

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
E TRANSPORTES**

Artigo a ser submetido à revista Produto & Produção

**MELHORIA CONTÍNUA DA QUALIDADE NO PROCESSO DE PINTURA
AUTOMOTIVA**

JOÃO PEDRO GONÇALVES TREVIZAN

Trabalho de Diplomação

Tutor: Liane Werner

Porto Alegre

2013

RESUMO

A competitividade acirrada entre as empresas deu maior poder ao consumidor, obrigando gestores a dar maior foco na qualidade de seus produtos e serviços. Este artigo apresenta a aplicação conjunta de ferramentas do controle e planejamento da qualidade, utilizando metodologia específica, visando à melhoria da qualidade da pintura de carrocerias de automóveis. O estudo foi feito no setor de pintura automotiva de uma montadora de veículos multinacional. Através da aplicação da metodologia proposta foi possível obter uma redução de 66,6% de incidência do defeito analisado, bem como formar uma equipe engajada na obtenção de melhoria contínua dos processos e produtos.

Palavras-Chave: Qualidade, Ferramentas da qualidade, Montadora, Pintura.

ABSTRACT

The fierce competition between companies gave more power to the customers, forcing managers to focus on the quality of their products and services. This paper presents the application of quality control and quality planning tools together, by using a specific methodology, aiming at the improvement of the painting quality in car bodies. The study was done in the paint shop of a multinational automaker. Applying the proposed it was possible to decrease the analyzed defect incidence by 66.6%, as well as forming a team engaged in achieving continuous improvement of processes and products.

Key-Words: *Quality, Quality Tools, Automaker, Paint.*

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos das últimas décadas aceleraram o processo de globalização, permitindo que a concorrência entre empresas ocorresse a nível internacional. Isto fez com que a qualidade, que muitas vezes não recebia grandes atenções dos gestores devido à dificuldade em mensurar seus benefícios, se tornasse algo imprescindível para o sucesso das companhias. Segundo Montgomery e Runger (2009), a qualidade dos produtos e serviços tem-se tornado um importante fator de decisão na maioria dos negócios, e um consumidor está propenso a considerar a qualidade com a mesma importância que o custo e o prazo de entrega.

Consequentemente, a melhoria da qualidade vem tornando-se uma preocupação para muitas empresas. Conforme Quinquilo (2002), a melhoria e o aperfeiçoamento contínuo são essenciais

para garantir o sucesso de qualquer atividade e significam realizar mudanças com influências positivas no sistema de produção e serviços para melhorar a Qualidade e a Produtividade e, em consequência, reduzir os custos com o passar do tempo. Para Montgomery (2009), melhoria da qualidade significa a eliminação sistemática de defeitos, que podem incluir perdas e retrabalhos, erros em documentos e o tempo perdido para refazer algo que poderia ter sido feito direito desde a primeira vez.

Neste contexto, as organizações buscam promover, em um curto espaço de tempo, a melhoria contínua da qualidade e produtividade, bem como a redução de custos, aumentando os lucros e a competitividade da organização (QUINQUIOLO, 2002). Para isto, utilizam metodologias de planejamento e gestão, aliadas a variadas ferramentas estatísticas e de controle da qualidade.

Soares (2003) resume controle de qualidade como analisar, pesquisar e prevenir a ocorrência de defeitos, minimizando o prejuízo ou evitando que este aconteça. Ao longo dos anos, ferramentas de controle e análise foram desenvolvidas objetivando melhorar e padronizar os processos. Essas ferramentas são baseadas em princípios estatísticos e técnicas de gestão, e se difundiram rapidamente durante a febre da qualidade e com a popularização do TQM – *Total Quality Management*. (DEMING, 1990; MONTGOMERY, 2009). Conforme Correia et al (2010), a qualidade total combina elementos de teorias tradicionais de gestão com o princípio da satisfação dos clientes, através de ações de compromisso e pela procura e implementação de melhorias contínuas, projetando mudanças culturais na organização.

Pierozan (2001), afirma que os consumidores de carros compram antes com os olhos, sendo a qualidade e a cor do acabamento características indubitavelmente determinantes na opção de compra. A pintura e o acabamento externo de um automóvel representam requisitos de qualidade muito importantes para a maioria dos consumidores, pois constituem a primeira imagem que o cliente tem sobre o produto.

O processo de fabricação e a pintura de automóveis são complexos e enfrentam diversos fatores que geram defeitos sobre a carroceria dos veículos, prejudicando assim a qualidade percebida pelo cliente e impactando diretamente no resultado da montadora. No caso da empresa onde o estudo foi realizado, os defeitos identificados na pintura da carroceria dos veículos auditados no último ano representaram 12% do total de defeitos encontrados. Visto a importância da imagem de seu produto, torna-se imprescindível o direcionamento de ações de melhoria e de controle de qualidade da pintura e acabamento dos painéis dos automóveis fabricados.

Tendo em vista o exposto acima, o objetivo deste trabalho é planejar e apresentar os resultados obtidos através da implementação de um projeto para a melhoria contínua da qualidade da pintura das carrocerias dos automóveis, realizado no setor de pintura automotiva de uma montadora multinacional. O trabalho combina a utilização de ferramentas da qualidade como folhas de verificação, diagrama de Pareto e histograma para identificar oportunidades de melhorias, priorizar ações e agir de forma corretiva no processo, eliminando os defeitos, padronizando e aumentando de forma contínua a qualidade. Em consequência, os custos com retrabalho e desperdícios devem reduzir, contribuindo com o crescimento da empresa.

O presente artigo está estruturado em seis seções, incluindo a introdução, onde o tema central é contextualizado e são expostos a justificativa e o objetivo do trabalho. A seção 2 contém o referencial teórico acerca de algumas ferramentas de controle e planejamento da qualidade, e também aborda o tema de inspeção. A seção 3 contém alguns exemplos de aplicações semelhantes de ferramentas da qualidade em outros estudos. A seção 4 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho. A seção 5 apresenta os resultados obtidos com a implantação da metodologia e, por fim, a seção 6 apresenta um resumo dos principais resultados e conclusões obtidas.

2. QUALIDADE E SUAS FERRAMENTAS

Ao longo dos anos, diversos autores tentaram definir o conceito de qualidade. Para Crosby (1990), qualidade significa entender e satisfazer as necessidades do cliente. Foi ele quem introduziu a filosofia zero defeitos, que é uma forma simbólica de dizer “fazer certo desde a primeira vez”. Juran e Gryna (1992) descrevem qualidade como adequação ao uso. Na verdade, a qualidade possui um conceito muito amplo e, segundo Deming (1990), ela só pode ser definida em termos de quem a avalia. Um operário, por exemplo, produz qualidade quando pode orgulhar-se de seu trabalho, enquanto que para o administrador da fábrica, qualidade significa produzir a quantidade planejada e atender às especificações.

Para obter sucesso, uma empresa necessita produzir produtos ou serviços de qualidade. Conforme Deming (1990), a melhora da qualidade transfere o desperdício de homens-hora e tempo-máquina para a fabricação de um bom produto e uma melhor prestação de serviços. Portanto, o grande desafio é garantir a produção de produtos de alta qualidade, que atendam aos requisitos estabelecidos. Werkema (1995) atenta para o fato de que qualidade não é apenas

ausência de defeitos, pois de nada adiantará, por exemplo, fabricar um produto totalmente sem defeitos, mas sem um preço acessível.

Conforme Deming (1990), um produto geralmente exhibe graus variáveis de imperfeições visuais, e como eliminá-las totalmente é, na maioria das vezes, muito difícil ou economicamente inviável, é extremamente importante conhecer o grau limite destas imperfeições que faz com que o consumidor responda negativamente ao produto. Em pesquisa realizada por Deming em conjunto com uma empresa fabricante de peças metálicas, concluiu-se que os consumidores foram altamente sensíveis a alguns defeitos. Para tais defeitos, os padrões visuais rígidos foram mantidos. Quanto a outros defeitos, a sensibilidade do consumidor foi bem menor que a dos inspetores de fábrica. Para tais defeitos, os padrões foram relaxados (DEMING, 1990).

