



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia da Qualidade 4.0**  
**Certificado Black Belt**



André Ferreira da Silva  
Jean Carlos dos Santos  
Roseli Bandeira dos Santos  
Valdinei da Silva

**MELHORIA NO PROCESSO DE PINTURA DE PEÇAS PLÁSTICAS**

**CURITIBA**  
**2026**

André Ferreira da Silva  
Jean Carlos dos Santos  
Roseli Bandeira dos Santos  
Valdinei da Silva

## **MELHORIA NO PROCESSO DE PINTURA DE PEÇAS PLÁSTICAS**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Anderson Donato

**CURITIBA  
2026**

## RESUMO

Este projeto apresenta a aplicação da metodologia DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) — um framework consolidado do Six Sigma — para a melhoria da qualidade no processo de pintura de peças plásticas em uma indústria de veículos pesados. O problema central consistia no descumprimento persistente das metas do indicador FTT (First Time Through), crítico para eficiência operacional, que registrou uma média de 60% em 2024 contra um objetivo de 80%. No primeiro semestre de 2025, essa ineficiência resultou em 1.677 peças defeituosas, gerando um impacto financeiro de aproximadamente 158 mil BRL. Por meio de análises de Pareto, o estudo identificou que os principais gargalos estavam concentrados em itens como extensões de porta e ponteiras de parachoque. A fase de análise, utilizando diagramas de Ishikawa e a técnica 5 por quê, revelou que as causas raízes envolviam a trajetória do robô de aplicação e o percentual inadequado de catalisador. As ações de melhoria focaram na redefinição da proporção de catálise e primer para 4:1 e no ajuste dos parâmetros do eixo Y do robô, soluções validadas por testes de aderência Cross Cut. Após a implementação, o volume de defeitos caiu para 264 unidades no período de julho a setembro de 2025, elevando o resultado acumulado do FTT para 73%. Para garantir a sustentabilidade dos resultados e alinhar-se às melhores práticas de controle contínuo, instituiu-se o monitoramento automático via software e treinamentos técnicos para as equipes operacionais. O estudo demonstra a eficácia do DMAIC na correção de desvios em processos de pintura e oferece um modelo aplicável para a busca da excelência operacional no setor.

Palavras-chave: Metodologia DMAIC. Lean Six Sigma. Controle Estatístico de Processo (CEP). Eficiência Operacional (FTT). Qualidade Assegurada.

## ABSTRACT

This project presents the application of the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) — a consolidated Six Sigma framework — for quality improvement in the plastic parts painting process at a heavy vehicle industry. The core problem was the persistent failure to meet the targets of the FTT (First Time Through) indicator, which is critical for operational efficiency, recording an average of 60% in 2024 against a goal of 80%. In the first half of 2025, this inefficiency resulted in 1,677 defective parts, generating a financial impact of approximately 158 thousand BRL. Through Pareto analysis, the study identified that the main bottlenecks were concentrated on items such as door extensions and bumper tips. The analysis phase, using Ishikawa diagrams and the 5 why technique, revealed that the root causes involved the trajectory of the application robot and the inadequate percentage of catalyst. The improvement actions focused on redefining the catalysis and primer ratio to 4:1 and adjusting the robot's Y-axis parameters, solutions validated by Cross Cut adhesion tests. After implementation, the volume of defects dropped to 264 units from July to September 2025, raising the cumulative FTT result to 73%. To ensure the sustainability of the results and align with best practices in continuous control, automatic monitoring via software and technical training for operational teams were instituted. The study demonstrates the effectiveness of DMAIC in correcting deviations in painting processes and offers a model applicable to the pursuit of operational excellence in the sector.

Keywords: DMAIC Methodology. Lean Six Sigma. Statistical Process Control (SPC). Operational Efficiency (FTT). Quality Assurance..

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - Hierarquia dos especialistas do Seis Sigma.
- FIGURA 2 – Cálculo do indicador de FTT
- FIGURA 3 – Histórico do indicador FTT
- FIGURA 4 – Desvios no processo de pintura
- FIGURA 5 – Estratificação de defeitos impactados no FTT
- FIGURA 6 - SIPOC
- FIGURA 7 – Quantidade de peças não conformes
- FIGURA 8 – Quantidade de defeitos x detalhe do problema
- FIGURA 9 - Quantidade de defeitos x detalhe do problema 2
- FIGURA 10 - Quantidade de defeitos x detalhe do problema 3
- FIGURA 11- Fluxo de processos de pintura
- FIGURA 12 – Plano de ação 5W1H
- FIGURA 13 - Detalhamento das ações priorizadas
- FIGURA 14 - Quantidade de peças não conformes
- FIGURA 15 – Resultados obtidos
- FIGURA 16 - Não conformidades totais por semestre
- FIGURA 17 - Distribuição por foco
- FIGURA 18 – Distribuição por foco

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - FASES DA METODOLOGIA DMAIC.

# CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. HIPÓTESE.....	11
1.5. OBJETIVO .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1. O CONCEITO DA METODOLOGIA DMAIC.....	13
2.2. DEFINE.....	14
2.3. MEASURE .....	14
2.4. ANALYZE .....	14
2.5. IMPROVE .....	15
2.6. CONTROL .....	15
2.7. EQUIPES.....	15
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
3.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	17
<b>3.1.1. DESCRIÇÃO DO INDICADOR .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.2. FORMA DE MEDIÇÃO DO INDICADOR:.....</b>	<b>17</b>
3.2. DESCRIÇÃO DO HISTÓRICO.....	18
<b>4. DESCRIÇÃO DAS METAS .....</b>	<b>19</b>
4.1. DESCRIÇÃO DOS GANHOS.....	20
<b>5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....</b>	<b>21</b>
5.1. DESCRIÇÃO DO ALINHAMENTO ENTRE A UNIVERSIDADE E A EMPRESA HOSPEDEIRA.....	22
5.2. ETAPA MEDIR.....	22
5.3. DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	22
5.4. DESCRIÇÃO DOS FOCOS .....	23
5.5. DESCRIÇÃO DAS METAS ESPECÍFICAS.....	25
<b>6. DESCRIÇÃO DO ALCANCE DA META GERAL.....</b>	<b>27</b>
6.1. ETAPA ANALISAR .....	27
6.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO GERADOR DO PROBLEMA.....	27
<b>7. DESCRIÇÃO DAS CAUSAS POTENCIAIS E SUA PRIORIZAÇÃO .....</b>	<b>28</b>
7.1. DESCRIÇÃO DA COMPROVAÇÃO DAS CAUSAS PRINCIPAIS.....	29

<b>8. ETAPA MELHORAR.....</b>	<b>30</b>
8.1. DESCRIÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES.....	30
8.2. DESCRIÇÃO DA PRIORIZAÇÃO DAS AÇÕES.....	30
<b>9. DESCRIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO .....</b>	<b>32</b>
9.1. DESCRIÇÃO DO ATINGIMENTO DAS METAS .....	33
<b>10.RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO.....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário altamente competitivo da indústria automotiva de veículos pesados, a eficiência operacional e a garantia da qualidade são pilares fundamentais para a sustentabilidade do negócio. Indicadores como o FTT (First Time Through) são amplamente reconhecidos na literatura da qualidade como métricas essenciais para avaliar a eficácia de processos produtivos, reduzir retrabalhos e custos de não qualidade (Juran, 1999; Deming, 1986).

Contudo, manter níveis elevados de FTT apresenta desafios complexos. Dados históricos de 2023 e 2024 revelam um desvio crítico no processo de pintura de peças plásticas, com uma média de desempenho de apenas 60%, abaixo da meta de 80%. Essa lacuna gerou, apenas no primeiro semestre de 2025, 1.677 peças defeituosas e um prejuízo estimado em 158 mil BRL.

Diante desse cenário, este trabalho propõe a aplicação da metodologia DMAIC, baseada no framework Six Sigma (Pyzdek & Keller, 2014), para investigar as causas raízes do problema — como falhas na trajetória do robô e desvios no percentual de catalisador — e implementar soluções técnicas validadas por testes de aderência (Cross Cut). A abordagem segue boas práticas observadas em estudos de caso da indústria automotiva (Liker, 2004), visando não apenas atingir a meta de 80% de FTT em 2025, mas também estabelecer padrões operacionais sustentáveis e monitoramento automático.

Ao final, espera-se que este estudo sirva como referência para aplicações similares em processos de pintura e contribua para a redução sistemática de defeitos e custos de não qualidade no setor.

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No cenário altamente competitivo da indústria automotiva de veículos pesados, a eficiência operacional e a garantia da qualidade são pilares fundamentais para a sustentabilidade do negócio. A busca pela excelência operacional exige a redução sistemática de desperdícios, retrabalhos e custos de não qualidade, consolidando-se como um diferencial estratégico para as organizações do setor. Nesse contexto, indicadores de desempenho como o FTT (*First Time Through*), que mede a proporção de produtos produzidos corretamente na primeira tentativa, sem a necessidade de retrabalho ou reparo, tornam-se métricas essenciais para avaliar a eficácia dos

processos produtivos. A metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), um *framework* central do Seis Sigma, surge como uma abordagem estruturada e baseada em dados para a solução de problemas complexos e a melhoria contínua, atuando diretamente na redução da variabilidade e no aumento da capacidade dos processos.

## **1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Apesar da reconhecida importância da eficiência produtiva, a empresa hospedeira deste estudo enfrentava um desafio crítico e persistente em seu processo de pintura de peças plásticas, utilizadas no acabamento dos veículos pesados. Dados históricos dos anos de 2023 e 2024 revelaram um desvio significativo e recorrente no indicador FTT, que registou uma média de apenas 60%, muito aquém da meta estabelecida de 80% para o período. Essa ineficiência prolongada materializou-se em perdas expressivas no primeiro semestre de 2025, com o registro de 1.677 peças defeituosas, acarretando um impacto financeiro direto estimado em aproximadamente 158 mil reais. O problema central, portanto, reside na falta de robustez e na alta incidência de falhas no processo de pintura, que comprometem a meta do FTT e geram custos operacionais significativos, afetando a eficiência global da produção.

## **1.3. JUSTIFICATIVA**

A resolução deste problema é de suma importância para a organização, pois os desvios no processo de pintura de peças plásticas não apenas oneram os custos com retrabalho e reposição de materiais, mas também causam impactos indiretos como atrasos na linha de montagem, espera de veículos e utilização ineficiente de recursos. A abordagem estruturada do DMAIC, associada a ferramentas consagradas da qualidade, oferece um caminho robusto para ir além de correções superficiais, permitindo a identificação e eliminação das causas raízes das não conformidades. O mérito deste trabalho reside em sua capacidade de transformar um cenário de perdas recorrentes em um modelo de processo estável e previsível, promovendo não apenas a redução de custos e o atingimento das metas, mas também o fortalecimento de uma cultura de melhoria contínua e a garantia de produtos confiáveis para o cliente, alinhando-se às melhores práticas de gestão da qualidade no setor automotivo.

