada	Perfil da rodagem projetado de forma irregular	Não realizada avaliação do casamento na fase de desenvolvimento	
		Travamento do spring/furo de respiro	Resto de borracha encrostada no molde	Armazenamento do molde sujo após utilização	Não realização da limpeza no prazo estimulado	Falta de mão de obra e de conscientização sobre a importância da limpeza
			Spring sem lubrificação	Lubrificante não é aplicado na frequência correta	Pistola de aplicação danificada	

Fonte: Autores (2025).

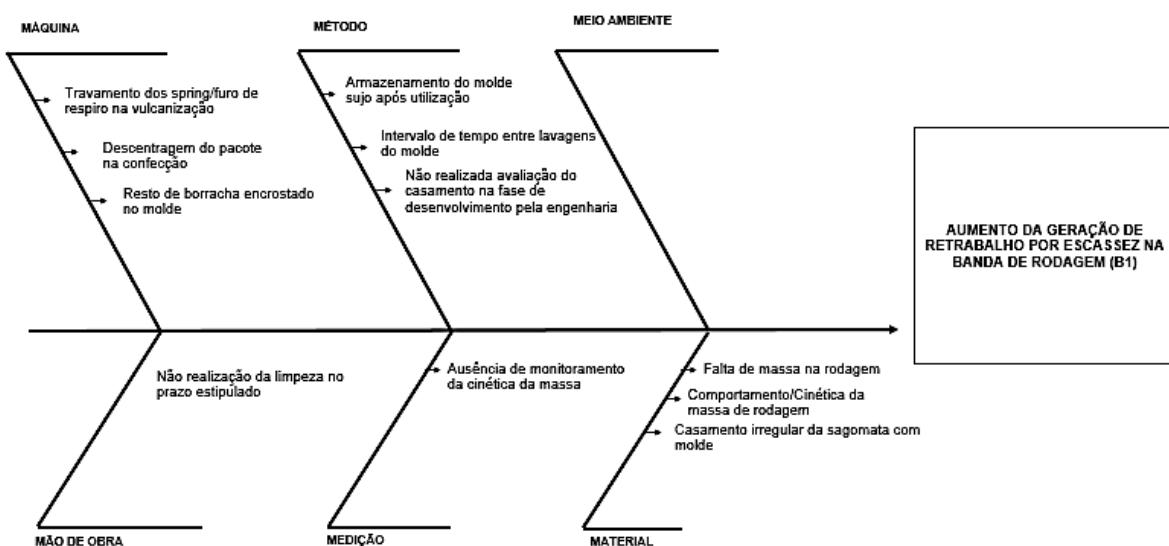
Através da ferramenta, onde questionou-se o porquê de cada causa, aprofundando-se para chegar a origem fundamental do problema, foi possível identificar que fatores como ausência de monitoramento da cinética da massa, a não realização da avaliação do casamento da sagomata com o molde na fase de desenvolvimento do pneu pela engenharia do produto, a falta de mão de obra e conscientização sobre a importância da limpeza e a pistola de aplicação danificada podem contribuir para incidência do defeito.

APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Com base nos 5 porquês, as informações foram organizadas no Diagrama de Ishikawa (Figura 9), permitindo a categorização das possíveis causas do problema em seis grandes grupos: Máquina, Método, Meio Ambiente, Mão de obra, Medição e Material. Essa abordagem destacou os principais fatores com maior correlação com a não conformidade identificada, proporcionando uma visão estruturada das interações entre diferentes variáveis do processo e facilitando a definição de ações corretivas mais assertivas.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa





Fonte: Autores (2025).

Na categoria máquina, as causas identificadas incluíram o travamento dos *springs* ou furos de respiro na etapa de vulcanização, a descentralização do pacote na confecção e o acúmulo de resto de borracha no molde. Em Método, foram apontados problemas como armazenamento do molde sujo após utilização, periodicidade insuficiente de lavagens do molde e ausência de avaliação do casamento na fase de desenvolvimento pela engenharia. Na categoria mão de obra, destacou-se a não realização da limpeza do molde dentro do prazo estipulado. Já em medição, a principal causa observada foi a ausência de monitoramento da cinética da massa. Por fim, na categoria material, foram identificados fatores como a falta de massa na rodagem, cinética inadequada da massa de rodagem e casamento irregular da sagomata com molde.

APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT

A Matriz GUT foi elaborada com o objetivo de classificar e priorizar as causas identificadas com base nos critérios de Gravidade, Urgência e Tendência, a partir da avaliação individual de cada membro da equipe, onde foi atribuído o valor de 1 ou 3 ou 9, sendo o primeiro de baixo impacto e o último com maior impacto. Foi estabelecido também que o peso 3 poderia ser utilizado duas vezes e o 9 apenas uma única vez, almejando minimizar o viés de escolha por cada colaborador. A pontuação final foi obtida pela soma dos valores atribuídos e foi calculado também uma porcentagem relativa para cada causa em relação ao somatório geral das pontuações.

A matriz utilizada (Figura 10) foi estruturada a partir das informações obtidas nas ferramentas anteriores, garantindo que a tomada de decisão fosse fundamentada em dados concretos e uma análise criteriosa. A partir do percentual calculado, em relação à pontuação final, foi possível perceber que duas dessas causas concentraram mais de 50% do impacto total para a escassez na banda de rodagem: o travamento dos *springs* durante a vulcanização e o casamento irregular da sagomata com o molde.

Figura 10. Matriz GUT

		Colaborador Controle Final	Colaborador Vulcanização	Colaborador Confecção	Gestor da área de produção	Colaborador Uniformidade	Colaborador Molde	Colaborador Vulcanização	Colaborador confecção	Colaborador SemiProntos	TOTAL	%
MÉTODO	Armazenamento do molde sujo após utilização	1	1	1	1	1	3	1	1	1	11	5%
	Não realizada avaliação do casamento na fase de desenvolvimento	1	1	1	3	1	1	1	3	1	13	6%
	Intervalo de tempo entre lavagens do molde	1	1	1	1	1	1	1	1	3	11	5%
MAQUINA	Travamento dos springs na vulcanização	9	3	3	9	3	9	3	9	9	57	28%
	Resto de borracha encrostado no molde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	4%
	Descentragem do pacote na confecção	1	1	3	1	1	3	1	1	1	13	6%
MATERIAL	Falta de massa na rodagem	1	1	1	1	1	1	1	1	3	11	5%
	Comportamento/Cinética da massa de rodagem	3	3	1	1	3	1	1	1	1	15	7%
	Casamento irregular da sagomata com molde	3	9	9	3	9	1	9	3	1	47	23%
Mão de obra	Não realização da limpeza no prazo estipulado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	4%
MEDICÃO	Ausência de monitoramento da cinética da massa	1	1	1	1	1	1	3	1	1	11	5%

Fonte: Autores (2025).

Com base nesse resultado, essas causas foram priorizadas para a elaboração de um Plano de Ação, estruturado por meio da ferramenta 5W2H (Figura 10), contendo medidas corretivas e preventivas para mitigar as falhas identificadas. Dessa forma, as contramedidas propostas não apenas buscarão a solução imediata dos problemas levantados, mas também almejam reduzir o risco de recorrência dessas falhas no futuro, promovendo maior estabilidade e eficiência no processo.

APLICAÇÃO DO 5W2H

Com base nas principais causas mapeadas na matriz de priorização, foram definidas ações estratégicas para eliminar a causa raiz do problema e, consequentemente, reduzir a ocorrência de defeitos. Para cada ação elaborada, foram detalhados o motivo da execução, a metodologia a ser adotada, o prazo para implementação, os responsáveis, o local e a forma de realização, além da identificação de eventuais custos envolvidos na implementação das medidas (Figura 11). Esse detalhamento garante um planejamento estruturado e eficaz, permitindo a alocação adequada de recursos e a viabilidade das ações.



