



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA

**FMEA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO PROCESSO
DE CONTROLE DE QUALIDADE: estudo de caso em uma
empresa de revestimento interno**

**Aracaju - Sergipe
2013.2**

MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA

**FMEA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO PROCESSO
DE CONTROLE DE QUALIDADE: estudo de caso em uma
empresa de revestimento interno**

**Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Engenharia de Produção da
FANESE, como requisito parcial e elemento
obrigatório para obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia de Produção, no
período de 2013.1.**

**Orientador: Prof. MSc. Sandra Patrícia Bezerra
Rocha**

**Coordenador de Curso: MSc. Alcides
Anastácio de Araújo Filho**

**Aracaju – SE
2013.2**

MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA

FMEA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE: estudo de caso em uma empresa de revestimento interno

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe - FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção no período de 2013.2.

Aracaju (SE) ____ de _____ de 2013

Nota/Conteúdo: ____ (_____)

Nota/Metodologia: ____ (_____)

Média Ponderada: ____ (_____)

Prof. MSc. Sandra Patrícia Bezerra Rocha
Orientadora

Prof. Msc. Alexandre Caldeiras
Examinador

Prof. Dra. Maria Andréa da Silva
Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Deus pela oportunidade de aprender todos os dias que a humildade é uma dádiva.

A Minha família, amigos, colegas de trabalho por serem companheiros nesta vida terrena.

Aos professores que cruzaram minha vida, por todo conhecimento agregado.

" O grito é a arma dos ignorantes"

Autor desconhecido

RESUMO

Esta pesquisa tem como título “FMEA e ferramentas da qualidade no processo de controle de qualidade: estudo de caso em uma empresa de revestimento interno”. A empresa em estudo tem como política a busca constante da excelência da qualidade dos serviços que presta, a fim de atender satisfatoriamente as expectativas de seus clientes. Para que esta visão seja concretizada é necessária a contínua melhoria de seus processos. Embora o setor de controle de qualidade da empresa seja altamente eficiente, perceberam-se algumas falhas que poderão gerar perdas potenciais, surgindo, daí, a questão que norteia esta pesquisa: quais ações devem ser empregadas para que tais falhas sejam sanadas, reduzindo-se a potencialidade de perdas? Diante disso, o objetivo geral deste estudo é avaliar a aplicabilidade das ferramentas da qualidade no processo de controle de qualidade de uma empresa de revestimento interno. A abordagem metodológica adotada foi de estudo de caso, sendo a mesma caracterizada como bibliográfica, documental, de campo, qualitativa e explicativa. É evidente, que, a natureza explicativa da pesquisa, resultou da interferência do pesquisador, uma vez que o mesmo lançou propostas de melhoria para o setor baseado nos aspectos levantados no decorrer do estudo. Utilizados diversos instrumentos de pesquisa, associadas às ferramentas da qualidade, como fluxogramas, Diagrama de Ishikawa e FMEA, que analisou os modos de falhas apontados em *brainstorming*, o que viabilizou o lançamento de ações que pode aperfeiçoar o processo de controle de qualidade da empresa em estudo.

Palavras-Chave: Ferramentas da Qualidade. Controle de Qualidade. FMEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Gestão da qualidade e elementos que a compõe.....	22
Figura 02 – Principais símbolos que compõe o fluxograma	24
Figura 03 – Modelo de fluxograma	25
Figura 04 – Folhas de verificação	26
Figura 05 – Modelo de diagrama de Pareto.....	26
Figura 06 – Modelo de diagrama de Ishikawa.....	27
Figura 07 – Modelo não fechado de diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 08 – Questões respondidas em um plano de ação 5W1H.....	29
Figura 09 – Modelo de planilha FMEA	32
Figura 10 – Processo de controle da qualidade adotado pela empresa.....	41
Figura 11 – Formulário de inspeção de recebimento.....	42
Figura 12 – Inspeção visual de jateamento.....	44
Figura 13 – Formulário de rugosidade e contaminação superficial	45
Figura 14 – Formulário dimensional de revestimento	47
Figura 15 – Formulário dimensional de revestimento – teste de aderência	48
Figura 16 – Estratificação de reprovações na inspeção de recebimento	51
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa de causas de ausência de tratamento de não Conformidade no processo anterior ao de recebimento	53
Figura 18 – FMEA de inspeção de recebimento	56
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa de causas de não mensuração de peças reprovadas nas operações de inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e de aderência.....	61
Figura 20 – Diagrama de Ishikawa de causas de modo de falhas “emissão de relatório em data indefinida”	67
Figura 21 – FMEA da operação de inspeção de espessura.....	68
Figura 22 – FMEA da operação de inspeção de detecção de descontinuidade	69
Figura 23 – FMEA da operação de inspeção de aderência.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Crescimento de índices de reprovação na inspeção de recebimento	50
Gráfico 02 – Ocorrência em função do tipo de reprovação estratificada.....	51
Gráfico 03 – Diferenças entre registro de reprovação da pesquisa e registros constantes em relatórios de inspeção	54
Gráfico 04 – Reprovação em função da inspeção realizada.....	59
Gráfico 05 – Média de reprovação do período estudado	60
Gráfico 06 – Percentual de atrasos na liberação das peças.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Evolução do conceito de qualidade	19
Quadro 02 – Modelo de Plano de Ação 5W1H	29
Quadro 03 – Índice de severidades adotados pela FMEA	34
Quadro 04 – Índices de ocorrências de causas do modo de falhas	34
Quadro 05 – Índices de detecção de causas do modo de falhas	35
Quadro 06 – Variáveis e indicadores da pesquisa	39
Quadro 07 – Peças recebidas e peças reprovadas na inspeção de recebimento	51
Quadro 08 – Causas para não tratamento de não conformidade no processo Anterior ao de recebimento	52
Quadro 09 – POP da operação de inspeção de recebimento	53
Quadro 10 – Extensão de peças inspecionadas no período estudado	54
Quadro 11 – tempo demandado para cda inspeção estudada	55
Quadro 12 – Modos de falhas e efeitos dos processos de inspeção, detecção De descontinuidade e de aderência	58
Quadro 13 – Peças reprovadas nas inspeções de espessura, detecção de Descontinuidade e aderência	59
Quadro 14 – Causas para modos de falhas na inspeção de espessura, detecção De descontinuidade e inspeção de aderência	61
Quadro 15 – POP relacionado com detecção de descontinuidade	62
Quadro 16 – POP relacionado com inspeção de espessura	62
Quadro 17 – POP relacionado com inspeção de aderência	63
Quadro 18 – Causas comprovadas para modos de falhas (não mensuração de De peças reprovadas) na inspeção de espessura, detecção de Descontinuidade e inspeção de aderência	64
Quadro 19 – Atrasos na liberação de peças aos clientes	65
Quadro 20 – Causas para modo de falhas “emissão de relatório em data indefinida” nas operações de inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e de aderência	66
Quadro 21 – Volume de trabalho em função do tempo demandado para sua Realização	67
Quadro 22 – Plano de melhoria	71

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS LISTA DE GRÁFICOS LISTA DE QUADROS

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Situação Problema	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificativa.....	15
1.4 Caracterização da Empresa	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 História da Qualidade	18
2.2 Qualidade.....	20
2.3 Controle da Qualidade	22
2.4 Ferramentas da Qualidade	23
2.4.1 Fluxogramas	24
2.4.2 Folhas de verificação, estratificação e diagrama de Pareto	25
2.4.3 Diagrama de <i>Ishikawa</i> e <i>brainstorming</i>	27
2.4.4 Plano de ação 5W1H	29
2.5 FMEA	30
2.5.1 Como montar uma FMEA.....	32
3 METODOLOGIA	36
3.1 Método	36
3.2 Caracterização da Pesquisa.....	36
3.2.1 Quanto aos objetivos	36
3.2.2 Quanto ao objeto	37
3.2.3 Quanto a abordagem dos dados	38
3.3 Universos e Amostra	38
3.4 Instrumentos da Pesquisa.....	38
3.5 Definição de Variáveis	39
3.6 Plano de Registro e Tratamento de Dados	39
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	40
4.1 Mapeamento do Processo de Controle de Qualidade do Processo de Revestimento Interno	40
4.2 Análise de Modos e Efeitos de Falhas do Processo de Controle de Qualidade da Empresa em Estudo	48
4.2.1 Análise de modos e efeitos de falhas na etapa de inspeção de Recebimento.....	49
4.2.2 FMEAs da operação de inspeção de espessura, da detecção de	

descontinuidade e da inspeção de aderência.....	57
4.2.2.1 análise de modo de falha “ <i>não mensuração de peças reprovadas</i> ”	58
4.2.2.2 análise de modo de falha “ <i>emissão de relatório em data indefinida</i> ”	64
4.3 Plano de Melhoria.....	71

5 CONCLUSÃO	74
-------------------	----

REFERENCIAS

APÊNDICE

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do produto como meio hábil para conquistar clientes pode ser observada muito antes da Revolução Industrial. Ainda na fabricação artesanal, este atributo era decisivo para determinar a importância do artesão e o valor da peça produzida, quaisquer que fosse sua natureza.

Entretanto, somente a necessidade de produção em massa de bens de consumo, impulsionou o progresso tecnológico indispensável à mecanização industrial. A complexidade dos projetos envolvidos passou a exigir a adoção de metodologias de gestão que evitassem perdas e aumentassem a produtividade das empresas.

Com o passar dos anos, técnicas de gestão apuradas foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar continuamente os processos produtivos. Estudiosos de diversas ciências como Administração, Economia, Estatística, entre outras, criaram uma série de estratégias que permitiam uma melhor visualização dos atributos de cada setor da empresa e do funcionamento combinado de todos eles.

Contudo, a abertura do mercado, intensificada nas últimas décadas em razão da globalização, tem colocado em evidência o uso de ações estratégicas que visam realizar a coordenação operacional dos processos de forma intensificada, a fim de maximizar a produção e a satisfação de seus clientes.

Os ideais da qualidade total, propostos pelos japoneses a quase meio século, promoveram condições favoráveis para o desenvolvimento de ferramentas auxiliares da gestão. Estes dispositivos, estatísticos ou não, nomeados como ferramentas da qualidade, permitem identificar problemas, apontar e analisar suas causas, propor soluções, diagnosticar procedimentos, entre outras contribuições importantes que podem levar a redução de perdas de diversas naturezas.

É importante ressaltar, ainda, que o conceito de qualidade total envolve mais do que o simples atendimento às expectativas do cliente, onde se deve lançar mão da conformidade dos requisitos selecionados por ele. A qualidade trata também do processo produtivo, evitando-se baixos níveis de produção ou altos índices de retrabalho.

A gestão da qualidade, porém, vai ainda mais longe em seus objetivos.

Cabe a qualidade, desenvolver métodos que previna a existência de perdas no processo produtivo. Seguindo-se essa linha de raciocínio, mesmo não havendo perdas, os processos devem ser continuamente aperfeiçoados, a fim de prevenir falhas que levam à redução de sua qualidade.

Neste contexto, surgiu a Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) que dá um foco preventivo ao sistema de gestão e controle da qualidade, baseado no estudo antecipado de falhas existentes no processo, que ainda não geraram perdas, mas que potencializam sua existência. Observa-se que, esta ferramenta, tem uma associação direta com o uso de outras ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa e *brainstorming*, que possibilitam a identificação e análise dos modos de falhas e suas causas.

Vale mencionar que, embora os japoneses sejam seus percussores, sua utilização é difundida no mundo todo, sendo aplicadas por organizações de diversas áreas de atuação, inclusive para o efetivo controle da qualidade. Observa-se, entretanto, que o emprego destes dispositivos deve vir acompanhado da política empresarial voltada ao atendimento das expectativas de seus clientes.

1.1 Situação Problema

O setor de controle de qualidade tem ganhado destaque nas empresas do mundo globalizado, tornando-se o aspecto diferencial na competição acirrada do mercado e abrindo terreno para a conquista de novos clientes, tentando assegurar, ainda, a fidelização de seus clientes.

A organização em estudo opera no ramo da indústria petroquímica, realizando o revestimento interno de diversas peças, acessórios e equipamentos, como sistemas tubulares (conexões, tubos etc), válvulas, bombas, filtros, equipamentos de perfuração, injeção e produção de petróleo e gás (*manifolds, casings* etc), entre outros. Ressalta-se que, embora tenha pouco tempo de atuação no mercado, sua carteira de clientes já é bem ampla, contando, inclusive, com grandes multinacionais como a PETROBRAS.

A fim de atender satisfatoriamente às expectativas de sua clientela, a organização adota política rigorosa de controle dos padrões de qualidade estabelecidos por ela mesma. Contudo, ao longo do primeiro semestre de 2013, foi observada a existência de falhas no processo de controle da qualidade que podem

gerar perdas potenciais para a empresa, surgindo daí, a questão que norteará esta pesquisa: Quais ações devem ser empregadas para que tais falhas sejam sanadas, reduzindo-se a potencialidade de perdas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade de FMEA e de ferramentas da qualidade no processo de controle de qualidade em uma empresa de revestimento interno.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mapear o processo de controle da qualidade na empresa de revestimento interno;
- Implementar FMEA e ferramentas da qualidade no setor de controle de qualidade da empresa em estudo;
- Propor um plano de melhorias para o departamento de controle de qualidade em uma empresa de revestimento interno.

1.3 Justificativa

A qualidade é apontada como atributo essencial para a manutenção de uma empresa no mercado globalizado. A rivalidade promovida pela competição acirrada intensificou o uso de ferramentas da qualidade na implantação de ações estratégicas que aperfeiçoam os processos produtivos, eliminando ou prevenindo perdas.

Diante deste cenário, nasce a justificativa para a realização desta pesquisa, uma vez que a mesma permitirá a apresentação da construção de FMEAs associadas a algumas ferramentas da qualidade para o processo em estudo, observando-se, portanto, importantes contribuições para acadêmicos e profissionais que atuam na área de gestão e para o meio ambiente.

Com efeito, a contribuição para o meio acadêmico pode ser observada por ser limitado a publicação de trabalhos específicos abordando a aplicabilidade da

FMEA para processos de revestimento interno e controle da qualidade.

Quanto aos profissionais da área, esta pesquisa permitirá a visualização mais apurada da construção e aplicabilidade da FMEA como dispositivo hábil na identificação e correção de falhas que ainda não produziram efetivamente perdas para a empresa. Além disso, o resultado final do estudo proporcionará à empresa em análise, ações que viabilizarão a otimização do processo de controle de qualidade, reduzindo a possibilidade de falhas e, conseqüentemente, de perdas para o mesmo.

Ressalta-se que, nas peças revestidas e reprovadas pela empresa, o revestimento é removido e destruído, criando impacto ambiental ainda que não significativo. O tratamento de falhas detectadas pode trazer redução de reprovação, contribuindo para a minimização de impactos trazidos ao meio ambiente.

Por fim, a pesquisa agregará informações sobre as nuances inerentes ao processo de revestimento de perfis e dos recursos aplicados ao controle da qualidade, contribuindo, assim, de forma significativa na ampliação do conhecimento a respeito do tema para a sociedade em geral.

1.4 Caracterização da Empresa

A Empresa em estudo atua no mercado desde o ano 2000, é especializada em tecnologia de aplicação de revestimentos orgânicos para proteção anticorrosiva. Sua avançada tecnologia de aplicação proporciona excelente proteção à corrosão, agregando valores econômicos aos mais diversos mercados, como petróleo e gás, etanol e biodiesel e o de Indústrias Químicas.

Esta organização foi à primeira no setor de revestimentos no Brasil a possuir a certificação ISO 9001, mostrando sua preocupação em estabelecer um compromisso com seus clientes de sempre oferecer produtos e serviços de qualidade, visando à satisfação plena de toda a cadeia de suprimentos envolvida. Neste mesmo contexto, pode-se ressaltar a conquista do Sistema de Gestão Integrada (SGI), através das certificações ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007, por meio de práticas e processos padronizados em níveis de excelência, faz com que a confiança e a credibilidade sejam fatores relevantes a serem considerados nos mais diversos projetos e requisitos técnicos solicitados.

Para tanto, sua planta industrial possui estrutura completa para o tratamento e preparo de superfícies, adotando referências normativas nacionais ou

não para a realização do jateamento abrasivo por granalha de aço angular, para a aplicação de resinas líquidas ou não e para o aquecimento, fusão e reticulação de revestimentos e controle de qualidade.

Com efeito, o setor de controle de qualidade, cujo quadro de funcionários é formado por 06 colaboradores, participa de todo o processo de revestimentos das peças que estão sob a responsabilidade da empresa em estudo. Para tanto realiza diversas inspeções ao longo do processo, se iniciando com o recebimento da peça a ser revestida até o momento da liberação da mesma ao cliente.

Tendo acesso aos melhores equipamentos de medição e a formulários padrões que auxiliam no preenchimento de relatórios de inspeção, o setor de controle de qualidade desempenha importante papel junto ao cliente, pois é, através dele, que a imagem da empresa poderá ser refletida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará os principais conceitos e explicações sobre termos e técnicas aplicáveis ao tema da pesquisa.

2.1 História da Qualidade

Com o passar dos anos, o conceito de qualidade passou por diversas mudanças. Esta transformação contínua tem relação direta com: o foco e a ênfase que lhe é dado, fato gerador da mudança e as ferramentas ou métodos utilizados, como mostra o Quadro 01.

Quadro 01 – Evolução do conceito da qualidade

DÉCADA	FOCO	FATO GERADOR	INSTRUMENTOS E MÉTODOS
50	PADRÕES	Produção em massa	<ul style="list-style-type: none">• Padronização• Inspeção• Controle estatístico da qualidade
60	USOS	Consumidor mais exigente	<ul style="list-style-type: none">• Pesquisa de mercado• Análise de tendências
70	CUSTOS	Crise do Petróleo	<ul style="list-style-type: none">• Controle total da qualidade• Novas práticas da qualidade
80	EXPECTATIVAS DO CLIENTE	Mudanças sociais e políticas	<ul style="list-style-type: none">• Gestão do processo• Controle da qualidade gerencial
90	ATENDIMENTO AO INVESTIDOR	Globalização	<ul style="list-style-type: none">• Todas as anteriores• Análise Global• Decisões estratégicas• Preocupação ambiental e com as pessoas

Fonte: Contador *et al.* (2010, p. 160); Alvarez *et al.* (2001, p. 142)

De acordo com Miguel (2006, p. 33), as primeiras publicações relacionadas

com a qualidade formalmente reconhecida por sua função de gerenciamento surgiram em 1917. Elas dissertavam sobre o controle da qualidade na indústria. Neste período, chamado de era da inspeção, os colaboradores do Departamento de Inspeção realizavam a comparação entre o produto e as especificações. Ocorre, no entanto, que este departamento não era autônomo, sendo subordinado à produção.

Neste período, o foco da qualidade era voltado para a padronização, onde os produtos finais deveriam obedecer aos requisitos estabelecidos como padrão. Por essa razão, a ênfase estava no controle do produto e a qualidade deveria atender aos interesses internos da empresa, ou seja, ao fabricante ou produtor do bem de consumo produzido. Neste contexto, a qualidade era conceituada como “o atendimento aos padrões estabelecidos no projeto do produto” (ALVAREZ *et al.*, 2001, p. 139).

Vale mencionar que, a qualidade com foco no padrão permanece até o final da década de 50, onde a característica básica passa a ser o controle estatístico do processo. No entanto, o departamento agora denominado “Departamento de Controle da Qualidade” passou a ser responsável pela garantia da mesma, tanto no que se refere ao processo quanto ao produto, ressaltando-se a incidência da padronização em ambos (PALADINI *et al.*, 2007, p. 07).

Na década de 60, o foco da qualidade passou a ser o uso, ou seja, a destinação que o consumidor daria ao produto. É verdade que a ênfase ainda era padronização do processo e do produto, entretanto, o controle estatístico do processo não era mais o único método aplicado nos sistemas de produção. Como o atendimento às expectativas do cliente era o objetivo das empresas, as pesquisas de mercado surgiram como ferramentas hábeis para entender os requisitos desejados pela clientela (CONTADOR *et al.*, 2010, p. 159).

Com a crise no petróleo, na década de 70, viu-se a necessidade de realizar adequações do processo e do produto em relação aos seus custos. É evidente que, com as oscilações econômicas, a qualidade passou a ser voltada para atender os interesses do cliente, dentro de padrões estabelecidos, ao menor custo possível. Para que isso ocorresse, iniciou-se a aplicação de controle total da qualidade com ênfase no uso de ferramentas que proporcionassem métodos de melhorias eficientes e redução de custos do processo (ALVAREZ *et al.*, 2001, p. 140).

Na década seguinte, segundo Contador *et al.* (2010, p. 159), a qualidade fica focada na adequação às necessidades latentes, em razão da competição com as

novas nações industrializadas geradas por mudanças sociais e políticas. Diante deste cenário, pode se perceber que a qualidade era baseada na antecipação das necessidades do cliente. Para isso, as ferramentas tradicionais da qualidade já não eram mais suficientes, vendo-se a necessidade de desenvolver dispositivos gerenciais da qualidade.