#### **1.4. HIPÓTESE**

A hipótese central deste trabalho é que a aplicação sistemática da metodologia DMAIC, por meio de suas fases de definição, medição, análise, melhoria e controle, permitirá investigar a fundo as causas da baixa performance no processo de pintura. Acredita-se que as causas raiz do problema estejam relacionadas a fatores técnicos controláveis, tais como parâmetros inadequados no processo de preparação química (como a proporção de catalisador e primer) e configurações deficientes nos equipamentos de aplicação (como a trajetória programada do robô de pintura). Ao atuar sobre essas causas específicas com ações corretivas baseadas em evidências e validadas por testes de qualidade (como o *Cross Cut*), espera-se elevar significativamente o índice FTT, reduzindo os defeitos e os custos associados, e estabelecendo um novo patamar de desempenho para o processo.

#### **1.5. OBJETIVO**

O objetivo deste projeto é aplicar a metodologia DMAIC para analisar e melhorar o processo de pintura de peças plásticas em uma indústria de veículos pesados, visando reduzir as não conformidades e elevar o indicador de eficiência operacional FTT (*First Time Through*), com a meta de atingir 80% e mitigar os impactos financeiros decorrentes dos defeitos.

### **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O Seis Sigma é uma estratégia de gestão altamente eficaz para o aumento da lucratividade e a redução significativa dos custos e da variabilidade dos processos nas organizações. As metodologias Seis Sigma e DMAIC são complementares e, quando associadas às ferramentas estatísticas, contribuem para a gestão da qualidade voltada à excelência, atuando no combate aos desperdícios, na redução do custo da má qualidade, na otimização do tempo e na melhoria contínua dos processos.

A metodologia quando integradas ao mapeamento do fluxo de valor (VSM) e aos princípios da produção enxuta, possibilitam o mapeamento e a automação dos fluxos de processo, a redução da mão de obra e o alcance do objetivo central de produzir com mínimo ou zero defeito, fazendo certo desde a primeira vez, seja na entrega de produtos ou na prestação de serviços.

Um dos principais motivos que levam as organizações a implantação de projetos conduzidos por Black Belts é a eliminação de erros nos processos e a obtenção de retornos financeiros superior ao esperado, os quais podem ser alcançados no médio e longo prazo.

Entretanto, para que um projeto seja bem-sucedido, é indispensável que o planejamento conte com o apoio da alta direção e que a equipe de Belts responsável pela condução das atividades seja qualificada, disciplinada e comprometida com a execução e a conclusão do projeto.

De acordo com (WERKMA,2012), o Seis Sigma teve origem em 15 de janeiro de 1987, na empresa norte americana Motorola, em um contexto marcado por forte pressão competitiva no mercado. Nessa ocasião, o então CEO Bob Galvin apresentou oficialmente a metodologia como uma estratégia voltada ao aumento da competitividade organizacional, com o objetivo de permitir que a empresa enfrentasse concorrentes que ofereciam produtos de maior qualidade a custos inferiores.

Bob Galvin é considerado o pai do método Seis Sigma, uma vez que foi o principal responsável por patrocinar, estruturar e consolidar sua aplicação na organização. Destaca-se ainda a atuação do engenheiro Bill Smith, reconhecido como o precursor dos conceitos e fundamentos da metodologia, cuja convicção acerca de seu potencial contribuiu para o engajamento da alta direção.

A partir desse apoio institucional, foram criadas as condições necessárias para a implementação do programa, que se tornou um dos pilares estratégicos da Motorola naquele período.

No contexto brasileiro, a adoção da metodologia Seis Sigma ocorreu de forma mais tardia, ganhando destaque a partir de 1997, quando o grupo Brasmotor passou a aplicar o modelo em seus processos organizacionais. Após aproximadamente um ano de implementação, a empresa registrou ganhos financeiros expressivos, estimados em cerca de R\$ 20 milhões.

Posteriormente, outras organizações de grande porte, como Belgo-Mineira, Multibras, Kodak, Ambev, Grupo Gerdau e Cimento Votorantim, também incorporaram o Seis Sigma, alcançando resultados significativos e benefícios relevantes em termos de desempenho e competitividade (MARTINELLI, 2009).

## 2.1. O CONCEITO DA METODOLOGIA DMAIC

O DMAIC é um método estruturado criado por Mikel Harry durante sua atuação na Motorola, integrando a equipe liderada por Bob Galvin, e representa o principal modelo utilizado para orientar e gerenciar projetos de melhoria no contexto da metodologia Seis Sigma (MACHADO, 2018).

O DMAIC consiste em um método de caráter estatístico e cíclico, utilizado para estruturar e gerenciar projetos de melhoria de processos. Esse método é composto pelas etapas de define (definir), measure (medir), analyse (analisar), improve (melhorar) e control (controlar), sendo que, na fase inicial, são estabelecidas as prioridades e os objetivos do projeto.

Ao longo de sua aplicação, são empregadas diversas ferramentas da qualidade, como brainstorming, diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto, histogramas e cartas de controle, com foco na identificação e solução do problema central. Na etapa de medição, os indicadores de desempenho são definidos e os dados do processo são coletados.

Posteriormente, esses dados são analisados de forma sistemática, servindo de base para a tomada de decisões. Na fase de melhoria, são implementadas as mudanças necessárias no processo e, por fim, realiza-se o controle e a padronização das ações por meio do monitoramento contínuo dos resultados, assegurando que as melhorias sejam incorporadas de forma permanente ao processo (CALADO, 2020). Para melhor compreensão do método DMAIC, a Tabela 1 apresenta suas etapas e respectivos objetivos, conforme descrito por Robisom Damasceno Calado (2020).

TABELA 1 - FASES DA METODOLOGIA DMAIC.

<b>Fases</b>	<b>Objetivos</b>
Define	Seleção do projeto e definição do problema alvo de melhoria
Measure	Medição do processo existente. Estabelecimento de métricas de desempenho válidas e fidedignas de modo a tornar o problema quantificável e mensurável.
Analyse	Análise da situação atual e identificação de eventuais causas do problema e fontes de variação
Improve	Proposta e seleção de possíveis soluções para as causas do problema. Desenvolvimento e implementação de ações de melhoria
Control	Desenvolvimento e implementação de sistemas de prevenção e controle de qualidade para garantir que as ações de melhoria são mantidas

FONTE: (CALADO,2020).

## **2.2. DEFINE**

Na etapa inicial Define do Seis Sigma, a equipe analisa os requisitos do cliente com o objetivo de identificar os aspectos críticos da qualidade. Nesse momento, o mapeamento do processo é amplamente utilizado para representar suas entradas, saídas e pontos sensíveis, considerando as expectativas do cliente.

Posteriormente, é realizada a avaliação de custo-benefício do projeto, por meio de ferramentas estatísticas, a fim de demonstrar o potencial retorno da iniciativa para a organização (MARTINELLI, 2009).

De acordo com (WERKEMA,2012), a etapa inicial do DMAIC consiste na caracterização detalhada do problema, na avaliação do histórico e na definição dos resultados esperados, com o estabelecimento de metas claras, valores a serem atingidos e prazos para execução.

## **2.3. MEASURE**

Segundo (WERKEMA,2012), na etapa do Measure, é fundamental analisar a confiabilidade do sistema de medição e a consistência dos dados disponíveis, identificando se eles são adequados ou se há necessidade de novas medições. Nessa fase, define-se a forma de segmentar o problema, planeja-se e executa-se a coleta de dados, além de avaliar os impactos associados aos pontos críticos do processo. Também são analisadas as metas estabelecidas, verificando sua coerência com o escopo e a responsabilidade da equipe.

De acordo com (MARTINELLI,2009), a etapa Measure, é essencial para conectar os indicadores de desempenho definidos anteriormente às possibilidades de melhoria do processo. Nessa fase, são aplicadas diversas ferramentas da qualidade, como brainstorming, estratificação, folha de verificação, gráfico de Pareto, histograma e cartas de controle, a fim de apoiar a análise dos dados.

## **2.4. ANALYZE**

Segundo (MONTGOMERY E WOODALL,2008), a fase Analyze, tem como objetivo examinar as relações de causa e efeito, bem como identificar as principais fontes de variação do processo. Para isso, utilizam-se diferentes técnicas estatísticas, como testes de hipóteses, intervalos de confiança, análises de regressão e a análise de modos e efeitos de falha. Nessa etapa, os dados históricos ou aqueles obtidos na

fase de medição são analisados para indicar as causas fundamentais dos problemas, que serão abordadas posteriormente na etapa de melhoria.

## **2.5. IMPROVE**

De acordo com (MONTGOMERY,2020), a etapa improve, é dedicada à proposição e aplicação de ações de melhoria fundamentadas em análises aprofundadas do processo, visando o aumento do desempenho operacional. Nesse momento, os processos são revisados e redesenhados, geralmente com o apoio de ferramentas como fluxogramas e mapas de fluxo de valor. Os experimentos planejados desempenham papel essencial, pois possibilitam avaliar de forma estruturada o impacto das variáveis do processo sobre os resultados obtidos.

O foco principal dessa fase está no desenvolvimento, teste e validação das soluções para os problemas identificados, sendo os testes piloto utilizados para comprovar a eficácia das melhorias e o alcance dos objetivos do projeto.

## **2.6. CONTROL**

Na etapa Control do método DMAIC, busca-se assegurar a manutenção dos ganhos obtidos nas fases anteriores por meio da padronização dos processos e dos métodos de trabalho. Nessa fase, são formalizados os procedimentos operacionais padrão (POPs), definidos planos de controle e estabelecidos mecanismos de monitoramento do desempenho dos processos, com o objetivo de garantir a sustentabilidade das melhorias implementadas.

Além disso, promove-se o treinamento dos colaboradores e o registro sistemático das lições aprendidas, de modo a possibilitar a disseminação do conhecimento e a identificação de novas oportunidades de melhoria da qualidade em outras áreas da organização. (ANTONY; VINODH; GIJO, 2016).

## **2.7. EQUIPES**

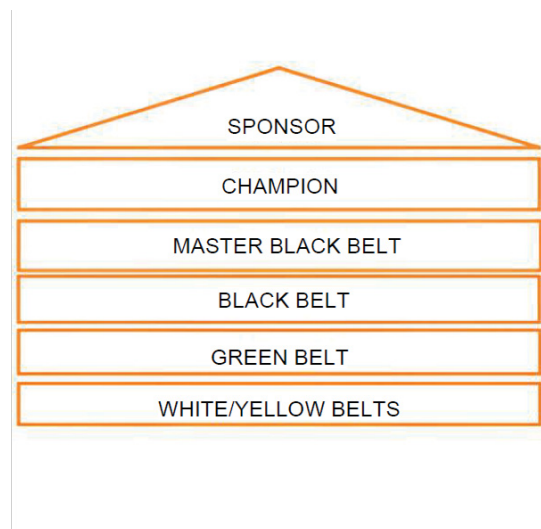
De acordo com (WERKEMA,2013), a infraestrutura do Lean Seis Sigma contempla a formação de equipes voltadas à execução de projetos que contribuem de maneira significativa para o alcance das metas e estratégias organizacionais, sendo que todo o planejamento e desenvolvimento dessas iniciativas são fundamentados no método DMAIC.

