



## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MASP PARA A MELHORIA DO ÍNDICE BLBP EM UMA INDÚSTRIA DE LAMINAÇÃO

## APPLICATION OF THE MASP METHODOLOGY FOR IMPROVING THE BLBP INDICATOR IN A STEEL ROLLING INDUSTRY

## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MASP PARA LA MEJORA DEL ÍNDICE BLBP EN UNA INDUSTRIA DE LAMINACIÓN

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-047>

**Data de submissão:** 10/11/2025

**Data de publicação:** 10/12/2025

### **Gabriela Silva Assunção**

Graduanda em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: gabriela.1695276@discente.uemg.br

### **Rebeca Paula de Melo**

Graduanda em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: rebeca.1696656@discente.uemg.br

### **Thalita Vitória da Silva Ribeiro**

Graduanda em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: thalita.1695411@discente.uemg.br

### **Vitor Araújo de Souza**

Graduando em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: vitor.1632553@discente.uemg.br

### **Antonio Mendes Magalhães Júnior**

Professor em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

E-mail: antonio.magalhaes@uemg.br

## **RESUMO**

Este artigo investiga a redução de perdas produtivas em uma indústria de laminação de aço, com foco na melhoria do indicador BLBP (Barras Laminadas por Barra Perdida), considerando que elevados índices de sucata impactam diretamente os custos operacionais, o rendimento metálico e a eficiência da linha. Aplicou-se o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) aliado a ferramentas da qualidade, como Pareto, Ishikawa, 5 Porquês e 5W2H. A análise detalhada dos dados operacionais da empresa permitiu identificar causas fundamentais relacionadas principalmente ao Trem Contínuo e ao Trem Desbastador. Após a implementação das ações corretivas propostas, observou-se uma melhora no índice BLBP e uma redução nas perdas, comprovando a eficácia da metodologia adotada e sua relevância para a competitividade industrial.

**Palavras-chave:** Laminação. Índice BLBP. MASP.

## ABSTRACT

This article investigates the reduction of production losses in a steel rolling industry, with a focus on improving the BLBP indicator (Rolled Bars per Lost Bar), considering that high scrap rates directly impact operating costs, metal yield, and line efficiency, the Problem Analysis and Solution Method (MASP) was applied in conjunction with quality tools such as Pareto analysis, Ishikawa diagram, the 5 Whys, and the 5W2H plan. A detailed analysis of the company's operational data made it possible to identify root causes mainly associated with the Continuous Mill and the Roughing Mill. After the implementation of the proposed corrective actions, an improvement in the BLBP index and a reduction in losses were observed, demonstrating the effectiveness of the adopted methodology and its relevance to industrial competitiveness.

**Keywords:** B Rolling. BLBP Index. MASP.

## RESUMEN

Este artículo investiga la reducción de pérdidas productivas en una industria de laminación de acero, centrándose en la mejora del indicador BLBP (Barras laminadas por barra perdida), teniendo en cuenta que los altos índices de chatarra repercuten directamente en los costes operativos, el rendimiento metálico y la eficiencia de la línea. Se aplicó el Método de Análisis y Resolución de Problemas (MASP) junto con herramientas de calidad, como Pareto, Ishikawa, 5 Porqués y 5W2H. El análisis detallado de los datos operativos de la empresa permitió identificar las causas fundamentales relacionadas principalmente con el tren continuo y el tren desbastador. Tras la implementación de las medidas correctivas propuestas, se observó una mejora en el índice BLBP y una reducción de las pérdidas, lo que demostró la eficacia de la metodología adoptada y su relevancia para la competitividad industrial.

**Palabras clave:** Laminado. Índice BLBP. MASP.

## 1 INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, as estruturas metálicas, notadamente aquelas constituídas de aço, desempenham papel estratégico em diversos setores produtivos, especialmente na indústria de base e na manufatura avançada. Em 2024, a produção bruta de aço no Brasil atingiu 33,7 milhões de toneladas, segundo dados do Instituto Aço Brasil (SINDIFER, 2025).

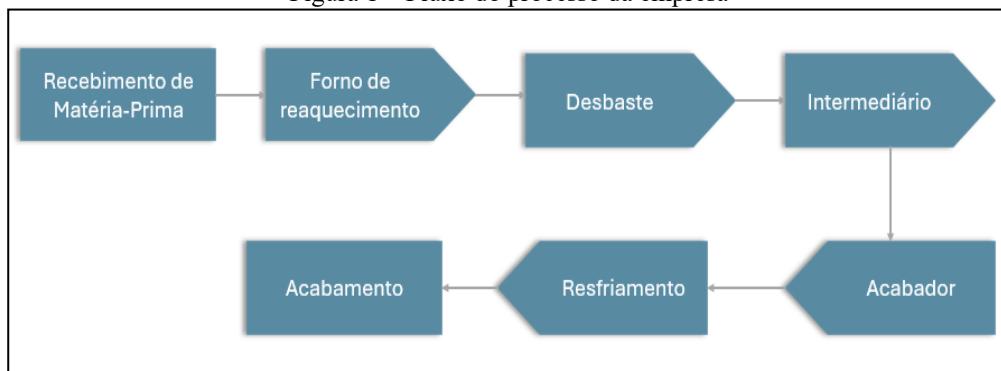
No setor siderúrgico, a busca pela excelência operacional está fundamentada nos princípios da melhoria contínua, cujo objetivo é a otimização de processos, a redução de desperdícios e o incremento da eficiência produtiva. Em operações de laminação de aços longos, o desempenho do indicador BLBP (Barra Laminada por Barra Perdida) configura-se como um parâmetro crítico, uma vez que elevadas taxas de sucata impactam negativamente os custos operacionais e a competitividade da organização.

Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar as causas fundamentais do baixo desempenho do indicador BLBP em uma indústria de laminação localizada no Centro-Oeste de Minas Gerais durante o ano de 2024, e propor ações corretivas para sua melhoria em 2025. Para tanto, adotou-se a metodologia MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), reconhecida por sua sistemática na caracterização de problemas, identificação de causas fundamentais e formulação de planos de ação eficazes.

A organização objeto de estudo atua com atividades no ramo siderúrgico de fabricação de laminados de aço a quente. Possui três linhas principais de produção: barras leves, médias e pesadas, tendo como principais produtos em seu portfólio as barras chatas, redondos, quadrados e cantoneiras, atuando para atender a cadeia produtiva da agricultura e do agronegócio, além da indústria mecânica e automobilística.