Figura 11. Plano de ação

Plano de Ação - Redução da geração de retrabalho (BI)							
STATUS	WHAT (O QUE)	WHY (PORQUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	HOW (COMO)	HOW MUCH (CUSTO)	WHEN (QUANDO)
Concluído	Conserto da pistola aplicadora de lubrificante	Bico da pistola está quebrado, aguardando conserto pela manutenção	Manutenção	Manutenção	Aquisição de bico da pistola	R\$ 800,00	12/07/2024
Concluído	Aquisição da pistola aplicadora do lubrificante	Pistola reserva	Manutenção	Gestor manutenção	Compra de nova pistola	R\$ 3.000,00	12/07/2024
Concluído	Elaboração de documento para registro de aplicação de lubrificante nas máquinas	Controlar a aplicação do lubrificante nas máquinas para evitar B102	Molde	Estagiária da Qualidade	Elaboração de um documento que solicita horário, visto e máquinas aplicadas	R\$ -	10/07/2024
CONTÍNUO	Aplicação de lubrificante diariamente nas máquinas	Promover a lubrificação do spring	Vulcanização	Gestor molde	Aplicar lubrificante em todo o molde	R\$ -	Diariamente
Concluído	I2345 - Alteração do perfil de rodagem da medida	Casamento da sigomata com molde irregular	Semi prontos	Analista Confecção	Alteração das cotas do perfil	R\$ -	31/07/2024
Concluído	I2346 - Alteração do perfil de rodagem da medida	Casamento da sigomata com molde irregular	Semi prontos	Estagiária da Qualidade	Alteração das cotas do perfil	R\$ -	09/09/2024
CONTÍNUO	Relatório de medidas entrantes retrabalho e reparo	Avaliar preventivamente se há comportamento irregular na medida capaz de tenderizar o BI	Vulcanização	Analista de custos	Relatório automático com histórico de geração de retrabalho das medidas	R\$ -	31/10/2024

Fonte: Autores (2025).

As melhorias foram implementadas sem interrupção do processo produtivo e, algumas delas, simultaneamente, por isso, não foi possível mensurar o impacto percentual para cada ação executada. Isso ocorreu devido à celeridade da necessidade de solução e por entender que todas as ações têm potencial de melhoria. Sendo assim, para medir a eficácia das atividades realizadas, foi exportado do banco de dados da empresa os percentuais técnicos (quantidade produzida sobre volume total produzido) de cada mês desde o início do projeto, comparando-os com o histórico estudado previamente.

Baseado no resultado obtido com a Matriz GUT, o primeiro motivo com maior percentual diz respeito ao travamento dos *springs* na etapa de vulcanização. Os *springs* ou furos de respiro representam o sistema de ventilação, capaz de proporcionar o escape das bolsas de ar geradas devido a variações de temperatura e pressão, que funcionam como uma espécie de mola. Essa não conformidade é causada, principalmente, pela falta de lubrificação, que deve ser realizada diariamente em todas as máquinas, uma vez ao dia, segundo a norma de limpeza do molde, de modo a retardar o seu entupimento. Quando esse sistema se encontra entupido ou travado, há uma impossibilidade de evacuar o ar do molde e, consequentemente, há o surgimento da não conformidade, o defeituoso do biscoito arredondado. Portanto, a aplicação do lubrificante atua como atividade preventiva, enquanto, como correção devem ser eventados (passar caneta ultrassom) todos os *springs* ou furos de respiro que forem encontrados travados ou entupidos.

Durante o estudo constatou-se que a norma que regulamenta a limpeza dos moldes não estava sendo seguida devido à quebra da pistola aplicadora, levando a aplicação apenas em máquinas críticas de maneira adaptada, o que aumentava o risco da atividade e o tempo de aplicação. Nesse cenário, foi necessário o conserto do equipamento danificado e a aquisição de uma nova pistola, com o intuito de assegurar o cumprimento da especificação e de se manter prevenido em cenários adversos. Além disso, como forma de acompanhar se o procedimento estava sendo seguido, foi elaborado um *checklist*, disponível no Apêndice, de preenchimento diário, de quais máquinas o produto foi aplicado, o horário de execução da atividade e a matrícula de identificação do colaborador que realizou a atividade.

A segunda causa discutida diz respeito ao casamento irregular da sagomata com o encavo do molde. Em um cenário correto, a sagomata da banda de rodagem deve encaixar corretamente com o encavo do molde na vulcanização, todavia, quando isso não ocorre, podem incidir defeitos sobre os pneus. Tal questão pode ser identificada a partir da realização de um pneu marcado, prática em que a sagomata é marcada no pneu cru, na confecção, de modo a identificar a região de encaixe do molde após o completo cozimento do produto. Como resultado dessa atividade, quando encontradas irregularidades, é possível realizar ajustes no perfil da rodagem e nas fieiras capazes de propiciar o casamento regular. Apesar do alto impacto, esse motivo depende do tipo de pneu a ser produzido, já que se trata de um problema oriundo do processo de fabricação, ou seja, a ocorrência da irregularidade depende do *mix* de pneu que será produzido em determinado período.

