

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção
Curso de Engenharia de Produção

**Ferramentas de Melhoria da Qualidade Aplicadas a um
Processo de Pintura Industrial**

Nello Rossi Boiça

TCC-EP-47-2009

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção
Curso de Engenharia de Produção

**Ferramentas de Melhoria da Qualidade Aplicadas a um
Processo de Pintura Industrial**

Nello Rossi Boiça

TCC-EP-47-2009

Trabalho final apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Orientador: Prof. MSc. Daily Morales

**Maringá - Paraná
Novembro/2009**

Dedico este trabalho aos meus pais, Álvaro e Marlene, que sempre me mostraram que a educação é a maior herança que pode ser deixada a um filho e sempre se esforçaram para isto acontecer.

AGRADECIMENTOS.

Agradeço acima de tudo a Deus por todas as coisas boas de minha vida, a toda minha maravilhosa família que desde os meus primeiros dias de vida me educam e servem como inspiração, a todos os professores que me acompanharam nesta jornada, em especial ao meu orientador professor Daily pela disposição e prazer em contribuir para elaboração deste trabalho, e a minha namorada Melissa por estar carinhosamente presente em todos os momentos.

Agradeço aos meus amigos de faculdade e de trabalho por tornarem os momentos mais felizes, especialmente aos amigos Dalton, Leandro, Júlio, João Gustavo, João Custódio, José Roberto, Rafael e Fernando que durante todo o tempo foram mais irmãos que apenas amigos.

RESUMO

A pintura industrial, devido ao seu baixo custo em relação a outros processos de proteção, é um método muito utilizado para a preservação dos equipamentos de aço contra a corrosão, por isso, um processo de pintura de qualidade pode evitar a deterioração precoce do patrimônio dos clientes. Além da importância da melhoria da qualidade para a satisfação do cliente, uma implantação de melhoria mostrou-se eficiente para reduzir custos de fabricação através da eliminação de retrabalhos e garantir um custo de produção competitivo. Neste trabalho é descrito todo o processo de pintura de uma empresa do setor de metalurgia da região e como a metodologia PDCA pode auxiliar a melhoria deste processo. A utilização de ferramentas da qualidade, como diagramas de causa e efeito e gráficos de Pareto auxiliou a realização das etapas do ciclo e forneceu informações para o processo de tomada de decisão. É feita uma comparação da situação do processo de pintura antes do início da implantação do ciclo PDCA e a sua situação após o primeiro giro do ciclo, descrevendo todos os passos e ferramentas utilizadas e analisando os resultados, vantagens e desvantagens do uso desta metodologia.

Palavras-chave: Qualidade, Engenharia da Qualidade, Ciclo PDCA, Pintura de manutenção industrial, Proteção anticorrosiva, Ferramentas da Qualidade.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.2	DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	3
2	REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1	PROTEÇÃO ANTICORROSIVA	4
2.2	QUALIDADE.....	13
3	DESENVOLVIMENTO.....	17
3.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	17
3.1.1	<i>Pintura de proteção catódica</i>	20
3.1.2	<i>Pintura de proteção por barreira</i>	22
3.2	GRÁFICO DE PARETO	24
3.3	DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	27
3.4	ESCOLHA E ANÁLISE DAS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS	28
3.4.1	<i>Matéria prima</i>	28
3.4.2	<i>Medição</i>	28
3.4.3	<i>Meio Ambiente</i>	30
3.4.4	<i>Método</i>	31
3.4.5	<i>Mão de Obra</i>	32
3.4.6	<i>Máquina</i>	32
3.5	PLANO DE AÇÃO.....	33
3.6	AÇÃO.....	34
3.7	VERIFICAÇÃO.....	35
3.7.1	<i>Verificação para a tinta de zinco</i>	35
3.7.2	<i>Verificação para tinta epóxi</i>	37
3.8	PADRONIZAÇÃO.....	40
4	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS	43

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - OXIDAÇÃO EM AMBIENTE SECO	5
FIGURA 2 – MECANISMO DE PROTEÇÃO ANÓDICA DA TINTA.....	7
FIGURA 3- MECANISMO DE PROTEÇÃO POR BARREIRA.....	7
FIGURA 4- MECANISMO DE PROTEÇÃO CATÓDICA.	8
FIGURA 5- EQUIPAMENTOS COM PADRÃO DE JATO ABRASIVO AO METAL BRANCO.....	11
FIGURA 6 – PROCESSO DE PREPARAÇÃO DA TINTA.....	11
FIGURA 7- PISTOLA CONVENCIONAL E TANQUE DE PRESSÃO.	12
FIGURA 8- FLUXOGRAMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE PINTURA	12
FIGURA 9 – CICLO PDC A DE CONTROLE DE PROCESSOS	14
FIGURA 10 - ESCORRIMENTO DA PELÍCULA DE TINTA	18
FIGURA 11 - FENDILHAMENTO DA PELÍCULA DE ZINCO.....	19
FIGURA 12- EQUIPAMENTO COM PINTURA EXTERNA DE ETIL SILICATO DE ZINCO	20
FIGURA 13- EQUIPAMENTO COM OS ESQUEMAS DE PINTURA INTERNOS E EXTERNOS.	22
FIGURA 14 - GRÁFICO DE PARETO DO CUSTO DE RETRABALHO PARA PINTURA COM ZINCO.	25
FIGURA 15 - GRÁFICO DE PARETO DO CUSTO DE RETRABALHO DA PINTURA EPÓXI.....	26
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA PINTURA EM ZINCO	27
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA PINTURA EPÓXI	27
FIGURA 18 - MEDIÇÃO REALIZADA COM APARELHO DIGITAL.....	29
FIGURA 19 - CALIBRAÇÃO DO APARELHO DIGITAL.....	29
FIGURA 20 – TERMO-HIGÔMETRO	31
FIGURA 21 - PARETO COMPARATIVO PARA PINTURA EM ZINCO.....	37
FIGURA 22 - PARETO COMPARATIVO PARA PINTURA EPÓXI.....	39