Segundo (MARTINELLI,2009), as denominações atribuídas às funções, papéis e responsabilidades dos participantes do programa Seis Sigma são inspiradas

nas artes marciais, em razão das competências requeridas, que são amplamente difundidas e compartilhadas entre os envolvidos.

Conforme (ANDRADE,2017), a estrutura do programa Seis Sigma é composta por diferentes níveis de atuação, conforme demonstrado na figura 1.

FIGURA 1 - Hierarquia dos especialistas do Seis Sigma.



FONTE: (ANDRADE,2017).

O Sponsor é responsável por impulsionar a implementação do método e estabelecer diretrizes alinhadas ao planejamento estratégico organizacional.

O Champion possui amplo conhecimento da empresa e elevado comprometimento institucional, compreendendo de forma integrada o funcionamento da organização.

Os Master Black Belts detêm o mais alto nível de conhecimento técnico e organizacional, sendo responsáveis pela liderança do programa.

Os Black Belts coordenam as equipes na execução dos projetos, dominando ferramentas técnicas, matemáticas e estatísticas, além de apresentarem perfil de liderança e capacidade de trabalho em equipe.

Os Green Belts atuam em conjunto com os Black Belts, participando de todas as etapas dos projetos e colaborando na formação e facilitação de equipes nos setores.

Já os White e Yellow Belts desempenham funções operacionais, recebendo treinamento nos fundamentos do Seis Sigma e auxiliando na aplicação das ações no dia a dia, contribuindo para a sustentação dos resultados obtidos ao longo do tempo.

### 3. METODOLOGIA

A condução da identificação, resolução e controle do problema foi realizada utilizando a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Nos tópicos seguintes, são detalhadas as etapas desenvolvidas em cada fase dessa abordagem, assim como os resultados alcançados ao final de cada uma delas.

#### 3.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Para que uma falha seja corrigida de maneira realmente eficaz, é indispensável, antes de qualquer ação, definir claramente o problema a ser abordado. Isso inclui estabelecer com precisão o escopo do projeto, especificar qual é a falha em questão e determinar quais resultados se pretende alcançar ao término da iniciativa.

Nesta etapa inicial, utilizamos como objeto de estudo um desvio de processo que onera diretamente o indicador de performance da qualidade de uma indústria automotiva de veículos pesados.

O problema a ser tratado foi definido como: processo de pintura de peças plásticas, as quais compõe o acabamento final dos veículos.

A partir da definição clara do problema a fase Define, da metodologia DMAIC, teve início, com a elaboração do Business Case e o desdobramento do projeto.

##### 3.1.1. DESCRIÇÃO DO INDICADOR

Na indústria automotiva de veículos pesados utiliza-se o indicador FTT “*first time through*” ou em tradução livre: passar correto da primeira vez, este será utilizado como indicador referência neste estudo para balizar a eficiência do processo de manufatura.

O FTT é um indicador industrial global que visa mensurar a eficiência de processo e suas variáveis Cross funcionais. Através dele é possível medir simultaneamente a performance de áreas diretas como: logística, manutenção, engenharia, etc.

##### 3.1.2. FORMA DE MEDIÇÃO DO INDICADOR:

1. Fórmula do indicador – FTT monitorado de 2 formas:
  - a. FTT Oficial: considera todo o resultado operacional: total de unidades produzidas Vs unidades com defeito (peça faltante e/ou defeito operacional)

b. FTT Zero Defeito: considera o resultado de unidades produzidas Vs defeitos operacionais - desprezando peças faltantes (logística)

2. Termos que compõe o indicador:

a. Veículos contabilizados: quantidade total de unidades produzidas no dia  
 b. Quantidade de veículos FTT OK: total de unidades que não apresentaram falhas - nem defeitos, nem peça faltante

c. Quantidade de veículos NFFT: total de unidades com falha - defeito operacional + peça faltante

d. Quantidade de veículos com defeito: apenas falha operacional

e. Quantidade de veículos com peça faltante: total de unidades impactadas por falta de componente (logística)

f. Quantidade de veículos com peça faltante + defeito: somatório de unidade que, além de defeito, adicionou peça faltante também

3. Na figura 2, segue um exemplo de cálculo do indicador:

FIGURA 2 – Cálculo do indicador de FTT

PORCENTAGEM FTT OFICIAL	QTD DE VEÍCULOS CONTABILIZADOS	QTD DE VEÍCULOS NFFT	QTD DE VEÍC COM PÇ FALTANTE
23%	80	62	49
PORCENTAGEM FTT ZERO DEFEITO	QTD DE VEÍCULOS FTT OK	QTD DE VEÍCULOS COM DEFEITO	QTD DE VEÍC PÇ FALTANTE + DEFEITO
84%	18	4	9

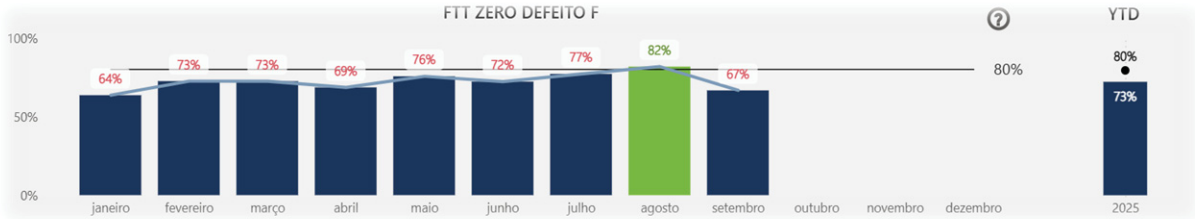
FONTE: Os autores (2025)

### 3.2. DESCRIÇÃO DO HISTÓRICO

O indicador FTT (*first time through*) figura 3, mede o nível de qualidade da indústria, apresentou desvio consecutivo nos anos 2023 e 2024, com média de 60% contra a meta de 75% e 80% - respectivamente.

Em 2025, a meta se manteve em 80%, embora os resultados históricos atingidos ficaram fora do esperado. Para o primeiro semestre de 2025, o resultado acumulado está em 73%, sendo o principal problema se concentrando no processo de Pintura de Peças Plásticas.

FIGURA 3 – Histórico do indicador FTT

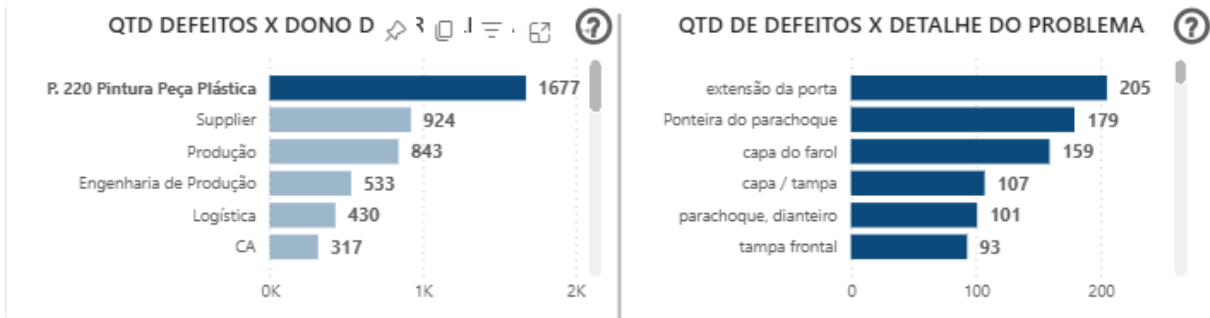


Fonte: os autores (2025)

Os desvios no processo de pintura é o principal problema do primeiro semestre de 2025. O objetivo deste projeto é atacar este processo.

A figura 4 mostra os dados do período analisado, que compreende os meses de janeiro a junho de 2025, foram registradas 1677 peças plásticas pintadas que causaram impacto em 504 veículos, gerando atrasos, retrabalhos, reposição, performance e custos operacionais.

FIGURA 4 – Desvios no processo de pintura



Fonte: Os autores (2025)

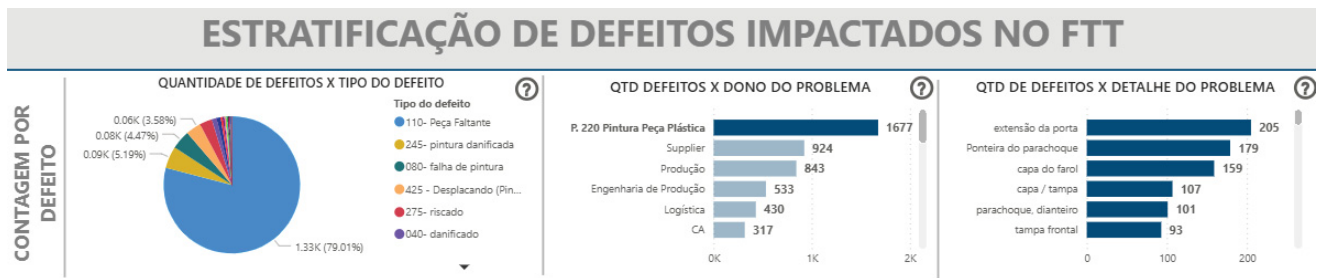
#### 4. DESCRIÇÃO DAS METAS

A equipe de desenvolvimento do projeto, de forma colaborativa e alinhada com a organização e também considerando o alto grau de complexidade do processo de pintura industrial da cadeia automotiva. Considerando o cenário histórico e o comportamento de desvio do processo de pintura, adotou-se uma abordagem conservadora, estabelecendo como objetivo deste projeto, a redução de 25% dos defeitos de pintura – de acordo com o Pareto das perdas e impactos deste processo

De acordo com a estratificação macro dos principais defeitos figura 5, o Pareto direciona como principal onerante, o processo de pintura de peças plásticas. Sendo os principais focos organizados como segue:

- Foco 1: extensão de porta
- Foco 2: ponteira de para choque e para choque dianteiro
- Foco 3: capa do farol, capa/tampa, tampa frontal

FIGURA 5 – Estratificação de defeitos impactados no FTT



Fonte: Os autores (2025)

#### 4.1. DESCRIÇÃO DOS GANHOS

O desdobramento e implementações das ações propostas no processo de pintura visa um achatamento dos índices de refugo no Pareto bem como uma reestruturação do controle de processo e manuseio de peças acabadas. Ou seja, são observados ganhos diretos e indiretos. Dentro da estrutura de processos, estima-se obter uma estabilidade e padronização do fluxo de materiais, controle técnico dos elementos químicos, armazenamento e transporte de peças acabadas para o processo de montagem dos veículos.

Além da robustez de processo, este projeto visa a obtenção de *savings* (economia no processo) na casa de 150K BRL em redução de peças refugadas, retrabalhadas e espera de veículo em processo.