Em caso de novas medidas, essa atividade deve ser realizada ainda na fase de desenvolvimento como forma de combater a aprovação de uma medida com tendência para o defeituoso. Entretanto, para medidas antigas, o preciso diagnóstico do problema, bem como, a sua correção, só pode ser feito com essa em normal produção. Deste modo, para pneus com essa característica, há um impacto significativo na geração de retrabalho até que o problema seja definitivamente identificado e resolvido.

Além das ações trazidas anteriormente, outra ação para mitigar a geração foi o envio de relatórios semanais com desritivo do histórico de geração de retrabalho para os períodos de 1 a 2 anos de todas as medidas que serão produzidas. Com isso, a empresa se prepara para conter o defeituoso através de ações mais ágeis e direcionadas. Sendo assim, para pneus com tipologia do biscoito arredondado, são realizadas a aplicação de lubrificante e destravamento do sistema de ventilação, enquanto para os com tipologia de falta de material são realizadas ações mais complexas, que demandam mais tempo, como a alteração das cotas da rodagem (Figura 12). A sistemática desenvolvida, que vai desde a análise prévia até a alteração de perfil ou destravamento dos *springs*, possibilitou maior agilidade na resolução dos problemas e maior contenção do avanço do defeito.

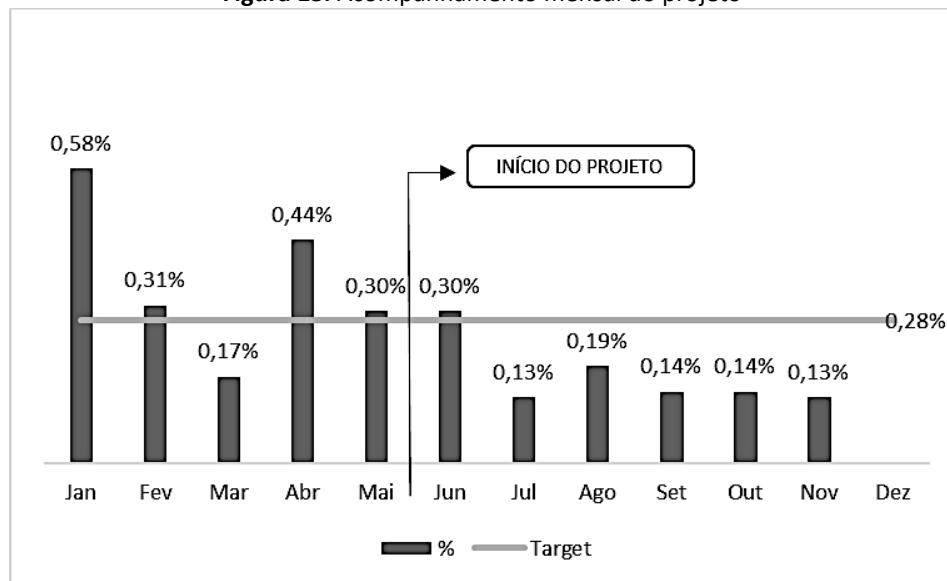
Figura 12. Ações propostas

Tipologia	Ação	Tipo
Biscoito Arredondado	Aplicação de lubrificante no molde	Preventivo
	Eventar furo de respiro ou spring	Corretivo
Falta de material	Alteração no perfil da rodagem Realização de um pneu marcado (fase de desenvolvimento)	Corretivo Preventivo

Fonte: Autores (2025).

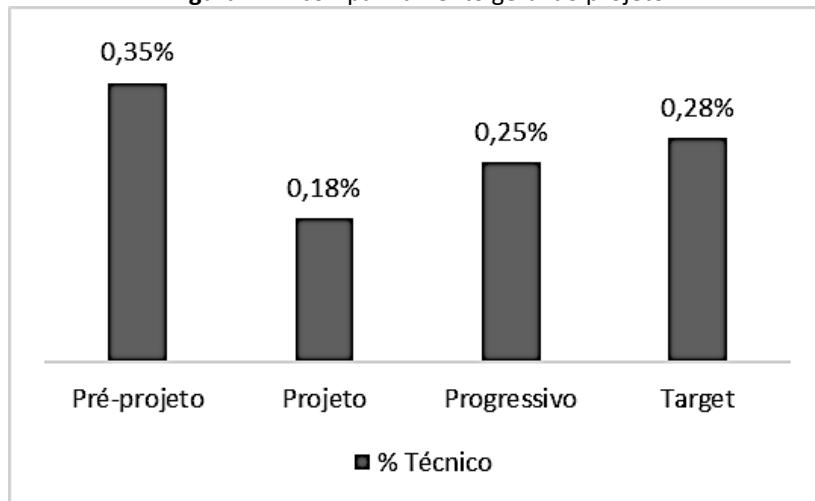
IMPACTO DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS: ANÁLISE DE DADOS