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ESQUEMAS DE PINTURA PARA AMBIENTES INDUSTRIAIS. FONTE CBCA.....	9
QUADRO 2- CORRELAÇÃO ENTRE AS NORMAS E OS PADRÕES DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE.	10
QUADRO 3 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DOS DEFEITOS DE PINTURA DE ZINCO	21
QUADRO 4 – QUADRO DE CUSTOS DO RETRABALHO DA PINTURA COM ZINCO.	21
QUADRO 5 – QUADRO COM O ÍNDICE DE RETRABALHOS NA PINTURA INTERNA DOS TANQUES...	23
QUADRO 6 – QUADRO COM O ÍNDICE DE RETRABALHO NA PINTURA EXTERNA DOS TANQUES. ...	23
QUADRO 7 – CUSTOS DOS RETRABALHOS PARA A PINTURA DOS TANQUES.	24
QUADRO 8 – TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO PARA CADA TEMPERATURA X UMIDADE...	30
QUADRO 9 – OCORRÊNCIAS DE DEFEITOS NA PINTURA POR ETIL SILICATO DE ZINCO 3º LOTE	36
QUADRO 10 – CUSTOS DE RETRABALHO	36
QUADRO 11 – PINTURA INTERNA APÓS AÇÃO.....	38
QUADRO 12 - PINTURA EXTERNA DOS TANQUES	38
QUADRO 13- CUSTO DE RETRABALHO APÓS AS MEDIDAS TOMADAS.....	39
QUADRO 14 – COMPARATIVO DE CUSTOS DE PINTURA.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBCA	Centro Brasileiro de Construção em Aço
TQC	Controle de Qualidade Total
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action.</i> Metodologia de controle de processos
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
ABRAFATI	Associação Brasileira de Fabricante de Tintas
μm	Micrometro, corresponde a 10^{-6} metros, ou 0,000001 metro.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Modelo de Relatório de Pintura.

APÊNDICE 2 – Tabela de compatibilidade entre camadas de tinta.

APÊNDICE 3 – Planilha de levantamento de custos.

APÊNDICE 4 – Procedimento Operacional Padrão.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado em uma indústria do setor metalúrgico situada em Maringá, com mais de 30 anos no mercado. A indústria alvo do estudo possui clientes em vários estados do país, a maioria destes pertencentes ao setor sucroalcooleiro, produzindo equipamentos de grande porte como tanques, caldeiras, esteiras de transporte de materiais, entre outros.

A produção é sob encomenda, podendo ser considerado nulo o estoque de matéria prima e produto acabado. Este tipo de produção gera um alto grau de contato com o cliente e uma grande variabilidade de produtos com baixo volume de produção.

Slack (2002, p. 51), de forma simples, esclarece que “uma alta variabilidade, alta variação e alta visibilidade, aliada com baixo volume carregam algum tipo de penalidade em custo para a produção”.

O processo de pintura de equipamentos utilizados no setor sucroalcooleiro, quando feito com qualidade e com o uso correto das tintas pode aumentar o tempo entre as manutenções, evitar pontos de corrosão, diminuir gastos com reparos posteriores com pintura e evitar paradas não programadas na produção. Este processo, antes terceirizado, passou a ser realizado internamente no início deste ano, pois os custos com a terceirização, aliados com os custos elevados de transporte até a empresa responsável pela pintura, estavam extrapolando o custo de produção praticado no mercado.

Com um novo processo na linha de produção, surge a necessidade da implantação de controles para este. Estes controles devem gerar informações como custo do processo, eficiência, e principalmente a qualidade.

Segundo a definição de Ishikawa, “praticar um bom controle de qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o cliente” (WERKEMA, 2006, p 9).

Buscando atender todas as dimensões da qualidade, definidas por qualidade intrínseca, custo, entrega, moral e segurança, uma metodologia de controle de processos conhecida como ciclo PDCA foi implantado na busca da melhoria contínua do processo de pintura.

O nome do ciclo vem da sigla em inglês de *plan, do, check, action* (PDCA). É um método de prática de controle que define alguns caminhos para se atingir uma meta. Após cada giro do ciclo, espera-se que o processo tenha uma melhoria, e ao final deste giro, novas metas são determinadas. Portanto trata-se de uma metodologia de melhoria contínua.

Durante a aplicação da metodologia PDCA a utilização de ferramentas da qualidade se faz necessária, por exemplo, o gráfico de Pareto, o diagrama de causa e efeito, ou diagrama de Ishikawa. Estas ferramentas da qualidade auxiliam uma melhor visualização do problema e suas causas e auxiliam tomadas de decisão.

A aplicação da metodologia no processo de pintura em questão visa analisar a situação atual e melhorar continuamente sua qualidade, reduzindo assim os custos gerados pelos retrabalhos, chamados de custo da não qualidade.

1.1 Justificativa

A engenharia de qualidade é uma área de suma importância dentro da engenharia de produção, pois possui metodologias de solução de problemas que podem melhorar os processos produtivos garantindo a sobrevivência de empresas.

A possível redução nos custos de um processo produtivo através da qualidade pode gerar uma redução nos preços dos produtos, provavelmente implicando em um aumento do número de pedidos.

Como a pintura também possui uma função estética, o resultado do processo é evidente ao cliente, sendo sua melhoria uma forma de melhorar a imagem da empresa com o cliente.

1.2 Definição e delimitação do problema

O processo de pintura industrial em estudo não tem atingido um nível de qualidade satisfatório, sendo que grande parte dos equipamentos pintados acabam sendo submetidos a um retrabalho para correção de falhas.

Serão estudados os índices de retrabalho e seu respectivo custo, antes e após uma ação corretiva, no período entre março e outubro do ano atual.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Minimizar os custos gerados por retrabalhos e melhorar a qualidade do processo de pintura através da utilização de ferramentas da qualidade.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar e quantificar os defeitos oriundos do processo;
- b) Levantar o índice de retrabalho e seus respectivos custos;
- c) Identificar as principais causas dos defeitos;
- d) Criar uma ação corretiva para eliminar as causas dos defeitos;
- e) Analisar os resultados e comparar com a situação inicial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Proteção anticorrosiva

A principal finalidade da pintura industrial é a proteção do equipamento contra a ação do meio no qual ele está localizado, portanto, uma pintura realizada de maneira correta pode evitar perdas com a não preservação do patrimônio industrial.

Outros aspectos como identificação ou mesmo a estética também são objetivos da pintura industrial, porém, a proteção anticorrosiva ganha destaque neste caso, pois a corrosão gera grandes perdas, diminuindo significativamente o lucro de uma indústria.

Os países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Inglaterra, embora combatam a corrosão de uma maneira mais eficiente, tem os custos gerados pela corrosão maiores, pois são mais industrializados. No ano de 1992, a Inglaterra estimou o custo anual da corrosão em torno de 21 bilhões de libras esterlinas, já nos Estados Unidos o cálculo semelhante para o mesmo período estimou um custo de 200 bilhões de dólares, sendo somente 8 bilhões gastos efetivamente com tintas ou revestimentos orgânicos anticorrosivos. Estes valores calculados são referentes a 3,5% do Produto Nacional Bruto da Inglaterra e 4,2% dos Estados Unidos. (DINIZ, 1995)

Um ponto a ser discutido, é a reposição dos equipamentos destruídos pela corrosão, pois geram um consumo desnecessário de novas reservas de minérios de ferro além da energia para transformar o minério em aço. Atualmente, com a necessidade de preservação do meio ambiente e de economia energética, um gasto desnecessário de reservas e energia deve ser fortemente combatido.