O processo produtivo estudado emprega um laminador contínuo de perfis leves e médios – denominado L1, seguindo o fluxo de produção ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxo do processo da empresa



Fonte: autores (2025)

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os principais conceitos que embasam o objeto de estudo, abordando o processo de laminação, o índice BLBP e as ferramentas de gestão da qualidade, entre elas o ciclo PDCA (*Plan*, que corresponde a Planejar; *Do*, que corresponde a Executar; *Check*, que corresponde a Verificar; e *Act*, que corresponde a Agir) e o MASP.2.1 Laminação

Segundo Kiminami et al. (2013), os processos de conformação mecânica aplicam força intensa a ligas metálicas no estado sólido, causando deformação plástica até que o material atinja as dimensões desejadas. A laminação, um desses processos, consiste na redução da seção transversal do material mediante aplicação de forças compressivas através de cilindros rotativos (HELMAN; CETLIN, 2015).

Na laminação a quente, a matéria-prima é aquecida a temperaturas acima da recristalização, tipicamente entre 1.100°C e 1.150°C (COLPAERT, 2008), o que facilita a deformação, reduz esforços mecânicos e promove refinamento microestrutural por recristalização dinâmica (KALPAKJIAN; SCHMID, 2010).

O processo contempla três etapas principais: desbaste, com maior redução de espessura em única gaiola; trem contínuo, onde ocorrem deformações progressivas em múltiplas gaiolas com controle de temperatura, velocidade e pressão para garantir uniformidade dimensional e propriedades mecânicas consistentes; e acabamento, no qual o material é conformado às dimensões finais, submetido a resfriamento controlado e cortado conforme especificações.

### 2.1 INDICADORES DE PRODUÇÃO E BLBP

Indicadores de produção são métricas essenciais para monitorar a eficiência operacional (ODEBRECHT, 2014). O rendimento metálico consiste em um dos principais indicadores na laminação, influenciando diretamente os custos de produção (LOPES, 2016).

O índice BLBP (Barras Laminadas por Barra Perdida), está diretamente ligado ao rendimento metálico e quantifica a eficiência do processo mediante a relação entre barras produzidas com sucesso e barras perdidas por defeitos ou rejeições, conforme Equação 1.

$$\text{BLBP} = \frac{\text{quantidade de barras laminadas}}{\text{quantidade de barras perdidas}} \quad (1)$$

### 2.2 PARETO

O Princípio de Pareto estabelece que aproximadamente 80% dos efeitos derivam de 20% das causas. Segundo Campos (2004), sua aplicação mediante o Diagrama de Pareto — gráfico de barras ordenado decrescentemente com curva de percentual acumulado — permite priorizar os fatores críticos que geram maior impacto nos processos produtivos.



## 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE: DIAGRAMA DE ISHIKAWA E 5 PORQUÊS

O Diagrama de Ishikawa (Espinha de Peixe), desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943, organiza visualmente causas potenciais de problemas segundo os 6M: Máquina, Método, Material, Mão de obra, Meio ambiente e Medição.

A técnica dos 5 Porquês, criada por Sakichi Toyoda na década de 1930, identifica a causa raiz mediante questionamentos sucessivos (NAPOLEÃO, 2019). Werkema (1995) destaca que o uso conjunto potencializa a análise: o Ishikawa estrutura as causas possíveis e os 5 Porquês aprofundam sua validação.

## 2.4 FERRAMENTA 5W2H

O 5W2H estrutura planos de ação mediante sete perguntas básicas: *What* (o quê?), *Why* (por quê?), *Where* (onde?), *When* (quando?), *Who* (quem?), *How* (como?) e *How much* (quanto custa?), garantindo clareza, e rastreabilidade na implementação de soluções (CAMPOS, 2004).

## 2.5 PDCA

Após a Segunda Guerra Mundial, William Edwards Deming foi fundamental para a reconstrução industrial japonesa, disseminando princípios de controle estatístico e melhoria contínua (MONTGOMERY, 2009; PALADINI, 2012). Deming difundiu o Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*: Planejar, Executar, Verificar e Agir), que se tornou base metodológica para diversos sistemas de gestão da qualidade (DEMING, 1986).

O ciclo PDCA estabelece uma abordagem sistemática para solução de problemas e melhoria de processos, sendo amplamente aplicado no contexto industrial devido à sua contribuição para a competitividade organizacional mediante a eliminação de perdas e otimização operacional.

## 2.6 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma sequência lógica para melhoria de resultados (SELEME; STADLER, 2012). O MASP é muito conhecido no contexto industrial devido à sua contribuição para a melhoria dos fatores competitivos, decorrente da procura permanente da eliminação das perdas (FEITOSA et al. 2013).

Segundo Feitosa et al. (2013), o MASP é frequentemente associado ao ciclo PDCA pois ambos são utilizados de forma a trazerem benefícios na resolução de problemas e na gestão de mudança. Baseado no ciclo PDCA, o MASP é composto por oito etapas sequenciais: identificação do problema, observação, análise, plano de ação, ação, verificação, padronização e conclusão (CAMPOS, 2004). Essa associação, assim como a definição de cada etapa da metodologia, pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Relação MASP e PDCA

PDCA	FLUXO	ETAPA	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vistas.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	?	(Bloqueio foi efetivo?)	-
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Fonte: adaptado de Campos (2004)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qual-quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso em uma indústria de laminação localizada no centro-oeste do estado de Minas Gerais. A metodologia MASP foi empregada em conjunto com ferramentas da qualidade com o objetivo de identificar e tratar as causas fundamentais do baixo desempenho do índice BLBP durante o ano de 2024.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Foi realizado um levantamento de dados em conjunto com as áreas operacional e de produção da empresa para identificar os equipamentos, componentes e etapas do processo de laminação que apresentam maior representatividade nas perdas produtivas, com base em métricas históricas (2024) retiradas do sistema ERP SAP. Em sequência, aplicou-se o Princípio de Pareto para estratificar os fatores críticos, permitindo a criação de um diagnóstico focalizado nos locais e causas que mais impactaram negativamente o índice.

Após a aplicação do método, foi realizado um comparativo entre os seis primeiros meses do ano de 2024 com os seis primeiros meses do ano de 2025, possibilitando analisar o comportamento do índice em estudo no mesmo período sazonal.

### 3.3 FERRAMENTAS ANALÍTICAS

Com a coleta de dados realizada, através de reuniões com os setores operacional e de qualidade, foi possível analisar de forma quantitativa as causas fundamentais dos problemas operacionais, o que serviu como base para a construção dos diagramas de Ishikawa. A ferramenta estruturou as possíveis causas do baixo desempenho do índice nos pontos críticos identificados, categorizando-os segundo o 6M (Máquina, Método, Material, Mão de obra, Meio ambiente e Medição).