Alvarez *et al.* (2001, p. 141) afirma que, com a globalização, a qualidade passou ser dirigida para o reconhecimento do valor do produto, focando-se no investidor que, somados aos acionistas, fornecedores e clientes, começaram a desempenhar o papel de parceiros que auxiliam às empresas a conquistar novos mercados. Neste contexto, os instrumentos utilizados para o alcance da qualidade é muito mais abrangente, incluindo os compromissos sociais e ambientais assumidos pela empresa, bem como decisões estratégicas e análises globais.

Embora este último foco seja adotado pelas organizações desde a década de 90, o que se observa é que a qualidade permanece em contínua mutação, evidenciando a necessidade de estudos constantes voltados a entender o foco que foi lhe dado.

2.2 Qualidade

Os avanços tecnológicos e a nova conscientização do consumidor sobre sua influência junto à qualidade do bem ou serviço contratado, assim como em relação aos aspectos que envolvem o processo produtivo, tem elevado à qualidade a fator de liderança de uma empresa no mercado competitivo.

Moreira (2008, p. 552), no entanto, diz que este fator de liderança está relacionado com certas características impostas às empresas que sobrevivem no mundo globalizado. Assim, as organizações devem ser: flexíveis às mudanças, tanto no sentido reativo, onde a mesma demonstra a capacidade de reagir diante de oportunidades e de ameaças, quanto no sentido proativo, configurado na forma como a empresa atua no mercado, criando oportunidades de negócio; manter uma orientação (foco) voltado ao atendimento das necessidades do cliente, a fim de conquistar sua fidelidade; desenvolver políticas de velocidade e confiabilidade das entregas; e, manter-se continuamente preocupada com a qualidade.

Slack; Chambers; Jonhston (2009, p 40) define qualidade como “a conformidade coerente com as expectativas do consumidor.” Embora esta pareça

simples, ela gera duas visões bem distintas da qualidade: uma, empregada segundo a ótica da operação (qualidade operacional) e outra, analisada de acordo com a visão do consumidor, que é o atributo dado a produtos ou serviços que atendem às expectativas do cliente.

A qualidade operacional tem relação com a garantia de atendimento às especificações estabelecidas e manutenção da conformidade (padrões) de produtos e serviços. Nela, também se visualiza a análise de desempenho do processo produtivo e a probabilidade reduzida de falhas (confiabilidade) dos itens que os constituem (SLACK; CHAMBERS; JONHSTON, 2009, 40).

Neste contexto, a qualidade operacional deve ser observada como ferramenta hábil na redução de custos, pois, com a aplicação de metodologias de gestão adequadas, reduz-se erros na operação e, conseqüentemente, índices de retrabalho. Além disso, esta concepção operacional aumenta a confiabilidade em relação aos produtos, serviços e projetos da empresa.

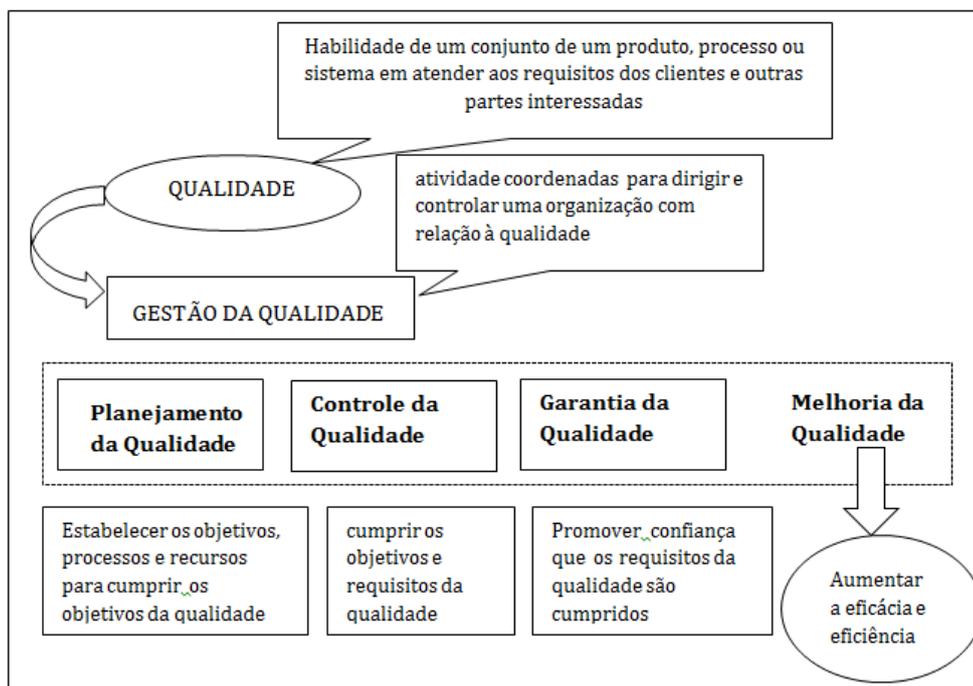
Segundo Paladini *et al.* (2007, p. 37), esta concepção operacional dá origem à gestão da qualidade, que é voltada para ações estratégicas que visam à composição adequada do processo produtivo para o atendimento das expectativas do cliente. Ressalta-se que a estratégia fundamental desta gestão é baseada na organização do processo da melhor forma possível.

Neste contexto surge a gestão da qualidade total, que é

Um conjunto de práticas que enfatiza a melhoria contínua, a busca pelo atendimento das necessidades do cliente, o pensamento de longo prazo, a eliminação de refugo e retrabalho (...) análise e solução de problemas pelos empregados, medida de resultados e relacionamento próximo com os fornecedores (MOREIRA, 2008, p. 558).

Ao se contextualizar todos os elementos de composição desta definição, pode-se dizer que a gestão da qualidade é composta basicamente de quatro elementos: planejamento da qualidade, onde se estabelecem os objetivos, processos e recursos que serão necessários para o alcance do escopo da qualidade; controle da qualidade, que tem como objetivo controlar o cumprimento dos objetivos e conformidades (requisitos) da qualidade; garantia da qualidade, que é o resultado do controle aplicado; e, melhoria da qualidade, baseado no aumento da eficiência e eficácia do processo, como mostra a Figura 01 (PALADINI *et al.*, 2007, p. 87).

Figura 01 – Gestão da qualidade e elementos que a compõe



Fonte: Paladini *et al.* (2007, p. 87)

Embora todos os elementos da gestão da qualidade sejam importantes, a esta pesquisa interessa, em razão do estudo de caso apresentado, a análise mais profunda do elemento controle da qualidade, e, posteriormente, da melhoria da qualidade.

2.3 Controle da Qualidade

Definidas as características de qualidade, devem ser consideradas as formas como a mesma será medida. Essa medição pode se dar através de atributos, onde há a avaliação de julgamento entre duas opções (certo ou errado, padronizado ou não) e variáveis, as medidas em escala contínua, tais como cumprimento, peso e tempo. Feito isso, estabelece-se os padrões e inicia-se o controle de qualidade (SALCK, CHAMBERS, JONHSTON, 2009, p. 528).

Antes de discorrer mais sobre o controle de qualidade, cabe apresentar a definição dada por Moreira (2008, p. 552) para qualidade. Ele divide a qualidade em duas partes. Na primeira, ele leva em consideração a qualidade de conformação, que é “o maior ou menor grau em que o produto, serviço ou atividade é feito ou desempenhado de acordo com o padrão ou especificações estabelecidos.” A segunda, guarda relação com a qualidade do projeto, que são “as características

particulares do projeto, serviço ou atividade que lhe conferem um grau de desempenho.”

Observa-se a absoluta necessidade de controle tanto da qualidade de conformação quanto do projeto, fazendo nascer, respectivamente, o controle de processo e o do produto. O primeiro irá revelar se o processo está viabilizando a produção conforme o que foi especificado. Para tanto, o controle é realizado em amostras retiradas durante o processo. Neste tipo de controle, o defeito é preventivo, podendo ser realizado através de ferramentas estatísticas (CONTADOR *et al.*, 2010, p. 170; MOREIRA, 2008, p. 571)

Segundo Contador *et al.* (2010, p. 170); Moreira (2008, p. 571), o controle do produto é realizado após sua produção, separando-se os produtos que atendem às especificações, dos que não estão em conformidade. Neste caso é empregada a técnica de inspeção por amostragem, onde os testes são realizados em lotes dos produtos recebidos.

É importante ressaltar que, ambos os tipos de controle podem ser empregados separada ou conjuntamente, tendo como resultado a garantia da qualidade de produtos e serviços.

Contudo, deve se ter em mente que este controle não é suficiente para a manutenção da organização no mercado competitivo. É necessário o aperfeiçoamento contínuo do processo, observando-se a eliminação de perdas e de suas causas, quaisquer que sejam sua natureza. E, assim como o controle estatístico da qualidade, as empresas podem aplicar as chamadas ferramentas da qualidade, a fim de identificar e analisar tais perdas e suas causas, assim como propor melhorias.

2.4 Ferramentas da Qualidade

Através dos anos, assim como a qualidade, as ferramentas auxiliares para o controle e aperfeiçoamento contínuo também passaram por uma série de transformações. Inicialmente, foram introduzidas as chamadas ferramentas tradicionais da qualidade. Posteriormente, com a complexidade das metodologias de gestão aplicadas no mercado globalizado, foram surgindo outras ferramentas gerenciais com o mesmo objetivo.

De acordo com Paladini *et al.* (2007, p. 40), as ferramentas da qualidade são “dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações

práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação de melhoria no processo produtivo.”

Embora existam inúmeras ferramentas da qualidade aplicáveis no mercado empresarial, as utilizadas na análise de resultados desta pesquisa, foram: fluxogramas, folhas de verificação, estratificação, diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de *Ishikawa* e plano de ação 5W1H, razão pela qual merecem um estudo mais aprofundado.

2.4.1 Fluxogramas

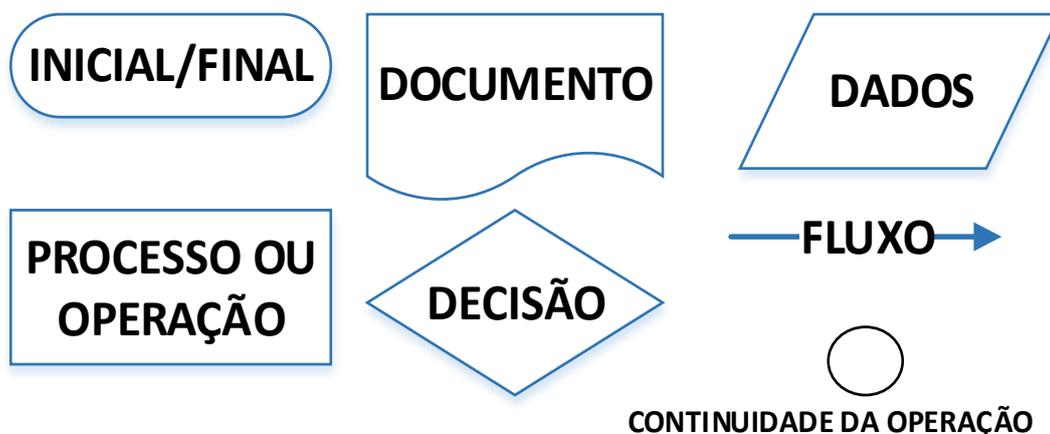
Os fluxogramas tem grande importância para a concretização do melhoramento contínuo do processo produtivo, uma vez que ele permite o detalhamento e análise das operações nele contido.

De acordo com Alvarez *et al.* (2001, p. 98), os fluxogramas são:

Um método gráfico que tem como objetivo básico descrever todos os eventos, no maior nível de detalhe possível, que ocorrem na empresa de forma geral. Pode representar áreas, cargos, funções, atividades, formulários, decisões, níveis hierárquicos, fluxo de informações, enfim, toda e qualquer variável que intervenha em determinado momento.

Assim, pode se dizer que os fluxogramas são representações gráficas dos processos produtivos. Esta representação é realizada através de símbolos, como os que se pode ver na Figura 02.

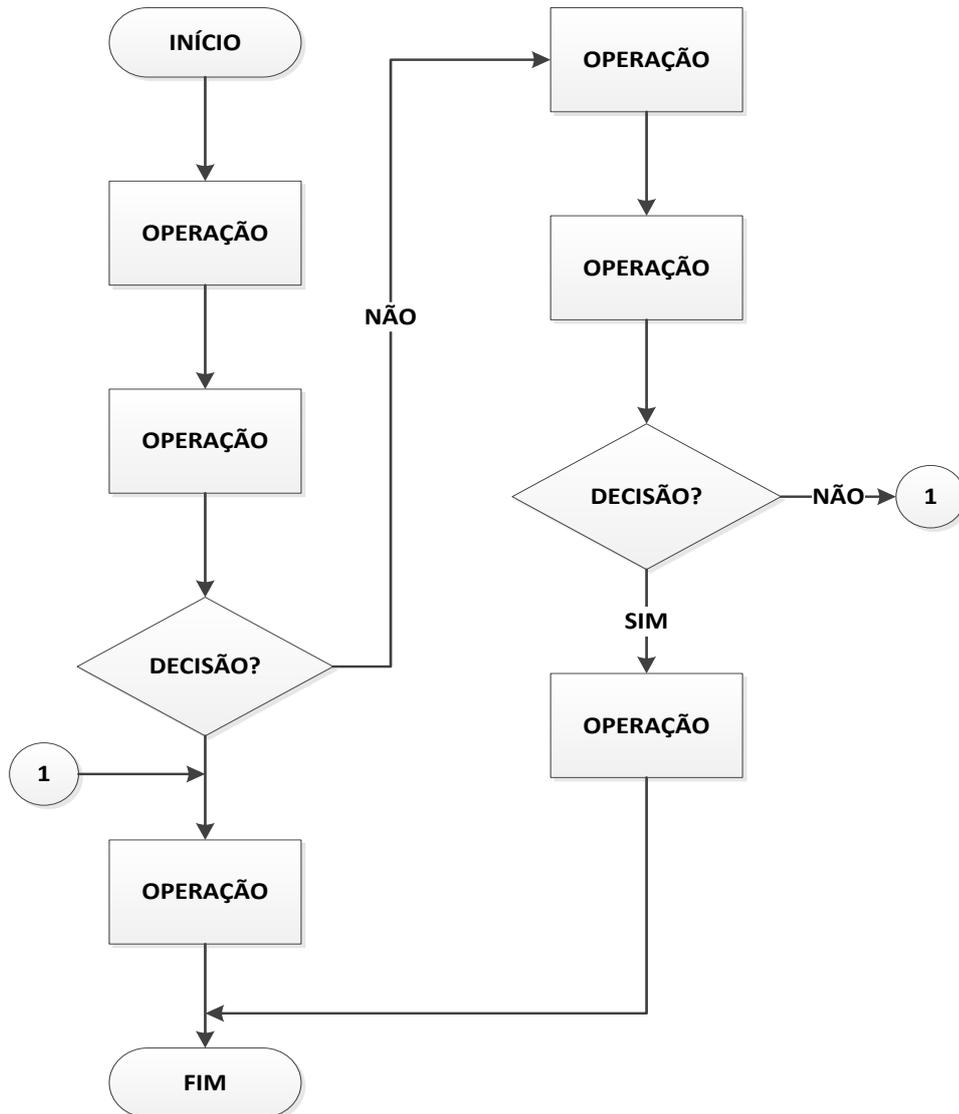
Figura 02 – Principais símbolos que compõe o fluxograma



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers; Jonhston (2009, p. 102), Peinado; Graeml (2007, p. 539)

Com efeito, estes símbolos, quando colocados de forma ordenada e sequencial, forma um fluxograma descritivo do processo, como o visualizado na Figura 03.

Figura 03 – Modelo de fluxograma



Fonte: Adaptado de Peinado; Graeml (2007, p. 540)

É importante ressaltar que, esta ferramenta pode ser utilizada para melhorar a compreensão do processo, mostra como este trabalho deve ser realizado e criar um padrão de trabalho ou procedimento operacional padrão (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 539).

2.4.2 Folhas de Verificação, estratificação e diagrama de Pareto

Segundo Peinado; Graeml (2007, p. 541), as folhas de verificação são as ferramentas da qualidade mais simples de serem utilizadas, apresentado, como mostra a Figura 04, na forma de quadro ou tabela, onde se organiza dados coletados ao longo da pesquisa. Já a estratificação permite analisar os dados de forma

separada, dividindo um problema em camadas menores, o que facilita o estudo do efeito negativo que se deseja eliminar.

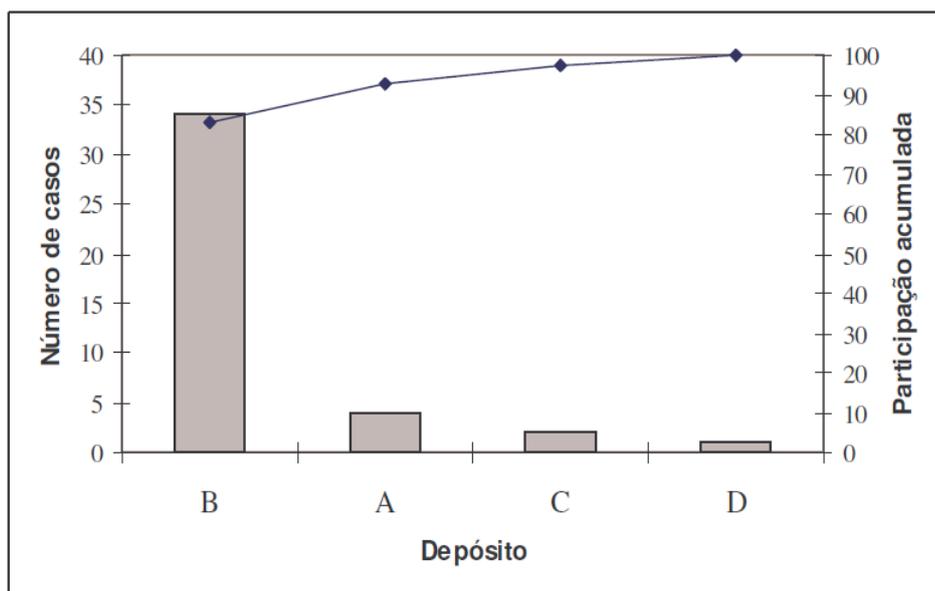
Figura 04 – Folhas de verificação

Produto	Semana				Total
	1	2	3	4	
Waffer	100	80	50	40	270
Recheado	50	70	80	100	300
Salgado	50	50	55	45	200
Leite	80	85	79	82	326
Maisena	47	48	50	49	194

Fonte: Peinado; Graeml (2007, p. 541)

Ressalta-se que, tanto a folha de verificação, quanto a estratificação podem auxiliar na construção do diagrama de Pareto. Segundo Contador *et al.* (2010), o diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais, como mostra a Figura 05, onde se coloca em ordem decrescente as ocorrências que se está estudando, facilitando a priorização dos elementos que aparecem mais.

Figura 05 – Modelo de diagrama de Pareto



Fonte: Peinado; Graeml (2007, p. 564)

Esta ferramenta é baseada na teoria de Pareto, também chamada de 80/20, segundo a qual 80% do problema é solucionado com a eliminação de 20% das causas (PEINADO; GRAEML, p. 546).

2.4.3 Diagrama de *Ishikawa* e *brainstorming*

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito é utilizado para estabelecer a relação entre as causas e o efeito não desejado pela empresa. Estas causas são identificadas por meio de *brainstorming*, já tratada na seção anterior (PALADY, 2007, p. 225).