Esta economia anualizada, na casa de 150K BRL, que o projeto Black Belt visa entregar com a redução de 25% nas perdas de peças plásticas pintadas, considera diretamente os impactos ocasionados no processo cliente – linha de montagem dos veículos pesados. Estas peças são abastecidas dentro do contexto JIT (*just in time*), quantidade exata no momento exato de montagem. Quando estes componentes apresentam qualquer tipo de desvio de qualidade, se desencadeia uma série de impactos financeiros: reposição de peça da mesma cor (quando possível), retrabalho da peça, tempo de espera do veículo em processo, retrabalho do veículo fora de processo, movimentação de materiais entre processos, entre outros custos amparados pelos sete desperdícios clássicos.

Adicionalmente à cultura da companhia em manter o cliente no centro de suas operações, este projeto busca entregar um processo mais robusto e principalmente estável, entregando componentes confiáveis e sem perdas no fluxo.

### 5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Através da ferramenta de mapeamento de processo SIPOC conforme a Figura 6, foi obtida uma visão clara e sintetizada do processo de pintura de peças plásticas. A aplicação desta ferramenta contribuiu para a clareza do fluxo de processos bem como o entendimento dos potenciais gargalos e oportunidades. Adicionalmente, foi possível contemplar todos os elementos que compõe o processo: o processo-chave, seus respectivos fornecedores e insumos, bem como as principais saídas e seus clientes.

FIGURA 6 - SIPOC

Fornecedores Suppliers	Insumos Inputs	Processo Process	Produtos Outputs	Consumidores Customers
estação 440 (linha automática)	peças plásticas (pequenas/médias)	pintura robotizada (automática)	peças pintadas (pequenas/médias)	linha de montagem
estação 40 (linha manual)	peças plásticas (grandes)	pintura operacional (manual)	peças pintadas (grandes)	linha de montagem
engenharia	suporte técnico	parametrização de processo	parametrização de robôs e estação manual	linhas de pintura
manutenção	manutenção técnica	plano de manutenção do sistema de pintura	manutenções preventivas e corretivas do sistema	linha de pintura
qualidade	suporte técnico	monitoramento de processos	auditorias e ensaios técnicos	linha de pintura

Fonte: Os autores (2026)

Processo de pintura automática – estação 440: o monitoramento dos insumos químicos é realizado de forma automatizada: percentuais de primer, solvente, homogeneização de tinta. O sequenciamento das peças é definido pelo time de PCP (planejamento e controle da produção) de acordo com os modelos previstos para o dia. A atividade operacional nesta estação está restrita ao abastecimento e desmontagem dos frames de pintura e, adicionalmente, a inspeção visual da qualidade baseada nos critérios internos. Finalizada esta etapa, as peças acabadas são agrupadas e armazenadas nas estantes de sequenciamento para então futura movimentação ao processo de montagem.

Processo de pintura manual – estação 40: nesta estação de trabalho que compreende as peças grandes que compõe o veículo, a pintura é realizada

manualmente pelo pintor técnico. Da mesma forma que na estação automática, todo o processo de sequenciamento é definido pelo time de PCP (planejamento e controle da produção), o monitoramento e controle dos insumos químicos é definido e realizado pela área de suporte técnico – engenharia de pintura. Cabe ao operador, nesta estação manual, a pintura e inspeção de qualidade das peças bem como seu acondicionamento nas estantes de sequenciamento para futura movimentação à área de montagem.

Esta atividade proporcionou clareza e compreensão sistêmica do processo de pintura, bem como a interface entre as diferentes áreas e seus respectivos impactos – diretos e indiretos.

### **5.1. DESCRIÇÃO DO ALINHAMENTO ENTRE A UNIVERSIDADE E A EMPRESA HOSPEDEIRA**

Com o objetivo de formalizar o alinhamento entre a universidade e a empresa hospedeira, foi elaborado e acordado um Business Case, o qual está apresentado no Anexo deste trabalho.

Esse documento constituiu-se como instrumento orientador para a definição conjunta dos objetivos, do escopo, das responsabilidades e das metas do projeto, assegurando o comprometimento recíproco entre as partes envolvidas

### **5.2. ETAPA MEDIR**

Após a delimitação precisa do problema a ser estudado, realizou-se a organização e a estratificação dos dados coletados, com o objetivo de identificar e priorizar as variáveis mais relevantes para uma análise aprofundada nas etapas subsequentes do projeto. Essa fase apresenta caráter essencial dentro da metodologia DMAIC, uma vez que possibilita compreender a extensão do problema com base em evidências quantitativas. Para a execução dessa etapa, adotaram-se os procedimentos metodológicos descritos a seguir:

### **5.3. DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS**

Para entendimento das variáveis e suas respectivas influências negativas nos resultados de processo de pintura de peças plásticas, a estratificação detalhada dos dados de produção foi fundamental para clareza e dimensão do problema. Esta análise permitiu a categorização e agrupamento dos tipos de falhas para viabilizar o direcionamento dos focos de ações.

A primeira etapa de análise consistiu em delimitar o intervalo de tempo e o universo de perdas gerais que mais afetavam o resultado final do KPI FTT. Foi definido em conjunto universidade e empresa, o período compreendido entre os meses de janeiro a junho de 2025.

Subsequente à decisão do intervalo de tempo e, de acordo com o Pareto das perdas, o sistema direcionou como principal onerante de perdas e impactos o processo de pintura de peças plásticas.

Como última etapa e de acordo com dados trazidos pelo banco de dados, ficou decidido como elementos de trabalho o top 06 defeitos de pintura de peças plásticas e para estes 06 principais tipos de defeitos um agrupamento em 03 principais focos, como segue: foco 01: extensão de porta, foco 02: ponteira de para choque e para choque dianteiro e foco 03: capa do farol, capa/tampa, tampa frontal.

Para esta análise e compreensão do comportamento do processo, foram utilizados dados extraídos do sistema de gestão da qualidade, denominado *Qulis*. Estes dados são coletados em tempo real diretamente pelos apontamentos operacionais ao longo da cadeia de valor do produto na linha de montagem. É válido ressaltar a confiabilidade dos dados utilizados como objeto de estudo, uma vez que os operadores não têm acesso a base de dados para manipular qualquer informação inserida.

#### **5.4. DESCRIÇÃO DOS FOCOS**

Para os 03 focos definidos como elemento de trabalho deste projeto, foram definidas 04 frentes de abordagem, baseada na análise de causa dos potenciais problemas causadores de não conformidade de pintura de peças plásticas. A seguir a descrição destas frentes:

Primeira frente: solução de catálise. A análise aprofundada desta variável trouxe a reflexão e conhecimento técnico de processo antecessor à pintura de peças plásticas. Tão importante quanto o acabamento superficial da pintura é o processo pré-tratamento das peças que receberão a aplicação de camada de tinta. A busca pelo percentual ideal da solução primer e catalisador foi fundamental para padronizar o tratamento superficial das peças plásticas antes da aplicação de tinta. Nesta etapa, o suporte técnico do fornecedor de insumos químicos e de tratamento superficial pré pintura foi fundamental para o avanço da análise e solução desta variável.

Segunda frente: trajetória do robô de aplicação de tinta e redesenho do sub frame de pintura. Ambos os tópicos fazem parte do processo de pintura da estação

automática de aplicação. A profundidade de análise destes tópicos trouxe a clareza e a provocação de que sempre é possível desafiar o padrão e buscar uma melhoria quando se trata de processo industrial. Quanto a trajetória do robô de aplicação, foi evidenciado que a parametrização para cobrir os eixos X, Y e Z não era suficientemente robusto para alcançar toda a gama de peças. Esta divergência se potencializava quando adicionada a variável design do sub frame de pintura. Este sub frame por sua vez havia sido projetado para absorver todos os tipos de peças, porém há determinadas peças que são absolutamente específicas para determinados clientes que, somada a trajetória ineficiente do robô, resultava em uma pintura final não conforme – principalmente nas extremidades das peças de maior dimensão.

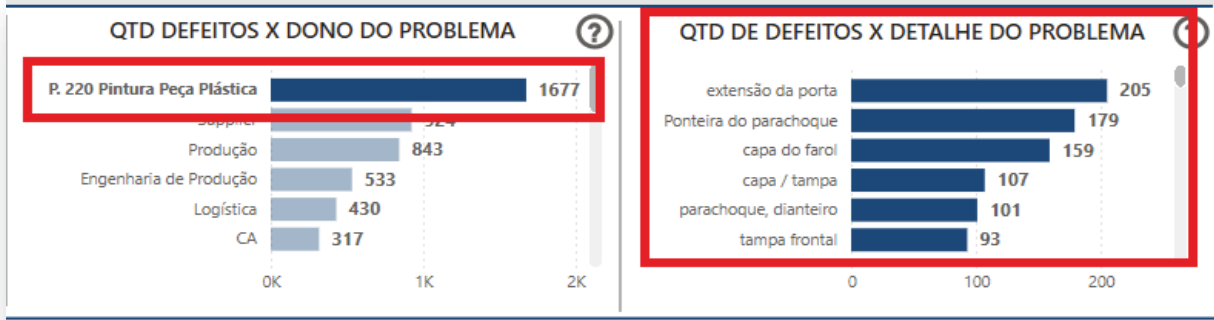
Terceira frente: frame de armazenamento de peças acabadas e troller de transporte entre prédios. Na etapa de análise destas variáveis a reflexão que veio à tona foi a de não menosprezar os pequenos desperdícios se há iniciativas a serem aplicadas a eles. Nas etapas anteriores, com foco mais químico-técnico e específico de processos pré-tratamento as variáveis e oportunidades se tornam mais evidentes e palpáveis, não tão claras quanto em processos subjacentes e manuais o que torna-se uma armadilha na prevenção de perdas – se não considerado. Nesta etapa foram identificadas oportunidades de melhoria nos frames de armazenamento, as quais foram mencionadas pelos próprios operadores do processo. Ou seja, as peças conformes da saída do processo de pintura estavam sofrendo avarias nos frames onde seriam armazenadas. Tal qual os frames de armazenamento, os trollers utilizados para transporte das peças entre área de armazenamento e linha de montagem, apresentavam avarias semelhantes às anteriores. Peças estavam sendo danificadas no transporte.

Quarta frente: adequação da área de inspeção. Essencial para garantir a aplicação do método de inspeção é a capacitação dos operadores e uma área adequada para este fim – principalmente a condição de iluminação, quando se trata de inspeção visual de cores. A falta de condições básicas nesta etapa passou a ser um fator relevante na aprovação de peças não conformes e aumento da taxa de refugo na linha de montagem.

Dentre estas 04 frentes potenciais de melhoria, este projeto segue com as metas específicas para reduzir o impacto destes componentes na linha de montagem conforme mostra a figura 7. A quantidade total de peças plásticas pintadas não

conformes identificadas na linha de montagem no primeiro semestre de 2025 foi de 1677 unidades. O top 06 – agrupado nos 03 focos apresentados previamente, somam 877 unidades, representando 50% da perda total.