O material mais utilizado para construção de equipamentos para indústria é o aço. O aço é obtido através de uma transformação do minério, geralmente encontrado na forma de óxido de ferro, forma mais estável do ferro. Esta transformação exige um consumo elevado de energia, primeiramente para a retirada do oxigênio através da reação com o carbono. Posteriormente o dióxido de carbono formado é retirado em um processo chamado aciaria, onde são adicionados outros metais para forjar a liga conhecida como aço. O aço obtido tende a retomar a sua condição mais estável, ou seja, voltar a condição de minério de ferro, através da

oxidação. Este processo de oxidação do ferro é chamado de corrosão, ou também enferrujamento, no vocábulo popular (GNECCO, 1995).

Através da adição de alguns metais no aço, como o cromo por exemplo, é possível criar uma liga que resista à corrosão, criando os chamados aços inoxidáveis. Porém, este processo pode representar um custo muito elevado, principalmente quando o equipamento possui volumes elevados. A pintura, portanto é o método mais utilizado para a proteção anticorrosiva do aço comum, devido ao seu custo baixo em relação à adição de metais e sua facilidade de aplicação.

Em ambientes secos a oxidação não é um problema tão grave, pois quando se forma uma camada de óxido sobre o ferro, esta impede que o oxigênio da atmosfera encontre o ferro para que ocorra reação.

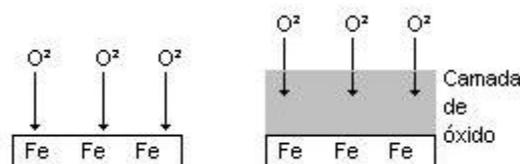


Figura 1- Oxidação em ambiente seco (FAZENDA, 1995).

Nos ambientes úmidos a corrosão é contínua e mais problemática, tendo como principal causador o eletrólito, que se trata de um líquido condutor de eletricidade. Dois metais diferentes, imersos em eletrólito e ligados por um fio metálico, formam a pilha galvânica. Isso ocorre porque os metais possuem uma diferença de potencial e na presença do eletrólito o metal mais eletronegativo (anodo) cede elétrons ao metal menos eletronegativo (catodo) e começa a se desintegrar (FAZENDA, 1995).

Na construção de equipamentos metálicos, constantemente metais diferentes, e de eletronegatividade diferentes, encontram-se em contato. A própria umidade da atmosfera, juntamente com a poeira, o CO_2 , gases, sais e ácidos presentes em ambientes industriais formam o eletrólito necessário para que estes metais formem uma pilha galvânica e inicia-se a corrosão. Até mesmo uma única chapa de aço, isolada de contato com outras peças pode sofrer corrosão galvânica na presença de eletrólito, devido a diferentes composições em suas

regiões. Outros causadores de pilha são os elementos de liga, as tensões e aerações diferenciadas (DINIZ, 2003).

A proteção contra a corrosão deve levar em conta o ambiente ao qual o equipamento ficará exposto. A atmosfera é o meio corrosivo mais importante e há uma diferença significativa da sua corrosividade em função do nível de oxigênio, umidade relativa, eletrólito, temperatura, etc. As atmosferas corrosivas mais conhecidas são:

- a) Ambiente Rural – Pouco agressivos, existem apenas o intemperismo.
- b) Ambientes pouco agressivos - Afastados da orla marinha e de regiões industrializadas.
- c) Ambientes poluídos – Industrializados. Possuem intemperismo, umidade, anidrido sulfuroso, poeira, ácido e álcalis.
- d) Ambientes de Alta Umidade – Muita presença de eletrólitos.
- e) Ambiente Marinho – Muito corrosivo, pois o eletrólito formado por água e sal é muito forte.
- f) Estruturas imersas – Além dos agentes agressivos devem ter uma proteção contra vida marinha.
- g) Estruturas sob temperatura elevada – Diminui a possibilidade da condensação da umidade do ar.
- h) Ambientes abrasivos – Próximos a locais com ventos fortes e dunas de areia (DINIZ, 1995).

Para proteger os equipamentos da corrosão provocada pelos diferentes tipos de atmosfera, dificultando ao máximo a volta do aço ao estado mais estável. Gnecco (2003, p. 84) cita três mecanismos de proteção por pintura industrial. Proteção por barreira, Proteção catódica e Proteção Anódica.

Na proteção anódica as tintas possuem pigmentos anticorrosivos, cuja ação tem a propriedade de alterar a agressividade do meio corrosivo, formando camadas isolantes junto ao metal. Impedindo que os agentes que atravessam a tinta reajam com o ferro formando o óxido.

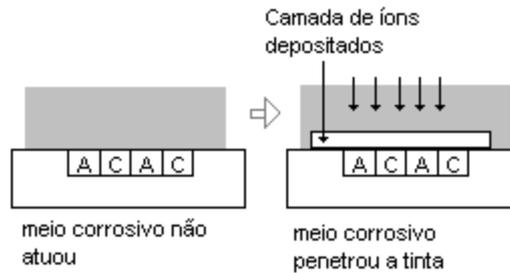


Figura 2 – Mecanismo de proteção anódica da tinta (GNECCO 2003).

A proteção por barreira como o próprio nome diz, trata-se de uma barreira formada pela tinta que isola o metal do meio corrosivo. Para este tipo de proteção são utilizadas tintas mais espessas e com resinas de alta impermeabilidade e alta aderência.



Figura 3- Mecanismo de proteção por barreira (GNECCO 2003).

Também chamada de revestimento de sacrifício, a proteção catódica promove o contato do aço com um metal menos nobre, na maioria das vezes o zinco, tornando o aço a parte catódica e a corrosão acontecerá no zinco. Enquanto houver zinco em quantidade suficiente para sofrer corrosão a superfície do aço estará protegida. A tinta deve conter um alto teor de pigmento de zinco metálico na película seca. Este tipo de proteção é capaz de proteger até mesmo riscos na superfície, desde que eles não sejam profundos ou largos, porque o zinco terá um campo de ação e será consumido no lugar do aço aparente.

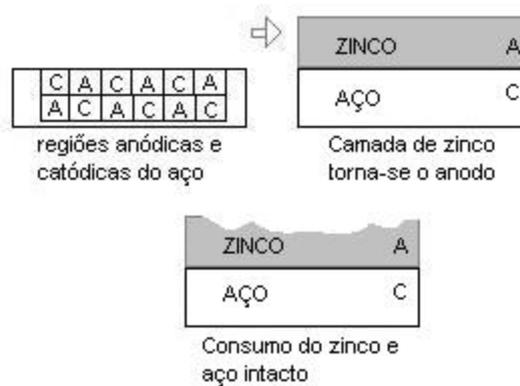


Figura 4- Mecanismo de proteção catódica (GNECCO 2003).

O mecanismo utilizado na proteção anticorrosiva depende das características da tinta utilizada, sendo que a proteção por barreira exige uma película seca com baixa porosidade para que tenha uma alta impermeabilidade, neste caso tintas com pouco teor de pigmentos são mais eficientes, enquanto na proteção catódica, o que confere resistência ao aço é o grande teor de pigmentos de zinco.