Juran e Gryna (1992) afirmam que em produtos vendidos pelo apelo estético, que é o caso dos automóveis, a aparência torna-se um elemento importante de adequação ao uso e, comumente, também um elemento importante de custo. Sendo assim, fica evidente que a qualidade da pintura de um automóvel constitui um importante elemento de adequação ao uso deste produto, podendo influenciar nas vendas e, por isso, merece atenção especial. Muitos são os tipos de defeitos que podem afetar a qualidade da pintura de um veículo. Ao analisar os defeitos em pintura de carrocerias de ônibus, Cunha (2010) listou mais de vinte e três tipos de defeitos. Portanto, é essencial que exista um processo de priorização para resolução dos mesmos. Aplicando o Diagrama de Pareto, constatou-se que 45% dos problemas apresentados eram causados por três tipos de defeitos (crateras, escorridos e sujeiras), que então se tornaram alvos para ações de melhoria de processos.

2.1. Ferramentas do controle da qualidade

Para auxiliar na identificação, priorização, solução e monitoramento dos problemas, diversas ferramentas foram desenvolvidas ao longo dos anos. Algumas delas utilizam técnicas estatísticas, enquanto outras ajudam a organizar ideias. Segundo Werkema (1995), técnicas estatísticas podem ser utilizadas como ferramentas para solução de problemas. A autora cita sete ferramentas estatísticas que podem ser utilizadas para o controle da qualidade: Folha de Verificação, Estratificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Carta de Controle, Diagrama de Dispersão e Diagrama de Causa-Efeito. As ferramentas do controle da qualidade exercem o papel de instrumentos para a coleta, o processamento e a disposição das informações necessárias à

manutenção e à melhoria dos resultados dos processos de uma empresa. Kume (1993) afirma que os métodos estatísticos são ferramentas eficazes para a melhoria do processo produtivo e redução de seus defeitos, pois conferem objetividade e exatidão à observação. A seguir encontra-se uma breve descrição das ferramentas do controle da qualidade que foram utilizadas neste trabalho.

Ao coletar dados, é importante dispô-los de forma clara para facilitar o posterior tratamento. Segundo Kume (1993), uma folha de verificação é um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos, de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil e concisa. Conforme Quinziolo (2002), à medida que os dados a serem computados vão crescendo, maiores tornam-se as chances de erros de anotação. Objetivando avaliar os defeitos em carrocerias de automóveis, o autor utilizou uma folha de verificação para organizar grande quantidade de dados através de simples marcações ou símbolos, semelhante à utilizada neste estudo.

Outra ferramenta muito importante utilizada neste estudo é a estratificação. Segundo Campos (2009), apesar da estratificação ser uma atividade simples, ela exige conhecimento técnico do problema para ser bem empregada. A estratificação tem como objetivo desagregar um problema, possibilitando análises de diversos pontos de vista. Para Kume (1993), é necessário tornar sua aplicação habitual. Existem várias possibilidades de estratificação para um determinado problema, e é preciso que seja discutida a melhor forma pelos especialistas. Para possibilitar boas análises, é preciso que a folha de verificação inclua todos os fatores de estratificação de interesse, como máquinas, operadores, turnos, lotes, entre outros. Cunha (2010) utilizou este princípio para facilitar a identificação das causas dos defeitos com maior incidência no processo de pintura de carrocerias, dividindo o veículo em painéis. A partir desta divisão, o autor concluiu que a principal causa para o defeito de pintura partida era o fator humano, pois sua maior incidência se dava em zonas de fácil acesso.

A ferramenta utilizada para análise preliminar dos dados de inspeção deste estudo é o diagrama de Pareto. Werkema (1995) define diagrama de Pareto como um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de maneira a tornar evidente e visual a priorização de temas. Este gráfico pode conter ainda uma linha representando o percentual acumulado dos itens. A ideia central é que 80% dos problemas advêm de 20% das causas, que devem ser priorizadas. Kume (1993) sugere que esta ferramenta seja utilizada em duas etapas: primeiro deve-se fazer o diagrama de

Pareto por efeitos, para descobrir qual é o maior problema, e em seguida fazer o diagrama de Pareto por causas, para descobrir qual a maior causa deste problema.

Será utilizado neste estudo também um histograma, que é um gráfico de barras que dispõe os dados de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição destes dados, e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno deste valor central. A comparação dos histogramas com os limites de especificação nos permite avaliar se um processo está centrado no valor nominal e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo (WERKEMA, 1995).

O diagrama de Causa-Efeito (diagrama de Ishikawa) também será utilizado no desenvolvimento deste trabalho. Esta ferramenta utiliza o princípio da estratificação para organizar ideias e auxiliar na determinação da causa raiz de determinado problema através da análise de fatores que possivelmente geraram o problema. Os fatores de estratificação usualmente utilizados são: máquina, matéria-prima, método, mão de obra, medição e meio ambiente.

Cunha (2010) utilizou o diagrama de Causa-Efeito para analisar a causa do defeito de escorrido de tinta em pintura de carrocerias de ônibus. Através desta ferramenta, o autor concluiu que este tipo de defeito pode ser causado por diferentes fatores, como problemas na regulação das pistolas de aplicação (máquina), variações no tempo de aplicação (mão de obra), variações na temperatura (meio ambiente) ou até mesmo viscosidade de tinta inadequada (matéria-prima).

2.2. Ferramentas do planejamento da qualidade

Além das sete ferramentas clássicas para o controle da qualidade, mais recentemente surgiram as sete novas ferramentas para o planejamento da qualidade. Oakland (1994) as define como Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relação, Diagrama de Árvore, Diagrama de Matrizes, Diagrama de Matriz de Priorização, Diagrama do Processo Decisório e o Diagrama de setas. Essas ferramentas são muito úteis na compreensão de fenômenos de difícil quantificação, enquanto que as ferramentas clássicas atuam melhor no levantamento e tratamento de dados quantitativos.

O Diagrama de Matriz de Priorização, por ser utilizado neste estudo, foi a única ferramenta abordada. Ele classifica as características de qualidade de acordo com sua gravidade e ajuda a enfatizar os aspectos mais importantes de um produto (JURAN E GRZYNA, 1992). Segundo Werkema (1995), um diagrama de matriz de priorização consiste no arranjo dos elementos que

constituem o evento ou o problema de interesse nas linhas e colunas de uma matriz, de forma que a existência ou a força das relações entre os elementos é mostrada nas intersecções das linhas e colunas.

Esta ferramenta é interessante, pois permite que um problema seja explorado por diversos pontos de vista, construindo uma base multidimensional para comparação entre problemas que afetam a qualidade do produto. Por exemplo, se em uma análise for considerada apenas a quantidade de cada tipo de defeito, optar-se-á por direcionar esforços para resolver o problema de maior incidência, talvez negligenciando o fato de outros problemas afetarem a segurança ou a adequação ao uso do produto. Campos (2004) estabelece alguns critérios para definir tarefas prioritárias: aquelas que afetam fortemente a qualidade do produto, possuem risco de ocorrência de acidentes, possuem histórico de reclamações de clientes, apresentam anomalias de alto custo ou anomalias repetitivas e evidenciam alta dispersão. Objetivando priorizar ações de melhoria em processos de montagem de máquinas têxteis, Neto (2004) utilizou três critérios de priorização, gerando um índice de priorização de processos. Os critérios utilizados foram: importância dos processos, dificuldade de atuação sobre os processos e tempo necessário para agir sobre os processos.

2.3. Inspeção

Para monitorar a qualidade dos produtos e a eficiência dos processos é necessário que ocorram avaliações periódicas de algumas características-chaves dos produtos. Os resultados destas avaliações também servem para alimentar as ferramentas de controle da qualidade. Estes dados normalmente são obtidos através do processo de inspeção. Para Juran e Gryna (1992), inspeção significa avaliar a qualidade de alguma característica em relação a um padrão. Segundo o autor, o principal propósito é “fotografar” a qualidade do produto. Normalmente a relevância dos defeitos é reconhecida pela atribuição de deméritos ou pesos dependendo da relevância dos defeitos. Os resultados geralmente são mostrados como deméritos por unidade de produto.