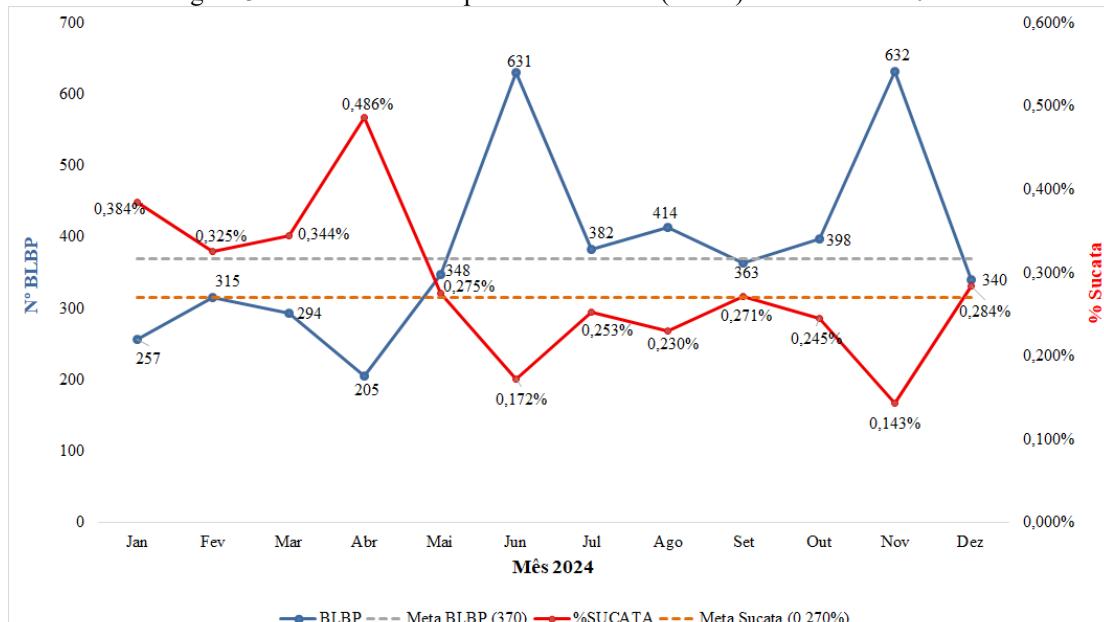
Ainda em conjunto com as áreas abrangidas, foi aplicada a técnica dos 5 Porquês a fim de chegar na causa raiz do problema. Com as causas validadas, foi elaborado um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H, que definiu, de forma clara e controlável, as intervenções necessárias para mitigar as falhas e melhorar a eficiência do processo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A Figura 3 apresenta a evolução do índice BLBP e o percentual de sucata durante 2024. Em seis dos doze meses, o BLBP ficou abaixo da meta (quanto maior, melhor), com correlação inversa ao aumento da sucata.

Figura 3 – Barra Laminada por Barra Perdida (BLBP) e Sucata L1 - 2024



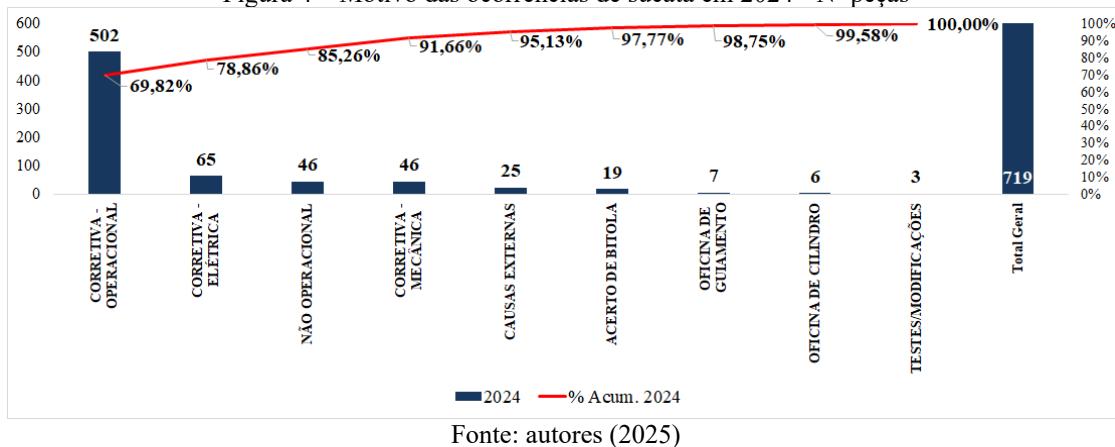
Fonte: autores (2025)

### 4.2 OBSERVAÇÃO

Nesta etapa, buscou-se compreender de forma objetiva os fatores que mais contribuíram para as perdas registradas no decorrer do ano de 2024. O desdobramento apresentado na Figura 4 conta com dados históricos coletados pelo sistema ERP da empresa, no qual identificou-se o principal motivo

associado às perdas, sendo ele Corretivas Operacionais, no qual há a intervenção do operador no processo produtivo.

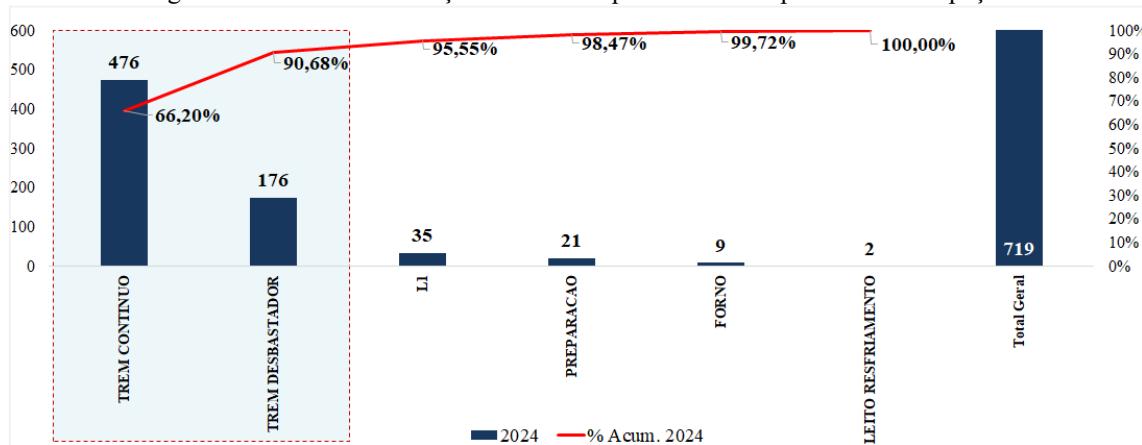
Figura 4 – Motivo das ocorrências de sucata em 2024 - Nº peças



Fonte: autores (2025)

Conforme apresentado na Figura 5, a análise foi aprofundada com base no princípio de Pareto, destacando os locais de instalação responsáveis por aproximadamente 80% das perdas atribuídas ao motivo Corretiva Operacional, nos quais se destacam o Trem Contínuo e o Trem Desbastador.