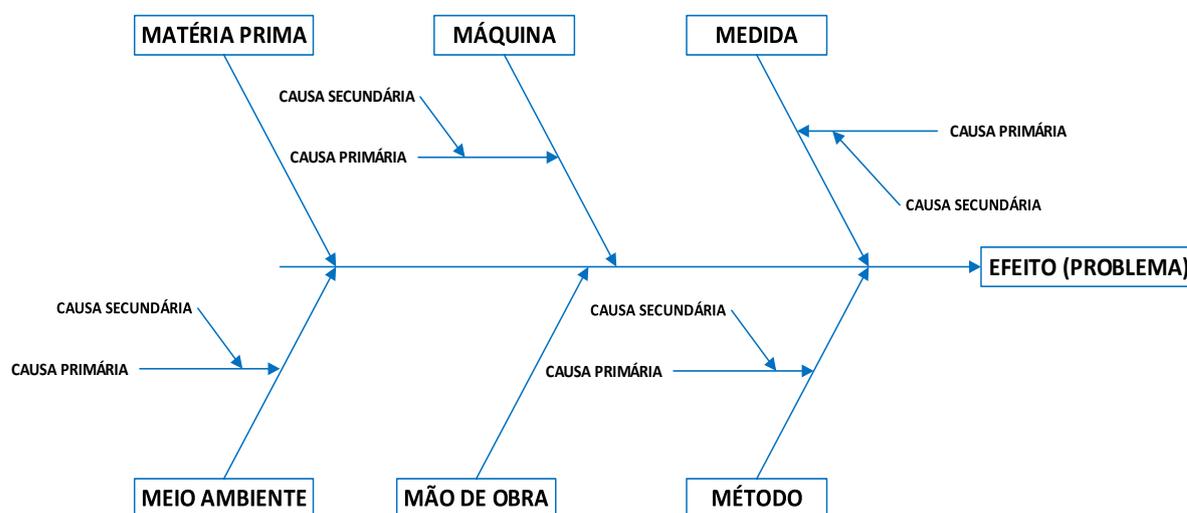
Sua elaboração não é complexa. Primeiro, deve-se identificar um problema a ser estudado. Este problema será considerado como efeito de causas que ainda serão descobertas. Feito isso, inicia-se a aplicação da técnica conhecida como *brainstorming*, nos quais pensamentos e ideias são expostos por todos os que estão presentes, sem quaisquer restrição (MIGUEL, 2006, p. 141).

Os principais personagens envolvidos no processo produtivo se reúnem para, após discussão, apontar causas primárias do efeito apresentado a todos. É montado um quadro que facilita a visualização destas causas, facilitando o desdobramento de cada uma delas em fatores que lhe provocaram (causas secundárias) (CONTADOR *et al.*, 2010, p. 177).

Estas causas são categorizadas conforme fatores que compõe o processo produtivo. Estes fatores, no caso da indústria, são denominados como sistema 6M, que abrange método, mão de obra, meio ambiente, matéria prima, máquinas e medidas (ALVAREZ *et al.*, 2001, p. 183).

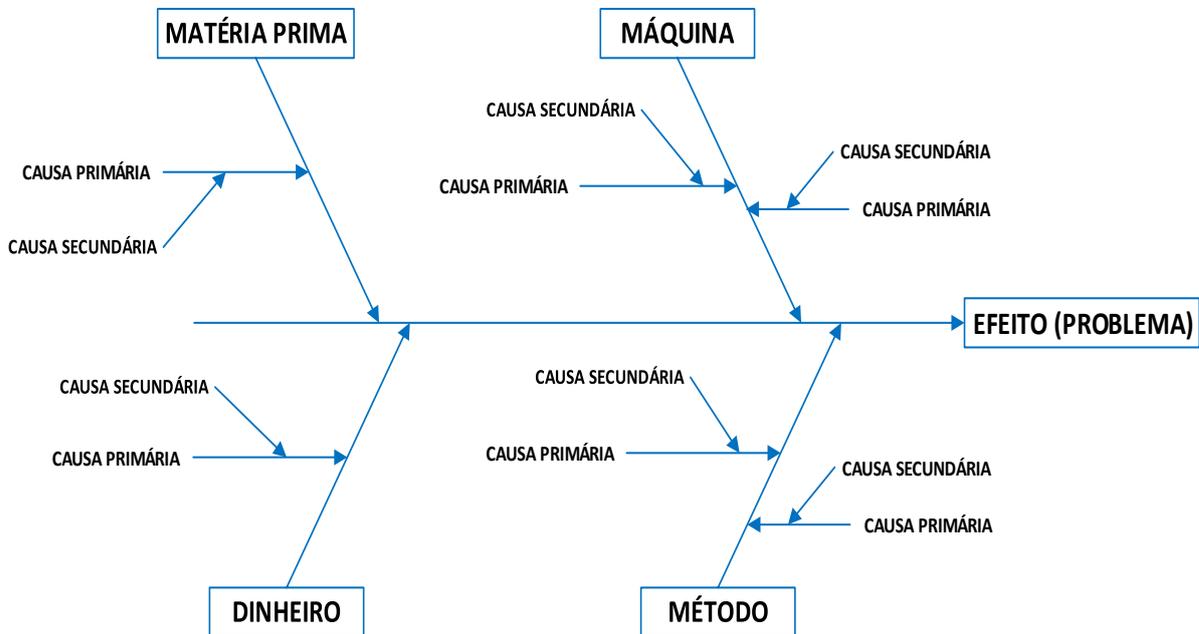
Finalizada a *brainstorming*, todos os dados extraídos da mesma são expostos em um diagrama de *Ishikawa*, como mostra a Figura 06.

Figura 06 – Modelo de Diagrama de *Ishikawa*



Ressalta-se que este sistema 6 M não é absolutamente fechado, podendo o pesquisador adaptá-lo de acordo com o efeito estudado, como mostra a Figura 07.

Figura 07 – Modelo não fechado de Diagrama de *Ishikawa*



Fonte: Slack; Chambers; Jonhston (2009, p. 585)

De acordo com Desidério (2012, p. 02), a qualidade relacionada com o formato do processo ou os procedimentos adotados devem ser classificados em método. As relacionadas com os equipamentos do processo devem ser alocadas em máquina. Na categoria medida devem ser classificadas as causas relacionadas com a mensuração do processo e decisões gerenciais. Em meio ambiente, todas as características físicas que se referem ao ambiente de trabalho, assim como as indicativas de motivação ou relação entre os personagens do processo. Em matéria prima, devem ser listadas as causas que mantem relação com os insumos do processo e em mão de obra as relacionadas com o comportamento dos colaboradores.

Feita a distribuição das causas apontadas e classificadas pela *brainstorming*, deve-se então analisar o diagrama, comprovando-se ou não as causas apontadas, fazendo-se, assim a correlação entre estas e o efeito estudado (MIGUEL, 2006, p. 141).

Esta correlação e comprovação leva a elaboração de um plano de ação que vise eliminar ou minimizar as causas comprovadas. Um dos métodos adotados para tanto é o 5W1H.

2.4.4 Plano de ação 5W1H

O Plano de Ação 5W1H recebeu esse nome em razão das iniciais das perguntas que o método procura responder, como mostra a Figura 08. Assim, esta ferramenta consiste em elaborar um formulário que contenha as seguintes questões: O que deve ser feito? Quem deve realizar? Onde a ação deve ser feita? Quando ela deve ser implementada? Porque deve ser implantada? E como deve ser realizada sua implantação? (PEINADO; GRAEML, 2007, p; 559).

Figura 08 – Questões respondidas em um plano de ação 5W1H

<i>WHAT</i> (O quê?)	Qual a tarefa? O que será feito? Quais são as contramedidas para eliminar as causas do problema?
<i>WHERE</i> (Onde?)	Onde será executada a tarefa?
<i>WHY</i> (Por quê?)	Por que esta tarefa é necessária?
<i>WHO</i> (Quem?)	Quem vai fazer? Qual departamento?
<i>WHEN</i> (Quando?)	Quando será feito? A que horas? Qual o cronograma a ser seguido?
<i>HOW</i> (Como?)	Qual o método? De que maneira será feito?

Fonte: Peinado; Graeml (2007, p. 559)

O plano de ação 5W1H é concretizado através de um formulário, conforme mostra Quadro 02, que é utilizado para a visualização das soluções encontradas para um determinado problema. Observa-se a possibilidade de, através dele, se acompanhar a execução de tais ações.

Quadro 02 – Modelo de Plano de Ação 5W1H

PLANO DE AÇÃO					
O que?	Onde?	Por que?	Quem?	Quando?	Como?
O que deve ser feito para solucionar um problema	Onde a ação deve ser implementada	Porque deve ser implantada	Quem é o responsável pela implantação	Até quando deve ser implementada	Que método deve ser utilizado para implantar a ação

Fonte: SEBRAE (2005, p. 05).

Como mencionado anteriormente, estas ferramentas podem ser utilizadas para identificar e analisar causas de problemas do processo produtivo. Contudo, podem também ser conjuntamente empregadas com outras ferramentas de gestão da

qualidade, a exemplo da Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA), que tem o objetivo de identificar modos de falhas que podem gerar perdas potenciais.

Embora a FMEA também seja classificada por muitos autores como ferramenta da qualidade, merece especial destaque em razão de sua natureza absolutamente preventiva, razão pela qual será tratada nesta pesquisa em seção diferenciada dos demais dispositivos já apresentados.

2.5 FMEA

Entre as ferramentas de metodologia da gestão da qualidade, a que mais evidentemente parece prevenir resultados negativos advindos de falhas do processo, é a chamada Análise de Modos de Falhas e Efeitos, usualmente conhecida como FMEA. Desenvolvida em 1949, pelos americanos, esta ferramenta surgiu com o intuito de prever e apontar os efeitos de falhas em sistemas e equipamentos (projetos) (PINHO *et al.*, 2008, p. 06).

Ocorre que, somente depois de 1988 a FMEA passou a ser utilizada com maior intensidade, observando-se seu uso em empresas de grande porte como a Ford, sendo, ainda, utilizada somente para encontrar falhas potenciais do projeto, a fim de se reduzir os custos incidentes nas manutenções corretivas que seriam aplicadas no futuro (PINHO *et al.*, 2008, p. 06).

Embora ela tenha sido inicialmente desenvolvida com o enfoque voltado para as fases iniciais do projeto de produto, posteriormente passou a ser utilizada na análise de falhas na formação de processos. Atualmente, no entanto, sua área de atuação foi ampliada, podendo ser empregada para reduzir falhas dos produtos, de processos já existentes e minimizar probabilidade de falhas em processos administrativos (TOLEDO; AMARAL, 2006, p. 02).

Neste contexto, o conceito de FMEA foi ampliado, sendo mais conhecida como:

Método analítico para identificar e documentar de forma sistemática falhas em potencial, de maneira a eliminá-la ou reduzir sua ocorrência, através de uma metodologia estruturada que pode ser aplicada durante o estágio de desenvolvimento de novos produtos (mas também para produtos regulares) ou processos (novos e atuais, ou seja, já implantados) (MIGUEL, 2006, p. 205).

Deste conceito pode-se concluir pela existência de dois principais tipos de

FMEA: produto e de processo. A FMEA de produto é o realizado para considerar as falhas que podem ocorrer nas especificações dos projetos, tendo como objetivo evitar falhas no produto ou no processo que o produz (TOLEDO; AMARAL, 2005, p. 01).

Assim, segundo Miguel (2006, p. 206), os objetivos da FMEA de produto são: identificar os modos de falhas no início do desenvolvimento do projeto, estabelecer prioridades para ação que melhorem o produto; documentar as razões das alterações do projeto; fornece informações que visem auxiliar no desenvolvimento de testes de verificação de projeto; e, auxiliar na seleção de materiais para o processo de fabricação.

Já a FMEA de processo é a que considera as falhas no planejamento e execução do processo. Seu principal objetivo é evitar falhas no processo, observando-se não conformidades do produto como especificado (TOLEDO, AMARAL, 2005, p. 01). Contudo, devem ser apontados, ainda, outros objetivos, tais como identificar parâmetros críticos e relevantes para se estabelecer planos de controle; estabelecer as prioridades na aplicação de ações de melhorias; documentar as causas de alterações no processo (MIGUEL, 2006, p. 206).

Neste contexto, o que se observa é que o objetivo geral da FMEA é a prevenção, verificação, priorização e estabelecimento de melhorias. No primeiro caso, por que esta ferramenta identifica e previne as falhas antes de sua incidência. No segundo, porque ela verifica os planos de controles existentes no processo. No terceiro, porque através do produto dos índices de ocorrência, severidade e detecção, indicam-se as priorizações das falhas que podem trazer mais prejuízos para a empresa. E, no quarto objetivo, porque é possível se estabelecer ações para que as falhas identificadas não ocorram.

Quanto as funções da FMEA, Palady (2007, p. 05) diz que ela é mais que uma ferramenta utilizada para prognóstico de problemas, é um procedimento e um diário do projeto e do processo. É um procedimento que serve para o desenvolvimento e execução de projetos, oferecendo, assim, uma abordagem com estruturação adequada para avaliar, conduzir e atualizar os processos e projetos. Além disso, menciona-se a função de diário, pois ela registra qualquer modificação realizada durante sua aplicação.

Assim, pode-se dizer que a FMEA é um método aplicável em diversas situações que tendem a identificar falhas potenciais, identificando, analisando falhas, assim como propondo sua mitigação de forma eficiente, registrando-se, ainda, todas

as alterações existentes no processo, projeto ou produto.

2.5.1 Como montar uma FMEA

Assim, a FMEA é montada em planilha Excel como a representada pela Figura 09, sendo composta por 10 elementos: Parte do processo, modo de falha, efeito, causas, severidade, ocorrência, métodos de controle atual, detecção, Número de Prioridade de Risco (NPR) e ações recomendadas.

Figura 09 – Modelo de planilha FMEA

Nome da Empresa:				Tipo de FMEA: () de processo () de projeto								
FMEA Nº		ÁREA:				PREPARADO POR:						
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE						DATA DE INÍCIO:				PAG. DE		
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo
Etapa ou operação do Processo que apresenta falha potenciais	Qual a função ou atribuição da operação ou etapa do processo	A falha potencial	Resultado, consequência ou efeito do modo se falha	causas das falhas potenciais identificadas	grau de impacto da falha, no caso de sua ocorrência	grau de probabilidade de ocorrência	Métodos de controle existentes	Possibilidade de detecção da falha	S x O x D	Ações para eliminar os modos de falhas	Quem vai fazer	
				causas das falhas potenciais identificadas		grau de probabilidade de ocorrência	Métodos de controle existentes	Possibilidade de detecção da falha		Ações para eliminar os modos de falhas		
		A falha potencial	Resultado, consequência ou efeito do modo se falha	causas das falhas potenciais identificadas	grau de impacto da falha, no caso de sua ocorrência	grau de probabilidade de ocorrência	Métodos de controle existentes	Possibilidade de detecção da falha	S x O x D	Ações para eliminar os modos de falhas	Quem vai fazer	

Fonte: Adaptada de Toledo; Amaral (2006)

Segundo Slack; Chambers; Jonhston (2009, p. 606), o processo de aplicação da FMEA é realizado em 07 passos, que são: identificar todas as partes componentes do processo, produtos ou projeto (partes do processo); determinação sua função; listar todas as falhas potenciais (modos de falhas); identificar os efeitos destas falhas caso elas ocorram (efeito); identificar as causas possíveis (causas); avaliar a probabilidade de ocorrência (ocorrência) e sua detecção baseada nos controles existentes (detecção e controles atuais); calcular NPR; e, estabelecer ações de mitigação ou melhorias.

De acordo com Rosamilha (2012, p. 02), em um formulário padrão, o

cabeçalho de FMEA deve conter o item analisado, o responsável pela FMEA, pelo Processo, seu número, data e paginação.

A indicação da parte do processo, requer conhecimento do processo como um todo, identificando-se as principais operações ou funções. Para tanto, pode ser utilizado fluxograma do mesmo, identificando-se mais facilmente as operações existentes e as falhas que podem ocorrer nele. No caso de FMEA de produto, devem ser indicados os componentes e suas funções (PALADY, 2007, p. 49).

Modos de falhas são como cada parte do processo (FMEA de processo) ou cada função do produto (FMEA de produto) pode vir a falhar. Neste caso, a melhor ferramenta a ser utilizada é o *brainstorming*, uma vez que todos os envolvidos podem identificar falhas potenciais ou conhecidas. Esta ferramenta da qualidade, que será oportunamente tratada nesta pesquisa, pode ser utilizada para a identificação das causas deste modo de falha. Observa-se, contudo, que neste elemento pode ser utilizado histórico de sistema e processos semelhantes, assim como conhecimento técnico do avaliador de falhas (FERNANDES, 2005, p. 21).

A identificação de efeitos é feita através da mensuração e qualificação das maneiras como os modos de falhas podem afetar, ainda que indiretamente o cliente. Sempre que possível, deve se descrever os efeitos resultantes do modo de falha em relação ao cliente. É importante ressaltar que, os efeitos podem ser apresentados em cadeia, devendo-se descrevê-los de modo sequencial, do início da ocorrência até o efeito final mais grave (ROSAMILHA, 2012, p. 02).

De acordo com Fernandes (2005, p. 21), a FMEA, através de uma sequência lógica, avalia como um sistema ou processo pode falhar, avaliando, para tanto, a severidade dos efeitos da falha, a forma como estas falhas podem vir a ocorrer e como podem ser detectadas antes de produzirem efeitos negativos. Surge daí, três dos elementos formadores da planilha FMEA: severidade, ocorrência e detecção, previamente estabelecidas por critérios constantes em quadros indicativos de quantificação.

A severidade é “a avaliação da gravidade do tipo de falha, pode ser o grau de importância para o cliente ou estar ligado a segurança, outro risco caso exista a falha” (PINHO *et al.*, 2008, p. 08). Essa severidade é quantificada através de quadro indicativo de valores que vão variar de 1 a 10, conforme gravidade do impacto gerado pelo modo da falha, como mostra o Quadro 03.

Quadro 03 – Índices de severidades adotados pela FMEA

Severidade	Indicativo	Grau
Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre	1
Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente	2
		3
Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente	4
		5
		6
Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente	7
		8
Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança	9
		10

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Jonhston (2009, p. 607)

O índice de ocorrência indica a probabilidade de sua existência, sendo avaliada pelos graus determinados pelo Quadro 04.

Quadro 04 – Índices de ocorrência de causas do modo de falhas

Ocorrência	Proporção	Grau
Remota	1:1.000.000	1
Pequena	1:20.000	2
	1:4.000	3
Moderada	1:1000	4
	1:400	5
	1:80	6
Alta	1:40	7
	1:20	8
Muito Alta	1:8	9
	1:2	10

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Jonhston (2009, p. 607)

Conforme Pinho *et al.* (2008, p. 08), detecção é a “avaliação da capacidade de controle atual. Se refere à capacidade de serem detectadas as causas de uma possível falha”, podendo ser medida com variáveis indicativas de 1 a 10, na forma visualizada no Quadro 05.

Quadro 05 – Índices de detecção de causas do modo de falhas

Ocorrência	Critério	Grau
Muito grande	Certamente será detectado	1
		2
Grande	Grande probabilidade de ser detectado	3
		4
Moderada	Provavelmente será detectado	5
		6
Pequena	Provavelmente não será detectado	7
		8
Muito pequena	Certamente não será detectado	9
		10

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Jonhston (2009, p. 607)

Avaliados os índices de severidade, ocorrência e detecção, deve se calcular o número de prioridade de risco (NPR), através do produto destes elementos. Este elemento da FMEA trará o índice de priorização dos efeitos e das ações a serem implementadas. Assim, quanto maior o NPR, maior a priorização que deve ser dada na execução das ações mitigadoras recomendadas. Estas ações devem prevenir problemas potenciais, reduzir a severidade, facilitar a detecção das causas, entre outros aspectos (PALADY, 20017, p. 85).

Fica evidente, assim, que a qualidade é aspecto de constante preocupação no meio empresarial, devendo ser levada em consideração para que uma organização possa manter-se no mercado competitivo. Finalizada a exposição do referencial teórico relacionado com o tema, inicia-se a descrição da metodologia adotada na pesquisa.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresentará os elementos metodológicos que auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa, abordando metodologias, tipificação, instrumentos utilizados, universo e amostra, variáveis e o plano de registro e tratamento de dados.

3.1 Método

De acordo com Marconi; Lakatos (2009, p. 83), “método são todas as atividades realizadas para elaboração de uma pesquisa, que visem alcançar os objetivos propostos”. A abordagem metodológica é a forma como estas atividades são desenvolvidas, sendo considerado estudo de caso, quando o estudo é realizado sobre determinados grupos ou fenômenos, analisando seus aspectos formadores e caracterizadores, estabelecendo as relações existentes e apresentando algum resultado de interferência.

Em razão disso, esta pesquisa pode ser caracterizada como estudo de caso, pois vai esclarecer as causas (falhas no processo) que podem dar origem a perdas potenciais no setor de controle da qualidade da empresa em estudo, fazendo, para tanto, a relação de causa e efeito entre ambos e apresentando melhorias que podem otimizar o processo de controle de qualidade da empresa.

3.2 Caracterização da Pesquisa

De acordo com Batista (2013, p. 46), as pesquisas podem ser caracterizadas em relação aos objetivos do estudo, dos meios utilizados para sua elaboração e quanto à abordagem dada ao tratamento de dados.

3.2.1 Quanto aos objetivos

A caracterização quanto aos objetivos, leva em consideração o que se deseja alcançar. Neste caso, as pesquisas podem ser: explicativas, quando o estudo procura identificar fatores determinantes (ou que contribuem) para que um fenômeno

ocorra; descritivas, que descreve as características de uma população ou fenômeno, ou ainda, estabelecer a relação entre os fenômenos; e, exploratórias, que tem como finalidade somente tornar um problema mais evidente (BATISTA, 2013, p. 46).