Juran e Gryna (1992) enfatizam que para o sucesso da inspeção, é necessário que seja feito um planejamento sob medida para um determinado produto. Nele devem ser descritas as características que serão verificadas, o método de verificação, os instrumentos utilizados, e pode incluir uma classificação da gravidade das características, tolerâncias e outros critérios. O plano

deve definir também a sequência de operações da inspeção, bem como sua frequência, tamanho da amostra e o que mais for considerado importante.

Mesmo que o planejamento seja feito, para que os dados coletados sejam confiáveis, é necessário que o sistema de medição empregado forneça resultados acurados (WERKEMA, 1995). Kume (1993) atenta para o fato de que numa inspeção sensorial, como a inspeção visual, a qualidade parece variar se houver variação nos critérios do inspetor, porém esta variação na inspeção não tem uma relação direta com a variação da qualidade do produto em si. Além disso, Juran e Gryna (1992) apontam para o fato dos funcionários demonstrarem forte parcialidade devido à associação estreita com o produto, interesses departamentais assimilados e sensibilidade excessiva devido ao conhecimento íntimo do produto.

Deming (1990) ressalta que a qualidade não deriva da inspeção, e sim da melhora do processo produtivo. Segundo Kume (1993), os dados gerados pelas inspeções constituem um guia para ações de melhoria. A partir de dados aprendem-se os fatos pertinentes, e as providências apropriadas são tomadas com base em fatos. As ferramentas de qualidade auxiliam a organizar estes dados, tratá-los estatisticamente e, assim, indicar onde se devem focar ações de melhoria.

3. APLICAÇÕES DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Neto (2004) empregou o controle estatístico da qualidade em uma empresa fabricante de máquinas têxteis, visando mensurar as perdas de produtividade e os custos gerados pelos retrabalhos. Após a priorização de processos críticos, foram executadas diversas ações de melhoria, como treinamentos, aplicação de controle estatístico de processos, desenvolvimento de fornecedores, estudos ergonômicos, automatização, entre outras. Depois de tomadas as medidas, uma nova coleta de dados apontou a redução de 55,76% sobre a incidência de defeitos; o tempo e o custo gerado por retrabalhos diminuíram em 63,24% e as perdas de produtividade caíram 61,54%. Além disso, verificaram-se melhorias nos processos dos fornecedores, que evitaram a reincidência dos defeitos bloqueando a raiz do problema. O autor ressalta que, para manter as melhorias obtidas, é preciso que o método seja aplicado de forma cíclica e contínua, e sugere que este seja estendido para os demais processos da empresa e utilizado por empresas de outros setores, sofrendo as devidas adaptações.

Cunha (2010) aplicou ferramentas e técnicas da qualidade para melhorar o sistema de controle da qualidade de uma empresa fabricante de carrocerias de ônibus. O problema do estudo era a

grande quantidade de defeitos gerados ao longo do processo que chegavam ao final da linha produtiva, ocasionando altos custos de retrabalho. O autor classificou o processo de inspeção das carrocerias em cinco etapas, chamadas portas de qualidade. A partir de relatórios quantitativos de não conformidades, aplicou-se o Diagrama de Pareto para priorizar os problemas, que foram então analisados pelo Diagrama de Causa-Efeito. No caso da inspeção do processo de pintura, o defeito que mais impactava a qualidade eram as crateras, que representavam 19% do total de defeitos, e por meio do Diagrama de Causa-Efeito descobriu-se que eles eram causados pela aplicação insuficiente de betume ou pela espessura excessiva das camadas de tinta, em conjunto com um processo de secagem forçada. As ações preventivas indicadas neste caso foram a estabilização da espessura de camada de tinta e do tempo de secagem recomendado. A implementação de todas as ações corretivas e preventivas sugeridas no trabalho resultaram em uma redução de aproximadamente 41% do total de defeitos detectados ao final da linha, comprovando a eficácia da utilização das ferramentas de qualidade.

Com o objetivo de reduzir as perdas no processo de pintura em estruturas metálicas, Lombardi et al (2011) estudaram os níveis de variabilidade da camada de tinta seca em estruturas metálicas em doze obras durante um período de sete meses. Para realizar o estudo utilizou-se uma folha de verificação para coleta de dados, que posteriormente foram analisados estatisticamente com o auxílio de histogramas e cartas de controle. Esta metodologia permitiu a redução dos custos de inspeção, visto que pequenas amostras foram utilizadas para representar a população. Após a coleta, foram elaboradas cartas de controle para a camada de tinta seca, que revelaram que em nenhuma das obras avaliadas durante o período do estudo os processos estavam sob controle estatístico, gerando desperdício de tinta e retrabalhos. Os resultados deste estudo motivaram a criação de um grupo de melhorias e o estabelecimento de limites de especificação para camada de tinta seca, que não existiam anteriormente. Os autores concluíram que as ferramentas estatísticas dão apoio à tomada de decisão e que permitem o direcionamento de esforços para redução dos custos gerados pela variabilidade.

4. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo, quanto a sua natureza, classifica-se como pesquisa aplicada, pois objetiva levantar dados e gerar conhecimento, que será utilizado para resolução de problemas reais. Quanto à forma de abordagem, esta pesquisa é qualitativa e quantitativa. Qualitativa, pois faz a

interpretação de fenômenos, atribuindo-lhes valores de forma subjetiva, que complementam o estudo. Quantitativa, pois utiliza métodos estatísticos para analisar dados e auxiliar na tomada de decisões. Quanto aos objetivos, classifica-se como pesquisa explicativa, pois estabelece um método para registrar dados, analisá-los e interpretá-los, identificando a causa raiz de problemas e implementando ações corretivas. Quanto aos procedimentos, esta pesquisa classifica-se como pesquisa-ação, pois utiliza métodos quantitativos para investigar e compreender fenômenos, gerando conhecimento para então desenvolver e implementar melhorias nos processos. (YIN, 2001).

Para estruturar o trabalho será preciso cumprir nove etapas. No Quadro 1, está relacionada com cada etapa, a sua descrição, quem está envolvido e a ferramenta a ser utilizada.

N	Etapa	Descrição	Envolvidos	Ferramentas
1	Descrição da empresa e do processo em estudo	Conhecimento geral da empresa, bem como a descrição global do processo a ser estudado.	O pesquisador	Visitação e consulta com especialistas Pesquisa em documentos
2	Familiarização com os processos	Conhecimento do processo de pintura de carrocerias, seus objetivos e padrões de qualidade, e quais seus principais problemas.	O pesquisador	Fluxograma
3	Planejamento do estudo	Estratificação do processo, definição de uma equipe de melhoria contínua e elaboração do plano de inspeção.	O pesquisador, técnicos e engenheiros da Pintura	Estratificação
4	Levantamento de dados	Processo de amostragem conforme definido no plano de inspeção.	O pesquisador, os facilitadores da Pintura e um auditor do departamento da qualidade.	Folha de Verificação
5	Análise de dados	Avaliação dos dados utilizando gráficos e tabelas.	O pesquisador e técnicos da Pintura	Diagrama de Pareto
6	Priorização de problemas	Criação de base multidimensional para priorização dos problemas.	O pesquisador, técnicos e engenheiros.	Diagrama de Matriz de Priorização
7	Investigação do problema	Estudo para descobrir a causa raiz do problema selecionado e levantar soluções.	Colaboradores de diversas áreas, técnicos, engenheiros, operadores e gestores.	Diagrama Causa-Efeito Histograma Estratificação
8	Implementação de ações de melhoria	Elaboração de cronograma para implementação das ações, incluindo prazos e responsáveis.	Colaboradores de diversas áreas, técnicos, engenheiros, operadores e gestores.	