“Tinta é uma composição líquida que depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem ou cura e se transforma em um filme sólido, fino, aderente, impermeável e flexível” (Gnecco, 2003, p. 46). Porém há diferentes tipos de tinta, que dependem da sua composição, formadas por solventes, resinas, pigmentos e aditivos.

- Solventes – São os componentes voláteis da tinta, que servem apenas para dissolver a resina. Diminuem a viscosidade da tinta para facilitar a aplicação, homogeneizar a película e facilitar a aderência.
- Resinas - Considerado o componente mais importante da tinta, a resina é responsável pela aderência, impermeabilidade e flexibilidade. As mais utilizadas são as Alquídicas, epoxídicas, poliuretânicas, etil silicato de zinco e silicone.
- Pigmentos – São responsáveis pela coloração da tinta. Estes pigmentos podem ou não possuir propriedades anticorrosivas.
- Aditivos – Compostos utilizados em pequenas quantidades utilizados para melhorar o processo de fabricação, de estocagem e de aplicação das tintas.

Cada tinta, conforme sua composição, tem características próprias e podem ser específicas para algumas aplicações. Algumas elas recebem uma nomenclatura de acordo com sua função:

- a) Selador – Sua função é a de selar a porosidade do substrato.
- b) Primer – Primeira tinta utilizada, também chamada de tinta de fundo.
- c) Intermediário – Utilizada para aumentar a espessura final do sistema reduzindo custos.
- d) Acabamento – Tinta que dá a coloração desejada e deve resistir ao meio onde estará em contato (MOCHNAZ, 2008).

A proteção realizada dependerá do esquema de pintura, também chamado de sistema de pintura, que determina como a superfície será trabalhada para receber a tinta e a quantidade de demãos com espessuras determinadas das tintas a serem aplicadas. Este sistema de pintura leva em consideração as condições de utilização do equipamento, como o ambiente em que este será exposto, a temperatura de trabalho, o regime de trabalho, a possibilidade de limpeza, os produtos que estarão em contato com a superfície pintada, etc.

O Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA) apresenta uma lista de recomendações de esquemas de pintura, com suas expectativas de durabilidade:

Sistema	Tipo	Tinta	Demãos	EPS/demão	EPS total	Observações
CBCA 13	Fundo / Acabamento	Epoximastic	2	125	250	Custo médio Dura 6 a 9 anos
CBCA 14	Fundo Acabamento	Primer epóxi Esmalte epóxi	1 2	75 100	 275	Custo médio Dura 6 a 9 anos
CBCA 15	Fundo Acabamento	Primer epóxi Esmalte PU	1 2	125 75	 275	Alto custo Dura 7 a 9 anos

Quadro 1 – Esquemas de pintura para ambientes industriais (CBCA).

Portanto, para obtermos um esquema de pintura adequado, devemos iniciar o procedimento com a preparação da superfície. Para que promova uma aderência adequada, a superfície deve estar livre de impurezas como ferrugem, poeira, sais, entre outros, além de conter uma rugosidade, que aumenta a superfície de contato com a tinta (FAZENDA, 2003).

Durante o processo de laminação, os perfis de aço, que constituem a grande maioria da matéria prima de uma indústria de equipamentos metalúrgicos, sofrem uma oxidação sob alta temperatura e pressão, formando na superfície uma fina camada de um óxido de ferro de alta dureza, conhecida como carepa. Além de possuir uma superfície muito lisa e de difícil aderência, a tendência é que esta camada se solte do metal com o tempo, então é recomendável toda a sua remoção do metal base para a posterior aplicação de tintas.

Existem alguns métodos de preparação de superfície pré-definidos por normas que se correlacionam, conforme mostrado no quadro a seguir:

TIPO DE PREPARAÇÃO	SIS 055900	NBR	ISO 8501-1	PETROBRÁS
Ferramentas mecânicas				
Limpeza manual	St 2	7346	St 2	N6
Limpeza motorizada	St 3	7347	St 3	N7
Jato Abrasivo				N9
Ligeiro	Sa1	7348	Sa1	Sa1
Comercial	Sa2	7348	Sa2	Sa2
Metal quase branco	Sa2.1/2	7348	Sa2.1/2	Sa2.1/2
Metal Branco	Sa3	7348	Sa3	Sa3

Quadro 2- Correlação entre as normas e os padrões de limpeza de superfície (GNECCO 2003).

O mecanismo mais prático capaz de eliminar a carepa é o jato abrasivo. Com a proibição pelo ministério da saúde do uso da areia para jateamento, o material mais utilizado é a granalha, formada por grânulos de um tipo especial de aço de alta dureza e que podem ter dois formatos, esférico e angular. Os padrões de limpeza mais utilizados comercialmente são o jato abrasivo comercial, jato abrasivo ao metal quase branco e jato abrasivo ao metal branco. Este último é o único no qual ocorre a eliminação completa da carepa, livre de manchas.



Figura 5- Equipamentos com padrão de jato abrasivo ao metal branco

Após o jateamento abrasivo a superfície está mais suscetível a corrosão, sendo que a aplicação da tinta não deve demorar a ocorrer. Para exemplificar, com uma umidade relativa do ar entre 30% e 70% a superfície não deve ficar desprotegida por mais de 8 horas (Gnecco, 2003).

Antes da aplicação a preparação da tinta é executada, através da homogeneização de todos os seus componentes. Obedecido o tempo de catálise, normalmente em torno de 15 minutos, a viscosidade da tinta é regulada através do uso de diluentes específicos para facilitar a aplicação.

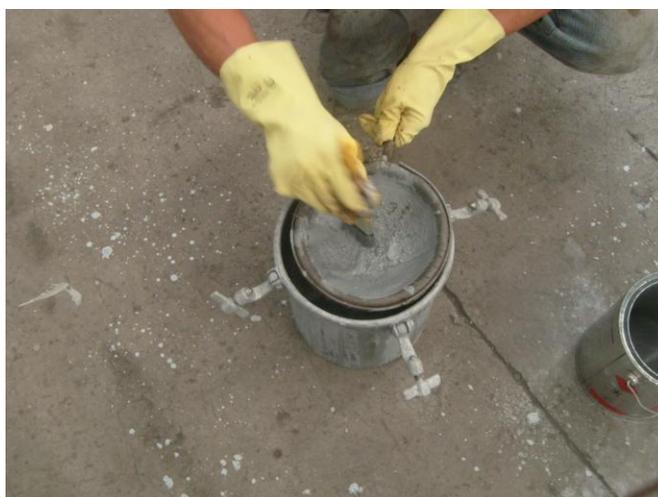


Figura 6 – Processo de preparação da tinta

Existem vários mecanismos de aplicação de tintas, porém os mais conhecidos e mais utilizados são os mecanismos de aplicação por pistolas. O mais tradicional é a utilização da pistola convencional juntamente com um tanque de pressão. Neste mecanismo, um compressor manda o ar sob pressão através de uma mangueira, que conectada ao tanque, pressiona a tinta contida neste, e a empurra através de uma mangueira para pistola. O mesmo ar que pressiona o tanque passa por outra mangueira, que ligada à pistola serve para pulverizar a tinta, formando um *spray* conhecido como leque.