Figura 5 – Locais de Instalação das sucatas por Corretiva Operacional - Nº peças



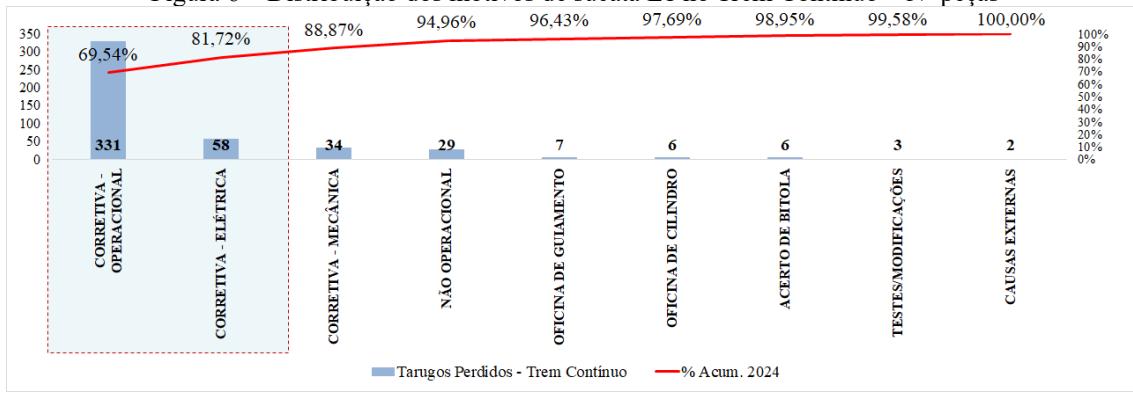
Fonte: autores (2025)

A partir dos dados agregados por local de ocorrência, foi realizado um afunilamento progressivo das observações.

#### 4.2.1 Desdobramento do trem contínuo

O Trem Contínuo corresponde a 66% das sucatas geradas no ano de 2024. Conforme apresentado na Figura 6, 80% dos motivos que contribuíram para as 476 barras perdidas se devem a Corretiva Operacional e Corretiva Elétrica.

Figura 6 – Distribuição dos motivos de sucata L1 no Trem Contínuo – Nº peças



Fonte: autores (2025)

Os componentes críticos identificados e suas respectivas não conformidades foram consolidados nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Não conformidade Operacional por componente do Trem Contínuo

Equipamento	Descrição da Parada	Soma de Tarugos Perdidos	Total	Equipamento	Descrição da Parada	Soma de Tarugos Perdidos	Total
GAIOLA GH 07	Arrancou	17	57	GAIOLA GH 15	Puxou a ponta	10	21
	Agarrou	16			Desregulou	6	
	Chegou na Diagonal	14			Bateu	3	
	Puxou a ponta	3			Pegou	2	
	Soltou	3		GAIOLA GH 16	Agarrou	8	20
	Quebrou	2			Puxou a ponta	7	
GAIOLA GH 18	Desalinhhou	2			Quebrou	3	
	Agarrou	16			Desalinhhou	2	
	Sobrou	10		GAIOLA GH 12	Retardou a pega	9	20
	Puxou a ponta	8			Desalinhhou	4	
	Desalinhhou	5			Puxou a ponta	3	
	Chegou na diagonal	2			Agarrou	2	
	Bateu	2			Desarmou	2	
GAIOLA GH 14	Troca	2	45	GAIOLA GH 09	Arrancou	12	19
	Puxou a ponta	7			Agarrou	5	
	Desalinhhou	6			Sobrou	2	
	Agarrou	6		GAIOLA GH 17	Agarrou	9	18
	Arrancou	3			Puxou a ponta	7	
GAIOLA GH 10	Bateu	3			Arrancou	2	
	Agarrou	12	24	GAIOLA GH 11	Puxou a ponta	6	22
	Retardou a pega	6			Retardou a pega	5	
	Chegou na Diagonal	4			Travou	3	
GAIOLA GH 11	Desalinhhou	2			Chegou na Diagonal	3	
	Puxou a ponta	6			Estocou	2	
	Retardou a pega	5			Sobrou	2	
	Travou	3			Arrancou	1	
	Chegou na Diagonal	3					
	Estocou	2					
	Sobrou	2					
	Arrancou	1					

Fonte: autores (2025)

Quadro 2 – Não conformidade Elétrica por componente do Trem Contínuo

Equipamento	Descrição da Parada	Soma de Tarugos Perdidos	Total
TESOURA START STOP - TR 2	Desarmou	2	<b>20</b>
	Falha	18	
GAIOLA GH 12	Desarmou	9	<b>9</b>
	Falha	4	
FORMADOR DE LAÇO 5	Não acionou	4	<b>8</b>
	Falha	6	
GAIOLA GV 13	Desarmou	2	<b>3</b>
	Falha	1	

Fonte: autores (2025)

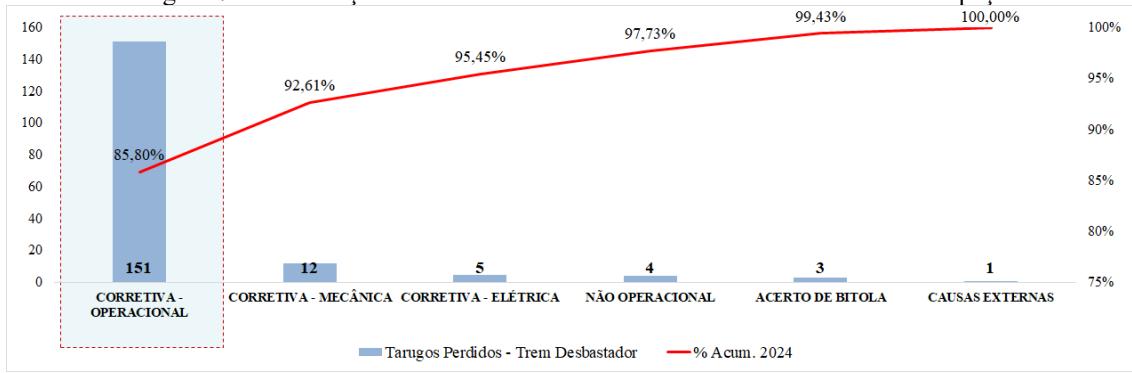
#### 4.2.2 Desdobramento do trem desbastador

Assim como no Trem Contínuo, o Trem Desbastador foi identificado como um dos principais pontos críticos na geração de perdas durante o ano de 2024, conforme evidenciado na etapa de observação e apresentado na Figura 5.

Diante disso, aplicou-se a mesma lógica de estratificação utilizada anteriormente, com o intuito de identificar os motivos, os componentes e os fatores que mais contribuíram para as não conformidades nessa etapa do processo.

Conforme apresentado na Figura 7, aproximadamente 80% dos motivos de perdas no Trem Desbastador estão relacionados a corretivas operacionais.