9	Análise dos resultados	Comparação dos resultados anteriores e posteriores às intervenções.	O pesquisador	Estratificação Diagrama de Matriz de Priorização
---	------------------------	---	---------------	---

Quadro 1 – Etapas da realização do trabalho

5. ESTUDO APLICADO

5.1. Descrição da empresa e do processo em estudo

O estudo foi realizado no setor de pintura de uma montadora de veículos multinacional, situada no sul do Brasil. A empresa possui grande participação no mercado mundial, e visando ampliar esta participação lançou recentemente um novo veículo de passeio.

O processo de montagem de veículos inicia com o corte de aço em chapas, que então são prensadas no setor de estamparia, de onde seguem para o estágio de solda e união dos painéis, na área conhecida como funilaria. A carroceria montada segue então para o setor de pintura, onde foi feito o estudo. Ali a unidade passa por um processo de limpeza, vedação e recebe camadas de materiais anticorrosivos, tintas e verniz, antes de seguir para o setor de montagem geral dos componentes. Ao longo do processo de pintura, existem duas estações de verificação que avaliam a qualidade do produto em 100% das unidades, porém uma inspeção mais detalhada ocorre apenas três vezes por turno, pois exige mais tempo e recursos. A figura 1 mostra resumidamente o processo de pintura, com as estações de verificação (EV 1 e EV 2).

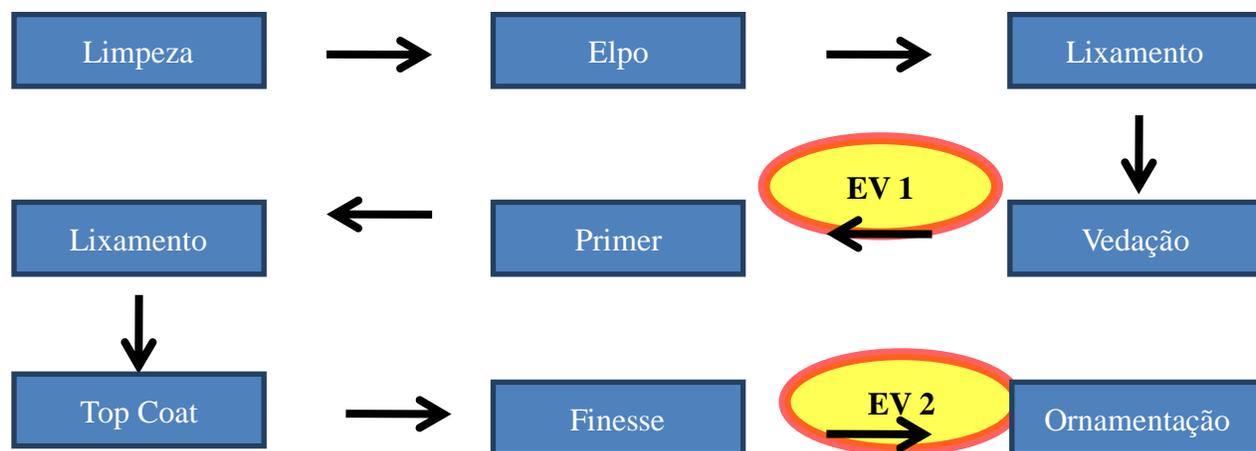


Figura 1 – O setor de pintura automotiva e suas Estações de Verificação

5.2. Familiarização com as etapas do processo de pintura

Inicialmente deve-se limpar a superfície a ser pintada, pois qualquer impureza presente nela pode gerar defeitos e contaminações. Porém a carroceria chega ao setor de pintura extremamente suja, com resíduos oriundos dos processos de solda e montagem dos painéis, contendo excesso de cola, óleo e outras sujidades. Tanques de imersão com jatos de água quente e desengraxantes limpam a carroceria, que em seguida recebe uma camada de fosfato. Ainda nos tanques de imersão, é aplicada a primeira camada de tinta na unidade, através de adesão eletrostática, em um processo automático conhecido como Elpo (tinta anti-corrosiva eletro-fosfórica). Na sequência a unidade passa por operações de secagem, que incluem mesas para escorrimento de tinta, jatos de ar e estufa. Após o resfriamento da superfície, defeitos como sujeiras, crateras e escorridos de tinta são retirados manualmente através de lixadeiras pneumáticas. Em seguida a carroceria recebe uma série de tampões de borracha e filetes de platisol, alternando etapas automáticas e manuais, em um processo conhecido como calafetação (vedação da unidade). Aqui se encontra a primeira estação de verificação. Depois disso, a unidade entra na cabine de aplicação de tinta Primer, que serve para dar a coloração inicial da unidade, bem como para proteger a pintura contra corrosão. Feita a aplicação de tinta Primer a unidade passa por outra estufa, e após o resfriamento os defeitos são novamente lixados. Então a carroceria passa mais uma vez pela cabine de aplicação, dessa vez para receber base e verniz (*top coat*). Uma última estufa seca a unidade, que depois de resfriada segue para a área de *finesse*, onde recebe polimentos e retoques finais. A segunda estação de verificação avalia a unidade. Se for necessário algum retrabalho mais pesado, a carroceria segue para uma área chamada de hospital. Do contrário, a unidade segue para a etapa final do processo de pintura, conhecida como ornamentação, onde são colocados adesivos e faixas decorativas.

Como o processo de pintura ocorre em diversas etapas, alternando operações que são automáticas com manuais, os defeitos são gerados ao longo destas etapas, e muitos deles se propagam por todo o processo produtivo, chegando ao consumidor. Alguns destes defeitos são fáceis de distinguir e identificar o local onde foi gerado, porém a maioria deles exige uma investigação mais detalhada para chegar-se à causa raiz. Um grumo de tinta, por exemplo, (tinta seca acumulada nos bicos dos robôs) pode facilmente ser confundido com uma sujeira qualquer. Um escorrimento de tinta Elpo pode ser confundido com um escorrimento de tinta Primer, assim como é praticamente impossível descobrir em que momento foi gerado uma cratera (pequeno orifício

gerado por contaminantes). As estações de verificação presentes no processo são incapazes de fazer estas análises mais detalhadas, devido ao pouco tempo que possuem para avaliar cada unidade e à sua localização. Desta forma, elas ficam limitadas a identificar defeitos mais grosseiros e realizar inspeções sucessivas. O retorno sobre a qualidade da pintura fica por conta de um processo de inspeção que ocorre três vezes ao turno, e é padronizado para todas as plantas da empresa.

Nesta inspeção, auditores certificados da empresa avaliam a qualidade da pintura e de outras características de um veículo acabado no final da linha, seguindo critérios rigorosos, e atribuem uma pontuação para cada defeito. A pontuação deve ficar abaixo da meta estabelecida para cada setor. Muitos auditores não conhecem o processo de pintura, e por vezes confundem o tipo de defeito e o local onde ele foi gerado. Além disso, como a inspeção ocorre apenas no final da linha de montagem, existe um tempo enorme entre a identificação e a correção de um problema.

5.3. Planejamento do estudo

Um time de melhoria contínua foi criado, envolvendo engenheiros, técnicos e operadores. Este time foi responsável por desenvolver um plano de inspeção, analisar os dados coletados e implementar ações de melhoria para os problemas prioritários. Um engenheiro do setor ficou responsável por cobrar os resultados das inspeções e elaborar plano de ação para os problemas prioritários de cada área do setor de pintura, com o auxílio do time de melhoria. Técnicos de pintura foram responsáveis por auxiliar os facilitadores e operadores a realizar o processo de inspeção e armazenar os dados.

O processo de pintura foi estratificado para melhor identificação e acompanhamento dos defeitos, de maneira semelhante à estratificação feita por Cunha (2010). Sendo assim, o processo de inspeção passará a ocorrer em quatro etapas, descritas no quadro 2.

ETAPAS DE INSPEÇÃO					
N	Local	Local	Responsável	Inspetor	Frequência
1	Saída estufa Elpo	1	Facilitador A1	Operador	6x / turno
2	Saída estufa Primer	1	Facilitador A2	Operador	6x / turno
3	Saída estufa Top Coat	2	Facilitador A2	Operador	6x / turno
4	Saída Finesse	3	Facilitador A3	Operador	6x / turno

Quadro 2 – Etapas do processo de inspeção

A figura 2 ilustra o processo de pintura, descrito no item 5.2, juntamente com as etapas de inspeção descritas no quadro 2.