As atividades do plano de ação foram implementadas em uma linha piloto para que fosse avaliado os dados de modo mais efetivo. Desse modo, nota-se uma redução gradativa do percentual técnico de retrabalho para o defeito de escassez na banda de rodagem (Figura 13). Todavia ainda há oscilação nos resultados obtidos, as quais são justificadas pela complexidade para alteração do perfil de rodagem, que envolve desde a fase de semiprontos até a vulcanização, conforme retratado na seção anterior. As variações identificadas são acompanhadas e contidas para as medidas de pneus causadoras. É necessário destacar, portanto, que uma vez realizado o ajuste, a medida não apresentará mais a escassez em produções seguintes.

Figura 13. Acompanhamento mensal do projeto

Fonte: Autores (2025). Dados coletados no ano de 2024.

Assim, nota-se que, como consequência das atividades desenvolvidas, em um período de seis meses, promoveu-se uma redução de 0,10% no acumulado do ano e uma redução de 0,17% comparada aos meses que antecederam o projeto, considerando apenas o período de desenvolvimento deste (Figura 14). Essa redução percentual, quando aplicada ao volume total de produção de pneus no período analisado, resultou em aproximadamente 3 mil unidades a menos de produtos defeituosos. No período que antecedeu o projeto havia mais de 6 mil pneus com essa não conformidade, logo, é possível afirmar que, após implementação das melhorias, houve uma redução de 50% de pneus defeituosos.

Figura 14. Acompanhamento geral do projeto

Fonte: Autores (2025).

CONCLUSÕES

A aplicação das ferramentas provou ser uma abordagem prática e eficiente na redução de defeitos em processos produtivos complexos, como o de fabricação de pneus. Este estudo demonstrou a importância de adotar uma estrutura sistemática para a análise e resolução de problemas, com o uso de ferramentas da qualidade. Essas ferramentas foram essenciais para identificar as causas raízes da "escassez na banda de rodagem", permitindo a implementação de ações corretivas e preventivas altamente direcionadas.

O trabalho evidenciou a eficácia de ações como a manutenção preventiva no sistema de ventilação (*springs*), os ajustes no perfil da banda de rodagem e a sistemática adotada de análise prévia até a implementação das contramedidas, obtendo como resultado, uma redução de 50% na quantidade de pneus afetados pelo defeito estudado, o que representa, aproximadamente, 3 mil unidades a menos de retrabalho em um período de seis meses. Quando analisado o percentual técnico – a relação entre a quantidade de pneus defeituosos e o total produzido – a redução foi de 0,10%, passando de um índice médio de 0,35% para 0,25% no acumulado do ano. Esses números demonstram que o projeto trouxe resultados concretos, tanto em termos de economia financeira quanto de eficiência produtiva.

Uma das principais limitações deste trabalho está relacionada à identificação e correção dos defeitos durante o processo produtivo. Como o ajuste das medidas só pode ser realizado após a produção da peça, existe um intervalo de tempo necessário para detectar a não conformidade e implementar as ações corretivas, o que pode gerar oscilações nos resultados. Além disso, a complexidade envolvida na alteração do perfil de rodagem, abrangendo desde a fase de semiprontos até a vulcanização, influencia diretamente na estabilidade do processo, tornando a padronização das melhorias um desafio. Embora as variações identificadas sejam monitoradas e controladas, o tempo necessário para ajustes pode impactar a eficácia imediata das ações implementadas. Assim, apesar dos avanços alcançados, a redução dos defeitos ocorre de forma gradual e demanda acompanhamento contínuo para garantir a consolidação das melhorias no longo prazo.

Pode-se destacar a melhora no Overall Equipment Effectiveness (OEE), uma vez que o rendimento da planta irá aumentar quantitativamente com produtos com zero defeito e de elevada qualidade. Por fim, este trabalho reafirma a importância de iniciativas de melhoria contínua em um mercado cada vez mais competitivo e ambientalmente exigente. A abordagem utilizada não apenas reduziu custos e aumentou a eficiência, mas também fortaleceu uma cultura de qualidade e sustentabilidade. O projeto se destaca como um exemplo valioso para outras indústrias, demonstrando o potencial das metodologias de qualidade para transformar desafios operacionais em oportunidades estratégicas de inovação e aprimoramento.