FIGURA 7 – Quantidade de peças não conformes



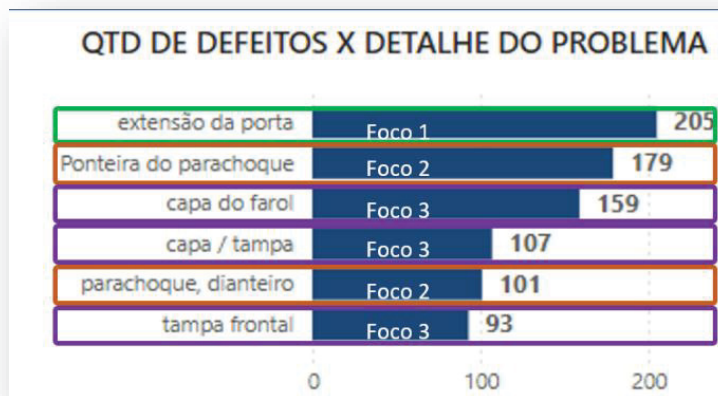
Fonte: Os autores (2025)

**5.5. DESCRIÇÃO DAS METAS ESPECÍFICAS**

Estreitando as métricas com a liderança da empresa e o time do projeto, ficou definido os seguintes desafios:

Para o foco 01 - peça: extensão da porta, este componente, dentre os demais, foi o que apresentou maior impacto. Por se tratar de uma peça grande, comparativamente entre as demais, o impacto causado na linha de produção e o tempo de retrabalho é bastante grande. Ficou estabelecido uma redução de 70% neste foco como mostra a figura 8. De janeiro a junho de 2025 foram rejeitadas 205 unidades deste componente.

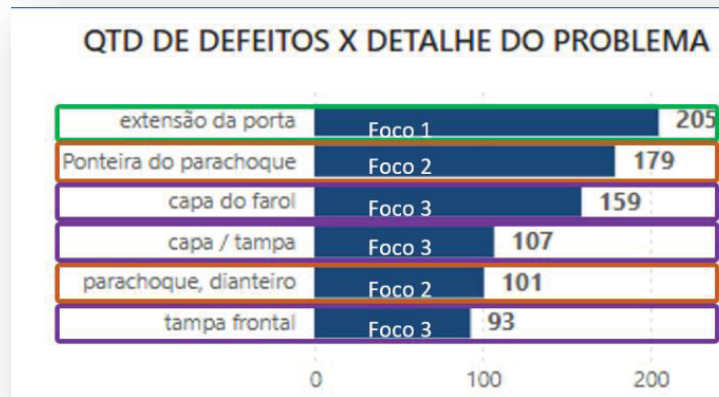
FIGURA 8 – Quantidade de defeitos x detalhe do problema



Fonte: Os autores (2025)

Para o foco 02 – peças: para-choque dianteiro e ponteira do para-choque, fica estabelecida uma meta de 65% de redução com este projeto. Estas duas peças formam o conjunto frontal e, assim como a extensão de porta, trata-se de um componente grande com alto custo de retrabalho. No primeiro semestre de 2025 foram rejeitadas 278 unidades, conforme apresentado na figura 9.

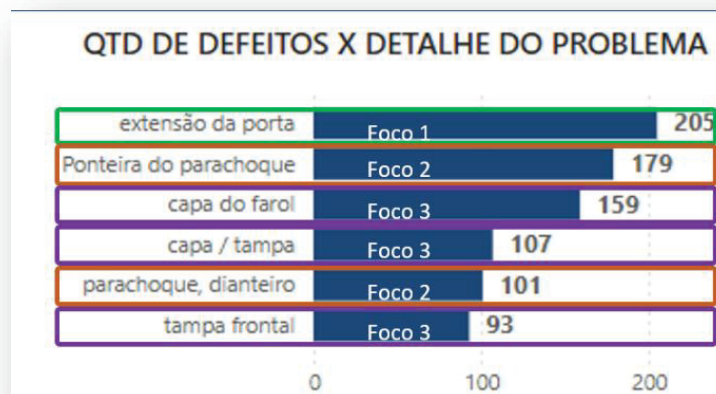
FIGURA 9 - Quantidade de defeitos x detalhe do problema 2



Fonte: Os autores (2025)

Para o foco 03 – peças: figura 10, capa do farol, capa/tampa e tampa frontal, fica acordada a métrica de redução de 40%. Estes componentes são denominados como “peças pequenas” dentro do conjunto que compõe o veículo. O somatório total de rejeição no primeiro semestre de 2025 foi de 359 unidades.

FIGURA 10 - Quantidade de defeitos x detalhe do problema 3



Fonte: Os autores (2025)

## 6. DESCRIÇÃO DO ALCANCE DA META GERAL

As metas alinhadas para este projeto visam reduzir drasticamente os impactos causados na linha de montagem, provenientes de componentes plásticos produzidos internamente. O indicador de FTT possui outras variáveis de impacto, inclusive de maior impacto que peças plásticas, no entanto este processo está sob o domínio da companhia, diferentemente de um processo logístico, por exemplo, que sofre com impactos extra companhia como: condições meteorológicas, infraestrutura de transporte, etc. As métricas aqui definidas focam na melhoria e estabilidade do processo interno e que a sua resultante seja percebida no processo de montagem. A condição de desvio na qualidade das peças plásticas entregues à linha de montagem gera um efeito cascata negativo na cadeia de valor do produto. Impacto no indicador de FTT, tempo *takt* da linha (ritmo de produção para atender a demanda) e tempo de reparo.

As métricas definidas para os 03 focos visam, de maneira geral, reduzir a quantidade de peças não conformes entregues à linha de montagem. Paralelamente a esta condição, visa também melhorar e trazer robustez ao processo de pintura – desde o controle de insumos químicos de pré-tratamento superficial, passando pelo controle de qualidade e transporte de peças.

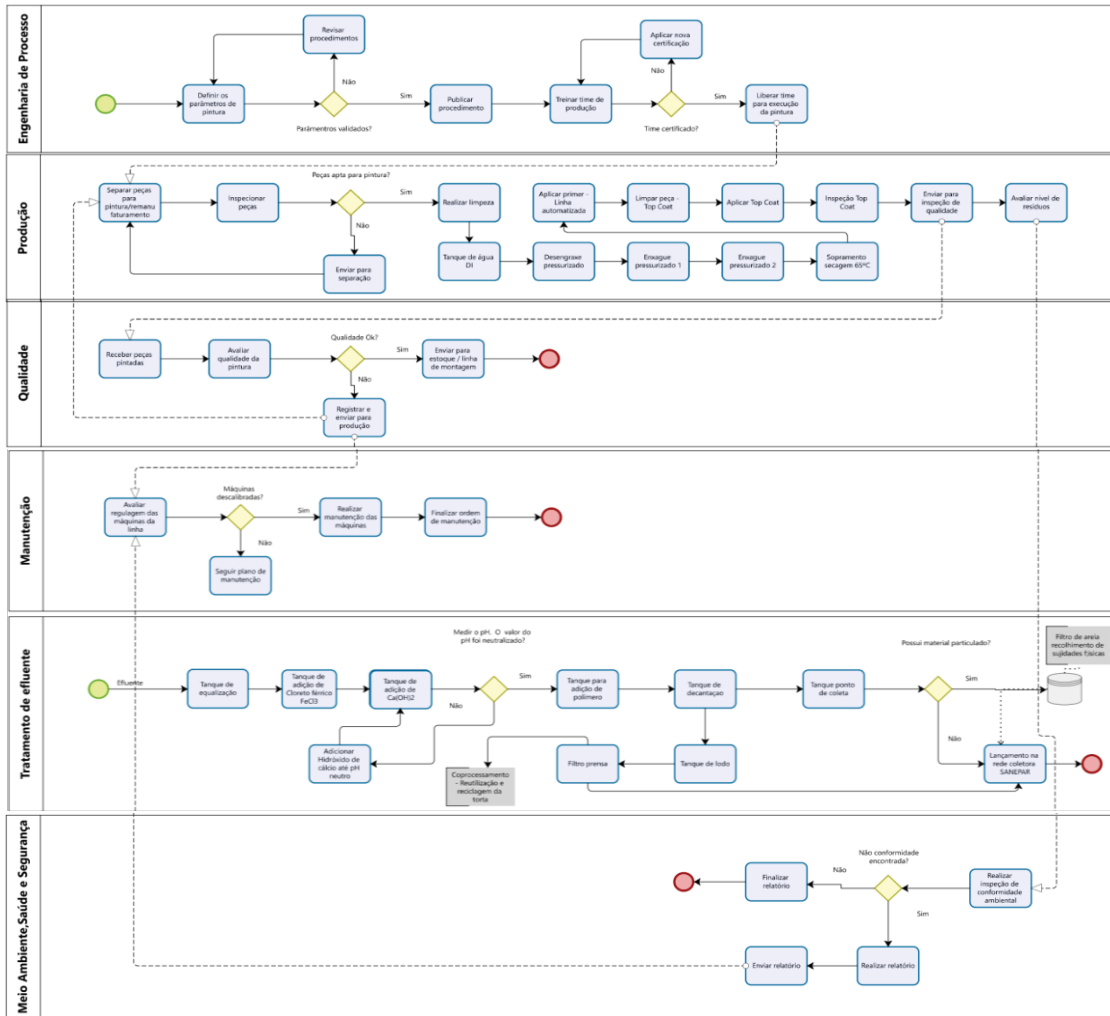
### 6.1. ETAPA ANALISAR

Após consolidar o tratamento dos dados na etapa de *Measure* (medição) foi possível buscar com profundidade a compreensão das principais causas dos desvios de não conformidade discutidos na etapa anterior.

### 6.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO GERADOR DO PROBLEMA

A figura 11, mostra o principal onerante da linha de montagem se concentra nos desvios de peças plásticas pintadas, que têm como processo principal a área técnica de pintura – responsável pelo processo de pintura automática e manual de componentes plásticos que compõe o acabamento do veículo.

FIGURA 11- Fluxo de processos de pintura



Fonte: Os autores (2025)

## 7. DESCRIÇÃO DAS CAUSAS POTENCIAIS E SUA PRIORIZAÇÃO

Como técnica de levantamento de causas potenciais, foi utilizada como ferramenta-suporte o *Brainstorming*. Mais de 20 causas potenciais foram citadas nesta primeira fase. Como base técnica de filtro para as causas levantadas, foi utilizada a ferramenta *Ishikawa* para a correta distribuição das causas entre os 6 M's (máquina, material, método, mão de obra, meio e medição). Após a distribuição estruturada das causas, foi aplicada a ferramenta 5W1H para validar de fato as causas mais relevantes, conforme apresentado na figura 12.

Como resultado deste processo analítico foram definidas 09 principais causas potenciais e, através da Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) foram validadas 05 principais frentes de iniciativas.

As potenciais causas foram validadas de acordo com os 03 focos de atuação os quais são o objetivo deste trabalho.