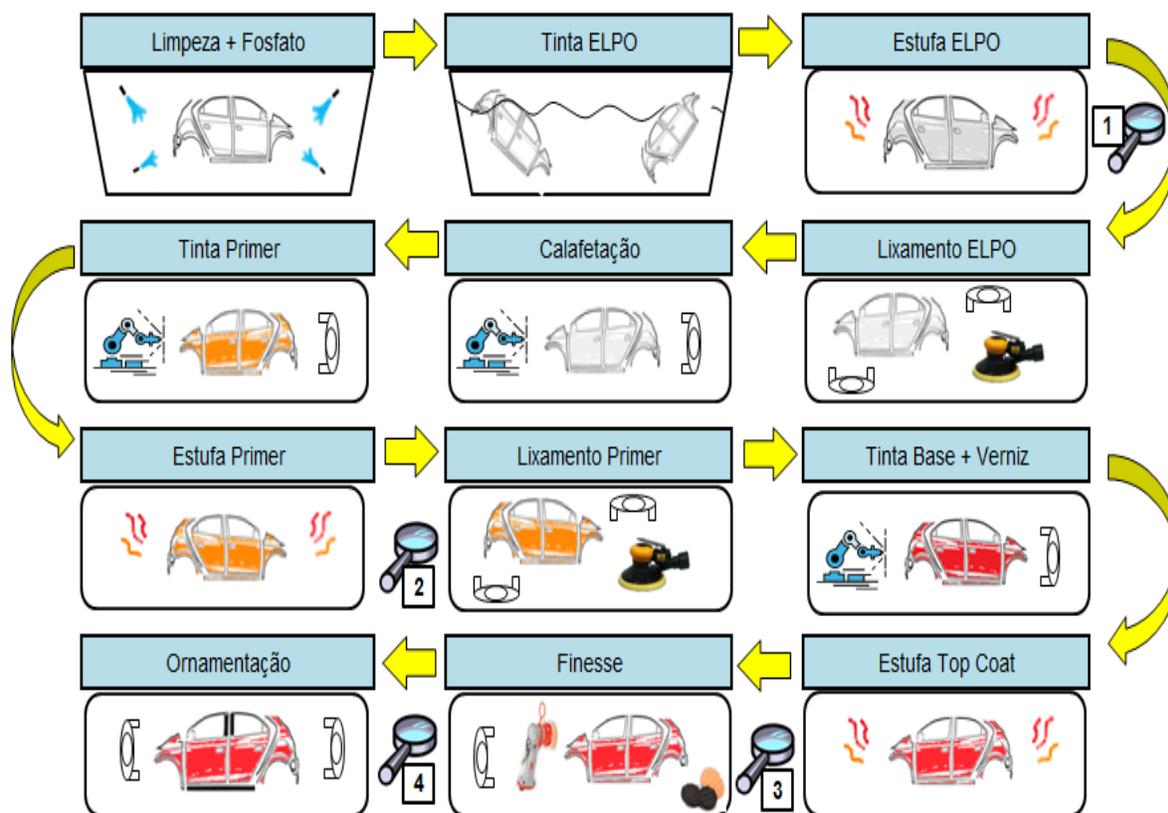


Figura 2– O setor de pintura automotiva e os postos de inspeção

5.4. Levantamento de dados

O processo de inspeção é realizado pelos facilitadores e operadores de cada área, auxiliados pelos técnicos. Treinamentos específicos para alinhamento dos critérios e método utilizado são fornecidos pelos técnicos, e os inspetores mudam a cada dois meses, para que todo o time conheça os defeitos e também para evitar vícios de inspeção. Dependendo da etapa do processo, a carroceria é separada em um local para inspeção, dentro de uma cabine própria para avaliação das unidades. Estas cabines possuem iluminação adequada, além de todos os materiais necessários para realizar a inspeção, como luvas, paquímetro, máquina fotográfica, marcadores magnéticos e a folha de verificação. A Figura 3 ilustra a folha de verificação utilizada na

inspeção 1. Ela auxilia o inspetor a seguir a ordem correta de verificação e preencher todos os dados necessários.

INSPEÇÃO 1
SAÍDA ESTUFAELPO – AUDIT

Cor: _____ Vin: _____ Perna estufa: _____ Data: _____

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												

Skid: _____ / _____ Sujeira ruidosa: • Lixamentos: O

1	Acab. Pobre
2	Amassado
3	Caroço
4	Casca de Laranja
5	Contaminação
6	Cratera
7	Desplacado
8	Empoeirado
9	Escorrido
10	Fervido
11	Gotas
12	Mancha Lixa
13	Mancha Polim.
14	Marca Estamp.
15	Mutilação
16	P. I.
17	Plastisol
18	Rebarba de solda
19	Reparo NOK
20	Risco
21	Splash/Pérolas
22	Sujeira
23	Sujeira Estufa
24	
25	
26	

Figura 3 – Exemplo de folha de verificação

5.5. Análise dos dados

Nesta fase os dados de inspeção de cada etapa são analisados através de estratificação, diagrama de Pareto, histogramas e outros métodos, dependendo do tipo de defeito a ser avaliado. Os dados utilizados neste estudo foram coletados entre março e abril de 2013, porém os valores originais foram preservados, sendo mantida a proporção entre eles. A Figura 4 mostra o diagrama de Pareto construído a partir dos resultados obtidos nas inspeções do Local 1.

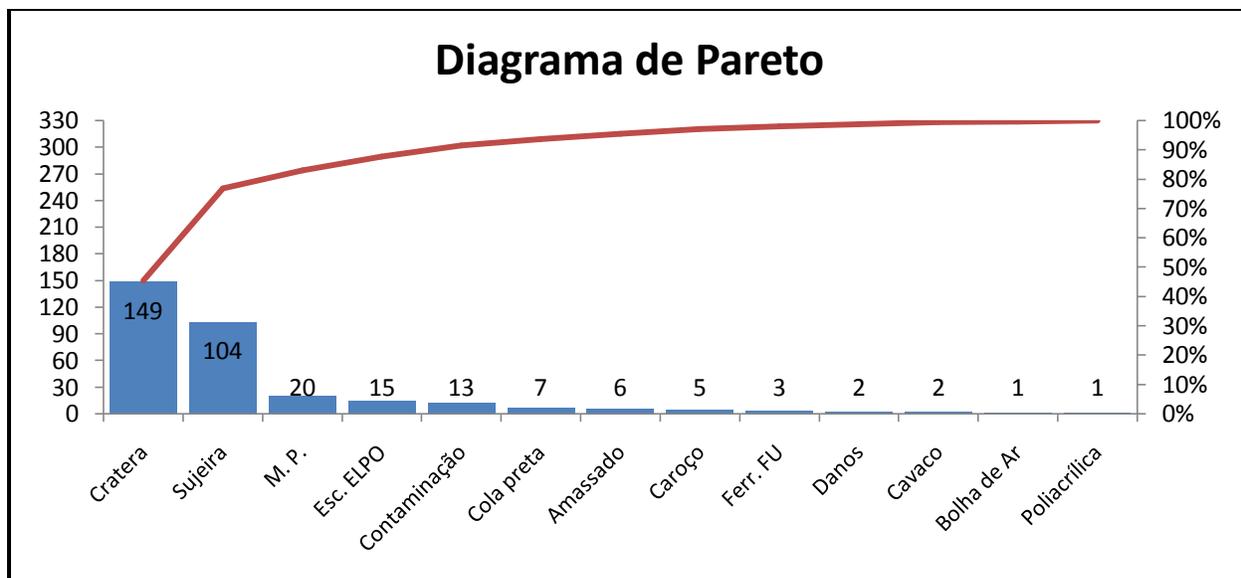


Figura 4 – Diagrama de Pareto utilizando os dados da primeira etapa de inspeção

Percebe-se que existe um número elevado de crateras e sujeiras, já que juntos estes defeitos representam 77% de todos os defeitos detectados. Contudo, estes tipos de imperfeições não representam um grande problema, já que em sua maioria são muito pequenas e quase sempre passam despercebidas pelo consumidor. Além disso, sabe-se que é muito difícil evitar que sujeiras e outros resíduos contaminem a pintura. Por isso é importante que esses defeitos sejam analisados por diferentes pontos de vista, para identificar qual deles apresenta uma oportunidade de melhoria real.