Seguindo estas definições, pode-se classificar esta pesquisa como descritiva, pois ela detalha todo o funcionamento do processo de controle de qualidade da empresa em estudo; e, explicativa, porque o estudo vai buscar as causas de perdas potenciais do setor, aprofundando, assim, o conhecimento da realidade da empresa e dos procedimentos adotados pela mesma.

3.2.2 Quanto ao objeto

A classificação relativa ao objeto trata das técnicas empregadas para a realização da pesquisa. Nesta categoria pode-se mencionar, as pesquisas bibliográficas, documentais e de campo. São chamadas bibliográficas, as pesquisas que se desenvolvem explicando um fenômeno a partir de teorias já publicadas. Na verdade, sua finalidade é analisar as contribuições teóricas do tema, sendo possível sua utilização para embasar pesquisas de natureza diferente. As documentais, no entanto, são as que utilizam documentos que não foram tratados analiticamente, como no caso de manuais ou fotos (KOCHE, 2003, p. 122 e ss).

As pesquisas de campo são as que se dão através da observação direta ou não de um fenômeno para se levantar dados a cerca de um problema ou fenômeno (MARCONI; LAKATOS, 2009, p. 188).

Este estudo apresenta características de pesquisa bibliográfica, já que utiliza livros e artigos científicos para compor seu referencial teórico, utilizando as ferramentas e técnicas expostas para tratar e analisar os dados que levam a seu resultado final.

Também pode ser tipificada como documental, pois utiliza diversos formulários da empresa para explicar o processo de controle de qualidade, além de fotografias que ilustrarão tanto o mapeamento do processo em análise como a comprovação de algumas causas identificadas. Ademais, a participação direta da pesquisadora no levantamento, análise e comprovação das causas (falhas do processo) que podem levar a perdas potenciais para empresa, lhe confere a característica de pesquisa de campo.

3.2.3 Quanto a abordagem dos dados

A última caracterização guarda relação com o tratamento dos dados. Assim, as pesquisas quanto a abordagem dos dados, podem ser classificadas em: quantitativa, quando leva em consideração dados numéricos para composição dos resultados; e, qualitativa, cuja análise interpretativa dos dados levam aos resultados esperados. Observa-se, no entanto, variações desta caracterização em quantiquantitativa ou qualiquantitativa, quando a pesquisa é predominantemente baseada em dados estatísticos, mas também tem fundamento em dados interpretativos (BATISTA, 2013, p. 47).

Como este estudo realiza análise interpretativa das causas para falhas no processo que podem gerar perdas, concluindo, ou não, por sua comprovação, a sua caracterização pode ser enquadrada como qualitativa. Contudo, a mensuração de elementos de índices de severidade, ocorrência e detecção que leva à identificação de NPR trazem à esta pesquisa características secundárias de abordagem quantitativa. Desta forma, a caracterização mais adequada é a de pesquisa quantiquantitativa.

3.3 Universo e Amostra

De acordo com Marconi; Lakatos (2009, p. 225), o universo é “o conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum” e a amostra é “a parcela convenientemente selecionada deste universo”. Assim pode-se dizer que o universo desta pesquisa são todos os processos da empresa. Já a amostra é o processo de controle de qualidade da empresa.

3.4 Instrumentos da Pesquisa

Os instrumentos da pesquisa são todos os meios ou instrumentos utilizados para a realização da coleta de dados, podendo ser: entrevistas, questionários, observação pessoal, formulários, procedimentos estatísticos, etc (BATISTA, 2013, p. 124).

Os instrumentos utilizados neste estudo foram formulários das empresas, apresentados durante o mapeamento, uma vez que auxiliaram na coleta de dados

relacionados ao fluxo do processo. Utilizou-se, também, a observação direta sobre processo para coletar dados de composição do mapeamento e para comprovação das causas apontadas em *brainstorming*.

3.5 Definição de Variáveis

Batista (2013, p. 21), define variáveis como sendo “os fatores que podem influenciar um fenômeno”. Vale mencionar que, estas variáveis estão presentes nos objetivos específicos e no referencial teórico.

Seus indicadores e objetivos específicos a que estão relacionados, assim como seção de fundamentação teórica podem ser vistos no Quadro 06.

Quadro 06 – Variáveis e indicadores da pesquisa

VARIÁVEL	INDICADORES	OBJETIVOS
Falhas potenciais no processo de controle de qualidade	FMEA	1,2
Otimização do processo de controle de qualidade	Plano de Melhorias	3

Fonte: Autor da pesquisa (2013).

3.6 Plano de Registro e Tratamento de Dados

Os dados qualitativos foram coletados a partir da realização de *brainstorming*, onde estavam reunidos 06 colaboradores do setor de controle da qualidade, o supervisor de setor e a pesquisadora (gerenciadora da realização da ferramenta). As informações levantadas foram registradas em editor de texto Word e, posteriormente, convertidas em quadros, diagramas de Ishikawa. O resultado final da interpretação de tais dados resultou no registro das informações em planilhas Excel que foram transformadas em formulários de FMEA.

Os dados quantitativos, referentes a indicações de índices de severidade, ocorrência, detecção e NPR também foram registrados em planilha Excel e lançadas nas FMEAs mostradas nos Apêndices A a D. Como resultado do registro e tratamento de todos os dados levantados foi possível elaborar quadro indicativo de ações de melhorias propostas pela pesquisa.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O setor de controle da qualidade da empresa em estudo realiza suas atividades de modo a garantir a qualidade do serviço de revestir tubulação de seus clientes. Embora o processo em estudo não tenha causado nenhuma perda efetiva para a empresa ou para seus clientes, a política de melhoria contínua impõe a análise e detecção de modos de falhas que podem se traduzir em futuras perdas.

Neste capítulo, serão apresentados os resultados alcançados ao longo da pesquisa, observando-se o mapeamento do processo de controle de qualidade, assim como a construção de FMEAs para os modos de falhas identificados e o uso de ferramentas da qualidade para análise das mesmas.

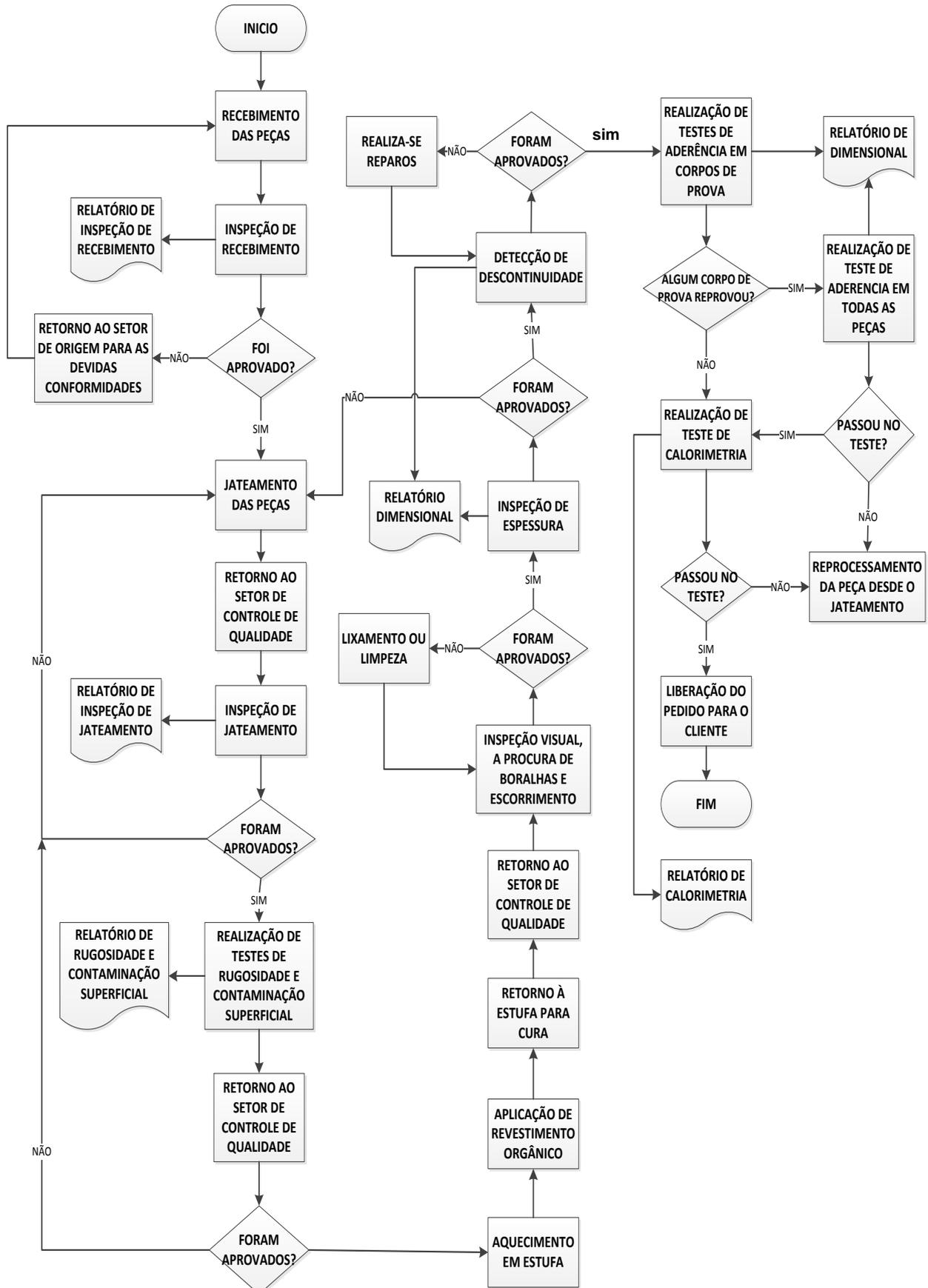
4.1 Mapeamento do Processo de Controle de Qualidade na Empresa de Revestimento Interno em Estudo.

O processo de controle de qualidade na empresa de revestimento interno em estudo, como mostra a Figura 10, se inicia com o recebimento das tubulações que serão revestidas.

No ato do recebimento das peças a serem revestidas é feita a inspeção de recebimento, onde é preenchido o formulário, representado na Figura 11. São anotados, preliminarmente, dados relacionados com o cliente, lote, tipo de revestimento a serem realizados, bem como, possíveis divergências e defeitos encontrados nas peças. Essas divergências podem ser discrepância entre a quantidade física de peças vistoriadas e as constantes na Nota Fiscal e diferenças das peças com o desenho. Quanto aos defeitos, são observados os cantos vivos e os defeitos do metal.

Nesta oportunidade, também é visualizada a presença ou não de óleo ou graxa, uma vez que estes elementos comprometem a qualidade do revestimento. No caso de existência de óleos e graxas, as peças são levadas para limpeza, retornando, posteriormente, para nova inspeção. Feitas todas as anotações mencionadas anteriormente, as peças são tragueadas, ou seja, recebem um número identificador que também é registrado no relatório de inspeção.

Figura 10 – Processo de controle da qualidade adotado pela empresa



Fonte: Autor da pesquisa (2013)

. Figura 11 – Formulário de inspeção de recebimento

INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO										Folha			
RECEIVING INSPECTION										Sheet: /			
Cliente Client: _____					Procedimento de Rev. (Coating Standard): _____								
Tipo de Revestimento Coating Type: _____					Ordem de Produção (Production Order): _____								
Descrição da Peça (Description): _____													
Nº. da Peça ("TAG") <small>Piece Number (TAG MTC)</small>	Identificação do Cliente <small>Client Number</small>	Insp. Visual <small>Visual Inspection</small>		Contaminação por Cloretos (µg/cm²) <small>Salt Contamination (µg/cm²)</small>	Aprovado <small>Approved</small>	Reprovado <small>Rejected</small>	Nº. da Peça <small>Piece Number</small>	Identificação do Cliente <small>Client Number</small>	Insp. Visual <small>Visual Inspection</small>		Contaminação por Cloretos (µg/cm²) <small>Salt Contamination (µg/cm²)</small>	Aprovado <small>Approved</small>	Reprovado <small>Rejected</small>
		Aprovado <small>Approved</small>	Reprovado <small>Rejected</small>						Aprovado <small>Approved</small>	Reprovado <small>Rejected</small>			
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
Observação Remarks: _____ _____ _____													
Total Inspeccionados Total Inspected: _____						Total Aprovados Total Approved: _____							
Código dos Instrumentos Utilizados: Code Measuring Equipment: _____ _____													
Data Date: ____/____/____ <input type="radio"/> 1º Turno <input type="radio"/> 2º Turno <input type="radio"/> 3º Turno <input type="radio"/> 1 st Shift <input type="radio"/> 2 nd Shift <input type="radio"/> 3 rd Shift			Inspetor de Qualidade Quality Inspector			Técnico de Documentação Documentation Technical			Coordenador da Qualidade Quality Coordinator				

Fonte: Empresa em estudo (2013)

As peças aprovadas são diretamente encaminhadas para o jateamento abrasivo. Neste setor, as peças são jateadas (limpas) com granalha. Feito o jateamento abrasivo, as peças são reencaminhadas para o setor de controle de qualidade, onde será realizada a inspeção visual de jateamento. Nesta inspeção 100% das peças são submetidas à comparação entre o tratamento de superfície e o padrão visual, como mostra a Foto 01.

Foto 01 – Inspeção visual de jateamento



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Na inspeção de jateamento, é medida a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperatura da peça, obtendo-se o ponto de orvalho da peça. Todos estes dados formam o relatório de jateamento, cujo formulário pode ser visualizado na Figura 12.

Assim, serão preenchidos os dados relativos ao cliente, ao tipo de revestimento e descrição da peça. O espaço reservado aos Tags é completado com o código das peças, dado durante a inspeção de recebimento. Posteriormente, as medições relativas à temperatura ambiente, umidade relativa, temperatura da peça e ponto de orvalho são anotadas.

Ressalta-se que, se a umidade relativa do ar for superior ou igual a 85%, o processo é estancado, até retorno de índice aceitável de umidade. Observa-se, também, que o ponto de orvalho é calculado através da relação entre a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente. Esta informação é importante porque a temperatura da peça inspecionada deve estar no mínimo a 3º C acima do ponto de orvalho.

Figura 12 – Inspeção visual de jateamento

INSPEÇÃO DE JATEAMENTO BLASTING INSPECTION										Folha Sheet: ___/___	
Cliente Client: _____					Procedimento de Rev. (Coating Standard): _____						
Tipo de Revestimento Coating Type: _____					Ordem de Produção (Production Order): _____						
Descrição da Peça (Description): _____											
Nº. da Peça ("TAG") <small>Piece Number (TAG MTC)</small>	Nº. da Peça (Cliente)		Hora <small>Time</small>	Temperatura da Peça (°C) <small>Temperature</small>	U.R.A. (%) <small>Relative Humidity</small>	Temperatura Ambiente (°C) <small>Room Temperature</small>	Ponto de Orvalho (°C) <small>Dew Point</small>	Inspeção Visual <small>Visual Inspection</small>		Padrão de Jateamento <small>(Mín. Sa 2½) Blasting Standard</small>	
	Desenho / Isométrico	Satélite / CP <small>(Conjunto de peças)</small>						Aprov. <small>Approved</small>	Repr. <small>Rejected</small>	Aprov. <small>Approved</small>	Repr. <small>Rejected</small>
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											

Inspeção de Contaminação da Granalha: **Aprovado** (Approved)
 Inspection of Grit Contamination: **Reprovado** (Rejected)

Aprovado (Approved) **Reprovado** (Rejected)

Observação:
Remarks: _____

Código dos Instrumentos Utilizados:
Code Measuring Equipment: _____

Data Date: ____/____/____ <input type="radio"/> 1º Turno 1 st Shift <input type="radio"/> 2º Turno 2 nd Shift <input type="radio"/> 3º Turno 3 rd Shift	Inspetor de Qualidade Quality Inspector	Técnico de Documentação Documentation Technical	Coordenador da Qualidade Quality Coordinator
---	---	---	--

Preenchido o formulário, as peças reprovadas retornam ao jateamento e, posteriormente, vão passar por nova inspeção. Após serem aprovadas, as mesmas passam por testes de rugosidade a cada 4 horas. Este teste consiste em medir a profundidade dos furos, utilizando o rugosímetro. Estas provas são importantes porque a maior parte dos problemas de jateamento é decorrente de peças com baixo diâmetro e geometrias que dificultam o acesso da granalha. Feitos os testes, é emitido um relatório de rugosidade e contaminação superficial, através do formulário mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Formulário de rugosidade e contaminação superficial

CONTROLE DE RUGOSIDADE E CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL ROUGHNESS CONTROL AND SURFACE CONTAMINATION		Folha Sheet: _____/_____/_____
Cliente (Client): _____ Tipo de Rev. (Coating Type): _____ Descrição da Peça (Description): _____		
Procedimento de Rev. (Coating Standard): _____ Ordem de Produção (Production Order): _____		
CONTROLE DA RUGOSIDADE (ROUGHNESS CONTROL)		CONTAMINAÇÃO POR PÓ (DUSTY CONTAMINATION)
Peça (Piece) Nº:	Rugosidade Média (Average Roughness): _____ Mils _____ µm	ISO 8502-3 Taxa (Rating): _____
ENSAIO 1 (TEST 1)	ENSAIO 2 (TEST 2)	ENSAIO 3 (TEST 3)
Mils _____ µm	Mils _____ µm	Mils _____ µm
Hora (Time): _____	Rugosidade Média (Average Roughness): _____ Mils _____ µm	ISO 8502-3 Taxa (Rating): _____
ENSAIO 1 (TEST 1)	ENSAIO 2 (TEST 2)	ENSAIO 3 (TEST 3)
Mils _____ µm	Mils _____ µm	Mils _____ µm
Hora (Time): _____	Rugosidade Média (Average Roughness): _____ Mils _____ µm	ISO 8502-3 Taxa (Rating): _____
ENSAIO 1 (TEST 1)	ENSAIO 2 (TEST 2)	ENSAIO 3 (TEST 3)
Mils _____ µm	Mils _____ µm	Mils _____ µm
Hora (Time): _____	Rugosidade Média (Average Roughness): _____ Mils _____ µm	ISO 8502-3 Taxa (Rating): _____
<input type="checkbox"/> Reprovado (Rejected) <input type="checkbox"/> Aprovado (Approved)		
Código dos Instrumentos Utilizados: Code Measuring Equipment: _____		
Observação Remarks: _____		
Data Date: _____/_____/_____		
<input type="radio"/> 1º Turno <input type="radio"/> 2º Turno <input type="radio"/> 3º Turno <input type="radio"/> 1st Shift <input type="radio"/> 2nd Shift <input type="radio"/> 3rd Shift		Inspetor de Qualidade Quality Inspector _____
		Técnico de Documentação Documentation Technical _____
		Coordenador da Qualidade Quality Coordinator _____

Fonte: Empresa em Estudo (2013)

Caso as peças sejam reprovadas nestes testes, elas são enviadas para o jateamento novamente, passando, posteriormente, em novos testes de controle de qualidade. Caso sejam aprovadas, as peças são colocadas em uma estufa até alcançar a temperatura que varia de 180° C a 200° C.

As peças são, então, enviadas para a cabine de aplicação, onde é aplicado Revestimento Orgânico. As peças são colocadas novamente na estufa para curar, ou seja, para terminar a fixação do revestimento. Espera-se, então, que as peças esfriem e se realiza inspeção visual, verificando se as peças estão livres de defeitos como bolhas e escorrimento.

Se houver bolhas ou escorrimento, as peças vão ser lixadas manualmente. Fazendo-se novas inspeções visuais até que não se encontrem bolhas ou escorrimento. Faz-se a medição de espessura em doze pontos diferentes da peça, utilizando um medidor. Essas medições são anotadas nas células relacionadas ao controle da espessura total do revestimento. Observa-se que atingindo a espessura mínima e ainda existindo bolhas ou escorrimento, o revestimento é removido, retornando ao jateamento.

Ressalta-se que, essa espessura deve estar compreendida entre 250 e 300 µm. No caso de reprovação, remove-se todo o revestimento, retornando ao jateamento. Contudo, sendo a peça aprovada, ela é totalmente submetida à detecção de descontinuidade do revestimento, através de equipamento denominado Holiday Detector.

Este teste é realizado em via úmida, ou seja, utilizando água a 90 Volts. Observa-se que durante todo controle é preenchido o relatório de inspeção dimensional, como mostra a Figura 14. No caso de reprovação no teste Holiday, a peça é reparada, passando por novos testes Holiday.

4.2 Análise de Modos e Efeitos de Falhas do Processo de Controle de Qualidade da Qualidade da Empresa em Estudo.

Através da aplicação de FMEA no processo de controle de qualidade, foi possível identificar modos de falhas em quatro etapas do processo, que são: inspeção de recebimento, inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e inspeção de aderência. Esta seção será subdividida conforme etapa onde foram detectados os mencionados modos de falhas.