Figura 7 - Distribuição dos motivos de sucata L1 no Trem Desbastador – Nº peça

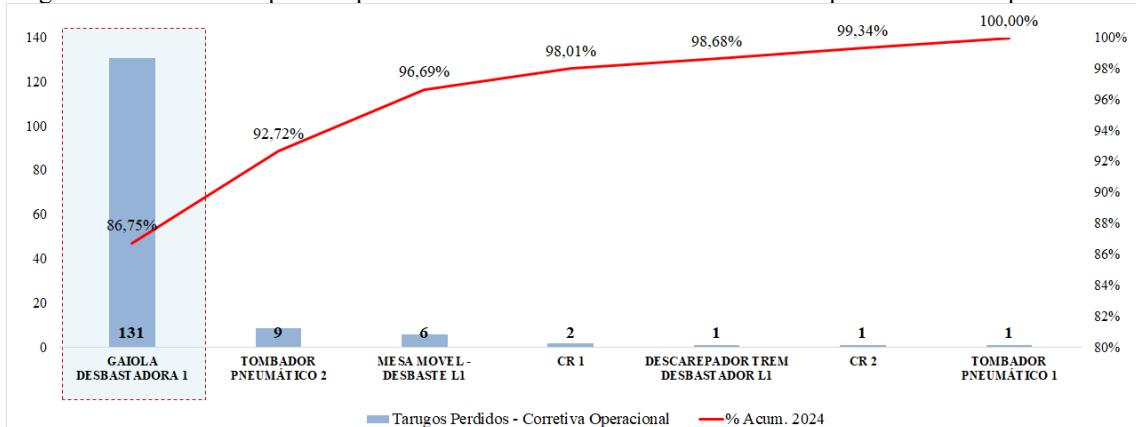


Fonte: autores (2025)

Com o objetivo de identificar os componentes críticos no Trem Desbastador, foi realizada uma estratificação das sucatas geradas por corretivas operacionais. Na Figura 8 é apresentada a distribuição

das perdas por componente, destacando a Gaiola Desbastadora 1 como responsável por 86,75% das ocorrências em 2024.

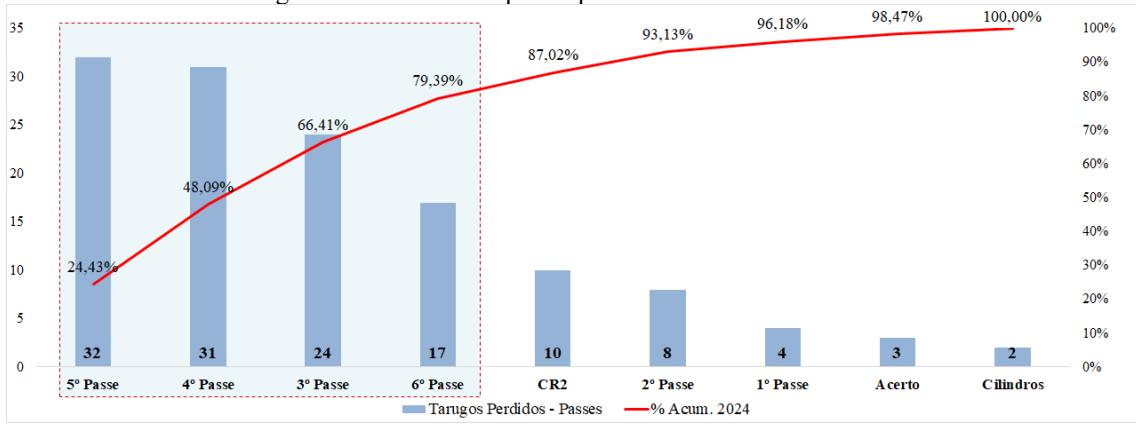
Figura 8 - Nº de sucata por componentes do Trem Desbastador ocasionados por Corretivas Operacionais



Fonte: autores (2025)

Visando identificar os pontos críticos dentro da Gaiola Desbastadora 1, foi realizada uma segmentação das perdas por etapas específicas do processo de laminação nesta gaiola. A Figura 9 apresenta a distribuição das ocorrências, evidenciando que o 5º, 4º, 3º e 6º passe, concentram a maior parte das perdas no decorrer do ano de 2024, o que as caracteriza como focos prioritários para intervenção.

Figura 9 - Nº de sucata por etapas da Gaiola Desbastadora 1



Fonte: autores (2025)

A partir das informações que caracterizam os passes que contribuíram em aproximadamente 80% das ocorrências, verificou-se quais os tipos de não conformidades que predominam na referida concentração de perdas, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Não conformidade Operacional por passe da Gaiola Desbastadora 1 do Trem Desbastador

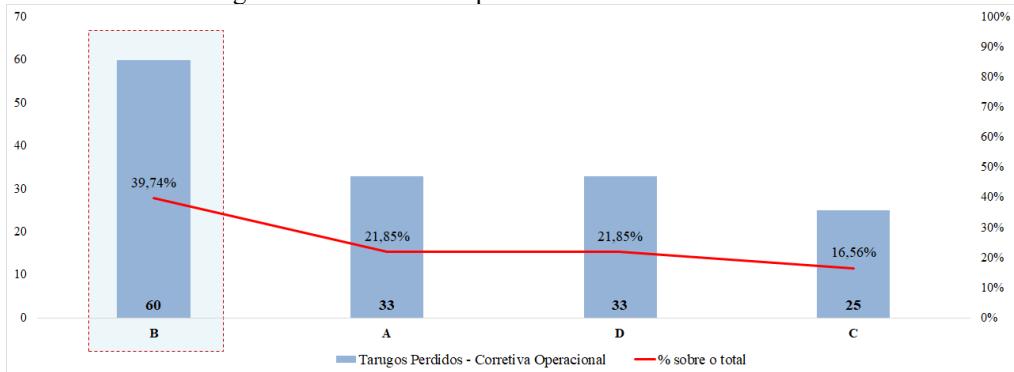
Equipamento	Descrição da Parada	Soma de Tarugos Perdidos	Total
5º PASSE	Agarrou	13	32
	Torceu	13	
	Puxou a ponta	3	
	Teste	3	
4º PASSE	Puxou a ponta	13	31
	Agarrou	11	
	Arrancou	5	
	Patinando	1	
	Acerto	1	
3º PASSE	Agarrou	10	24
	Puxou a ponta	6	
	Torceu	4	
	Patinando	3	
	Arrancou	1	
6º PASSE	Agarrou	11	17
	Puxou a ponta	4	
	Torceu	2	

Fonte: autores (2025)

Além da análise por equipamentos e motivos, foi realizada uma avaliação do desempenho operacional das turmas de trabalho no Trem Desbastador, com o objetivo de verificar possíveis variações no índice de sucata atribuíveis à atuação da mão de obra.

A Figura 10 apresenta a distribuição das perdas por turma ao longo de 2024, evidenciando um maior índice na Turma B, que representa 40% de todas as 151 ocorrências que se teve por corretivas operacionais na Gaiola Desbastadora 1.