5.6. Priorização de problemas

Para construir a base multidimensional de análise dos resultados foi utilizado um diagrama de matriz de priorização. Assim como Neto (2004), a equipe de melhoria contínua da pintura incluiu alguns critérios para priorização dos problemas, que foram julgados apropriados nesta situação. Além da quantidade de defeitos das amostras, outros quatro critérios foram utilizados. Foi considerada a tendência que o tempo de retrabalho de cada tipo de defeito possui de ser maior do que o tempo de ciclo do operador (gerando paradas de processo), levando em conta o tempo médio de reparo. A dificuldade na realização do reparo também foi levada em conta, visto que defeitos difíceis de reparar podem ocasionar outros defeitos, geralmente consomem mais recursos durante o reparo, e são mais desgastantes ergonomicamente. O impacto de qualidade causado por cada tipo de defeito é outro fator que também foi levado em conta. Por fim, uma

avaliação subjetiva considera a facilidade para correção dos defeitos, com base na experiência dos técnicos e engenheiros. Para quantificar os critérios foi utilizada uma escala de 1 a 5, de maneira semelhante à utilizada por Neto (2004).

A multiplicação da quantidade de defeitos observados e das notas obtidas em cada um dos quatro critérios citados gera o Índice de Priorização do Defeito (IPD). O Quadro 3 apresenta o cálculo do IPD para os defeitos relacionados no Diagrama de Pareto da Figura 4. A classificação dos problemas feita através deste índice é muito diferente da classificação anterior, que considerava apenas a quantidade de defeitos encontrados.

Defeito	Qnt.	Parada de Processo	Dificuldade do Reparo	Impacto na Qualidade	Facilidade Correção	IPD
Esc. Elpo	15	4	5	3	3	2.760
Cola preta	7	5	5	4	3	2.100
M. P.	20	2	3	2	3	732
Cratera	149	1	1	2	2	597
Contaminação	13	3	3	2	2	456
Sujeira	104	2	1	2	1	415
Poliacrílica	1	5	4	4	4	320
Danos	2	1	4	4	4	149
Ferr. FU	3	1	4	3	3	120
Amassado	6	1	2	3	1	38
Caroço	5	1	2	2	1	20
Cavaco	2	1	3	1	1	6
Bolha de Ar	1	1	2	1	1	2

Quadro 3 – Diagrama de matriz de priorização

Legenda:

	Parada de Processo	Dificuldade do Reparo	Impacto na Qualidade	Facilidade Correção
5	Quase sempre	Muito Difícil	Muito Alto	Fácil
4	Frequente	Difícil	Alto	Razoável
3	Às vezes	Médio	Médio	Difícil
2	Quase nunca	Fácil	Baixo	Muito Difícil
1	Nunca	Muito Fácil	Muito Baixo	Quase Impossível

5.7. Investigação do problema

Após analisar os defeitos mais frequentes identificados na inspeção após a estufa Elpo sob os quatro pontos de vista propostos, e realizar o cálculo do IPD, percebe-se que o defeito prioritário passa a ser o escorrimento de tinta Elpo. Este problema deve ser estudado utilizando as diversas ferramentas do controle da qualidade, e devem ser implementadas ações para reduzir o seu IPD. Inicialmente utilizou-se o Diagrama de Causa-Efeito para reunir os conhecimentos da equipe sobre o assunto, organizar as ideias e discutir os fatos. Foram levantadas diversas hipóteses relacionando o escorrimento de tinta Elpo com os equipamentos utilizados tanto no processo de pintura como nas áreas de estamparia e funilaria. O diagrama foi importante nesta etapa para ampliar o campo de visão da equipe, e desviar o foco que estava nos equipamentos para outras possibilidades, como o método utilizado e as influências do meio ambiente. A figura 5 mostra o Diagrama de Causa-Efeito elaborado pelo time de melhoria.

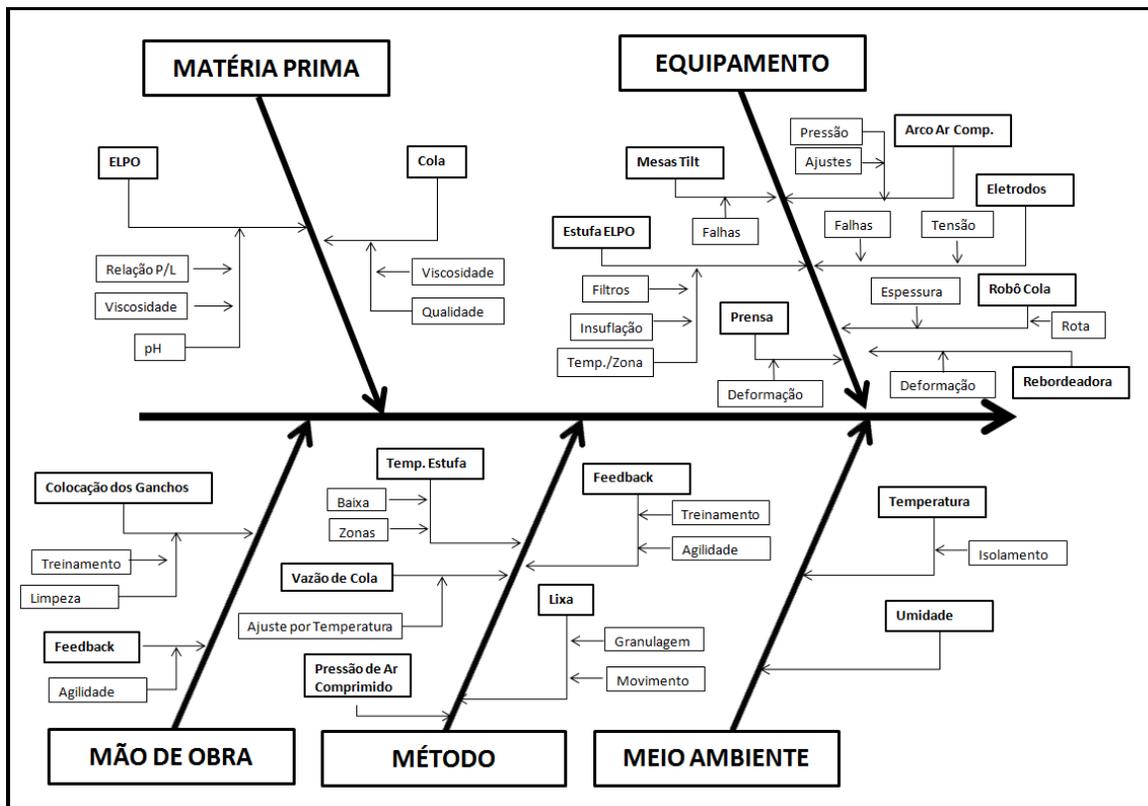


Figura 5 – Diagrama de Causa-Efeito para o defeito escorrimento de Elpo

A partir destas informações, cada membro do time ficou responsável por verificar algumas das hipóteses levantadas e apresentar os resultados das investigações na reunião seguinte. A

estratificação também foi utilizada nesta fase, dividindo a carroceria em regiões, para identificar a distribuição dos escorridos e evidenciar tendências e áreas críticas. O gráfico da figura 6 representa esta divisão.