Antes de se iniciar a análise de modos de falhas identificados, deve ser mencionado que os modos de falhas e suas causas, constantes em todas as FMEAs elaboradas e analisadas por esta pesquisa, foram apontadas durante a realização de *brainstorming* efetuada entre os seis colaboradores do setor de controle de qualidade e o supervisor do setor, sendo a mesma gerenciada pela pesquisadora deste estudo. Desta forma, não haverá a necessidade de repetir tal informação ao longo das subseções seguintes, ficando, desde já, entendido, a origem dos modos de falhas e causas analisadas.

4.2.1 Análise de modos e efeitos de falhas na etapa de inspeção de recebimento

A etapa de inspeção de recebimento no processo de controle de qualidade da empresa em estudo tem a função de inspecionar as peças que serão revestidas no recebimento destas, a fim de detectar não conformidades, tais como: discrepâncias entre quantidade física vistoriada e as constantes na nota fiscal e diferenças das peças com desenhos do projeto que a acompanha, cantos vivos, bem como a presença de óleos e graxas que podem comprometer a qualidade do revestimento que será aplicado.

Nesta operação foi detectado 01 modo de falhas, que é a “*não mensuração de peças reprovadas*” nesta etapa do processo de controle. “Esta falha potencial tem como efeito: redução potencial da qualidade dos processos de expedição e limpeza anteriores ao processo de recebimento”, uma vez que a não indicação do índice e causas de reprovação, reduz-se a probabilidade de tratamento das mesmas, impedindo sua correção e potencializando o aumento da incidência das falhas geradoras de reprovação no processo de controle de qualidade da empresa.

Antes de ser iniciado o apontamento de causas para tal modo de falha,

cabem algumas considerações sobre o mesmo e o efeito exposto anteriormente. É importante ressaltar que, a empresa em estudo é responsável pela expedição das peças, ou seja, ela realiza o trabalho de transporte das peças a serem revestidas de seu cliente até suas instalações. Observa-se, ainda, que na chegada das peças, as mesmas são submetidas ao processo de limpeza, a fim de que se elementos comprometedores (óleos e graxas, por exemplo) sejam eliminados.

Como não havia modo de coletar dados relacionados com as reprovações, já que não faz parte da rotina de inspeção seu registro. A pesquisadora desenvolveu um formulário (folha de verificação) que se encontra em Apêndice A para que fossem coletados dados gerais de reprovação das peças em todas as inspeções realizadas no processo de controle de qualidade da empresa em estudo. Este formulário tem o objetivo de levantar tais ocorrências e impor maior confiabilidade à pesquisa.

Os dados coletados foram convertidos na planilha visualizada no Quadro 07, onde se nota a quantidade de peças revestidas, a quantidade de peças reprovadas na inspeção.

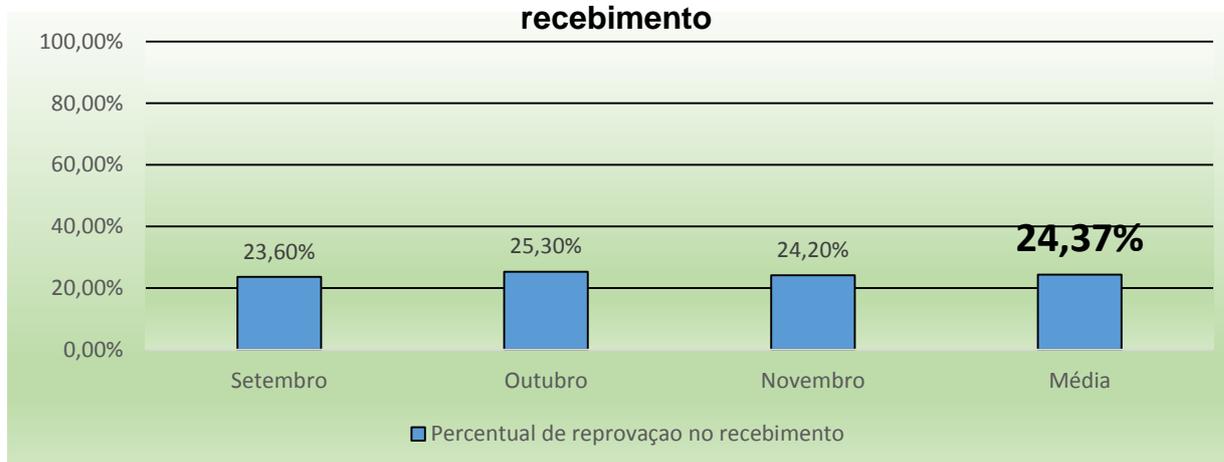
Quadro 07 – Peças recebidas e peças reprovadas na inspeção de recebimento

<i>MÊS</i>	<i>Quant. Recebidas</i>	<i>Quantidade de reprovadas no recebimento</i>
<i>Setembro</i>	<i>797</i>	<i>188</i>
<i>Outubro</i>	<i>938</i>	<i>237</i>
<i>Novembro</i>	<i>694</i>	<i>168</i>

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ao se realizar cálculos percentuais de índices de reprovação, foi possível notar média mensal de 24,37% de peças reprovadas no decorrer do período estudado, como mostra o Gráfico 01.

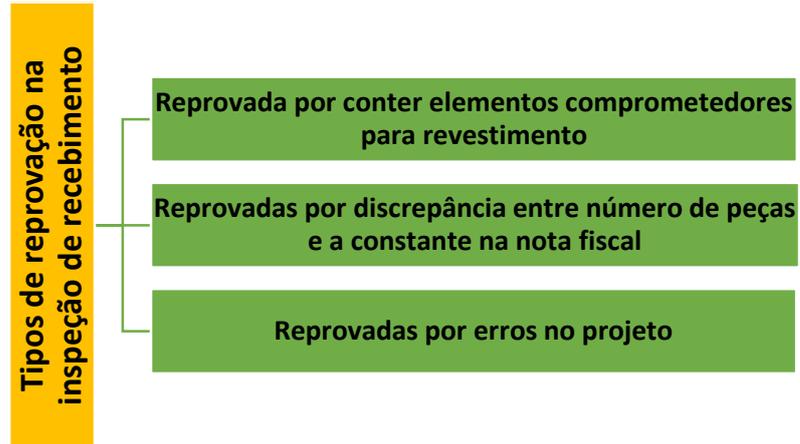
Gráfico 01 – Crescimento de índices de reprovação na inspeção de recebimento



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Este índice percentual revela sérios problemas nos processos anteriores à inspeção de recebimento, ou seja, na expedição e na limpeza das peças. Ao se estratificar as perdas, registraram-se três tipos de reprovação: por conter elementos comprometedores (óleos e graxas), discrepância entre número recebido e contido em nota fiscal e por erros nos projetos (cantos vivos, etc), como mostra a Figura 16.

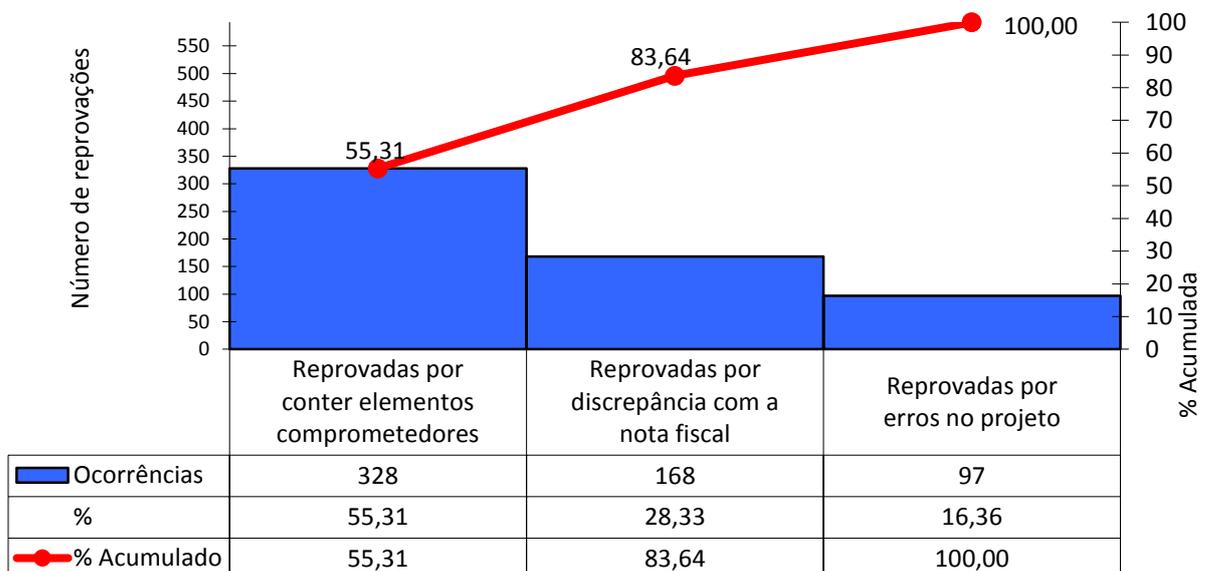
Figura 16 – Estratificação de reprovações na inspeção de recebimento



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ao se quantificar as reprovações em função dos tipos abordados na estratificação, foi possível se perceber que os percentuais de ocorrências estão mais concentrados em reprovação por conter elementos comprometedores para o revestimento (55,3%), seguido de discrepância entre o número de peças e a constante em nota fiscal (28,3%) e por reprovas por erros no projeto (16,4%), como mostra o Gráfico 02.

Gráfico 02 – Ocorrência em função do tipo de reprovação estratificada



Fonte: Autor da pesquisa (2013)

Observa-se que a construção do gráfico 02, foi realizada com fundamento no número total de reprovações ocorridas no período estudado levantado pela pesquisadora, através do formulário elaborado pela mesma. É importante ressaltar que, as reprovações por erros no projeto não são responsabilidade da empresa em estudo e sim da cliente, devendo, portanto, ser eliminadas em estudos posteriores realizados pela empresa em estudo.

Observa-se que a não mensuração de peças reprovadas na inspeção de recebimento impede a visualização das raízes de problemas em processos anteriores (limpeza e expedição), o que inviabiliza o tratamento de não conformidades. Desta forma, comprova-se a existência deste modo de falha. Feitas as considerações necessárias, registra-se que a *brainstorming* realizada apontou três possíveis causas para não mensuração de peças reprovadas e, conseqüentemente, para redução da qualidade do processo de expedição e limpeza. Estas causas foram classificadas conforme sistema 6M, como mostra o Quadro 08.

Quadro 08 – Causas para não mensuração de peças reprovadas

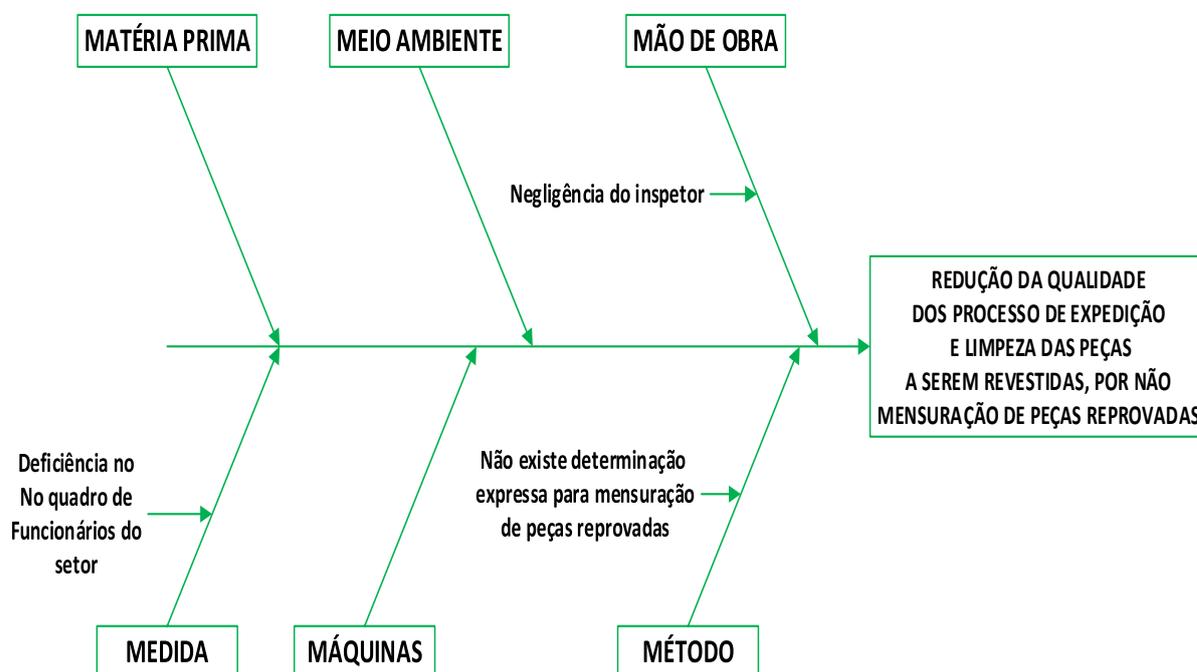
Número de Causas	Descrição da Causa	Classificação da Causas (6M)
01	Negligência do inspetor	Mão de Obra
02	Não existe determinação expressa para mensuração de peças reprovadas	Método
03	Deficiência no quadro de funcionários	Medida

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Para facilitar a visualização gráfica da alocação destas causas, foi montado um diagrama de causa e efeito, representado pela Figura 17, para redução de qualidade do processo de expedição e limpeza das peças inspecionadas no processo de recebimento.

Observa-se, assim, a classificação de causas em método, medida e mão de obra, excluindo-se as demais categorias do sistema 6M, uma vez que não foram identificadas causas relacionadas com as mesmas. O processo de análise foi iniciado junto ao procedimento operacional da empresa, que consta no Anexo A, a fim de comprovar ou não a causa “*não existe determinação expressa do preenchimento de número de peças reprovadas no relatório de inspeção de recebimento*”.

Figura 17 – Diagrama de Ishikawa de causas de não mensuração de peças reprovadas.



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Como mostra o Quadro 09, existe determinação expressa da empresa para que se realize o registro de índice de reprovação de peças nesta inspeção, descaracterizando esta causa como a geradora de não mensuração de peças reprovadas.

Quadro 09 – POP da operação de inspeção de recebimento

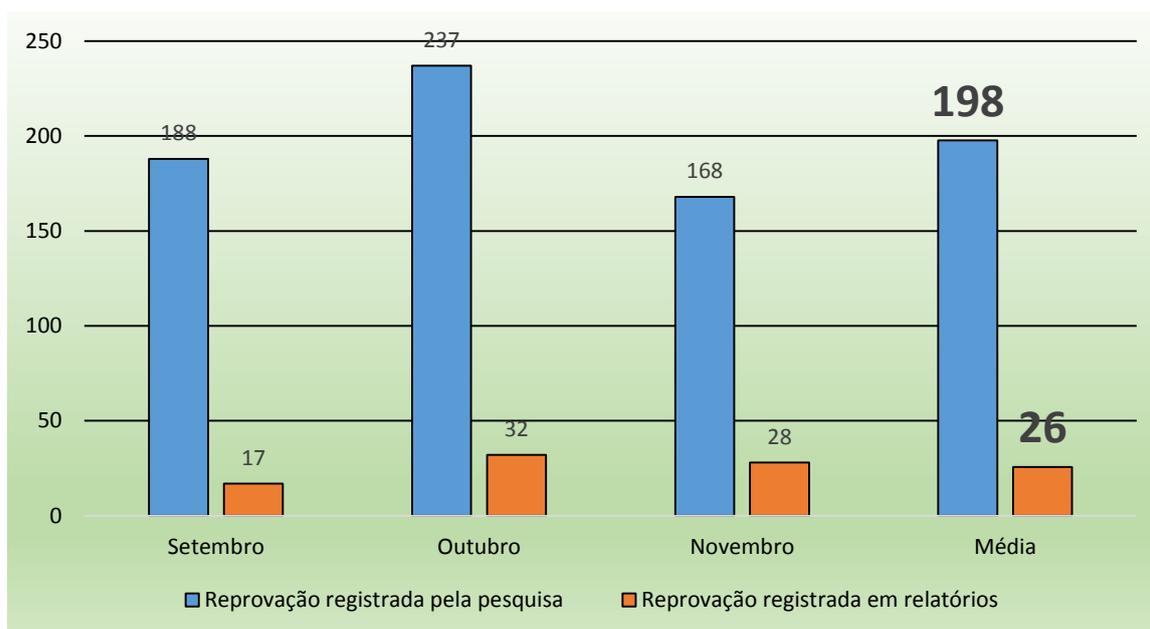
5.1	RECEBIMENTO
5.1.1	A inspeção de recebimento deve verificar a existência de cantos vivos e o aspecto do cordão de solda, caso aplicável. Todas as imperfeições que impossibilitarem a aplicação do revestimento devem ser eliminadas. As peças rejeitadas na Inspeção de Recebimento serão relatadas em Relatório de Não Conformidade e/ou Relatório Técnico específico e imediatamente encaminhado para o cliente para as devidas tratativas (grifo nosso).

Fonte: Empresa em estudo (2013)

Observa-se que, o fato de haver previsão de tal procedimento no POP da operação leva à comprovação da causa “*Negligência do inspetor*”, uma vez que ação de não registrar as reprovações, embora seja determinado tal procedimento e exista espaço reservado para tal registro no formulário de inspeção de recebimento (Figura 09) denominada “peças reprovadas” (circulado em vermelho), o inspetor não a realizou, agindo, assim, de forma negligente.

Ao se confrontar os registros de reprovação realizados pela pesquisa e os constantes em relatórios de inspeção de recebimento, percebe discrepância numérica muito elevada, uma vez que a média mensal de reprovação no recebimento, pela pesquisa é de 198 ocorrências enquanto pelos relatórios é de cerca de 26 ocorrências, como mostra o Gráfico 03.

Gráfico 03 – Diferença entre registro de reprovação da pesquisa e registros constantes em relatórios de inspeção



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Observa-se, assim, que o registro de peças é realizado de forma aleatória embora exista procedimento determinando as anotações necessárias neste sentido. A alegação de não mensuração de peças reprovadas em razão da “deficiência no quadro de funcionários” não pôde ser comprovada como tal. Para chegar a tal conclusão foi necessário, no entanto, se realizar os cálculos que se verão a seguir.

A fim de dar maior confiabilidade à pesquisa, o formulário desenvolvido pela pesquisadora, prevê o registro do número de peças e a metragem (m²) das mesmas. Como se vê no Quadro 10, o total de peças inspecionadas no período estudado foi de 2429, correspondendo a um total de 3157,7 m²,

Quadro 10 – Extensão de peças inspecionadas no período estudado

MÊS	Quant. Recebidas	M²
<i>Setembro</i>	<i>797</i>	<i>878,4</i>
<i>Outubro</i>	<i>938</i>	<i>1344,6</i>
<i>Novembro</i>	<i>694</i>	<i>934,7</i>
TOTAL	2429	3157,7

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Se for levado em consideração os 66 dias trabalhados no período em estudo, observa-se que o inspetor de recebimento realiza suas atividades em aproximadamente 47,8 m² de peças por dia. Ressalta-se que, a pesquisadora mensurou o tempo demandado para a realização de cada inspeção estudada e que apresentava algum modo de falha, como mostra o quadro 11.

Quadro 11 – Tempo demandado para cada inspeção estudada.

Recebimento	Espessura	Descontinuidade	Aderência
<i>11 min/m²</i>	<i>25 min/m²</i>	<i>20 min/m²</i>	<i>13 min/m²</i>

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ao se fazer a relação entre tempo demandado para a atividade e volume de trabalho a ser realizado, o inspetor de recebimento deve realizar suas atividades em aproximadamente 8 horas e 45 minutos. Embora puxadas, as atividades médias podem ser perfeitamente realizadas por um único colaborador. Atente-se que, a atividade de inspeção é efetivamente realizada, observando-se todos os elementos comprometedores existentes nas peças reprovadas, assim como as discrepâncias em número de peças recebidas com as identificadas em nota fiscal e as que não estão em conformidade com o projeto.

Desta forma, o que se observa é tão somente o não registro do número de peças (que demanda cerca de 30 segundos) e não a inspeção propriamente dita, não se podendo, portanto, argumentar que a causa de não mensuração das peças reprovadas é a deficiência no quadro de funcionários para atender a demanda.

Com efeito, somente resta comprovada uma das causas apontadas, devendo ela compor a FMEA desta operação, como mostra a Figura 18, bem como os índices de severidade, ocorrência e detecção.

O índice de severidade é “01” porque a ocorrência da falha não é perceptível ao cliente, embora produza efeito sobre a qualidade nos processos de expedição e limpeza das peças a serem revestidas. A ocorrência é muito elevada, uma vez que é prática comum que o inspetor de recebimento não realiza o registro de mensuração das peças reprovadas, o que pode ser facilmente controlado pelo formulário de inspeção que contém espaço reservado para tal registro. Diante disto, o número de prioridade de risco é 10.

Figura 18 – FMEA de Inspeção de recebimento.