FIGURA 12 – Plano de ação 5W1H

	CAUSA POTENCIAL	PORQUE 1	PORQUE 2	PORQUE 3	VALIDAÇÃO	CONTENÇÃO
ÁREA TÉCNICA DE PINTURA DE PEÇAS PLÁSTICAS	PROPORÇÃO DO CATALISADOR PUR251 ABAIXO DA NECESSIDADE	Aderência da camada de tinta sensível ao toque após secagem	Aderência total da tinta sensível após período total de secagem (48h)	Aderência reprovada no teste de arranque (cross cut)	Processo de pré pintura (catalizador + primer) influenciam diretamente na aderência e secagem final.	Testes de percentuais diferentes de solução catalise e primer - de acordo com o fornecedor dos produtos
	SUB FRAME DE PROCESSO	Posicionamento do sub frame inadequado na câmara de pintura	Obstruindo a passagem de tinta entre robô e peça		Identificada a falha de aplicação na peça devido a obstrução	Ajustes no frame para se adequar ao processo de aplicação.
	TRAJETÓRIA DO ROBÔ	Há regiões sem aplicação de tinta nas peças	Os parâmetros definidos no eixo Y não são suficientes para que o robô chegue com a aplicação até o final da peça	Não há depósito de tinta na extremidade das peças	Identificada ausência de aplicação na extremidade da peça	Correção dos parâmetros do eixo Y
	TROLLER DE TRANSPORTE	Identificada peças danificadas no cliente (interno) mesmo após inspeção no fornecedor (interno)	Proteção das áreas de contato com a peça danificada	Travamento das peças danificado fazendo com que a vibração de transporte danifique a peça	Peças previamente inspecionadas e aprovadas identificadas com falhas no cliente (interno)	Manutenção nos trollers Substituição das proteções de peças
	FRAME DE ARMAZENAMENTO	Proteção das áreas de contato com a peça danificada	Travamento das peças impactivo com o design da peça		Peças previamente inspecionadas e aprovadas identificadas com falhas no cliente (interno)	Manutenção nos frames Substituição das proteções de peças

Fonte: Os autores (2025)

### 7.1. DESCRIÇÃO DA COMPROVAÇÃO DAS CAUSAS PRINCIPAIS

O processo de validação das causas principais se deu pela aplicação da metodologia da ferramenta 5W1H (5 porquês). Com consistência na validação de cada hipótese, foi possível determinar o horizonte de iniciativas estabelecidas neste projeto e direcionar as cinco principais frentes de trabalho para atacar os 03 focos de não conformidades.

O processo de pré-tratamento de pintura foi considerado o fator mais sensível de toda a cadeia de pintura. Para esta validação e conclusão, foram analisados dados históricos de armazenamento, consumo, troca de banho, camada de aplicação superficial e registros de solução de catálise. Adicionalmente, através da Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) as ações previstas para atacar este desvio se deram com maior prioridade.

Outro fator de grande relevância para o processo de pintura automática é a trajetória dos robôs de aplicação. A análise dos dados históricos de parametrização trouxe a clareza que havia necessidade e oportunidade de melhoria de ajustes nos eixos X, Y e Z, que por sua vez não estavam robustos o suficiente para cobrir toda a extensão do portfólio de peças (e novas peças introduzidas). Sendo assim, ainda com o auxílio da Matriz GUT, esta frente de trabalho foi definida como segunda prioridade de atuação.

## **8. ETAPA MELHORAR**

Com a clareza do problema a ser atacado, após análise de dados e comportamento do processo, as potenciais soluções e iniciativas foram determinadas para atacar o problema e trazer estabilidade ao fluxo de processo.

### **8.1. DESCRIÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES**

As alternativas elaboradas para solucionar os problemas identificados foram construídas a partir de uma análise minuciosa das causas levantadas na etapa investigativa do projeto, recorrendo-se, para esse fim, à técnica de análise de causa e efeito por meio do Diagrama de Ishikawa. Tais propostas foram formuladas com a finalidade de direcionar a intervenção às causas raiz, garantindo uma abordagem consistente, eficaz e sustentável para a resolução das não conformidades observadas.

Mediante avaliação crítica e validação das soluções sugeridas, espera-se alcançar melhorias substanciais no processo de pintura técnica de peças plásticas, o que tende a gerar impactos positivos sobre o indicador FTT, otimizar o fluxo da linha de montagem e, conseqüentemente, elevar a eficiência global do processo produtivo.

### **8.2. DESCRIÇÃO DA PRIORIZAÇÃO DAS AÇÕES**

A priorização das soluções propostas foi realizada mediante a aplicação integrada de duas ferramentas de apoio à tomada de decisão: a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e a Matriz de Priorização baseada na relação esforço versus impacto. A utilização combinada desses instrumentos permitiu estabelecer um ponto de equilíbrio entre a relevância dos problemas identificados e a viabilidade prática de implementação das ações, assegurando uma alocação mais estratégica dos recursos e dos esforços envolvidos. As soluções que apresentaram maior pontuação conjunta corresponderam àquelas associadas a problemas de maior gravidade, urgência e propensão ao agravamento, simultaneamente demonstrando elevado potencial de benefício quando comparado ao esforço necessário para sua execução.

Foram adotadas as seguintes estratégias para trazer mais clareza e alinhamento à priorização definida:

Matriz de Prioridade: a premissa inicial adotada foi a do esforço vs o impacto. Dado o cenário crítico de não conformidades a priorização pela velocidade de iniciativas de alto impacto foi fundamental.

Matriz GUT: foram identificadas iniciativas que, de acordo com a matriz aplicada, demonstraram necessidade de agilidade devido a tendência de agravamento do quadro. As matrizes GUT e de Prioridade, combinadas, suportaram o direcionamento específico da alocação de recursos humanos e financeiros para o tratamento dos desvios.

Processo foco: uma vez que a origem das não conformidades identificadas no processo de montagem eram oriundas do processo de pintura, as ações corretivas e preventivas foram estruturadas de modo a atacar diretamente este processo.

A metodologia de priorização adotada neste estudo foi estruturada segundo premissas orientadas à maximização do impacto operacional e à eficácia na alocação dos recursos disponíveis. Considerando que o processo de pintura de peças plásticas tem gerado não conformidades que repercutem diretamente na etapa subsequente de montagem e no desempenho do indicador First Time Through (FTT), a abordagem de priorização concentrou-se nas ações com maior potencial de mitigação dessas falhas. Para isso, foram avaliados, de forma integrada, o impacto esperado das intervenções, as limitações de recursos humanos e financeiros e a capacidade instalada do processo, de modo a assegurar decisões objetivas, transparentes e compatíveis com as condições operacionais da organização.

A figura 13, apresenta o detalhamento das ações priorizadas, evidenciando o direcionamento estratégico adotado e o acompanhamento do status de implementação.

As demais propostas, embora não priorizadas nesta fase, foram mantidas no plano de ação como iniciativas complementares, passíveis de implementação conforme a evolução das necessidades do processo e os resultados alcançados pelas ações prioritárias. Essas iniciativas poderão ser conduzidas por meio de eventos Kaizen, revisões de PFMEA ou projetos de menor porte, contribuindo para o fortalecimento contínuo da robustez, adaptabilidade e eficiência do sistema produtivo ao longo do tempo.