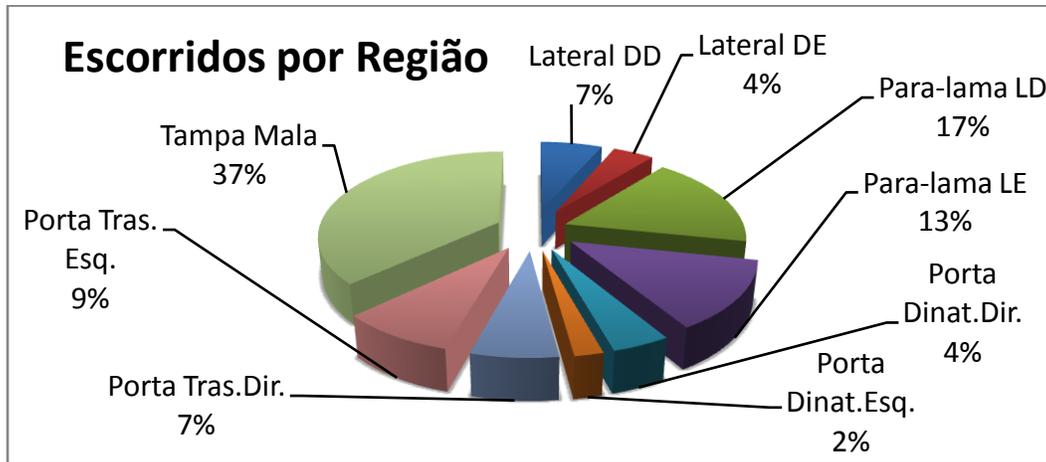


Figura 6 – Estratificação dos escorridos de Elpo por região

Apesar da tampa da mala ter um percentual maior de ocorrências, outro fator importante a ser considerado nesta análise é o tamanho do escorrido de tinta Elpo. Uma vez que ele pode variar muito, e o tempo utilizado no retrabalho é proporcional ao tamanho do defeito, apenas a quantidade de escorridos não é suficiente para determinar qual a localização que é mais crítica. Foi então elaborado um histograma para cada região abordada na figura 7 de onde ficou constatado que a região crítica neste caso são os para-lamas, já que apresentam a maior incidência de escorridos longos (maiores do que 6 cm). O histograma da figura 7 mostra o comportamento das magnitudes dos escorridos nos para-lamas.

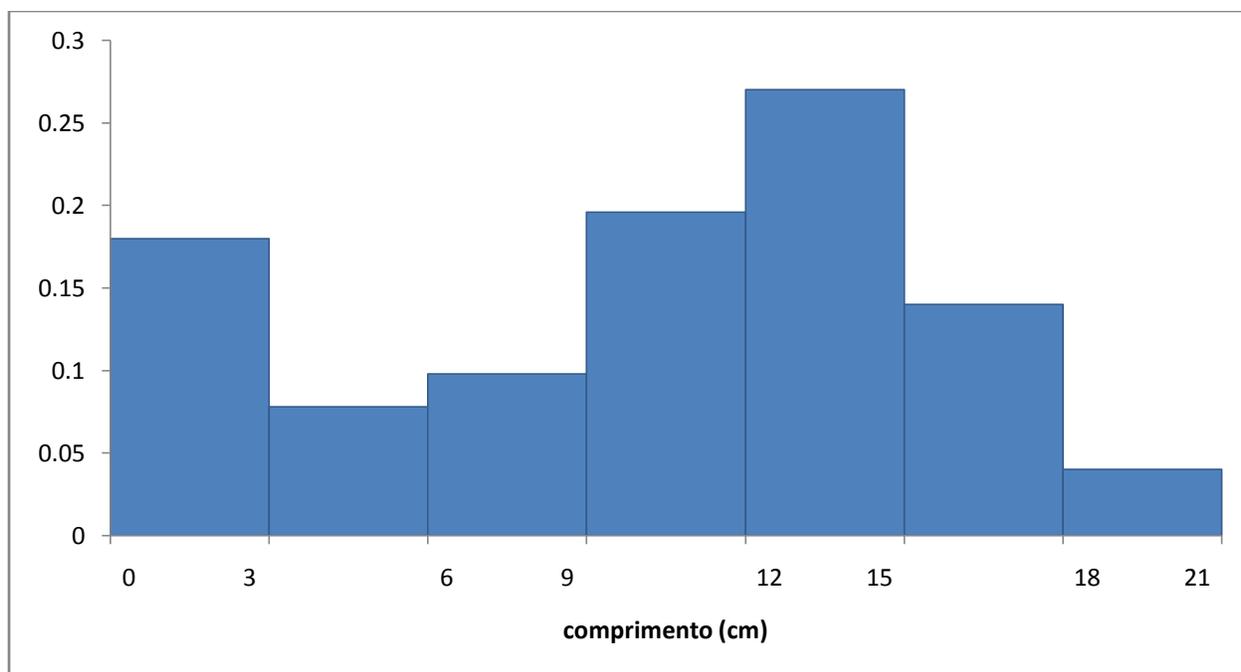


Figura 7– Histograma do comprimento dos escorridos nos para-lamas

5.8. Implementação de ações de melhoria

Depois de investigar os escorridos de tinta Elpo e verificar as hipóteses levantadas no Diagrama de Causa-Efeito, foram encontradas algumas irregularidades no processamento das unidades que colaboravam para a ocorrência do defeito. Em uma simples verificação das mesas tilt, que inclinam o carro em um ângulo de 45 graus por aproximadamente 2 segundos, descobriu-se que a mesa tilt na entrada da estufa Elpo estava desabilitada. Ela havia sido desligada semanas antes da investigação para uma limpeza técnica e não tinha sido reativada. O setor de manutenção reativou a mesa tilt e foi incluída uma observação no diário de bordo de limpeza técnica para que esse problema não volte a ocorrer.

Ao verificar a cortina de ar comprimido, também na entrada da estufa Elpo, concluiu-se que ela estava funcionando corretamente, no momento certo e com a pressão adequada, porém um pequeno ajuste no ângulo de um dos sopradores foi realizado para melhorar o escoamento da tinta na região das soleiras. O ajuste anterior havia sido feito quando a fábrica produzia apenas um modelo de veículo, e não estava otimizado para o novo mix de produção. Foram realizados testes em unidades com diferentes ajustes, até chegar-se ao ajuste ideal, que foi documentado.

Os escorridos na região dos para-lamas foram investigados mais a fundo, pois representam a região mais crítica da carroceria para este defeito. A análise começou no setor de prensa, onde se

constatou que uma pequena deformação é gerada nas laterais do painel cofre, por onde a tinta Elpo poderia estar infiltrando no tanque de imersão, e escorrendo mais adiante no processo. A deformação, no entanto, é inevitável, devido à forma do painel. Seguindo a análise para o setor de funilaria, foi percebido que o processo de aplicação de cola para a união da parte interna e externa do painel cofre (o capô do carro) sofria grande variação da vazão de cola, e que a rota de aplicação estava fora do padrão.

A variação na vazão de cola ocorre devido à grande amplitude térmica ao longo do dia, que altera a viscosidade da cola. Como o ajuste era feito apenas pelos engenheiros, e estes possuem pouco tempo disponível, os ajustes da vazão acabavam por não serem feitos. Neste caso a solução foi realizar um treinamento com os operadores, ensinando-os a fazer os ajustes e mostrando os problemas causados pela má aplicação de cola e o trabalho extra que isso gera para seus colegas. Quanto à rota da cola, técnicos de manutenção realizaram o ajuste durante um final de semana não produtivo.

Na tentativa de reduzir a dificuldade do retrabalho, bem como o tempo de execução do mesmo, foram realizados testes com lixas de granulação menor, que são mais abrasivas. Ficou claro que a lixa de granulação 250 pode ser usada para retirar os escorridos, porém não deve nunca ser usada para retrabalhar os demais defeitos. Foram colocadas duas lixadeiras novas na terceira estação do time de lixamento Elpo, com a granulação de 250, e os operadores foram treinados para utilizá-las apenas nos escorridos de tinta Elpo.

5.9. Análise dos resultados

Feitos todos os ajustes e modificações no processo, a próxima etapa consistiu em analisar os dados levantados pelo processo de inspeção após a implementação das ações. É importante revisar também a pontuação de cada um dos fatores considerados no IPD, visto que eles podem alterar após as melhorias do processo. A figura 9 apresenta o resultado da inspeção após a execução de todas as melhorias citadas anteriormente.