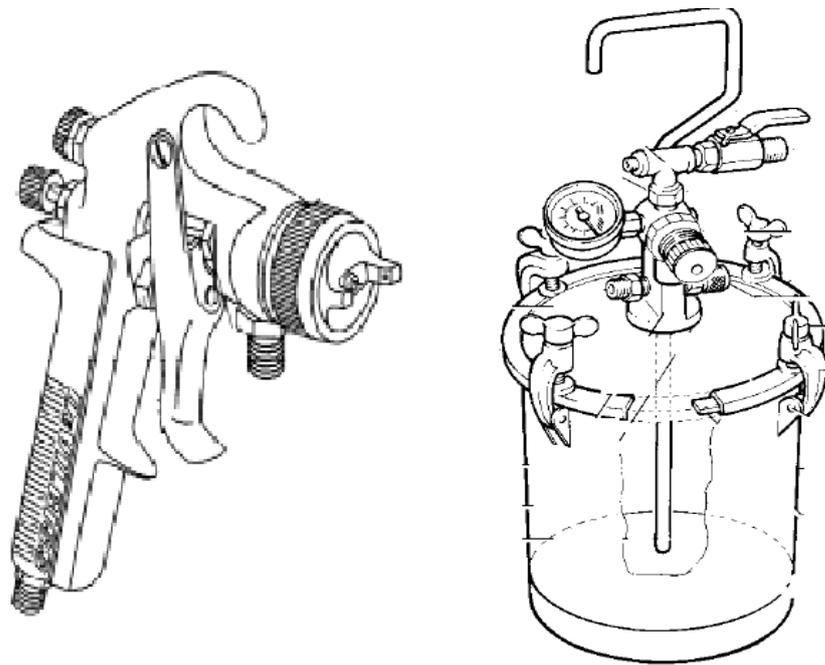


Figura 7- Pistola convencional e tanque de pressão (HTTP://www.devilbiss.com.br).

Após a aplicação da tinta, inicia-se a secagem, e com a película depois de seca sobre a superfície do aço, podem-se analisar algumas características deste filme, como cor, brilho, dureza, aderência. Uma característica que merece atenção é a espessura deste filme, pois dela depende a eficiência da proteção do substrato.

O processo compreendido por pintura industrial, que insere também a preparação da superfície para recebimento da tinta segue o seguinte fluxograma:

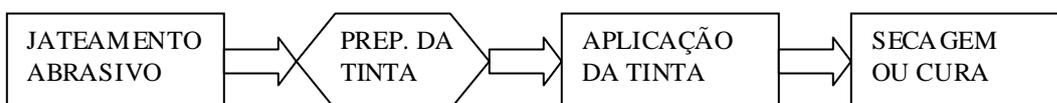


Figura 8- Fluxograma representativo do processo de pintura

2.2 Qualidade

Campos (2004, p.2) diz que “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades do cliente”.

Atender o cliente da maneira mais eficaz possível é a única maneira de garantir a sobrevivência de uma organização, e garantir esta sobrevivência, segundo Campos, é cultivar uma equipe capaz de montar e operar um sistema, que projete um produto que conquiste a preferência do consumidor a um custo inferior ao de seu concorrente.

É unanimidade entre os autores do assunto que o objetivo principal de toda empresa é a satisfação das pessoas, ou seja, seus clientes, seus empregados, seus acionistas, seus fornecedores e seus vizinhos. E o controle de qualidade total foca no controle de processo exercido por todas as pessoas buscando a satisfação das necessidades de todas as pessoas.

Portanto, visando a melhoria contínua da qualidade do processo de pintura, a metodologia PDCA de controle de processos foi utilizada. PDCA é um método de controle de processos, a sigla em inglês (*PLAN, DO, CHECK, ACTION*) representa as quatro fases do ciclo: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente. Também conhecido como roda de Deming em homenagem a W. E. Deming. (SLACK, 2002). É importante ressaltar que Deming foi quem divulgou a metodologia, enquanto seu verdadeiro criador foi o americano Shewhart ainda na década de 30.

“O ciclo PDCA é um método de gestão, representando o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas” (WERKEMA, 2006).

Na etapa de planejamento (P), observa-se o problema a ser resolvido, é feita uma análise minuciosa do processo e são encontradas as causas responsáveis pelo problema. Esta etapa tem uma importância fundamental, porque além de definir as metas a serem alcançadas também são definidos os caminhos a serem seguidos para atingir esta meta. Qualquer erro na identificação do problema ou nas causas deste problema pode gerar ações que não atinjam um resultado satisfatório.

Na etapa de execução (D) as tarefas definidas na etapa do planejamento são executadas e novos dados são coletados para as análises da próxima etapa (verificação). É importante ressaltar que os dados coletados nesta etapa devem ser comparáveis com os dados existentes antes da ação, portanto cuidados devem ser tomados com quais serão os dados coletados.

Na etapa de verificação (C) os dados coletados após as tarefas serem executadas são comparados com os dados iniciais e verifica-se se a meta definida foi atingida. Caso a meta não seja atingida retorna-se a etapa de planejamento (P), analisa-se novamente o problema e um novo plano de ação deve ser elaborado.

Quando a meta é atingida, a etapa de atuação (A) será responsável pela manutenção destes resultados, padronizando as tarefas realizadas para atingir esta meta. Caso a meta não tenha sido atingida a atuação deverá agir nas causas que impediram os resultados planejados.

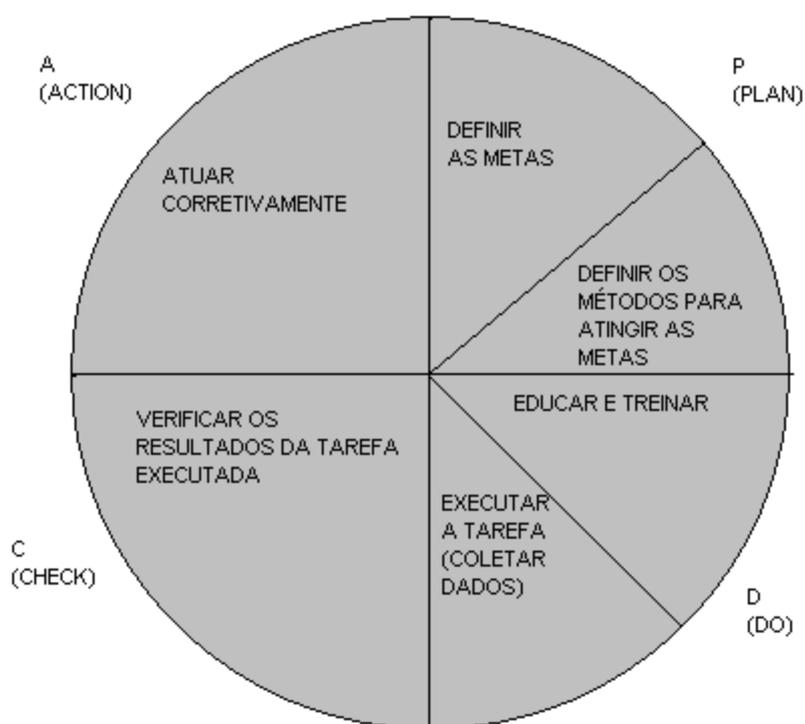


Figura 9 – Ciclo PDCA de controle de processos (CAMPOS, 2004).