Figura 10 - Nº de sucata por turma do Trem Desbastador

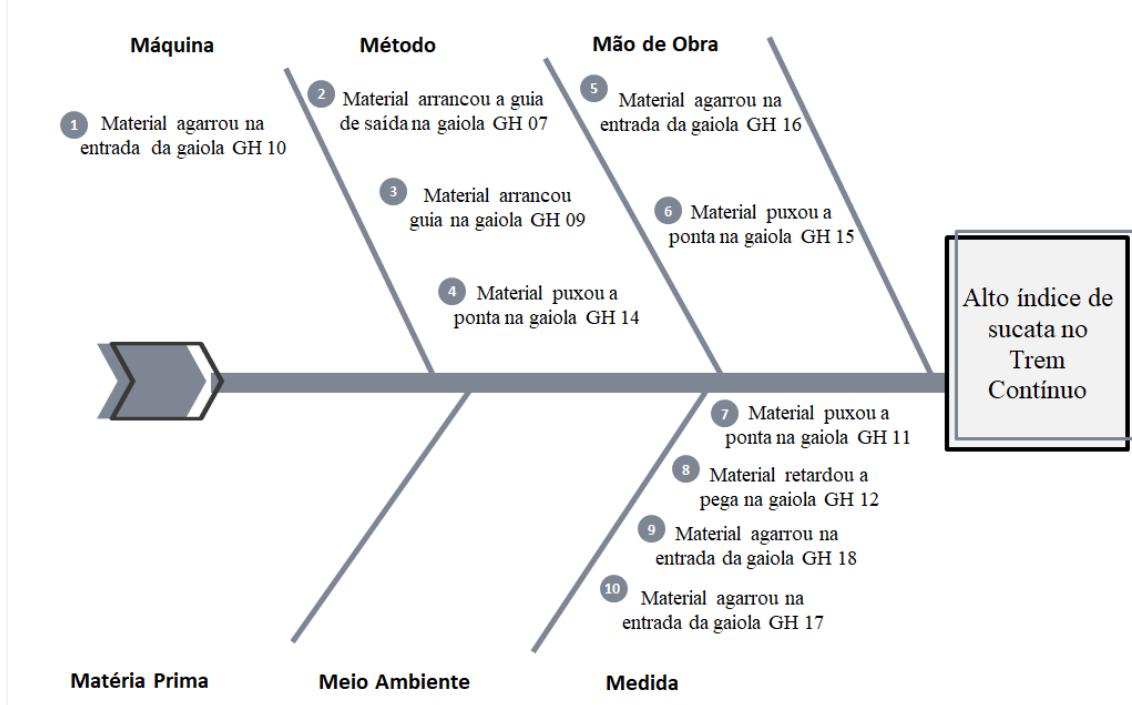


Fonte: autores (2025)

#### 4.3 ANÁLISE

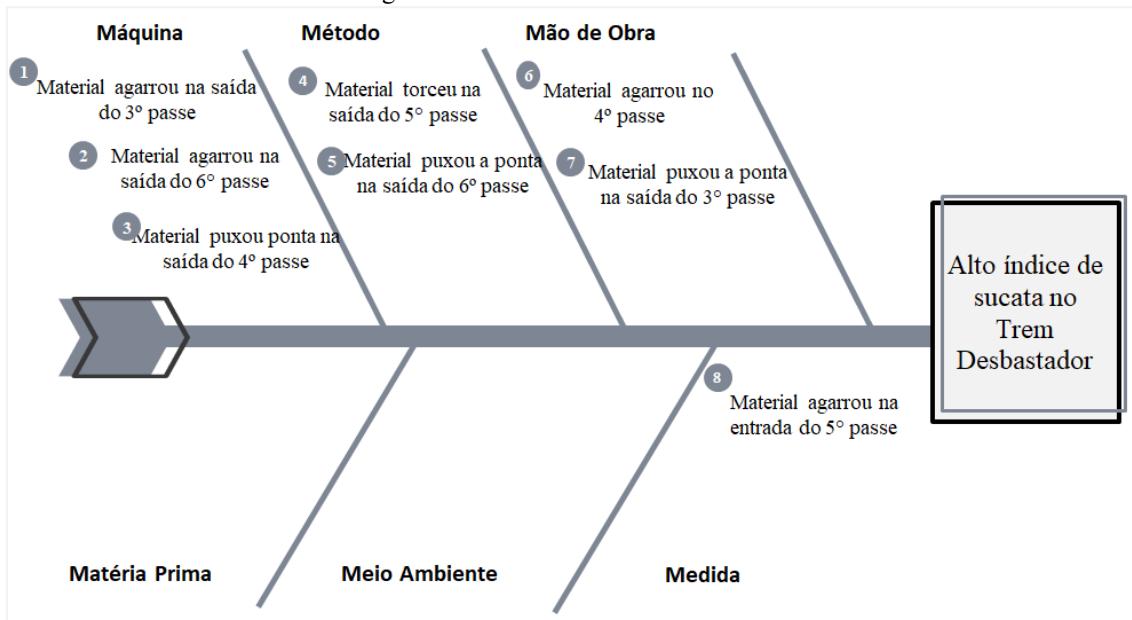
Após a análise quantitativa dos fatores que interferem no processo produtivo, foram elaborados dois diagramas de Ishikawa referentes aos pontos críticos identificados no Trem Contínuo (Figura 11) e no Trem Desbastador (Figura 12). A ferramenta estruturou as possíveis causas, servindo de base para a investigação qualitativa e a aplicação da técnica dos 5 Porquês.

Figura 11 – Ishikawa Trem Contínuo



Fonte: autores (2025)

Figura 12 – Ishikawa Trem Desbastador



Fonte: autores (2025)

A partir das causas potenciais mapeadas no diagrama de Ishikawa, realizou-se a análise dos 5 Porquês para cada um dos fatores identificados tanto para o Trem Contínuo, quanto para o Trem Desbastador. Nos Quadro 4 e 5 é possível visualizar as causas fundamentais para tais.

Quadro 4 – Causas fundamentais Trem Contínuo

Item	Causa Fundamental
1	A guia de entrada da Gaiola 09 permite que o material lamine fora de posição.
2	A pré guia e o rolete não está adequado para o perfil do material - Gaiola 07.
3	O perfil do rolete da Gaiola 09 com relação ao material não está adequado.
4	A calibração que utiliza perfil quadrado na Gaiola 14 não está adequado. A mesa lisa não possui raio de canto para aliviar o excesso no canal da Gaiola 14 nas cantoneiras.
5	O padrão de tonelagem não está adequado para os perfis - Cantoneiras.
6	A qualidade da matéria prima apresenta defeito .
7	A calibração dos perfis de redondos médios que utilizam a Gaiola 11 não está adequada.
8	Falta orientação para o operador da cabine para sempre inserir o fator de 5% de segurança na partida do Laminador.
9	A guia atual é de 4 roletes laterais, o que permite a mudança do perfil da cantoneira do passe anterior à chegar fora de posição.
10	Idem ao Item 5.