REFERÊNCIAS

- Agência Brasil. (2022, julho). Brasil descarta por ano mais de 450 mil toneladas de pneus. *Agência Brasil*. Recuperado de <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-07/brasil-descarta-por-ano-mais-de-450-mil-toneladas-de-pneus#:~:text=No%20Brasil%20mais%20de%20450,para%20se%20decompor%2C%20na%20natureza>
- Aguiar, M. C. (2014). Análise de causa raiz: levantamento dos métodos e exemplificação. (Dissertação de mestrado Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção), PUC-Rio. Recuperado de <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>
- Anjos, E. O. dos, Santos, J. M. dos, & Costa, T. A. do E. (2023). Aplicação da metodologia A3 para diminuição de desperdícios de tecido têxtil e melhoria de processos na indústria de pneus: estudo de caso desenvolvido em uma fábrica localizada em Feira de Santana. (Monografia de Graduação Engenharia de Produção), *Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana*. Recuperado de <https://unef.edu.br/wp-content/uploads/2023/08/Entrega-final-TCC2-versao-final-.pdf>
- Antunes, J. (2008). *Sistemas de produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman.
- Braz, F. S., & Cazini, C. R. (2019). *Aplicação da ferramenta dos 5 Porquês para análise de problemas industriais* [Trabalho de conclusão de curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco]. Recuperado de <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/539/TCC.pdf>
- Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing six-sigma: smarter solutions using statistical methods*.
- Confederação Nacional do Transporte (CNT). (2024). *Pesquisa CNT de Rodovias 2024*. Brasília:

CNT. Recuperado de
<https://static.poder360.com.br/2025/03/pesquisa-CNT-anuario-rodovias-2024.pdf>

Corrêa, P. & De Oliveira, L. (2017). Aplicação das ferramentas da qualidade na solução de problemas de contaminação em uma fábrica de chocolate. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2(2).

Costa, T. M. F. da. (2017). Melhoria de processo na indústria de pneus [Tese de doutorado]. *Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP*. 100p. Recuperado de https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/11866/1/DM_TiagoCosta_2017_MEM.pdf

Da Silva, A. É. M. & De Castro, V. A. (2017). Tecnologia do pneu, fabricação, dimensionamento e aplicação. *Universidade de Rio Verde - UniRV*. Recuperado de <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Arthur%20%C3%89dico.pdf>

Gil, Antônio C. (2008). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6^a Ed. Rio de Janeiro: *Atlas*.

Marion, J. C., Dias, R., & Traldi, M. C. (2002). Monografia para os cursos de administração, contabilidade e economia. *São Paulo: Atlas*.

Mello, K. M. dos S. & Santos, A. J. (2021). Aplicação do método A3 para resolução de problemas em um processo de estampagem de cubas de cozinha. (Monografia de Graduação – Engenharia de Produção), *Unisociesc*. Recuperado de <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstre>

ams/db2dabcb-04fc-4831-9faa-32284f42419d/download

Oliveira, F. A. D. & Rodrigues, S. (2020). Ferramentas básicas aplicadas à qualidade: uma revisão bibliográfica. *RAUEG - Revista de Administração da Universidade Estadual de Goiás*, 11(2), 91-110. Recuperado de https://www.revista.ueg.br/index.php/revista_administracao/article/view/10581/7880

Pinto, L. C. M. (2017). *Otimização do processo produtivo no setor automóvel – indústria de pneus* [Tese de doutorado].

Rosa, C. C. P. & Diez-Garcia, R. W. (2021). Desafios atuais da prática em pesquisa qualitativa: reflexões e posicionamento do pesquisador. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 25, e210487. <https://doi.org/10.1590/interface.210487>

Silva, L. K. M., de Medeiros Filho, L. B., de Lima, M. R. D. M., de Souza Filho, N. O., & de Arruda Câmara, J. M. D. (2024). Gestão da Qualidade como Estratégia de Melhoria Operacional: estudo de caso em uma queijeria no Seridó do Rio Grande do Norte. *Produto & Produção*, 25(1), 99-114.

Trucolo, A. C., et al. (2016). Matriz GUT para priorização de problemas – Estudo de caso em empresa do setor elétrico. *Revista Tecnológica*. 5(2), 124-134.

Yin, R. K. (2015). Estudo de caso: Planejamento e métodos (5^a ed.). *Bookman*.