Dentro da utilização do método PDCA de controle de processos, algumas ferramentas de controle de qualidade podem ser utilizadas para análise de problemas, e facilitar a tomada de decisões.

Uma das ferramentas utilizadas para a identificação das causas do problema é o diagrama causa-efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa em homenagem ao professor Kaoru Ishikawa. “O diagrama de Causa e efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado” (WERKEMA, 2006, p.95).

Este diagrama tem o aspecto semelhante a uma espinha de peixe, por isso é também conhecido como diagrama espinha de peixe. Para montar este diagrama, o efeito, ou seja, o resultado indesejável é representado na extremidade lateral do diagrama, seguido por uma linha central, desta linha central partem 6 linhas inclinadas que representam as causas. Cada linha inclinada representa um fator de manufatura conhecidos como 6 “M”: método, mão-de-obra, material, meio ambiente, medida e máquina.

Cada fator de manufatura pode ter seus desdobramentos, que podem ser representados através de linhas paralelas a linha central, partindo do meio das linhas inclinadas, ou então a representação pode ser feita através de um novo diagrama de causa e efeito, evitando que um diagrama fique com muitas representações.

Este diagrama não identifica a causa principal do problema, sua função é apenas organizar as causas possíveis para facilitar a análise do problema. Utilizando o diagrama para analisar o problema pode-se chegar a uma conclusão através de uma técnica conhecida como *brainstorming*.

O *brainstorming* é uma técnica criada por Alex Osborn que propõe a reunião de várias pessoas envolvidas com um determinado assunto para que suas idéias sejam discutidas e através das diferenças de pensamento de cada indivíduo possam chegar a uma solução comum para o problema. O objetivo desta técnica é a geração e idéias inovadoras para várias situações. É recomendado que participem desta reunião um grupo de pessoas de diferentes setores e hierarquias e que nenhuma idéia seja descartada.

Outra ferramenta muito importante da qualidade é o gráfico de Pareto, ou Análise de Pareto, que permite priorizar a abordagem do problema.

“Gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas. A informação assim disposta também permite o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas” (WERKEMA, 2006, p.71).

As barras verticais do gráfico são dispostas em ordem decrescente, uma linha que representa o percentual acumulado pode ser representada acima das barras verticais.

Através deste gráfico é possível distinguir os problemas, ou ainda as causas dos problemas, em poucos vitais e muitos triviais. É possível perceber que um pequeno número de problemas representa grandes perdas enquanto um grande número de problemas representa uma perda menos significativa.

Devido a sua facilidade de aplicação, recomenda-se que vários gráficos de Pareto sejam utilizados para o problema, como índice de ocorrência, custo de retrabalho, tempo de atraso entre outros. Por vezes, um problema que ocorra inúmeras vezes pode não representar um custo tão elevado para empresa quanto um problema de menor ocorrência. Com a utilização desta ferramenta de maneiras diferentes as chances de decidir qual problema analisar ou qual causa eliminar aumentam.

Além destas ferramentas, algumas outras como histograma e gráfico de controle também podem ser utilizadas durante a utilização da metodologia do ciclo PDCA. Quanto maior o domínio e a aplicação destas ferramentas durante os ciclos maiores são as probabilidades de sucesso da aplicação da metodologia.

CAMPOS (2004) considera a utilização do ciclo PDCA para melhoria como a arma mais importante da direção empresarial, pois acredita que o domínio na solução de problemas é a exigência mínima para manter a competitividade e a sobrevivência da empresa. Esta metodologia aplicada corretamente, com as ferramentas da qualidade como suporte para tomada de decisões pode melhorar continuamente a empresa, projetando para novos mercados e garantindo não só a sobrevivência, mas também o crescimento desta.

3 DESENVOLVIMENTO.

Os equipamentos analisados para o desenvolvimento do ciclo PDCA são de dois tipos: tanques de usina do setor sucroalcooleiro e dutos de mineração.

A tinta utilizada para pintura dos dutos de mineração é a etil-silicato de zinco, que tem o mecanismo de proteção catódica. A especificação do cliente pede, além de um jateamento abrasivo ao padrão Sa3, uma única demão de tinta entre 75 e 100 micrometros de espessura.

Os equipamentos do cliente do setor sucroalcooleiro recebem dois esquemas de pintura diferenciados, sendo que a especificação da pintura interna dos tanques deve seguir o seguinte esquema: jateamento ao padrão Sa3, uma demão de fundo epóxi com 120 micrometros de espessura e uma demão de acabamento epóxi com 120 micrometros de espessura. A pintura externa dos tanques deve seguir o seguinte esquema: jateamento ao padrão Sa3, uma demão de fundo epóxi com 100 micrometros de espessura e duas demãos de poliuretano com 30 micrometros de espessura cada uma.

As tintas epóxis utilizadas nos tanques utilizam o mecanismo de proteção por barreira, por isso devem ser aplicadas com uma alta espessura, o poliuretano utilizado na pintura de acabamento externa serve, além da função estética, para proteger a tinta epóxi dos raios ultravioletas, impedindo a sua calcinação.

Cada esquema de pintura possui suas peculiaridades, e um mesmo tipo de defeito pode ter um retrabalho diferente, devido às características das tintas.

3.1. Identificação do problema.

O primeiro passo do ciclo PDCA trata-se da identificação do problema. “Problema é o resultado indesejável de um trabalho” (CAMPOS, 2004, p.240.). O processo de pintura tem sofrido um alto índice de retrabalho, o que acarreta em custos não necessários para a empresa, encarecendo o processo.

Todos os retrabalhos são realizados devido a resultados indesejáveis do processo de pintura. O resultado desejável após a secagem da tinta aplicada é uma película seca com espessura uniforme, capaz de conferir ao substrato proteção anticorrosiva. Para tanto esta película deve

ser contínua em toda superfície, com a maior uniformidade possível, livre de contaminantes e com uma forte aderência ao substrato.