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		Tipo de FMEA: (X) de processo () de projeto										
FMEA Nº 01		PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA										
ÁREA:		PAG. 02 DE 04										
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE		DATA DE INÍCIO:										
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo
INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO	inspeccionar as peças que serão revestidas no recebimento destas, a fim de detectar não conformidades, tais como: discrepâncias entre quantidade física vistoriada e as constantes na nota fiscal, diferenças das peças com desenhos do projeto que a acompanha, cantos vivos, bem como a presença de óleos e graxas que podem comprometer a qualidade do revestimento que será aplicado.	Não mensuração de peças reprovadas	Redução potencial na qualidade dos processos de fabricação, expedição e limpeza das peças a serem revestidas	Negligência do inspetor	1	10	No formulário de recebimento há espaço para tal mensuração	1	10			

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

Ressalta-se que, nesta análise, assim como as demais que se seguem, as ações recomendadas, prazo e responsável serão expostos em plano de melhoria 5W1H, a fim de condensar melhor as informações. Contudo, as FMEAs expostas nos Apêndices apresentam todas as informações inerentes à ferramenta.

4.2.2 FMEAs da operação de inspeção de espessura, da detecção de descontinuidade e da inspeção de aderência

Ao se realizar estudo sobre as operações de inspeção de espessura, de detecção de descontinuidade e da inspeção de aderência foram identificados os mesmos modos de falha, efeitos e causas das falhas, cada um no âmbito da função exercida pela etapa do processo assinalada.

Diante desta constatação e a fim de não deixar esta pesquisa repetitiva, reuniram-se as análises de modos de falhas destas operações nesta subseção, explicando-se todos os modos de falhas, efeitos e causas uma única vez, reservando-se espaço para apresentação das diferenças na função e nos índices de severidade, ocorrência, detecção e NPR.

A inspeção de espessura tem a função de mensurar da espessura do revestimento aplicado na peça, assim como da existência de defeitos como bolhas e escorrimento, garantindo a qualidade do serviço de revestimento interno. A função da detecção de descontinuidade é medir a uniformidade do revestimento aplicado. Já a inspeção de aderência tem a função de determinar a aderência do metal, ou seja, se o revestimento está fixado adequadamente na peça.

Apresentadas as funções das operações, observou-se que elas apresentavam modos de falhas e efeitos semelhantes, diferenciando-os somente quanto a sua área de atuação, como mostra o Quadro 12.

Quadro 12 – Modos de falhas e efeitos dos processos de inspeção, detecção de descontinuidade e de aderência.

Etapa do processo	Efeito	Modo de falhas
Inspeção de espessura	Redução de qualidade do processo de espessura	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção
	Atraso na liberação das peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida
Detecção de descontinuidade	Redução do processo de revestimento interno	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção
	Atraso na liberação das peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida
Inspeção de aderência	Redução de qualidade do processo de revestimento interno	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção
	Atraso na liberação das peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

É importante mencionar, que as análises destes modos de falhas estão sendo realizadas na mesma subseção, em razão dos fins didáticos a que esta pesquisa se presta, reduzindo-se, assim, a repetitividade que seria visualizada no caso de análise separada de cada uma das funções estudadas e apontadas anteriormente. Além disso, a fim de facilitar o entendimento das análises feitas, esta seção era dividido segundo modo de falha identificado, ou seja: não há mensuração de peças reprovadas nesta inspeção e inexistência de prazo de emissão de relatório de espessura.

5.2.2.1 Análise de modo de falha “*não mensuração de peças reprovadas*”

Da mesma forma que foi apresentada no modo de falha anteriormente analisado, deve se realizar algumas considerações a respeito do efeito produzido pelo modo de falha “não mensuração de peças reprovadas” nas operações de inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e de aderência. Coletados os dados relacionados às reprovações nestas inspeções, foi possível registrar a soma do

número de peças reprovadas nas mesmas, como mostra a folha de verificação convertida no Quadro 13.

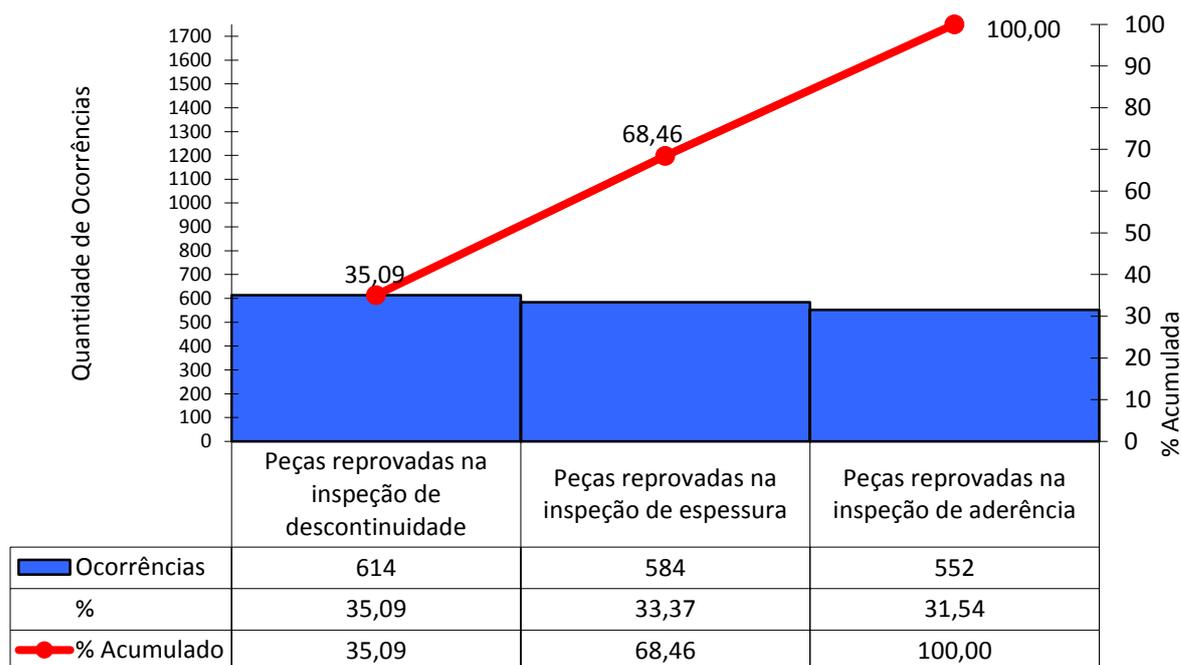
Quadro 13 – Peças reprovadas nas inspeções de espessura, detecção de descontinuidade e aderência

MÊS	Quant. Recebidas	Quantidades de reprovadas na inspeção de espessura	Quantidades de reprovadas na inspeção de descontinuidade	Quantidades de reprovadas na inspeção de aderência
Setembro	797	193	204	185
Outubro	938	190	198	179
Novembro	694	201	212	188
TOTAL	2429	584	614	552
TOTAL DE PEÇAS REPROVADAS = 1750				

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Estas peças reprovadas foram estratificadas conforme inspeção onde houve a reprovação, sendo, portanto, categorizadas em reprovação: na inspeção de espessura; de detecção de descontinuidade; e na inspeção de aderência. Construindo um diagrama de Pareto em função do total de peças reprovadas nestas inspeções de descontinuidade (35,09%), foi possível notar que o maior índice de reprovação de peças na inspeção de espessura (33,37%), seguida reprovação em inspeção de detecção de aderência (31,54%) e de reprovação em inspeção de aderência, como mostra o Gráfico 04.

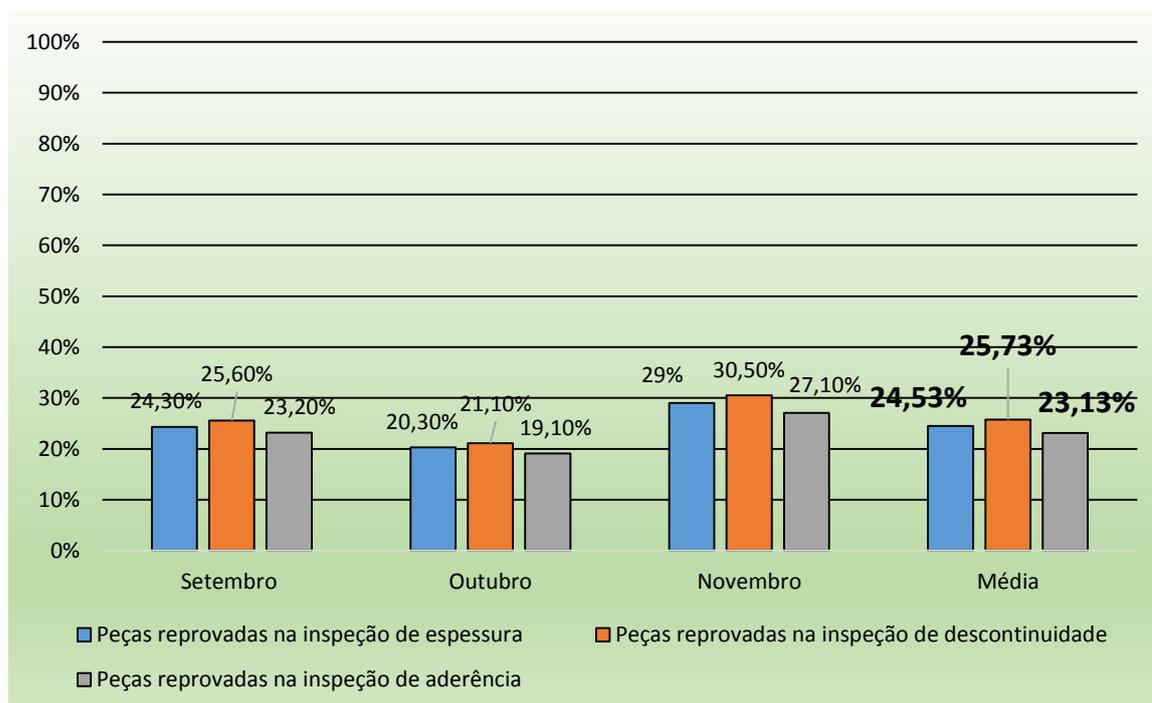
Gráfico 04 – Reprovação em função da inspeção realizada



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ao se realizar estudo mais apurado das peças reprovadas conforme mês do período estudado é possível se perceber um registro médio percentual de 24,53% para peças reprovadas na inspeção de espessura, 25,73% de peças reprovadas na inspeção de detecção de descontinuidade e 23,13% de peças reprovadas na inspeção de aderência, (Gráfico 05) levando-se em consideração o total de peças reprovadas categorizadas de acordo com a estratificação anteriormente mencionada no Quadro 13.

Gráfico 05 – Média de reprovações do período estudado



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Estas médias percentuais de reprovação são muito elevadas, havendo a necessidade de estudos apurados que promovam a melhoria dos processos relacionados com suas respectivas inspeções. Ocorre que a percepção deste problema somente foi possível com a mensuração estratificada das reprovações pela pesquisa. Como a empresa não realiza esta mensuração, a mesma não faz o adequado tratamento das não conformidades dos processos correspondentes.

Feitas estas considerações, inicia-se a análise do modo de falha “não mensuração das peças reprovadas” nas operações de inspeção de espessura, descontinuidade e aderência das peças revestidas pela empresa em estudo. Assim, realizada a *brainstorming*, anteriormente mencionada, foram apontadas causas para tais modos de falhas, classificando-as conforme sistema 6M, como mostra o Quadro 14.

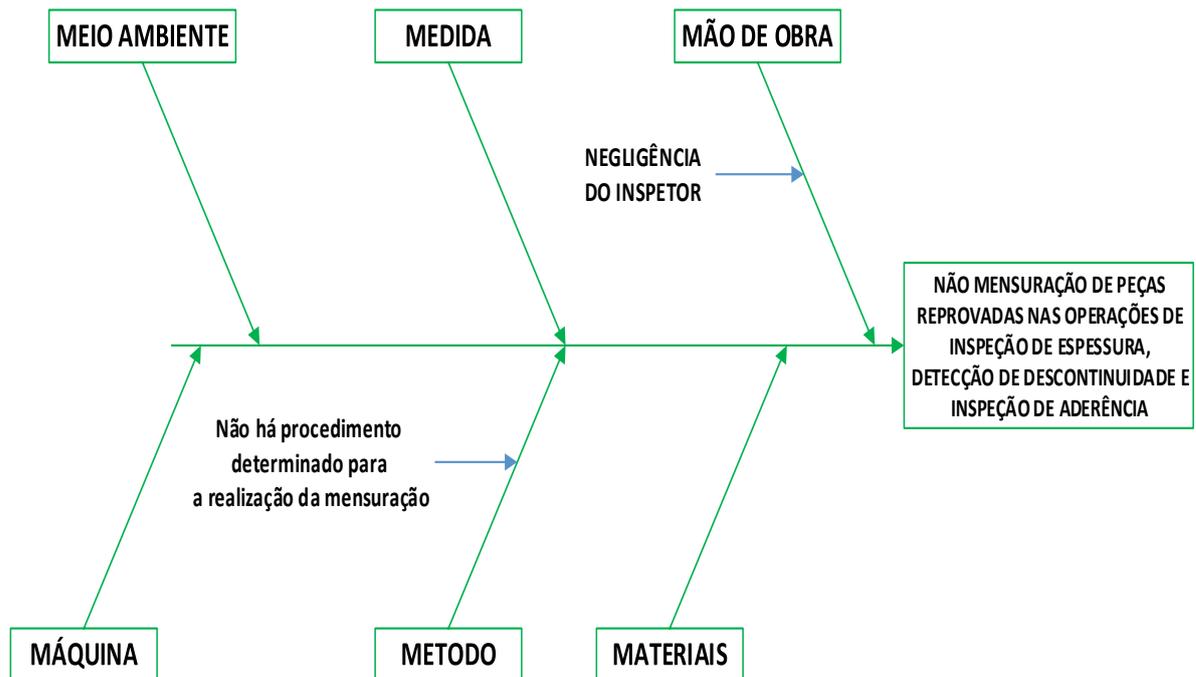
Quadro 14 – Causas para modos de falhas na inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e de aderência

Modo de falhas	Nº da causa	Causas	Classificação no sistema 6M
Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	Método
	02	Negligência do inspetor	Mão de Obra
Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	Método
	02	Negligência do inspetor	Mão de Obra
Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	Método
	02	Negligência do inspetor	Mão de Obra

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

O Quadro 10 facilita a visualização de indicação de causas idênticas para os modos de falhas detectados nas operações em estudo. Em razão disso, foi construído um único diagrama de Ishikawa para as três FMEAs montadas, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Diagrama de Ishikawa de causas de ausência de tratamento de não conformidade nos processos anteriores às inspeções em estudo



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

A causa “Não há procedimento determinado para a realização da mensuração” pode ser comprovada através da análise e estudo dos POP das respectivas operações estudadas. Em relação à inspeção de detecção de descontinuidade, pode se perceber a existência de determinação de registro de defeitos e peças reprovadas em relatório, para posterior tratamento, como pode se ver no Quadro 15, em destaque.

Quadro 15 – POP relacionado com detecção de descontinuidade

7.4	DESCONTINUIDADE NO REVESTIMENTO APLICADO (TESTE DE HOLIDAY DETECTOR)
7.4.1	O revestimento aplicado deve ser submetido ao ensaio de detecção de descontinuidade (Holiday Detector).
7.4.2	A detecção de descontinuidades deve ser realizada utilizando-se um equipamento Holiday Detector, via úmida, a 90 volts, conforme a norma NACE-TM 0186, 100% da superfície revestida.
7.4.3	A temperatura na superfície durante o ensaio deve ser inferior a 60°C.
7.4.4	Todos os defeitos identificados e reparados devem ser informados em relatório de teste de descontinuidade.
7.4.5	A calibração do aparelho de detecção de descontinuidade deverá ser feita a cada 08 horas

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Contudo, o mesmo não pode ser dito em relação aos procedimentos de inspeção de espessura e aderência, pois, como se vê, nos Quadros 16 e 17, não existe determinação de registro das peças reprovadas nestas operações.

Quadro 16 – POP relacionado com inspeção de espessura

7.3	ESPESSURA DO REVESTIMENTO APLICADO
7.3.1	A espessura mínima de película seca do revestimento aplicado deve estar entre 250µm e 1.500 µm, as medições devem ser realizadas através de um aparelho eletromagnético, magnético ou ultrassônico, com precisão superior a ±5 µm.
7.3.2	A medição deve ser realizada em no mínimo 12 pontos do revestimento, ao longo da circunferência, todas as medições devem ser registradas no Relatório de Inspeção Dimensional.
7.3.3	Caso a espessura de película seca do revestimento aplicado esteja fora do range especificado, o revestimento deve ser rejeitado e refeito.
7.3.4	A calibração do aparelho medidor de espessura deve ser realizada a cada 08 horas.

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Quadro 17 – POP relacionado com inspeção de aderência

7.5	ADERÊNCIA NO REVESTIMENTO APLICADO
7.5.1	Deve ser realizado ensaio de aderência corte em "X", em linha de produção e à temperatura ambiente, conforme norma ABNT-NBR 15221-3.
a)	Com uma lâmina cortante rígida e pontiaguda, fazer um corte em "X" no revestimento com comprimento de aproximadamente 5 cm, formando um ângulo de aproximadamente 30° no ponto de interseção, até atingir o substrato.
b)	Começando no ponto de interseção, utilizar a ponta da lâmina para forçar a retirada do revestimento da superfície metálica.
c)	Para que a aderência seja considerada satisfatória, a extensão destacada não deve ser superior a 2,0 mm.
7.5.2	O ensaio deve ser realizado em corpos de prova (CUPON), aplicado junto do lote revestido.
7.5.3	Deve ser realizado um teste por turno de trabalho.

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Portanto, como existe determinação no POP do processo de detecção de descontinuidade para que as peças reprovadas sejam registradas, esta não pode ser causa do modo de falha estudado. Como os treinamentos realizados na empresa são feitos a partir das determinações constantes nos procedimentos operacionais padrões das operações contidas no processo produtivo da empresa, a não realização de ações determinadas no POP pode ser considerada negligência, o que comprova a causa “*negligência dos inspetores*”.

Pela mesma razão, ou seja, treinamento realizado com base no POP das operações das inspeções de aderência e de espessura, a causa “*Negligência do operador*” não deve ser considerada comprovada, uma vez que ele não pode ser considerado negligente por não realizar ações para o qual não fosse treinado, por não estar no POP da operação em que é responsável.

Neste caso, a causa negligência do operador somente fica comprovada no modo de falha da operação de inspeção de detecção de descontinuidade. Para ficar mais clara a relação entre causas comprovadas e etapa avaliada, foi montado o Quadro 18, onde estão discriminadas as causas secundárias comprovadas.

Quadro 18 – Causas comprovadas para modos de falhas “*não mensuração de peças reprovadas*” na inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e inspeção de aderência

Etapas do processo	Efeito	Modo de Falha	Nº da causa	Causas	Classificação no sistema 6M
Inspeção de espessura	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	Método
Detecção de descontinuidade	Redução de qualidade do processo revestimento interno	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Negligência do inspetor	Mão de Obra
Inspeção de aderência	Redução de qualidade do processo revestimento interno	Não mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	01	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	Método

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Finalizada a análise destes modos de falha das operações em estudo, inicia-se a análise do modo de falha “Inexistência de prazo para emissão de relatório de inspeção de espessura”.

4.2.2.2 Análise do modo de falha “*emissão de relatório em data indefinida*”.

O outro modo de falha identificado nas inspeções de espessura, detecção de descontinuidade e inspeção de aderência, foi “emissão de relatório em data indefinida”, tendo como efeito o atraso na liberação das peças para os clientes, uma vez que esta liberação somente se dá com a emissão de todos os relatórios de inspeção realizados durante o processo de revestimento interno.

Utilizando a folha de verificação que conta no Apêndice B foi possível registrar os atrasos na liberação de peças aos clientes, classificando suas causas em: atrasos na emissão de relatórios de inspeção; problemas operacionais no jateamento; e, outros. Feitas as anotações necessárias, foi possível construir a planilha mostrada

no Quadro 19, somente sendo interessantes as anotações relacionadas com o processo de controle da qualidade, objeto de estudo desta pesquisa.