FIGURA 13 - Detalhamento das ações prioritizadas

FOCOS	WHAT	WHY	WHERE	WHO	WHEN	HOW	STATUS
1 EXTENSÃO DE PONTA	AJUSTAR O PERCENTUAL DE CATALISADOR	PARA MELHORAR A ADERÊNCIA DA TINTA	ESTAÇÃO DE PRÉ PINTURA	ENG PINTURA	JUL/25	ADEQUANDO O PERCENTUAL DA SOLUÇÃO CATALISE/PRIMER	CONCLUÍDO
	AJUSTAR SUB FRAME DA ESTAÇÃO DE PINTURA	PARA PERMITIR A APLICAÇÃO UNIFORME DE TINTA	ESTAÇÃO DE PINTURA AUTOMÁTICA	ENG PINTURA	JUL/25	AJUSTANDO O DESIGN DA PEÇA	CONCLUÍDO
	CORRIGIR TRAJETÓRIA DA ROBÔ DE APLICAÇÃO DE TINTA	PARA QUE CUBRA TODA A ÁREA DA PEÇA	ESTAÇÃO DE PINTURA AUTOMÁTICA	ENG PINTURA	JUL/25	CORRIGINDO PARÂMETROS DO EIXO Y	CONCLUÍDO
	ADEQUAR TROLLER DE TRANSPORTE	PARA QUE NÃO DANIFIQUE PEÇAS NO TRANSPORTE	MANUTENÇÃO DE UTILIDADES	ENG DE MANUTENÇÃO	DEZ/25	CORRIGINDO TROLLERS DANIFICADOS	ANDAMENTO
	ADEQUAR FRAME DE ARMAZENAMENTO	PARA QUE AS PEÇAS ARMAZENADAS NÃO DANIFIQUEM	MANUTENÇÃO DE UTILIDADES	ENG DE MANUTENÇÃO	DEZ/25	REESTABELEENDO O POSICIONAMENTO E TRAVAMENTO	ANDAMENTO
	ADEQUAR ÁREA DE INSPEÇÃO	MELHORAR A LUMINOSIDADE DO ESPAÇO	INSPEÇÃO FINAL	ENG PINTURA	DEZ/25	REDESENHANDO ÁREA DE INSPEÇÃO FINAL	ANDAMENTO
	CAPACITAR OPERADORES PARA O MANUSEIO DE PEÇAS	ESTABELECEER PADRÃO E EVITAR PEÇAS DANIFICADAS	INSPEÇÃO FINAL / ARMAZENAMENTO	TREINAMENTO TÉCNICO	SET/25	TREINANDO E VALIDANDO TIME OPERACIONAL	CONCLUÍDO
2 PONTARIA DE PARACHOQUE & PARACHOQUE DIANTEIRO	DEFINIR EPIS APLICADOS AO MANUSEIO	MINIMIZAR PEÇAS DANIFICADAS PELO FALTA DE USO	INSPEÇÃO FINAL / ARMAZENAMENTO	ENG PINTURA	AGO/25	DEFININDO PADRÃO DE USO E FREQUÊNCIA DE TROCA	CONCLUÍDO
	AJUSTAR O PERCENTUAL DE CATALISADOR	PARA MELHORAR A ADERÊNCIA DA TINTA	ESTAÇÃO DE PRÉ PINTURA	ENG PINTURA	JUL/25	ADEQUANDO O PERCENTUAL DA SOLUÇÃO CATALISE/PRIMER	CONCLUÍDO
	AJUSTAR SUB FRAME DA ESTAÇÃO DE PINTURA	PARA PERMITIR A APLICAÇÃO UNIFORME DE TINTA	ESTAÇÃO DE PINTURA AUTOMÁTICA	ENG PINTURA	JUL/25	AJUSTANDO O DESIGN DA PEÇA	CONCLUÍDO
	CORRIGIR TRAJETÓRIA DA ROBÔ DE APLICAÇÃO DE TINTA	PARA QUE CUBRA TODA A ÁREA DA PEÇA	ESTAÇÃO DE PINTURA AUTOMÁTICA	ENG PINTURA	JUL/25	CORRIGINDO PARÂMETROS DO EIXO Y	CONCLUÍDO
	ADEQUAR TROLLER DE TRANSPORTE	PARA QUE NÃO DANIFIQUE PEÇAS NO TRANSPORTE	MANUTENÇÃO DE UTILIDADES	ENG DE MANUTENÇÃO	DEZ/25	CORRIGINDO TROLLERS DANIFICADOS	ANDAMENTO
	ADEQUAR FRAME DE ARMAZENAMENTO	PARA QUE AS PEÇAS ARMAZENADAS NÃO DANIFIQUEM	MANUTENÇÃO DE UTILIDADES	ENG DE MANUTENÇÃO	DEZ/25	REESTABELEENDO O POSICIONAMENTO E TRAVAMENTO	ANDAMENTO
	ADEQUAR ÁREA DE INSPEÇÃO	MELHORAR A LUMINOSIDADE DO ESPAÇO	INSPEÇÃO FINAL	ENG PINTURA	DEZ/25	REDESENHANDO ÁREA DE INSPEÇÃO FINAL	ANDAMENTO
3 CADA DO PAROL, COBERTURA TRANSPORTAL	CAPACITAR OPERADORES PARA O MANUSEIO DE PEÇAS	ESTABELECEER PADRÃO E EVITAR PEÇAS DANIFICADAS	INSPEÇÃO FINAL / ARMAZENAMENTO	TREINAMENTO TÉCNICO	SET/25	TREINANDO E VALIDANDO TIME OPERACIONAL	CONCLUÍDO
	DEFINIR EPIS APLICADOS AO MANUSEIO	MINIMIZAR PEÇAS DANIFICADAS PELO FALTA DE USO	INSPEÇÃO FINAL / ARMAZENAMENTO	ENG PINTURA	AGO/25	DEFININDO PADRÃO DE USO E FREQUÊNCIA DE TROCA	CONCLUÍDO
	AJUSTAR O PERCENTUAL DE CATALISADOR	PARA MELHORAR A ADERÊNCIA DA TINTA	ESTAÇÃO DE PRÉ PINTURA	ENG PINTURA	JUL/25	ADEQUANDO O PERCENTUAL DA SOLUÇÃO CATALISE/PRIMER	CONCLUÍDO
	CORRIGIR TRAJETÓRIA DA ROBÔ DE APLICAÇÃO DE TINTA	PARA QUE CUBRA TODA A ÁREA DA PEÇA	ESTAÇÃO DE PINTURA AUTOMÁTICA	ENG PINTURA	JUL/25	CORRIGINDO PARÂMETROS DO EIXO Y	CONCLUÍDO
	ADEQUAR TROLLER DE TRANSPORTE	PARA QUE NÃO DANIFIQUE PEÇAS NO TRANSPORTE	MANUTENÇÃO DE UTILIDADES	ENG DE MANUTENÇÃO	DEZ/25	CORRIGINDO TROLLERS DANIFICADOS	ANDAMENTO
	ADEQUAR ÁREA DE INSPEÇÃO	MELHORAR A LUMINOSIDADE DO ESPAÇO	INSPEÇÃO FINAL	ENG PINTURA	DEZ/25	REDESENHANDO ÁREA DE INSPEÇÃO FINAL	ANDAMENTO
	CAPACITAR OPERADORES PARA O MANUSEIO DE PEÇAS	ESTABELECEER PADRÃO E EVITAR PEÇAS DANIFICADAS	INSPEÇÃO FINAL / ARMAZENAMENTO	TREINAMENTO TÉCNICO	SET/25	TREINANDO E VALIDANDO TIME OPERACIONAL	CONCLUÍDO

Fonte: Os autores (2025)

## 9. DESCRIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Foi estruturado um plano de ação fundamentado na análise das causas fundamentais dos desvios identificados no processo de pintura de peças plásticas, na priorização das propostas de solução e na aplicação sistemática das ferramentas de gestão da qualidade, incluindo 5W1H, Matriz GUT e Matriz de Prioridade. Esse plano contempla um conjunto de ações direcionadas à mitigação das não conformidades que têm gerado impactos significativos no indicador First Time Through (FTT) e, consequentemente, no desempenho do fluxo subsequente de montagem.

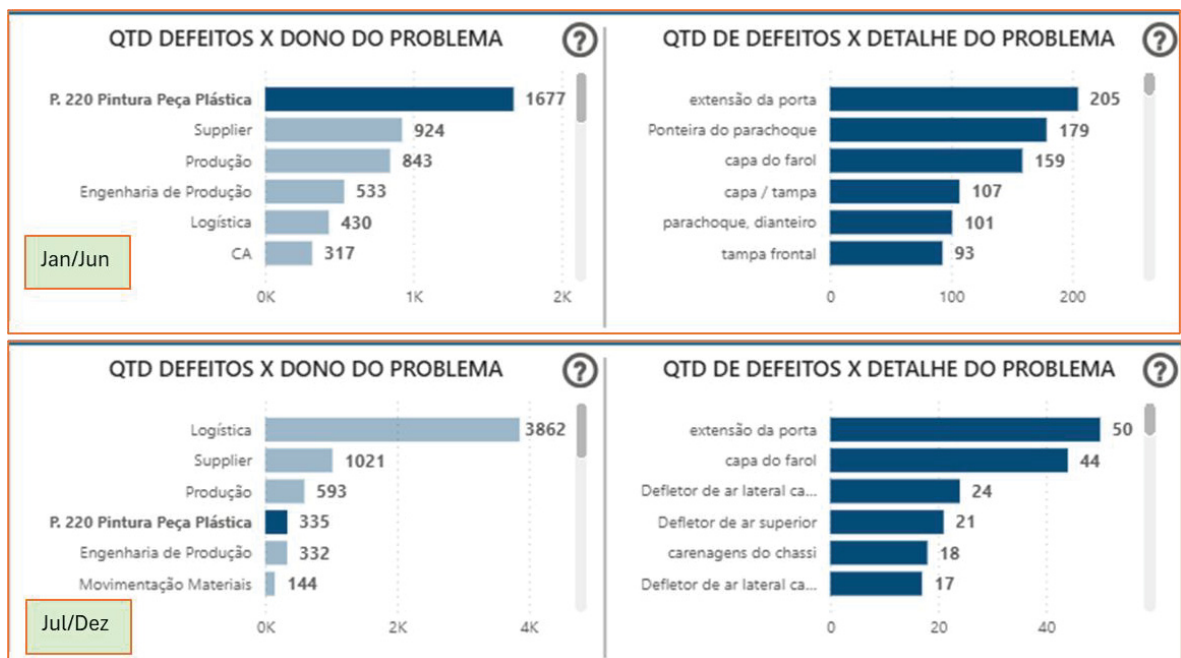
As ações propostas foram detalhadas em termos de atividades, responsáveis, recursos necessários e prazos de execução, assegurando uma abordagem estruturada e alinhada às melhores práticas de gerenciamento da qualidade. O escopo deste projeto definiu como horizonte de conclusão das ações prioritizadas o período até dezembro de 2025, de modo a permitir a implementação gradual e monitorada das melhorias.

Contudo, reconhece-se que outras oportunidades de aprimoramento, não incluídas entre as ações prioritárias, permanecem relevantes e poderão ser tratadas futuramente por meio de iniciativas complementares, tais como eventos Kaizen, revisões de PFMEA ou microprojetos específicos. Tais iniciativas mantêm-se alinhadas à cultura de melhoria contínua da organização e visam reforçar a robustez, a estabilidade e a eficiência global do processo ao longo do tempo.

## 9.1. DESCRIÇÃO DO ATINGIMENTO DAS METAS

Com a execução do Plano de Ação ao final de dezembro de 2025, conforme planejado, observa-se uma evolução significativa na quantidade de peças não conformes. Total de 335 unidades rejeitadas nos meses de julho a dezembro contra 1677 unidades no primeiro semestre de 2025, meses de janeiro a junho. Redução absoluta de 80%, conforme figura 14.

FIGURA 14 - Quantidade de peças não conformes



Fonte: Os autores (2025)

Quando analisados os 03 focos de maneira independente, houve uma redução em números absolutos de 844 unidades no primeiro semestre para 143 unidades no segundo semestre – após implementação das ações previstas, conforme figura 15.

FIGURA 15 – Resultados obtidos

Componentes	Total	Métrica	Resultado esperado
Extensão de Porta	205	0,7	144
Ponteira do parachoque	179	0,65	116
Capa do farol	159	0,4	64
Capa/tampa	107	0,4	43
Parachoque dianteiro	101	0,65	66
Tampa frontal	93	0,4	37
Top 6	844	<b>Total</b>	<b>469</b>
Total Jan/Jun	1677	<b>Estimado</b>	<b>28%</b>

844un	FOCO 1	FOCO 2	FOCO 3
jan	21	10	13
fev	14	7	16
mar	146	129	236
abr	13	122	50
mai	5	9	29
jun	6	3	15
<b>SUM</b>	<b>205</b>	<b>280</b>	<b>359</b>
143un	FOCO 1	FOCO 2	FOCO 3
jul	6	8	11
ago	6	12	14
set	28	5	21
out	5	1	9
nov	3	4	7
dez	2	0	1
<b>SUM</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>63</b>

Fonte: Os autores (2025)

A evolução observada no desempenho do processo pode ser atribuída tanto à implementação inicial das ações corretivas priorizadas quanto ao aumento significativo do comprometimento e da participação das equipes operacionais. O fortalecimento da conscientização sobre a importância da qualidade — promovido de forma contínua ao longo do desenvolvimento deste projeto — contribuiu diretamente para a elevação da aderência aos padrões operacionais e para a mitigação das falhas recorrentes no processo de pintura técnica de peças plásticas.