Fonte: autores (2025)

Quadro 5 – Causas Fundamentais Trem Desbastador

Item	Causa Fundamental
1	O projeto da guia com relação à posição da mesa de elevação que recepciona a barra na guia não estava adequada.
2	O padrão de abertura da guia de entrada do 4º passe não estava adequado.
3	Devido à mudança de posição da barra durante a laminação neste passe, a diferença de temperatura fica para a parte superior da barra.
4	Os rolos da calha estavam com desgaste e desnivelados.
5	Há folga na bucha do sistema de articulação da calha.
	O anel do rolo foi projetado para outro tipo de perfil e ao trocar a calibração, o mesmo não foi adaptado.

Fonte: autores (2025)

#### 4.4 PLANO DE AÇÃO

Esta etapa consistiu na elaboração de ações corretivas levando-se em consideração a criticidade das ações a partir das causas fundamentais identificadas por meio da técnica dos 5 Porquês, realizadas tanto para o Trem Contínuo quanto para o Trem Desbastador na etapa anterior. Para o desenvolvimento do plano de ação, utilizou-se a metodologia 5W2H, garantindo clareza, viabilidade e rastreabilidade das intervenções propostas, com o objetivo de eliminar ou mitigar os fatores críticos que impactaram negativamente o índice de BLBP ao longo de 2024, conforme apresentado nos Quadros 6 e 7 - todas as ações foram concluídas no prazo determinado.

Quadro 6 – 5W2H Trem Contínuo

Nº	CAUSA FUNDAMENTAL	O QUE? (AÇÃO)	QUEM?	QUANDO?	ONDE?	COMO?	STATUS
1	Dimensionamento inadequado de guias e roletes nas Gaiolas 07 e 09	Adequar dimensões de guias de entrada/saída e roletes conforme perfil do material.	Coord. Oficina de Guias e Cilindros	jan-fev/25	Oficina de Guias	Alteração de padrões dimensionais das guias e roletes das Gaiolas 07 e 09	Concluído
2	Calibração inadequada de perfis quadrados (Gaiola 14) e redondos médios (Gaiola 11)	Recalibrar gaiolas 9, 10, 11 e 14 para reduzir seção dos passes posteriores e alterar projeto do canal da Gaiola 13.		jan-mar/25		Alteração de calibração e projeto de canais das gaiolas	Concluído
3	Padrão de tonelagem inadequado para perfis (cantoneiras e mesa lisa sem raio de canto)	Ajustar padrão de tonelagem dos canais das gaiolas acabadoras para os perfis de cantoneira.		jan/25		Redimensionamento do padrão de tonelagem das gaiolas	Concluído
4	Qualidade da matéria-prima (tarugos) com defeitos	Implementar inspeção visual e rebarbamento nas extremidades dos tarugos vindos da Laminação de Perfil Pesados.	Supervisor da Preparação de Matéria Prima	fev/25	Preparação de Matéria Prima	Padronização do processo de inspeção e rebarbamento de tarugos	Concluído
5	Falta de orientação operacional sobre fator de segurança (5%) na partida do laminador	Realizar treinamento com equipe de operação sobre inserção correta do fator de segurança (5%) na partida do laminador.	Coord. de Laminação	fev/25	Laminação de Perfil Leves	Treinamento operacional e padronização do procedimento de partida	Concluído
6	Projeto inadequado da guia de cantoneira (Gaiola 09) com 4 roletes laterais	Alterar guia para modelo de 3 roletes para evitar mudança de perfil e saída de posição da cantoneira.		jan/25	Oficina de Guias	Reprojetar guia da cantoneira para 3 roletes	Concluído

Fonte: autores (2025)

Quadro 7 – 5W2H Trem Desbastador

Nº	CAUSA FUNDAMENTAL	O QUE? (AÇÃO)	QUEM?	QUANDO?	ONDE?	COMO?	STATUS
1	O projeto da guia com relação à posição da mesa de elevação que recepciona a barra na guia não estava adequada	Alterar a chapa lateral da guia de entrada.	Coordenador da Oficina de Guias e Cilindros	fev/25	Oficina de Guias	Reajuste dimensional da chapa lateral da guia	Concluído
2	O padrão de abertura da guia de entrada do 4º passe não estava adequado	Alterar o padrão da guia de abertura de entrada do 4º passe.		jan/25		Redimensionamento da abertura conforme perfil do material	Concluído
3	Devido à mudança de posição da barra durante a laminção neste passe, a diferença de temperatura fica para a parte superior da barra	Alterar a profundidade do canal do 4º passe do cilindro médio.		fev/25		Ajuste dimensional do canal do cilindro	Concluído
4	Os rolos da calha estavam com desgaste e desnivelados	Substituir os rolos e nivelar com 3 mm a cima da base da calha.	Supervisor da Mecânica	Mecânica	Substituição e alinhamento mecânico	Concluído	
5	Há folga na bucha do sistema de articulação da calha	Substituir as buchas e os eixos de articulação.			Troca de componentes e ajuste de folgas	Concluído	
6	O anel do rolo foi projetado para outro tipo de perfil e ao trocar a calibração, o mesmo não foi adaptado	Substituir o perfil do anel e fechar a abertura conforme perfil do material.			Reprojeto do anel e ajuste dimensional	Concluído	

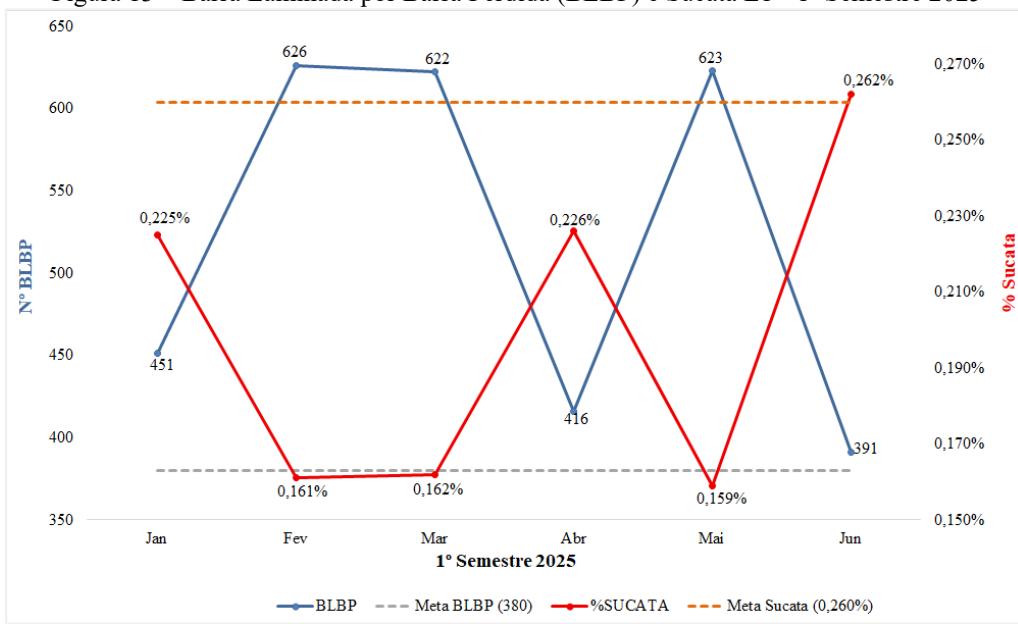
Fonte: autores (2025)