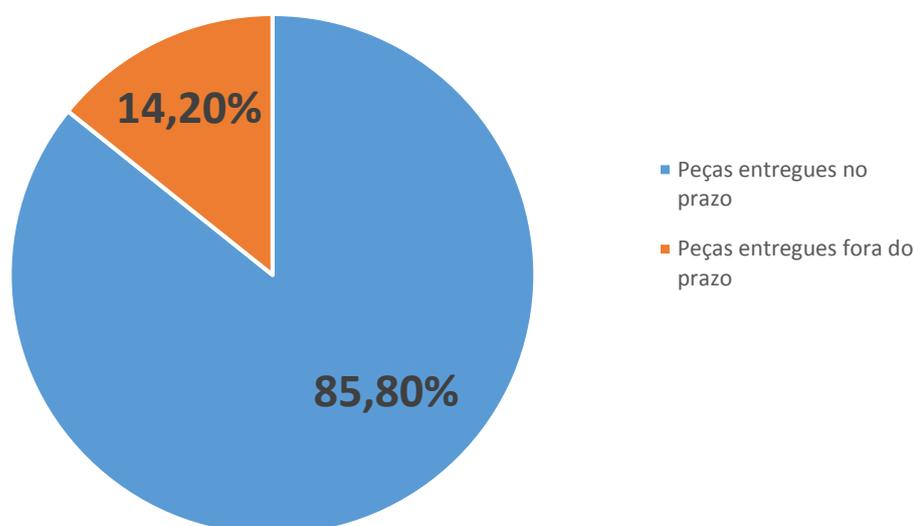
Quadro 19 – Atrasos na liberação de peças aos clientes

MÊS	Quant. liberadas	Quantidade de peças não liberadas no prazo por causa de relatórios de inspeção
Setembro	797	95
Outubro	938	138
Novembro	694	112
TOTAL	2429	345

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

A esta pesquisa interessa somente os valores referentes as peças não liberadas no prazo por causa de relatórios de inspeção, já que o estudo é voltado para o processo de controle de qualidade e não das operações de revestimento da empresa. Desta forma, em termos percentuais, pode-se dizer que 14,2% dos atrasos tem relação com os relatórios de inspeção não emitidos em tempo hábil, como mostra o Gráfico 06.

Gráfico 06 – Percentual de atrasos na liberação das peças



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ressalta-se que, embora o percentual de atrasos gerais de liberação de peças aos clientes seja pequeno, a empresa deve ter em mente que quaisquer atrasos devem ser cuidadosamente estudados, sobre pena de manchar sua imagem junto à clientela. Assim, a emissão de relatório em data indefinida, ou seja, não pré-estabelecida pela empresa, leva a atrasos na sua emissão e, como efeito principal, atrasos na liberação das peças aos clientes, trazendo insatisfações aos mesmos, o que leva à necessidade de providências no sentido de emitir relatórios de inspeção em tempo hábil.

Foram apontadas três causas para o modo de falha “emissão de relatório em data indefinida” nas operações de inspeção de espessura e aderência, assim da detecção de descontinuidade, sendo elas estruturadas e classificadas conforme sistema 6M, como mostra o Quadro 20.

Quadro 20 – Causas para modos de falhas “emissão de relatório em data indefinida” nas operações de inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e de aderência

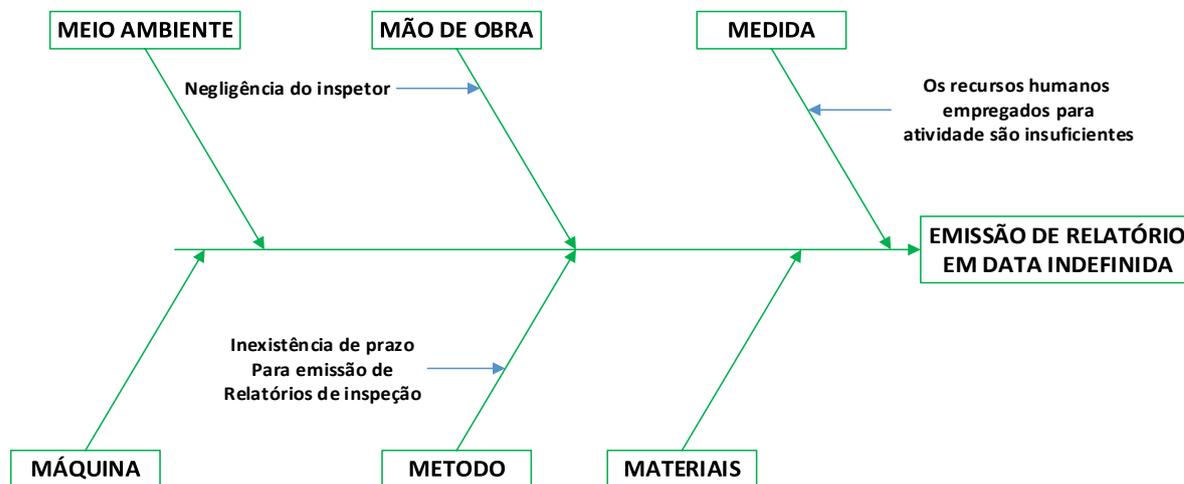
Etapa do processo	Efeito	Modo de Falhas	Nº da causa	Causas	Classificação no sistema 6M
Inspeção de espessura	Atraso na liberação de peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida	01	Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	Medida
			02	Negligência de inspetor	Mão de obra
			03	Inexistência de Prazo para emissão de relatórios de inspeção	Método
Detecção de descontinuidade	Atraso na liberação de peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida	01	Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	Medida
			02	Negligência do inspetor	Mão de Obra
				Inexistência de Prazo para emissão de relatórios de inspeção	Método
Inspeção de aderência	Atraso na liberação de peças para o cliente	Emissão de relatório em data indefinida	01	Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	Medida
			02	Negligência do inspetor	Mão de Obra
			03	Inexistência de prazo para emissão de relatórios de inspeção	Método

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Assim, como no modo de falha anteriormente estudado, todas estas causas

foram expostas em diagrama de causa e efeito, visualizado na Figura 20.

Figura 20 – Diagrama de Ishikawa de causas do modo de falha “emissão de relatório em data indefinida”



Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ao se fazer a observação direta do processo de controle de qualidade, foi percebido que tanto na inspeção de espessura e de aderência, como na detecção de descontinuidade, o volume de peças a ser inspecionadas (cerca de 47 m²/dia) é muito alto para que somente um inspetor a realize, levando-se em consideração os tempos demandados para tanto, como se viu exposto no Quadro 11.

Com efeito, como mostra o Quadro 21, o tempo demandado para cobrir todo o volume de peças a ser inspecionadas.

Quadro 21 – Volume de trabalho em função do tempo demandado para sua realização

<i>Inspeção a ser realizada</i>	<i>Volume médio de peças inspecionadas</i>	<i>Tempo demandado por m²</i>	<i>Tempo demandado para o volume de trabalho em minutos</i>	<i>Tempo demandado para o volume de trabalho em horas</i>
<i>Inspeção de espessura</i>	47,8 m ²	25 min/m ²	1175 min	19,6 horas
<i>Inspeção de descontinuidade</i>	47,8 m ²	20 min/m ²	940 min	15,6 horas
<i>Inspeção de aderência</i>	47,8 m ²	13 min/m ²	611 min	10,2 horas

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Os valores apresentados revelam que o volume de trabalho é muito elevado para a quantidade de colaboradores destinados a tais inspeções, corroborando com a causa “os recursos humanos empregados para a atividade são insuficientes”.

Além das desproporções entre demanda e número de funcionários, o número informações solicitados é muito grande, como pode se perceber pelas simples análise do mapeamento realizado inicialmente, avolumando ainda mais os serviços inerentes a tais inspeções. Desta forma, restam comprovadas ambas as causas apontadas nas operações de inspeção de espessura, detecção de descontinuidade e inspeção de aderência.

Diante das causas comprovadas, iniciou-se a mensuração dos índices de severidade, ocorrência e detecção dos modos de falha. No caso, da inspeção de espessura, como se vê na sua FMEA, mostrada na Figura 21 (APÊNDICE D), os índices de NPRs foram, em ordem decrescente 320, 280 e 40.

Figura 21 – FMEA da operação de inspeção de espessura

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		ALBA		REPARAÇÃO POR INJECÇÃO EM LUBRIFICANTES COSTA MARIQUINHA		Tipe de Falha: (X) de processo () de projeto		
Etapas/Processo	Falha	Modos de falha (consequências ou potenciais)	Efeitos da falha	Causas das falhas	Severidade	DATA DE NÍVEL:		
						Ocorrência	Controle	Deteção
					PAG. 02 DE 04			
Inspeção de espessura	Medição de espessura do revestimento aplicado na peça, bem como de defeitos como bolhas e escorrimento	Não há mensuração de peças exploradas nesta inspeção	redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	1	10	4	40
					7	5	280	
					8	5	320	
<p>Formulário de inspeção de espessura</p> <p>Há controle de atrasos pelo sistema operacional da empresa</p>								
<p>Inexistência de Prazo para emissão de relatórios de inspeção</p> <p>O número de dados a serem preenchidos é muito elevado, assim como o número de peças a serem inspeccionadas</p>					8	7	5	320

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

No primeiro modo de falha o índice de severidade é menor que o cliente não percebe o problema, entretanto, o índice de ocorrência é elevado porque a probabilidade é alta e o nível de detecção do modo de falha é mediano. Já no segundo modo de falha, os índices de severidade são muito maiores, uma vez que os clientes percebem nitidamente um problema no processo e se aborrece com isso.

No caso da detecção de descontinuidade, como se vê na sua FMEA, mostrada na Figura 22 (APENDICE E), os índices severidade, ocorrência e detecção são semelhantes, trazendo como resultado NPRs idênticos. Observa-se, assim, a seguinte em ordem decrescente 320, 280 e 40 e justificando-se da mesma forma.

Figura 22 – FMEA da operação de detecção de descontinuidade

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		Tipo de FMEA: (X) de processo () de projeto										
FMEA Nº 01		PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA										
ÁREA:		PÁG. 02 DE 04										
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE		DATA DE INÍCIO:										
Etapas do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas da Falha	Severidade	Ocorrência	Controle	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo
Detecção de Descontinuidade	Medição da uniformidade do revestimento aplicado	Não há mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Negligência do inspetor	1	10	Formulário de inspeção de descontinuidade	4	40			
		Emissão de relatório em data indefinida	Atraso na liberação das peças para o cliente	Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	8	7	Há controle de atrasos pelo sistema operacional da empresa	5	280			
				O número de dados a serem preenchidos é muito elevado, assim como o número de peças a serem inspecionadas		8		5	320			

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

No caso da operação de inspeção, como se vê na sua FMEA, mostrada na Figura 23 (APÊNDICE F), os índices de NPR também são idênticos às analisadas anteriormente, observando-se a seguinte em ordem decrescente 320, 280 e 40. Justificam-se os valores indicados para severidade, ocorrência e detecção da mesma forma que foi realizado anteriormente.

Figura 23 – FMEA de operação de inspeção de aderência

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO FMEA Nº 01		Título de FMEA: (X) de processo () de projeto PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA		DATA DE INÍCIO: PAG. 02 DE 04		ÁREA:																					
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo															
Inspeção de Aderência	Determinar a aderência do metal	Não há mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	1	10	POP da processo	4	40																		
													Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	7	5	280	5	280									
																					Inexistência de Prazo para emissão de relatórios de inspeção	8	7	5	280		
Emissão de relatório em data indefinida	Atraso na liberação das peças para o cliente	O número de dados a serem preenchidos é muito elevado, assim como o número de peças a serem inspecionadas																									

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Ressalta-se que, os índices de NPRs são necessários para que o gestor saiba quais ações devem ser priorizadas no momento da execução do plano de ação. Desta forma, as ações que visem eliminar o efeito “atraso na liberação de peças para os clientes” devem ser priorizadas na execução do plano de melhoria apresentado a seguir. Reitera-se que, tais ações estão elencadas nas FMEAs nos Apêndices C, D, E e F.

4.3 Plano de Melhoria

Baseadas nas causas comprovadas para os efeitos encontrados nas análises de FMEA em estudo foi possível realizar o plano de melhorias descritas no Quadro 22.

Quadro 22 – Plano de melhorias

O QUE?	COMO?	PORQUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO
Revisão dos POP de inspeção de aderência e inspeção de espessura	Analisar os POPs e inserindo procedimento de registro de peças não aprovadas	Mensurar peças reprovadas no recebimento	Operação de Inspeção de aderência e de espessura	Gestor de setor de controle de qualidade	Até 10/03/2014
Treinamento com todos os inspetores onde se promoverá o conhecimento completo do POP das operações de controle da qualidade da empresa	Realizar treinamento sobre o POP revisado	Mensurar peças reprovadas	Na operação de inspeção de recebimento, detecção de descontinuidade, espessura e aderência do processo de controle de qualidade adotado pela empresa	Gestor de setor de controle de qualidade	Até 10/03/2014
Promoção de palestras que versem sobre comprometimento no desenvolvimento de atribuição	Realizar palestras de motivação e outros temas que remetam à responsabilidade e do cargo	Mensurar peças reprovadas	Na operação de inspeção de recebimento, detecção de descontinuidade, espessura e aderência do processo de controle de qualidade adotado pela empresa	Recursos Humanos	Até 10/01/2014

Continuação...

Aumento do quadro de colaboradores	Contratando mais inspetores de qualidade	Reduzir atraso na emissão de relatórios de inspeção de espessura, aderência e detecção de descontinuidade de	Na operação de inspeção de recebimento, detecção de descontinuidade, espessura e aderência do processo de controle de qualidade adotado pela empresa	Recursos humanos	Até 10/02/2014
Estabelecimento de prazo para emissão dos relatórios	Determinação de prazo para emissão de relatório, dentro do POP	Reduzir desvios na operação de inspeção de recebimento	Na operação de inspeção de detecção de descontinuidade, espessura e aderência do processo de controle de qualidade adotado pela empresa	Gestor de setor de controle de qualidade	Até 20/03/2014

Fonte: Autora da pesquisa (2013)

Diante dos dados analisados, percebe-se a evidente necessidade de revisão do Procedimento Operacional Padrão das operações de inspeção de aderência e de espessura, a fim de se determinar o registro de peças reprovadas para futuro tratamento de não conformidades. Esta ação reduzirá a potencialidade de efeitos negativos, ainda que imperceptíveis ao cliente.

Para tanto, deve ser realizado estudo cuidadoso do fluxograma das operações, incluindo-se prazo para emissão de tais relatórios e registro determinação de registro de peças não aprovadas. Observa-se, contudo, que este prazo deve levar em consideração o volume de peças a serem inspecionadas, assim como o número de colaboradores destinados a tais inspeções.

É evidente que, em se reformulando os POP acima mencionados, surge à necessidade de novos treinamentos dos inspetores, a fim de que os mesmos não só tenham conhecimento adequado sobre os detalhes das operações envolvidas nos processos de inspeções em que são responsáveis, mas, também, para evitar a incidência de desvios do processo que levem à incidência de falhas no controle de qualidade.

Além disso, devem ser realizados treinamentos de reciclagem para que os

inspetores atentem-se às determinações do POP de suas respectivas operações, não se admitindo, assim, desculpas de desconhecimentos dos procedimentos operacionais padrões. Neste mesmo contexto, devem ser realizadas palestras que viabilizem a conscientização dos colaboradores em relação ao desenvolvimento de suas atribuições, procurando-se, desta forma, reduzir a negligência em algumas operações, conforme fora constatado.

Ressalta-se, também, a necessidade de contratação de mais inspetores para a realização de inspeção de espessura, descontinuidade e aderência, reduzindo-se, assim, o volume de trabalho para cada inspetor, o que possibilita a maximização da eficiência da produção do controle de qualidade.

Por fim, deve ser estabelecido prazo para emissão de todos os relatórios de inspeção, evitando-se, desta forma, atrasos na liberação de peças aos clientes. Deve ser observado, contudo, o volume de inspeção e o número de colaboradores no setor, a fim de que não se estabeleça prazos humanamente impossíveis de se concluir.

Neste contexto, observa-se, assim, a existência de falhas que podem produzir efeitos negativos potenciais, reduzindo a qualidade do processo e afetando a imagem da empresa junto a seus clientes, razão pela qual a empresa deve implementar as ações propostas por esta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

O atual mercado consumidor é extremamente exigente em relação a qualidade de produtos e serviços oferecidos por empresas em geral, sendo necessária a melhoria contínua dos processos a fim de atender às suas expectativas. O uso de ferramentas da qualidade e de análise de modos e efeitos de falhas pode funcionar de forma associada para que se alcance tal objetivo.

No estudo de caso apresentado, foi observado, através do mapeamento realizado, que o processo de controle de qualidade adotado pela empresa em estudo, tem sua preocupação voltada em atender aos princípios inerentes a qualidade total, observando-se, contudo, a existência de modos de falhas que podem gerar efeitos negativos ao processo produtivo da empresa.

Analisados os modos e efeitos de falhas, através de FMEA e ferramentas da qualidade, foi possível determinar e analisar as causas dos modos de falhas, viabilizando a propositura de ações que visam eliminar as mesmas e minimizar a potencialidade das perdas que poderiam ser geradas no caso de incidência dos modos de falhas detectados.

Observa-se, assim, o alcance de todos os objetivos propostos, uma vez que esta pesquisa mapeou o processo, implementou ferramentas da qualidade que auxiliaram na elaboração de plano de melhorias, chegando-se, assim, ao alcance do objetivo geral do estudo.

Diante dos dados analisados, sugere-se à empresa, que implemente as ações propostas, contratando mais funcionários para o setor, capacitando-os adequadamente, assim como revisando o procedimento operacional padrão do processo, entre outras medidas mitigadoras apontadas pelo método 5W1H.

Ressalta-se, contudo, dificuldades relacionadas com o desenvolvimento do estágio, no que se refere ao levantamento de dados, uma vez que o acesso aos dados foi um pouco limitado, pois parte das informações estavam protegidas pelo sigilo inerente ao processo e a seus clientes. Entretanto, a receptividade dos colaboradores compensou as dificuldades, sendo os mesmos eficientes na exposição de informações permitidas pela supervisão. Vale mencionar que, a realização do estudo agregou conhecimento técnico ao pesquisador.

REFERÊNCIA

ALVAREZ, Maria Esmeralda Ballestero *et al.* **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo.** São Paulo: Editora Atlas, 2001.

BATISTA, E. U. R. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: relatórios, artigos e monografias.** Aracaju: FANESE, 2013.

CONTADOR, José Celso et al **Gestão de operações. A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 3º. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

DESIDÉRIO, Zafenate. **Qualidade: diagramas de causa e efeito.**(artigo publicado em 04 abr 2012). Disponível em: <http://www.qualidadebrasil.com.br/noticia/qualidade_diagramas_de_causa_e_efeito>. Acesso em: 21 nov. 2013.

FERNANDES, José Márcio Ramos. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA.** (Dissertação de pós graduação publicada em dez; 2005. Paraná: Pontifícia Universidade do Paraná). Disponível em: <www.produtronica.pucpr.br/sip/conteudo/.../pdf/JoseFernandes.pdf >. Acesso em: 10 out. 2013.

KOCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa.** 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

GURZZON, Samanta de Oliveira. **Proposta de análise quantitativa de confiabilidade a partir de dados qualitativos provenientes da FMEA.** Porto Alegre. Universidade Federal de do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15884/000693085.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 15 out. 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** São Paulo: Artliber Editora, 2006.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** 2. ed. (revista e ampliada). São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PALADINI, Edson Pacheco et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** 3. reimpr. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos métodos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** 4. ed. São Paulo: IMAM, 2007.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicamp, 2007.

PINHO, Lorena de Andrade et al. FMEA: análise do efeito e modo de falha em serviços – uma metodologia de prevenção e melhoria dos serviços contábeis. Artigo publicado na **Revista ABCustos Associação Brasileira de Custos**. v. III, n. 1, jan/ abr, 2008. Disponível em: < http://www.unisinos.br/abcustos/_pdf/51.pdf >. Acesso em: 12 out. 2013.

ROSAMILHA, Nelson. **FMEA – Análise do Modo e efeito de falhas**. (artigo publicado em jun. 2012). Disponível em: <<http://nelsonrosamilha.blogspot.com.br/2012/06/fmea-analise-do-modo-e-efeitos-de-falha.html> >. Acesso em: 12 out. 2013.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

SEBRAE. **Manual de ferramentas da qualidade**. (publicado ago. 2005). Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>>. Acesso em 12 out. 2013.