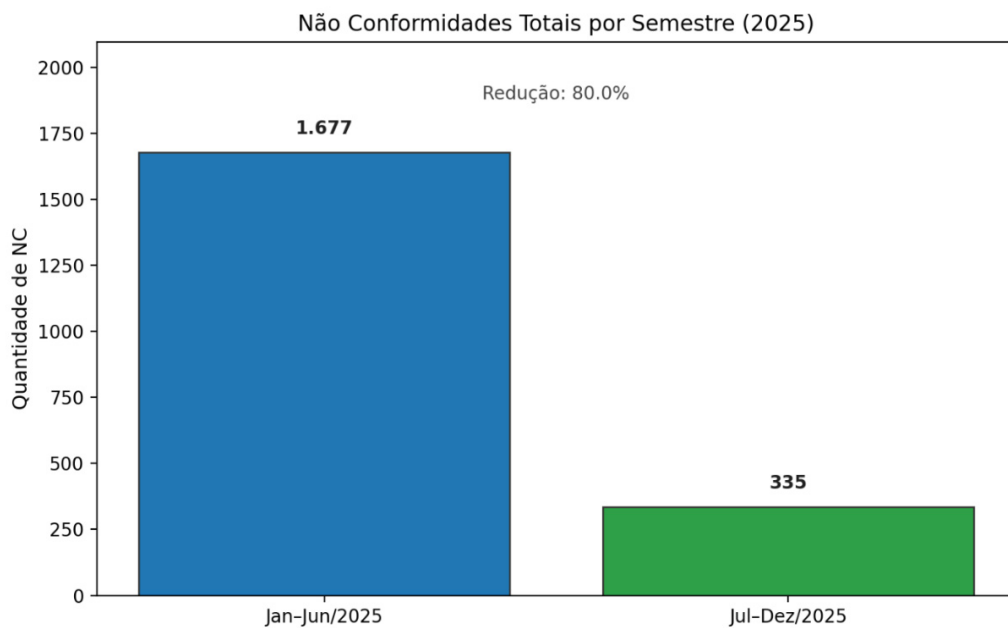
Os resultados preliminares obtidos evidenciam a efetividade do plano de ação estruturado e confirmam a adequação da metodologia adotada, demonstrando que a combinação entre planejamento organizacional, execução disciplinada e envolvimento das equipes foi determinante para a redução das não conformidades e para a melhora consistente do indicador de qualidade. Esses avanços reforçam não apenas a robustez da abordagem proposta, mas também a capacidade da organização de sustentar ganhos operacionais quando há alinhamento entre estratégia, processo e comportamento organizacional.

## 10. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

Os resultados obtidos ao longo deste estudo evidenciam a efetividade das ações estruturadas e implementadas no âmbito do método DMAIC para a redução das não conformidades no processo de pintura de peças plásticas. No primeiro semestre de 2025, o processo registrou 1.677 não conformidades, das quais 844 concentradas nos três principais focos analisados (205 no Foco 1, 280 no Foco 2 e 359 no Foco 3). Após a execução do plano de ação no segundo semestre do mesmo ano, observou-se uma redução substancial para 335 não conformidades totais, acompanhada da diminuição das ocorrências nos três focos para 143 unidades (50 no Foco 1, 30 no Foco 2 e 63 no Foco 3), conforme ilustrado nas figuras 16 e 17.

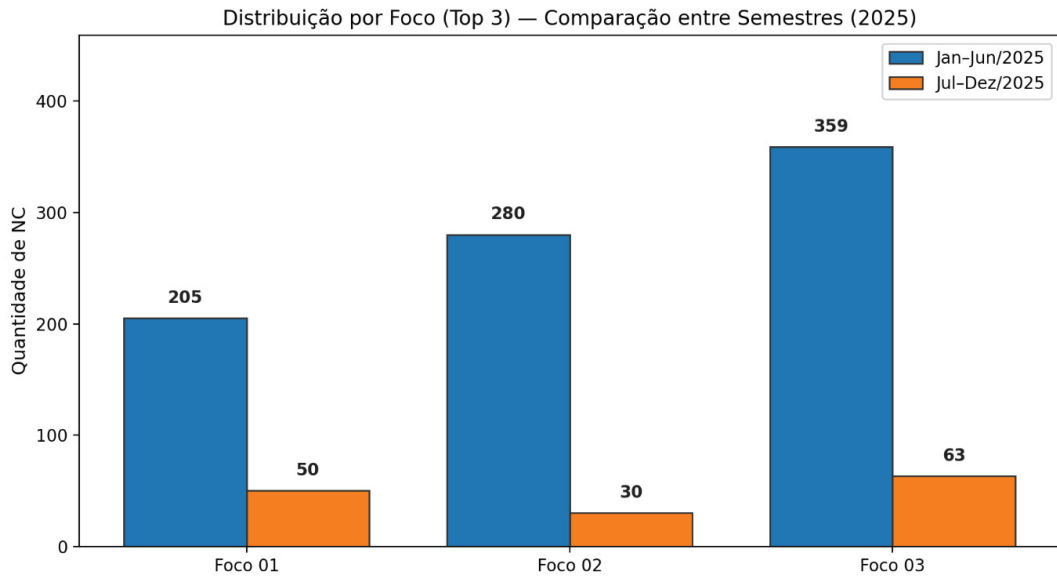
Esses resultados confirmam que a abordagem adotada — sustentada pela identificação rigorosa das causas raiz, pela priorização sistemática das soluções e pela implementação disciplinada dos controles — proporcionou melhorias significativas e sustentáveis no desempenho operacional, reforçando a robustez do processo, o alinhamento organizacional e a capacidade da empresa de manter ganhos de qualidade ao longo do tempo.

FIGURA 16 - Não conformidades totais por semestre



Fonte: Os autores (2025)

FIGURA 17 - Distribuição por foco



Fonte: Os autores (2025)

## CONCLUSÕES

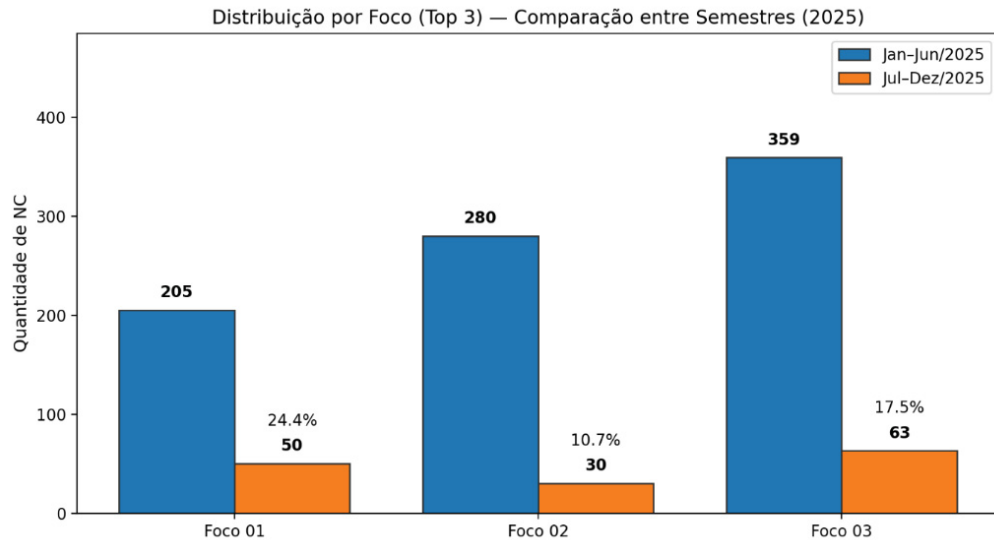
Este estudo comprovou a efetividade do método DMAIC na redução de não conformidades no processo de pintura de peças plásticas, com reflexos positivos sobre a estabilidade operacional e o indicador principal da qualidade – FTT. A aplicação técnica das etapas do DMAIC proporcionara o entendimento estruturado das causas fundamentais, a priorização criteriosa das soluções – com a utilização da Matriz GUT e Matriz de Prioridade e o desenho de um plano de ação executado de forma estruturada, com o fechamento do processo na etapa C – de Control, observou-se os ganhos por meio de padronização, treinamentos, monitoramento e governança.

No primeiro semestre de 2025, registraram-se 1.677 não conformidades (NC), sendo 844 concentradas em três focos principais (205 no Foco 01, 280 no Foco 02 e 359 no Foco 03) conforme a figura 18. Após a implementação do plano de ação, no segundo semestre de 2025, observou-se redução para 335 NC totais (–80,02%) e queda nos três focos para 143 ocorrências no conjunto (–83,06%), distribuídas em 50 (Foco 01), 30 (Foco 02) e 63 (Foco 03). Em termos individuais, as reduções foram de 75,61% (Foco 01), 89,29% (Foco 02) e 82,45% (Foco 03). Além da queda absoluta,

houve mudança no mix dos defeitos do Top 6, evidenciando o efeito das contramedidas sobre a “cabeça do Pareto” e indicando novas oportunidades de análise e trabalho.

Distribuição de Não Conformidades por semestre em 2025:

FIGURA 18 – Distribuição por foco



FONTE: Os autores (2025)

Os resultados confirmam que a abordagem adotada, focada na identificação rigorosa das causas raiz, na priorização sistemática e na execução com controles, gerou ganhos significativos, reforçando a melhoria do processo de pintura.

#### Recomendações para Continuidade dos Trabalhos

Embora as ações tenham reduzido substancialmente as NCs concentradas na “cabeça do Pareto”, recomenda-se dar sequência ao esforço de melhoria sobre as demais não conformidades não tratadas neste projeto, a fim de capturar ganhos adicionais e mitigar riscos.

#### Novos ciclos de DMAIC focados em não conformidades remanescentes

Priorizar defeitos residuais com menor frequência, porém potencialmente críticos por severidade, frequência e custo. Ao longo do desdobramento das análises e ações foi possível observar oportunidades de aplicação da metodologia.

Adicionalmente à metodologia DMAIC, observou-se também algumas oportunidades de aprofundamento de análise e melhoria:

1. Revisão do PFMEA e tratamento de RPN com valores altos. Adicionar também ao documento as oportunidades identificadas neste ciclo DMAIC;

2. Revisar o Plano de Controle com as iniciativas determinadas neste projeto e compartilhar com as pessoas envolvidas no processo.
3. Padronização e capacitação contínua dos padrões de trabalho revisado

### **SINTESE FINAL.**

O projeto atingiu seus objetivos ao reduzir as taxas de rejeição identificadas e trouxe uma estabilidade ao processo de pintura, contribuindo com o indicador da qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Darly Fernando (org.). **Seis Sigma: coletânea de artigos. v. 1.** Belo Horizonte: Poisson, 2017.
- ANTONY, Jiju; VINODH, S.; GIJO, E. V. **Lean Six Sigma for small and medium sized enterprises: a practical guide.** Boca Raton; London; New York: CRC Press, 2016. E-book. ISBN 978-1-4822-6009-0.
- CALADO, Robisom Damasceno (Org.). **Lean Six Sigma: iniciativas para a melhoria contínua em operações e serviços** Maryland: Global South Press, 2020.
- DEMING, W. E. (1986). **Out of the Crisis.** MIT Press.
- JURAN, J. M. (1999). **Quality Planning and Analysis.** McGraw-Hill.
- LIKER, J. K. (2004). **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.** McGraw-Hill.
- MACHADO, Marcos William Kaspachak (Org.). **A engenharia de produção na contemporaneidade 5.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2018.
- MARTINELLI, Fernando Baracho. **Gestão da qualidade total.** 2009.
- MONTGOMERY, Douglas C.; WOODALL, William H. **An Overview of Six Sigma.** International Statistical Review, 2008.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 8th. ed. John Wiley & Sons, Incorporated, 2020.
- PYZDEK, T., & Keller, P. A. (2014). **The Six Sigma Handbook.** McGraw-Hill.
- WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e sua ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Lean Six Sigma,** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.