#### 4.5 VERIFICAÇÃO

As metas para o ano de 2025 foram estabelecidas no início do exercício com base nos resultados obtidos em 2024, e a empresa adota como diretriz estratégica mantê-las inalteradas ao longo do ano.

Para verificar a eficácia das ações corretivas implementadas, foi realizada a análise dos indicadores de BLBP e de sucata referentes ao primeiro semestre de 2025. Os resultados mensais obtidos encontram-se apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Barra Laminada por Barra Perdida (BLBP) e Sucata L1 - 1º Semestre 2025



Fonte: autores (2025)

Ao comparar os dados do primeiro semestre de 2024 e 2025, verificou-se que o índice BLBP sugere uma melhoria efetiva. No primeiro semestre de 2024, o valor do acumulado do indicador BLBP alcançado foi de 315, enquanto no mesmo período de 2025 atingiu 505, refletindo um aumento de 60,3%.

Essa melhoria refletiu-se diretamente na redução da sucata. A média mensal no primeiro semestre de 2024 foi de 0,33%, enquanto em 2025 passou para 0,20%, o que representa uma redução de 39,39% na geração média mensal de peças sucateadas.

No último mês observado e analisado (junho/2025), notou-se uma redução no índice BLBP. Esse desvio foi atribuído à decisão estratégica da empresa ao adquirir uma matéria-prima de um novo fornecedor, descobrindo a não conformidade em relação aos padrões do laminador que a organização utiliza somente após o início do processo produtivo, impactando negativamente no desempenho do indicador.

#### 4.5.1 Efeitos secundários

Além da melhoria sugerida no índice de BLBP do processo estudado, a aplicação da metodologia gerou efeitos secundários positivos para a organização como um todo, tais como o aumento do rendimento metálico, a redução de custos operacionais e o ganho de disponibilidade para produção. Isso ocorre porque cada barra sucateada provoca uma parada de 30 minutos no processo produtivo, portanto, a redução do número de sucatas aumenta o tempo disponível para a fabricação de peças conformes.

Não foram evidenciados efeitos secundários negativos neste projeto.

#### 4.6 PADRONIZAÇÃO

Nesta etapa foram implementadas e padronizadas as execuções corretivas definidas nos planos de ação apresentados nos Quadros 6 e 7. A execução contemplou intervenções nos 2 locais críticos do laminador: Trem Contínuo e Trem Desbastador

As evidências documentais da implementação (registros fotográficos, procedimentos operacionais atualizados, listas de presença de treinamentos e relatórios técnicos de manutenção) encontram-se sob sigilo da empresa, a efetividade das ações padronizadas pode ser verificada pelos resultados quantitativos apresentados na Seção 4.5.

### 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pela aplicação do MASP evidenciam o cumprimento dos objetivos definidos na etapa de identificação do problema (Seção 4.1), cujo foco era aumentar o índice BLBP por meio da redução das perdas produtivas. Esse objetivo foi alcançado, conforme demonstrado pelo aumento de 60,3% no índice BLBP acumulado ao comparar os seis primeiros meses de 2024 e 2025. As causas fundamentais identificadas na etapa de análise, discorridas na Seção 4.3 deste artigo, foram adequadamente tratadas pelas ações corretivas dos planos de ações tratados na Seção 4.4, conforme comprovado pela redução na taxa média mensal de sucata.

Diante dos resultados positivos, recomenda-se a replicação da metodologia MASP também na linha L2 (perfis pesados), que apresenta características operacionais similares e potencial de ganhos equivalentes.

Este estudo demonstrou que uma abordagem sistemática pautada na aplicação de metodologias e ferramentas da qualidade, corroboram para a melhoria contínua nas organizações. A integração entre a metodologia, junto ao engajamento da equipe de trabalho auxiliou na validação da melhoria alcançada.

Como principais limitações, este estudo apresenta o período de observação restrito a seis meses e a análise concentrada exclusivamente na linha de laminação de perfis leves e médios. Nesse sentido, recomenda-se que pesquisas futuras avaliem a efetividade das ações corretivas em um horizonte temporal mais amplo, possibilitando uma validação mais robusta dos resultados obtidos.

Por fim, destaca-se que a contribuição deste trabalho vai além da evolução dos indicadores operacionais, apoiando também o fortalecimento do posicionamento competitivo da empresa no mercado.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

**COLPAERT, Hubertus.** *Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns*. 4. ed. rev. e atual. por André Luiz V. da Costa e Silva. São Paulo: Blucher; Villares Metals, 2008.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Cambridge: MIT Press, 1986.

FEITOSA, P. P. B. et al. **Aplicação do método de análise e solução de problemas (MASP) para redução do índice de retorno de mercadoria de uma fábrica de embutidos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 33., 2013, Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013.

HELMAN, H; CETLIN, P. R. **Fundamentos da conformação mecânica dos metais**. São Paulo: Artliber, 2015.

KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Manufatura, engenharia e tecnologia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

KIMINAMI, C. S.; CASTRO, W. B.; OLIVEIRA, M. F. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

LOPES, R. et al. **Aumento do rendimento metálico do laminador de bobinas de fio máquina e vergalhão**. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO, 53., 2016, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABM, 2016. p. 476–486.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NAPOLEÃO, B. M. **5 Porquês. Ferramentas da Qualidade**, 23 maio 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>. Acesso em: 9 set. 2025.

ODEBRECHT, J. **Indicadores de produção: qual a importância dos indicadores em indústria**. Checklist Fácil, [s.d.]. Disponível em: <https://checklistfacil.com/blog/indicadores-de-producao/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

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

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. 2. ed. Curitiba: IBPEX, 2012.

SINDIFER. **Produção de aço bruto cresce em Minas Gerais e no Brasil**. Sindifer, 22 jan. 2025. Disponível em: <https://sindifer.com.br/sndfr/2025/01/22/producao-de-aco-bruto-cresce-em-minas-gerais-e-no-brasil/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.