TOLEDO, José Carlos de.; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA – análise do tipo e efeito de falha**. (publicado em Jun. 2006). Disponível em: <www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

APENDICES

APÊNDICE C – FMEA DE INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		Tipo de FMEA: (X) de processo () de projeto										
FMEA Nº 01		PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA										
ÁREA:		PAG. 02 DE 04										
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE												
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo
INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO	inspecionar as peças que serão revestidas no recebimento destas, a fim de detectar não conformidades, tais como: discrepâncias entre quantidade física vistoriada e as constantes na nota fiscal, diferenças das peças com desenhos do projeto que a acompanha, cantos vivos, bem como a presença de óleos e graxas que podem comprometer a qualidade do revestimento que será aplicado.	Não mensuração de peças reprovadas	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Negligência do inspetor	1	10	No formulário de recebimento há espaço para tal mensuração	1	10	Realização de treinamento com todos os inspetores onde se promoverá o conhecimento completo do POP das operações de controle da qualidade da empresa	Gestor do setor de qualidade	Até 10/01/2014
										Promoção de palestras que versem sobre comprometimento no desenvolvimento de atribuição	Recursos Humanos	Até 10/01/2014

APÊNDICE D – FMEA DA OPERAÇÃO DE INSPEÇÃO DE ESPESSURA

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		Tipo de FMEA: (X) de processo () de projeto																								
FMEA Nº 01		PREPARADO POR: MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA																								
ÁREA:		PAG. 02 DE 04																								
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE		DATA DE INÍCIO:																								
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo														
Inspeção de espessura	Medição de espessura do revestimento aplicado na peça, bem como de defeitos como bolhas e escorrimento	Não há mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	1	10	Formulário de inspeção de espessura	4	40	Revisão do POP adotado	Gestor do setor de qualidade	Até 10/03/2014														
													Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	7	5	280	Contratação de mais inspetores	Recursos Humanos	Até 10/02/2014							
																				Inexistência de prazo para emissão de relatórios de inspeção	7	5	280	Estabelecimento de prazo para emissão de relatórios	Administração	Até 20/03/2014

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

APÊNDICE E – FMEA DA OPERAÇÃO DE INSPEÇÃO DE DETECÇÃO DE DESCONTINUIDADE

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO		Tipo de FMEA: (X) de processo () de projeto																	
FMEA Nº 01		PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA																	
ÁREA:		PAG. 02 DE 04																	
PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE		DATA DE INÍCIO:																	
Etapa do Processo	Função	Modo de Falha (conhecidos ou potenciais)	Efeito da Falha	Causas de Falhas	Severidade	Ocorrência	Controle	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo							
Deteção de Descontinuidade	Medição da uniformidade do revestimento aplicado	Não há mensuração de peças reprovadas nesta inspeção	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Negligência do inspetor	1	10	Formulário de inspeção de descontinuidade	4	40	Treinamento de Inspetores de acordo com o POP adotado	Gestor do setor de qualidade	Até 10/03/2014							
													Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	7	5	280	Contratação de mais inspetores	Recursos Humanos	Até 10/02/2014
Emissão de relatório em data indefinida	Atraso na liberação das peças para o cliente	O número de dados a serem preenchidos é muito elevado, assim como o número de peças a serem inspecionadas	8	8	5	320	Contratação de mais inspetores	Recursos Humanos	Até 10/02/2014										

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

APÊNDICE F – FMEA DA OPERAÇÃO DE INSPEÇÃO DE ADERÊNCIA

Nome da Empresa: EMPRESA EM ESTUDO FMEA Nº 01		ÁREA:		Tipo de FMEA: () de processo (X) de projeto PREPARADO POR MARIA LUCIANA COSTA MENDONÇA					PAG. 02 DE 04																
Etapa do Processo	Função	PROCESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE			Severidade	Ocorrência	Controle	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável	Prazo													
		Efeito da Falha	Causas de Falhas	Modo de Falha (contido dos ou potenciais)																					
Inspeção de Aderência	Determinar a aderência do metal	Redução de qualidade total do processo de revestimento interno	Não há procedimento determinado para a realização da mensuração	1	10	POP da processo	4	40	Revisão do POP adotado	Gestor do setor de qualidade	Até 10/03/2014														
												Os recursos humanos empregados para atividade são insuficientes	7	5	280	Contratação de mais inspetores	Recursos Humanos	Até 10/02/2014							
																			Inexistência de Prazo para emissão de relatórios de inspeção	8	5	280	Estabelecimento de prazo para emissão de relatórios	Administração	Até 20/03/2014
Emissão de relatório em data indefinida		Atraso na liberação das peças para o cliente	Há controle de atrasos pelo sistema operacional da empresa																						

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

ANEXOS

ANEXO A – POP DO PROCESSO DE CONTROLE DA QUALIDADE

SUMÁRIO

1. OBJETIVO
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA
3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL DE REVESTIMENTO
4. IDENTIFICAÇÃO
5. RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO
6. MÉTODO DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO
7. INSPEÇÕES E TESTES
8. REPAROS NO REVESTIMENTO
9. ARMAZENAMENTO APÓS REVESTIMENTO
10. INSTRUÇÕES DE SMS
11. BOLETINS TÉCNICOS

OBJETIVO

- 1.1 Este Procedimento de Aplicação (PA) tem por objetivo definir os requisitos básicos e necessários para execução de serviços de sistema de revestimento em FBE (*FUSION BONDED EPOXY*) em Interno de Tubulações (Spool's), operando em temperaturas de até 113°C para condição seca e 79°C para condição úmida, conforme informado no "datasheet" do item 10.1.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- NACE Standard SP0191/08 -Application of Internal Plastic Coating for Oilfield Tubular Goods and Accessories
- NACE TM0186 Holiday Detection of Internal Tubular Coatings of 250 to 760 µm Dry-Film Thickness.
- NACE Standard RP 0287 -Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape.
- NACE Standard RP0291/96 -Care, Handling and Installation of Internally Plastic-Coated Oilfield Tubular Goods and Accessories.
- NACE Nº 1 / SSPC – SP 05 – White Metal Blast Cleaning.
- CAN/CSA-Z245.20 - External fusion bonded epoxy coating for steel pipe;
- NACE RP-0274 - High-voltage electrical inspection of pipeline coating;
- NACE Nº 2 / SSPC – SP 10 – Near White Metal Blast Cleaning.
- NACE Nº 6G 194/SSPC SP TR1 – Thermal Pre-heating.
- NACE 5/SSPC-SP 12:1995
- NACE RP 0178 - Recommended Practice: Fabrication Details, Surface Finish Requirements, and Proper Design Considerations for Tanks and Vessels to Be Lined for Immersion Service.
- NACE RP 0188 - Recommended Practice: Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coating on Conductive Substrates";
- ISO 8501-1 - Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness -- Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
- ISO 8502-3 - Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness -- Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method).
- ABNT NBR 15448:2007 - Pintura industrial — Superfície metálica para aplicação de tinta — Determinação do perfil de rugosidade**Nota:**As normas utilizadas neste procedimento devem obedecer à sua última revisão.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL DE REVESTIMENTO

- 1.2** Material a ser utilizado na aplicação do revestimento de fabricação 3M, comercializado através da marca comercial Scotchkote 134, conforme item 10.1 (Boletim Técnico do Material de Revestimento) e aprovação em especificação Petrobras DR-ENGP-I-1.1-R.5.

IDENTIFICAÇÃO

- 1.3** As identificações/rastreabilidade das peças devem ser realizadas através de punção alfanumérica (TIPO) fornecidas pelo CLIENTE, neste deve constar o número do desenho, número da peça entre outras, esta identificação será utilizada em todo o processo para efeito de rastreabilidade.

RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO

1.4 RECEBIMENTO

- 1.4.1** A inspeção de recebimento deve verificar a existência de cantos vivos e o aspecto do cordão de solda, caso aplicável. Todas as imperfeições que impossibilitarem a aplicação do revestimento devem ser eliminadas. As peças rejeitadas na Inspeção de Recebimento serão relatadas em Relatório de Não Conformidade e/ou Relatório Técnico específico e imediatamente encaminhado para o cliente para as devidas tratativas

1.5 ARMAZENAMENTO

- 1.5.1** O armazenamento deve ser feito de modo a se evitar qualquer tipo de dano ou deterioração que possa comprometer o desempenho do revestimento a ser aplicado, deve ser feito sobre paletes e/ou cavaletes, separados por desenho, conjunto ou documento de rastreabilidade.

MÉTODO DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

1.6 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

1.6.1 Limpeza Química ou por Aquecimento

- 1.6.1.1** A superfície a ser jateada deve estar livre de graxa, óleo, rebarbas ou camadas de óxido não aderente e demais materiais estranhos à natureza do substrato.
- 1.6.1.2** Se necessário, pode ser realizado um processo de aquecimento para remoção da umidade, graxa, óleo entre outros contaminantes.
- 1.6.1.3** A temperatura a ser aplicada não deve ser superior a 400°C e o tempo de aquecimento não deve ser inferior a 1 hora.
- 1.6.1.4** Pode-se também realizar a limpeza com auxílio de solvente apropriado, conforme estabelecido pela norma ABNT 15221 parte 3.

1.6.2 Contaminação por Sais Solúveis (Cloretos)

1.6.2.1 Antes do jateamento deve ser verificado o nível de contaminação por sais solúveis no substrato a ser revestido, o teste deve ser realizado de acordo com a NACE No. 5/SSPC-SP 12:2002, Tabela A.2, condição SC-2, o valor máximo aceitável de contaminante na peça deve ser de 5 µg/cm², medido por instrumento eletrônico.

1.6.2.2 Deve ser realizado um teste a cada troca de turno de trabalho ou no máximo a cada 12 horas, o resultado do teste realizado deve ser registrado.

1.6.3 Jateamento Abrasivo

1.6.3.1 A superfície a ser revestida deve ser submetida ao jateamento através de um equipamento automático ou manual, deve ser executado jateamento com granalhas de aço angular até chegar ao metal quase branco, segundo a norma NACE Nº. 2/SSPC-SP10 ou, no mínimo, a uma das gravuras Sa 2 ½ da ISO 8501-1.

1.6.3.2 O perfil de rugosidade deve ser de 60 µm a 100 µm, medido utilizando-se o método Replica Tape (Press-O-Film ou equivalente) ou método eletrônico, e neste caso considerando o parâmetro Rz DIN. O valor da rugosidade total deve ser obtido através da média de 5 medidas aleatórias sobre a superfície jateada na frequência de um teste a cada 4 horas contínuas de trabalho.

1.6.3.3 Após o jateamento abrasivo, toda superfície deve ser limpa. Toda irregularidade superficial deve ser removida com o uso de ferramenta mecânica e/ou manual. A área retrabalhada deve ser inferior a 0,5% da área total, caso este valor seja superior, o jateamento deve ser refeito.

1.6.3.4 O perfil de rugosidade na área retrabalhada deve ser restituído, caso contrário deve ser realizado um novo processo de jateamento conforme subitem 6.1.3.

1.6.3.5 O ar comprimido utilizado na aplicação do jato abrasivo deve ser isento de água ou óleo. O equipamento deve ser provido de filtros e separadores adequados (sílica gel, carvão ativado ou bronze sinterizado) para remoção destes contaminantes.

1.6.3.6 A inspeção visual de superfície jateada será realizada por um inspetor NACE, módulo Coating Program Inspector 1 (CIP 1) .

1.7 AQUECIMENTO DAS PEÇAS

1.7.1 O aquecimento deve ser realizado através de processo térmico que assegure a não contaminação do substrato. A temperatura da superfície a ser revestida deve ser monitorada através de pirômetro óptico a raios infravermelhos ou termômetro de contato.

1.7.2 Deve ser assegurado que a temperatura de aquecimento da peça esteja compreendida entre 149°C e 246°C, conforme recomendado no Boletim Técnico do fabricante da matéria prima utilizada, item 10.1 deste PA.

1.8 APLICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

- 1.8.1** A aplicação interna da matéria prima deve ser realizada por um equipamento eletrostático semiautomático, conectado a uma linha de ar comprimido. O equipamento deve aspergir o material de forma contínua e homogênea, em forma de dispersão em névoa, com vazão entre 200 ± 100 g/min. O movimento de aplicação deve ser contínuo e de maneira unidirecional, com velocidade constante.

INSPEÇÃO E TESTES

1.9 INPEÇÃO NO MATERIAL DE REVESTIMENTO

- 1.9.1** A inspeção de recebimento da matéria prima deve incluir no mínimo o seguinte:
- a) Verificação dos certificados de qualidade que devem estar em conformidade com os requisitos do 10.1 deste PA.
 - b) Verificação se os certificados de qualidade foram enviados para os respectivos lotes recebidos.
 - c) Concordância dos documentos de compra com a nota fiscal.
 - d) Verificação da integridade das embalagens.
 - e) Verificação de presença de umidade no interior das embalagens. Caso ocorra, as embalagens devem ser segregadas e o fabricante consultado sobre as providências a serem tomadas.

1.10 INSPEÇÃO VISUAL NO REVESTIMENTO APLICADO

- 1.10.1** A inspeção visual deve ser feita em toda a área revestida. A cor e a aparência do revestimento devem ser uniformes. O revestimento deve estar livre de escorrimentos, bolhas, rugas, contaminantes e formação de espuma.
- 1.10.2** Caso encontrado algum dos defeitos citados, a peça deve ser rejeitada e o revestimento deve ser refeito.

1.11 ESPESSURA DO REVESTIMENTO APLICADO

- 1.11.1** A espessura mínima de película seca do revestimento aplicado deve estar entre $250\mu\text{m}$ e $1.500\mu\text{m}$, as medições devem ser realizadas através de um aparelho eletromagnético, magnético ou ultrassônico, com precisão superior a $\pm 5\mu\text{m}$.
- 1.11.2** A medição deve ser realizada em no mínimo 12 pontos do revestimento, ao longo da circunferência, todas as medições devem ser registradas no Relatório de Inspeção Dimensional.
- 1.11.3** Caso a espessura de película seca do revestimento aplicado esteja fora do range especificado, o revestimento deve ser rejeitado e refeito.
- 1.11.4** A calibração do aparelho medidor de espessura deve ser realizada a cada 08 horas.

1.12 DESCONTINUIDADE NO REVESTIMENTO APLICADO (TESTE DE HOLIDAY DETECTOR)

- 1.12.1** O revestimento aplicado deve ser submetido ao ensaio de detecção de descontinuidade (Holiday Detector).

- 1.12.2** A detecção de descontinuidades deve ser realizada utilizando-se um equipamento Holiday Detector, via úmida, a 90 volts, conforme a norma NACE-TM 0186, 100% da superfície revestida.
- 1.12.3** A temperatura na superfície durante o ensaio deve ser inferior a 60°C.
- 1.12.4** Todos os defeitos identificados e reparados devem ser informados em relatório de teste de descontinuidade.
- 1.12.5** A calibração do aparelho de detecção de descontinuidade deverá ser feita a cada 08 horas.

1.13 ADERÊNCIA NO REVESTIMENTO APLICADO

- 1.13.1** Deve ser realizado ensaio de aderência corte em "X", em linha de produção e à temperatura ambiente, conforme norma ABNT-NBR 15221-3.
- a) Com uma lâmina cortante rígida e pontiaguda, fazer um corte em "X" no revestimento com comprimento de aproximadamente 5 cm, formando um ângulo de aproximadamente 30° no ponto de interseção, até atingir o substrato.
 - b) Começando no ponto de interseção, utilizar a ponta da lâmina para forçar a retirada do revestimento da superfície metálica.
 - c) Para que a aderência seja considerada satisfatória, a extensão destacada não deve ser superior a 2,0 mm.
- 1.13.2** O ensaio deve ser realizado em corpos de prova (CUPON), aplicado junto do lote revestido.
- 1.13.3** Deve ser realizado um teste por turno de trabalho.

1.14 GRAU DE CURA DO REVESTIMENTO (DSC)

- 1.14.1** O teste de cura deve ser realizado em corpos de prova (CUPON), aplicados junto do lote revestido. O valor de ΔT_g deve ser de 5°C ou mínimo de 95% conversão H.
- 1.14.2** Deve ser realizado um teste por semana de trabalho.

1.15 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E EXECUÇÃO DOS TESTES

- 1.15.1** A Metalcoating apresentará, quando solicitada, os tipos de instrumentos de medição utilizados, com os respectivos certificados de calibração, os testes serão executados conforme Plano de Inspeção e Testes (PIT).

REPAROS NO REVESTIMENTO

1.16 APLICAÇÃO DO REPARO

- 1.16.1** Toda a área defeituosa deve estar seca, livre de poeira, umidade ou qualquer outro contaminante. Se necessário, a limpeza deve ser realizada com o auxílio de pincel, trincha, pano limpo e solvente.

- 1.16.2** A área a ser reparada deve ser preparada com lixa ou lima, após, a área deve ser limpa de acordo com subitem 8.1.1.
- 1.16.3** Os defeitos devem ser reparados com o uso do produto 3M Scotchkote 323 Patch Compound Applicator, conforme recomendado pelo fabricante através do Boletim Técnico do material, item 10.2 deste PA, e carta de compatibilidade com o Scotchkote 134, item 10.3 deste PA.
- 1.16.4** Para auxiliar na aplicação do reparo pode ser utilizada espátula de plástico, metal e/ou pincel.

1.17 INSPEÇÃO E TESTES NO REPARO APLICADO

- 1.17.1** O aspecto visual deve ser homogêneo.
- 1.17.2** A espessura de película seca do reparo realizado deve estar compreendida entre os limites de espessura do revestimento informados no Plano de Inspeção e Testes (PIT).
- 1.17.3** Toda área reparada bem como ao seu entorno deve ser testada através de Holiday Detector, conforme item 7.4, se apresentar descontinuidade novamente a peça deve ser rejeitada e refeita.

ARMAZENAMENTO APÓS REVESTIMENTO

1.18 ARMAZENAMENTO

- 1.18.1** O armazenamento deve ser feito de modo a se evitar qualquer tipo de dano ou deterioração que possa comprometer o desempenho do revestimento aplicado.
- 1.18.2** Todas as peças armazenadas devem ser identificadas pelo controle de qualidade através de numeração seqüencial Metalcoating (TAG), o TAG deve ser associado ao número do desenho da peça.

INSTRUÇÕES DE SMS

- 1.19** Todo colaborador é treinado e orientado em cada atividade de atuação. O treinamento age como uma medida preventiva, onde o colaborador é instruído a verificar as condições do seu ambiente de trabalho, a passagem de informações importantes pertinentes à segurança e a atenção à atividade em execução.
- 1.20** A utilização de EPI's deve ser obrigatória para minimizar os riscos existentes em cada atividade de atuação.
 - 1.20.1 Movimento e Transporte de Materiais**
 - 1.20.1.1** São utilizadas ponte-rolante e empilhadeiras para movimentar, estocar, transportar materiais diversos em caixas, peças, realizar descarregamentos e carregamentos, etc.

1.20.1.2 Os EPI's de uso obrigatório na etapa de movimento e transporte de materiais são os óculos de proteção, protetor auditivo, luvas de proteção, calçado de segurança e uniforme.

1.20.2 Preparação da Superfície

1.20.2.1 A área das peças que não podem ou não devem ser jateadas e revestidas são protegidas com a aplicação manual de fita de alumínio ou outro material protetor.

1.20.3 Os EPI's de uso obrigatório na etapa de preparação de peças para o revestimento são os óculos de proteção, protetor auditivo, luvas de proteção, capacete, calçado de segurança e uniforme.

1.20.4 Jateamento Abrasivo

1.20.4.1 Quando necessário, é auxiliado por ponte rolante, empilhadeira e carrinho de transporte. A peça é colocada na cabine de jato e ajustada sobre a mesa de apoio. Após a disposição correta é iniciado o jateamento. Acabado o processo, o material é encaminhado para próxima etapa.

1.20.4.2 Os EPI's de uso obrigatório na etapa do jateamento são os óculos de proteção, protetor auditivo, luvas de proteção, capacete de ar mandado (capacete com circulação de oxigênio), avental e perneira de raspa, calçado de segurança e uniforme.

1.20.5 Aplicação da Matéria Prima

1.20.5.1 Auxiliado por ganchos, ponte rolante, empilhadeira ou carrinho, as peças são posicionadas na estufa de aquecimento. Após atingir a temperatura desejada, as peças são retiradas e posicionadas na cabine de pintura.

1.20.5.2 Os EPI's de uso obrigatório na etapa da aplicação do revestimento são os óculos de proteção, protetor auditivo, luvas de proteção, capacete, respiradores, calçado de segurança e uniforme.

1.20.6 Inspeção e Testes

1.20.6.1 Posiciona as peças sobre cavaletes, bancadas ou paletes e promove a retirada do material protetor das áreas que não devem ser revestidas, em seguida as peças são encaminhadas para as inspeções cabíveis.

1.20.6.2 Os EPI's de uso obrigatório na etapa de inspeção das peças revestidas são os óculos de proteção, protetor auditivo, luvas de proteção, capacete, calçado de segurança e uniforme.

1.20.6.3 Detectado ponto de falha no revestimento é feita a correção manual deste ponto de falha, utilizando-se caso necessário de equipamento elétrico, um pincel e material de reparo, em seguida a inspeção é refeita e liberada se aprovada. Os EPI's necessários são os mesmos descritos no item 10.2.6.2.

FICHA CATALOGRÁFICA

M539f MENDONÇA, Maria Luciana Costa

FMEA e Ferramentas da Qualidade no Processo de Controle de Qualidade: estudo de caso em uma empresa de revestimento interno/ Maria Luciana Costa Mendonça. Aracaju, 2013. 93f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe/Departamento de Engenharia da Produção, 2013.

Orientador: Profa. Ma. Sandra Patrícia Bezerra Rocha

1. Ferramentas da Qualidade 2. Controle da Qualidade 3. FMEA

I. TÍTULO.

CDU 658.56 (8)