Os problemas de maior ocorrência na pintura são:

- a) Escorrimento – A tinta aplicada escorre, formando regiões de muito volume, em que a região central da “gota formada” não tem sua cura finalizada e uma ação mecânica a remove com facilidade.

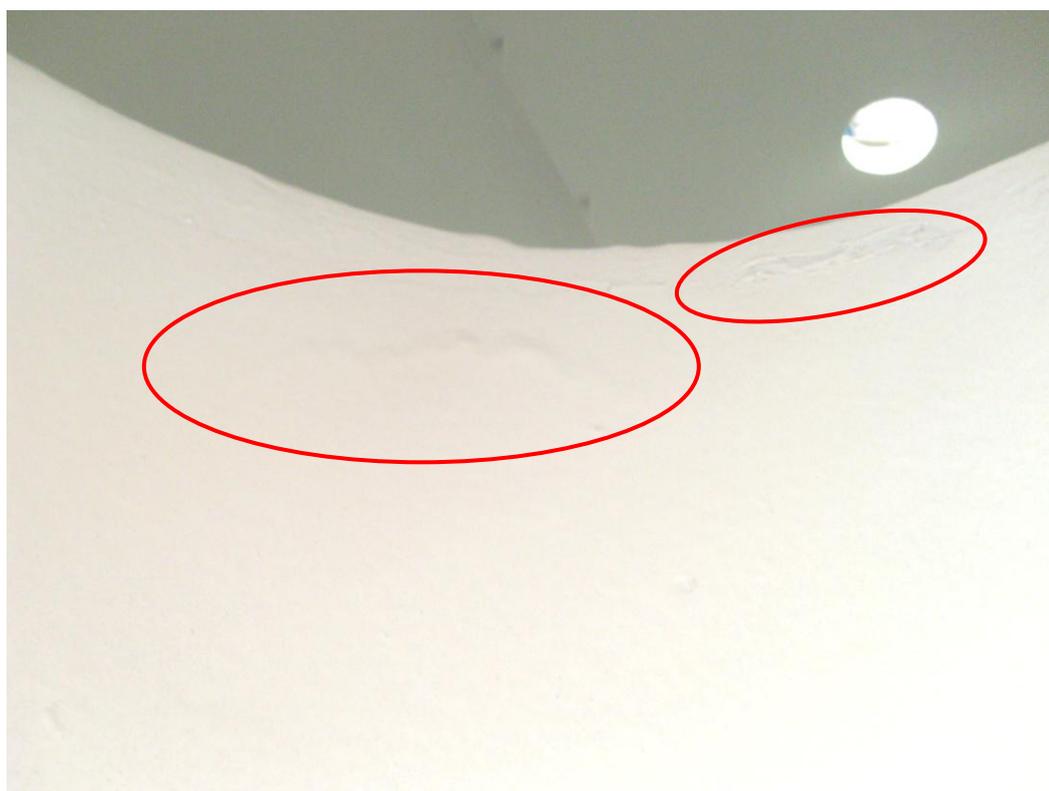


Figura 10 - Escorrimento da película de tinta

- b) Enrugamento ou casca de laranja – A casca de laranja somente tem impacto na aparência do equipamento, não sendo prejudicial à proteção anticorrosiva. Nem sempre é um resultado indesejável, pois pode esconder imperfeições do substrato.
- c) Empolamento – Formação de bolhas entre o substrato e a tinta, facilmente removível por ação mecânica.
- d) Manchas – Podem ser provenientes da não homogeneidade da tinta ou de contaminação por outras tintas. Também ocorre devido à presença de contaminantes na superfície do substrato.

- e) Fendilhamento – Também conhecido como gretamento, a camada de tinta começa a trincar e se soltar. Muito comum nas tintas ricas em zinco.



Figura 11 - Fendilhamento da película de zinco

- f) Calcinação – Degradação da resina, a camada perde o brilho e sua superfície solta um pó fino branco. Causada por raios ultravioletas.
- g) Descascamento – Problemas de aderência, a camada de tinta solta-se por inteira do substrato.
- h) Descoramento – Perda de cor. Ocorre devido a degradação do pigmento.
- i) Marca de pincel – Regiões de espessura não uniformes, onde a tinta foi aplicada com pincel.
- j) Sangramento – Ocorre quando uma demão de tinta é aplicada sobre a outra e a tinta de fundo ultrapassa a de acabamento, formando manchas da cor da tinta de fundo.

- k) Cobertura insuficiente – A camada de tinta aplicada não oferece proteção, quando a camada de tinta não cobre toda a superfície do substrato.

3.1.1 Pintura de proteção catódica.

Este esquema de pintura oferece proteção catódica, portanto esta tinta possui um teor elevado de zinco, elemento que sofre a corrosão para proteger o substrato, sendo este mecanismo conhecido como corrosão de sacrifício. A película formada por este tipo de tinta se adere ao substrato, porém não oferece uma boa aderência para que outra demão da tinta seja aplicada sobre ela, dificultando os retrabalhos quando necessários.

Trata-se de uma tinta de cor cinza e de excelente resistência a solvente e alta temperatura, é curável com a umidade do ar. Recomendada para equipamento e tubos que operam em temperaturas de até 600° C.



Figura 12- Equipamento com pintura externa de etil silicato de zinco

Inicialmente a pintura dos equipamentos era realizada em uma empresa especializada. A partir do segundo lote a pintura dos dutos de mineração passou a ser realizado internamente, porém houve a contratação de profissionais terceirizados. Desta maneira houve a eliminação dos

custos de transporte dos equipamentos. Nesta etapa, as seguintes ocorrências de defeitos foram detectadas:

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA LOTE 2					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	COB. INSUFICIENTE	CONTAMINANTES	FENDILHAMENTO	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	REGIÃO SEM TINTA
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0544	Duto M-0026-1	1	22		2			1			
2	08-0544	Duto M-0026-2	1	22	2							1
3	08-0544	Duto M-0026-3	1	22	1	1	1					
4	08-0545	Duto M-0027-1	1	18	1		1					
5	08-0545	Duto M-0027-2	1	14				3	1			
6	08-0546	Duto M-0028	1	19	2							
7	08-0547	Duto M-0032-1	1	17	1							
8	08-0547	Duto M-0032-2	1	16	1	2			1			
TOTAL			8	150	8	5	2	3	3	0	0	1

Quadro 3 - Número de ocorrências dos defeitos de pintura por etil-silicato de zinco

Com base no quadro 3 pode-se observar que todos os equipamentos apresentaram algum defeito. Cada defeito exige um retrabalho para correção diferente, com custos diferenciados. O quadro 4 diferencia os retrabalhos referentes a este mecanismo de pintura relacionando-os com seus custos.