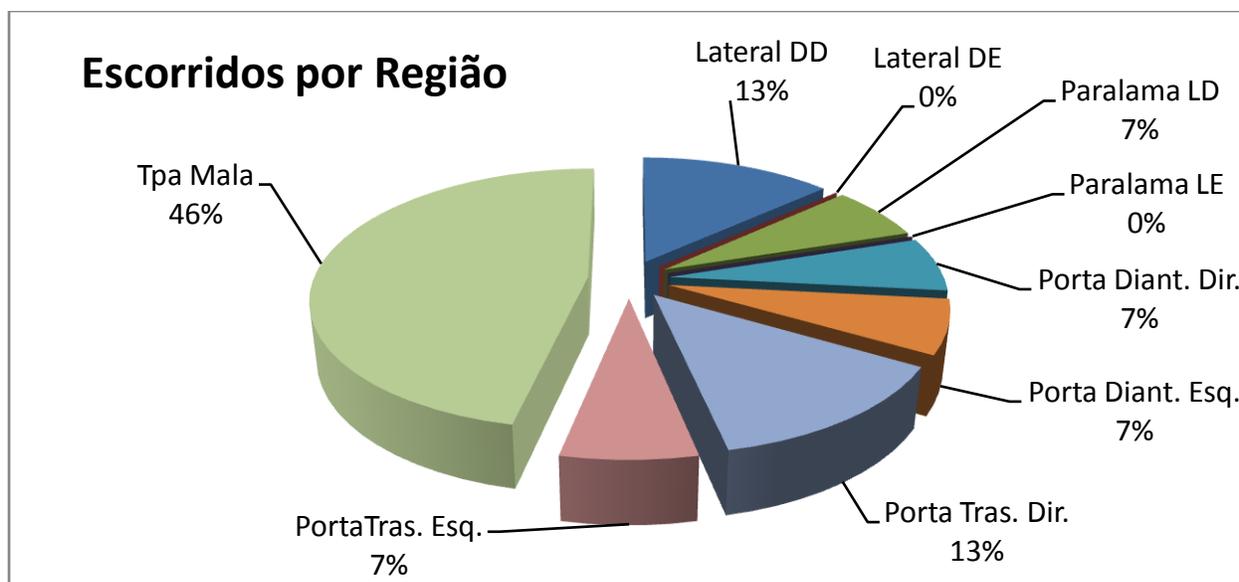


Figura 9 - Estratificação dos escorridos de Elpo por painel após modificações

Observa-se que houve uma grande redução da incidência dos escorridos, principalmente na região dos para-lamas. As ações foram eficientes e contribuíram tanto na diminuição da quantidade de defeitos observados como na melhoria da execução do retrabalho. O Quadro 4 representa o diagrama de matriz de priorização, feito a partir dos dados coletados na inspeção do Local 1, após as melhorias no processo (entre maio e junho de 2013).

Defeito	Qnt.	Parada de Processo	Dificuldade do Reparo	Impacto na Qualidade	Facilidade Correção	IPD
Cola preta	6	5	5	4	3	1.800
Cratera	162	1	1	2	2	648
Poliacrílica	2	5	4	4	4	640
M. P.	17	2	3	2	3	612
Contaminação	11	3	3	2	2	396
Sujeira	97	2	1	2	1	388
Esc. Elpo	5	3	4	3	2	360
Ferr. FU	3	1	4	3	3	120
Danos	1	1	4	4	4	64
Amassado	9	1	2	3	1	54
Caroço	4	1	2	2	1	16
Cavaco	2	1	3	1	1	6
Bolha de Ar	1	1	2	1	1	2

Quadro 4 - Diagrama de matriz de priorização após modificações

Com menos escorridos chegando ao lixamento de Elpo e com um retrabalho mais eficiente, foi possível reduzir as paradas de processo geradas por este defeito, bem como a dificuldade para realizar o retrabalho. Porém o impacto causado na qualidade permaneceu constante, e a facilidade para uma nova intervenção reduziu. O novo cálculo do IPD revela que o escorrimento de tinta Elpo já não é mais um problema prioritário, e o próximo problema que o time de melhoria contínua deverá centralizar os esforços é o excesso de cola preta.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método proposto em conjunto com a utilização adequada das ferramentas de controle e planejamento da qualidade permitiu a priorização de problemas e a implementação de ações corretivas. O diagrama de matriz de priorização foi muito útil para ampliar visão dos problemas implementando diversos critérios, permitindo uma análise mais rica e facilitando a decisão de qual problema deve ser resolvido primeiro. As ferramentas do controle da qualidade auxiliaram a encontrar a causa-raiz do problema priorizado e direcionar as ações de melhoria.

O engajamento da equipe de trabalho foi essencial para a obtenção dos bons resultados, bem como o comprometimento em cumprir os prazos estabelecidos e a vontade de melhorar o processo. A constante troca de informação entre operadores e técnicos contribuiu para que ambos ampliassem seus conhecimentos e criou um clima de cooperação muito benéfico à organização.

A participação de várias pessoas no processo de inspeção serviu para que houvesse maior alinhamento de critérios para identificação dos defeitos. A transparência no processo de análise dos dados de inspeção fez com que os operadores enxergassem as dificuldades da gerência e vice-versa.

Ao construir o diagrama de matriz de priorização, deve-se tomar um cuidado especial na hora de escolher os critérios para avaliação e suas notas, visto que uma pequena mudança nesta etapa pode ser determinante na priorização do problema. Os critérios devem ser representativos para o processo e as notas devem ser discutidas por toda equipe para que não distorçam a realidade.

Através das diversas ações implementadas foi possível obter uma redução de 66,6% de incidência para o problema de escorrimento de tinta Elpo. O seu IPD passou de 2.760 para 360 pontos. Porém não foi possível realizar um levantamento preciso da redução de custos obtida, pois alguns benefícios são abstratos ou difíceis de mensurar.

Deve-se destacar o fato de que a manutenção das melhorias obtidas e a melhoria contínua dos processos somente ocorrerão se a metodologia proposta for continuamente aplicada e incentivada pela gerência. Sugere-se que esta metodologia seja aplicada em outros setores da empresa em estudo e também em diferentes processos de manufatura.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, Vicente F. **O Verdadeiro Poder: Práticas de gestão que conduzem a resultados revolucionários**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2009.

CORREIA, Rui; MAINARDES, Emerson W.; LOURENÇO, Luis. A liderança transformacional como factor de desenvolvimento na gestão pela qualidade total: criatividade, inovação, confiança e trabalho em equipa. **Revista Gestão Industrial**, Portugal, v.6, n.1, p. 239-268, 2010.

CROSBY, Philip B. **Qualidade- falando sério**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

CUNHA, Vera L. S. **Melhoria contínua do sistema de controlo da qualidade**. Portugal, 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

DEMING, Walter E. **Qualidade: A revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva SA, 1990.

JURAN, Joseph M.; GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade - Ciclo dos Produtos: Inspeção e Teste**. 4 v. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1992.

KUME, Hitoshi. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Gente, 1993.

LOMBARDI, Taís F.; MAYER, Paulo C.; MACIEL, Alessandra C. Análise estatística da camada seca de pintura: o caso da empresa industrial nova JVA. **Prospect**, vol. 9, n. 1, p. 21-29, jun. 2011.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NETO, Mário V. J. **Método para redução das perdas de produtividade através da análise dos defeitos durante o processo de montagem em uma empresa fabricante de máquinas têxteis**. Porto Alegre, 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OAKLAND, John S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Nobel, 1994.

PIEROZAN, Leonardo. **Estabilização de processos:** um estudo de caso no setor de pintura automotiva. Porto Alegre, 2001. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

QUINQUIOLO, José M. **Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva.** Taubaté, 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté.

SOARES, Valentina de L. M. P. **Aplicação e implantação do controle estatístico de processo em pintura industrial.** Florianópolis, 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

WERKEMA, Maria Cristina C. **TQC -Gestão pela qualidade total: as ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** 1 v. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Série Ferramentas da Qualidade).

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.