Cód.	Retrabalho	Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo M.O	Custo MP	Custo Total
RT1 Retrabalho por região. Custo por ocorrência	Lixamento manual, com lixa fina ou esponja de aço	Escorrimento	00:10	R\$ 6,67	R\$ 0,20	R\$ 54,93
		Enrugamento	00:20	R\$ 13,33	R\$ 0,20	R\$ 67,67
		Contaminantes	00:10	R\$ 6,67	R\$ 0,40	R\$ 21,20
Cód.	Retrabalho	Defeitos	Custo jato	Custo Pintor	Custo MP	Custo total
RT2 Retrabalho total. Custo por m ²	Remoção total da tinta e reaplicação	Fendilhamento	R\$/m ² 5,00	R\$/m ² 8,00	R\$/m ² 32,41	R\$ 2.361,32
		Cob. Insuficiente	R\$/m ² 5,00	R\$/m ² 8,00	R\$/m ² 32,41	R\$ 1.816,40
		Região sem tinta	R\$/m ² 5,00	R\$/m ² 8,00	R\$/m ² 32,41	R\$ 999,02

* Dados obtidos da tabela do anexo 3 considerando mão de obra terceirizada

Quadro 4 – Quadro de custos do retrabalho da pintura com zinco.

O retrabalho total do processo de pintura, codificado na tabela por RT2, foi necessário em 6 de 8 equipamentos. O parâmetro utilizado para comparação de resultados será a área pintada,

portanto, 92 dos 150 metros quadrados tiveram que ser repintados, ou seja, 61,3% da área total. Somando-se todos os custos de retrabalho e dividindo pela área total dos equipamentos chega-se ao resultado de 35,47 reais por metro quadrado.

3.1.2 Pintura de proteção por barreira.

Neste tipo de proteção aplica-se uma camada de tinta com alta espessura de película seca, de maior impermeabilidade possível. Os esquemas definidos pelo cliente do setor sucroalcooleiro para pintura interna e externa dos tanques são os seguintes.

- a) Pintura interna – Jateamento ao padrão Sa3, aplicação de uma demão de fundo epóxi amina vermelho com espessura de 120 micrometros, aplicação de 1 demão de acabamento epóxi amina branco com espessura de 120 micrometros. É o sistema mais recomendado para pintura de superfícies que tenham contato com caldo da cana e massa de melaço.
- b) Pintura externa – Jateamento ao padrão Sa3, aplicação de uma demão de fundo epóxi amina com espessura de 100 micrometros, duas demãos de acabamento poliuretano com espessura de 30 micrometros cada. Este esquema é altamente resistente ao intemperismo.



Figura 13- Equipamento com os esquemas de pintura internos e externos.

Assim como no processo de pintura dos dutos de mineração, a pintura dos tanques é realizada por mão de obra terceirizada. As tabelas a seguir mostram a ocorrência de defeitos na pintura neste estágio.

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA PINTURA INTERNA					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	COB. INSUFICIENTE	CONTAMINANTES	MANCHAS	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	OUTROS
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0506	Tanque de polímero	1	72	3		1	5				
2	08-0499	Tanque condensado	1	21								
3	08-0508	Tanque vapor escape	1	14			1	1				
4	08-0463	Tanque condensado	1	58				3				
5	08-0470	Tanque tratamento	1	130	2			8		1		
6	08-0507	Tanque pré evaporado	1	88		1			3			
TOTAL			6	383	5	1	2	17	3	1	0	0

Quadro 5 – Quadro com o índice de retrabalhos na pintura interna dos tanques.

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA PINTURA EXTERNA					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	DEMÃO BAIXA	CONTAMINANTES	MANCHAS	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	OUTROS
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0506	Tanque de polímero	1	79	5	2		2				
2	08-0499	Tanque condensado	1	24	1			1				
3	08-0508	Tanque vapor escape	1	18			1					
4	08-0463	Tanque condensado	1	69	3							
5	08-0470	Tanque tratamento	1	130	6	3			2			
6	08-0507	Tanque pré evaporado	1	97	4		1	1				
TOTAL			6	417	19	5	2	4	2	0	0	0

Quadro 6 – Quadro com o índice de retrabalho na pintura externa dos tanques.

Novamente, a situação da diferença do retrabalho necessário para eliminação do defeito e seu respectivo custo deve ser considerado, pois alguns retrabalhos exigem um gasto maior para recuperação. No caso dos tanques nenhum retrabalho exige a remoção da tinta aplicada, porém nos casos de demão com baixa espessura média, a aplicação de uma nova camada em todo o equipamento se faz necessária. Os demais defeitos podem ser resolvidos com métodos mais simples, como lixamento seguido ou não de aplicação de tinta na região.

O quadro 7 diferencia os retrabalhos e calcula seus respectivos custos para a pintura interna e externa dos tanques.

Cód.	Retrabalho	Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo M.O *	Custo MP ²	Custo total (MO+MP)*n
RT1	Lixamento no local, com lixa fina. Aplicação de tinta no local	Manchas	00:20	R\$ 13,33	R\$ 0,88	R\$ 71,07
		Escorrimento	00:30	R\$ 20,00	R\$ 0,88	R\$ 501,12
		Enrugamento	00:20	R\$ 13,33	R\$ 0,88	R\$ 85,28
		Contaminantes	00:10	R\$ 6,67	R\$ 0,88	R\$ 158,48
		Descascamento	00:42	R\$ 28,00	R\$ 0,88	R\$ 28,88
Cód.	Retrabalho	Defeitos	Custo jato	Custo Pintor ³	Custo MP ³	Custo total (MO+MP)*A
RT2	Aplicação geral de uma demão de tinta	Demão baixa	R\$ -	R\$ 0,93	R\$ 6,81	R\$ 1.555,74

* custo da mão de obra R\$ 40,00/hora 2-custo matéria prima R\$ 0,20 da lixa + média custo da tinta R\$/m²(6,81)xárea(0,1m²)
3- média custo das pinturas para o tanque (terceirizado) R\$/m²

Quadro7 – custos dos retrabalhos para a pintura dos tanques.

Todos os tanques, pelo menos em um esquema de pintura (interno ou externo), tiveram resultados indesejáveis e tiveram que ser submetidos a algum tipo de retrabalho. Somente quando a espessura média ficava abaixo do desejado houve o retrabalho em todo o equipamento. A soma da área repintada completamente foi de 201 metros quadrados de um total de 800, representando 25 por cento. Todos os custos somados ficaram em 2.400,57 reais, ou seja, um desperdício de aproximadamente 3 reais por metro quadrado.

3.2 Gráfico de Pareto

O princípio de Pareto diz que os problemas relacionados à qualidade são classificados na categoria de poucos vitais e muitos triviais, sendo que os poucos vitais devem ser o foco do trabalho de melhoria, pois representam uma grande perda para a empresa.

Como o processo de pintura difere do tipo de esquema de cobertura são apresentados 2 gráficos de Pareto, sendo o gráfico para pintura com tinta rica em zinco e um para pintura com tinta epóxi.

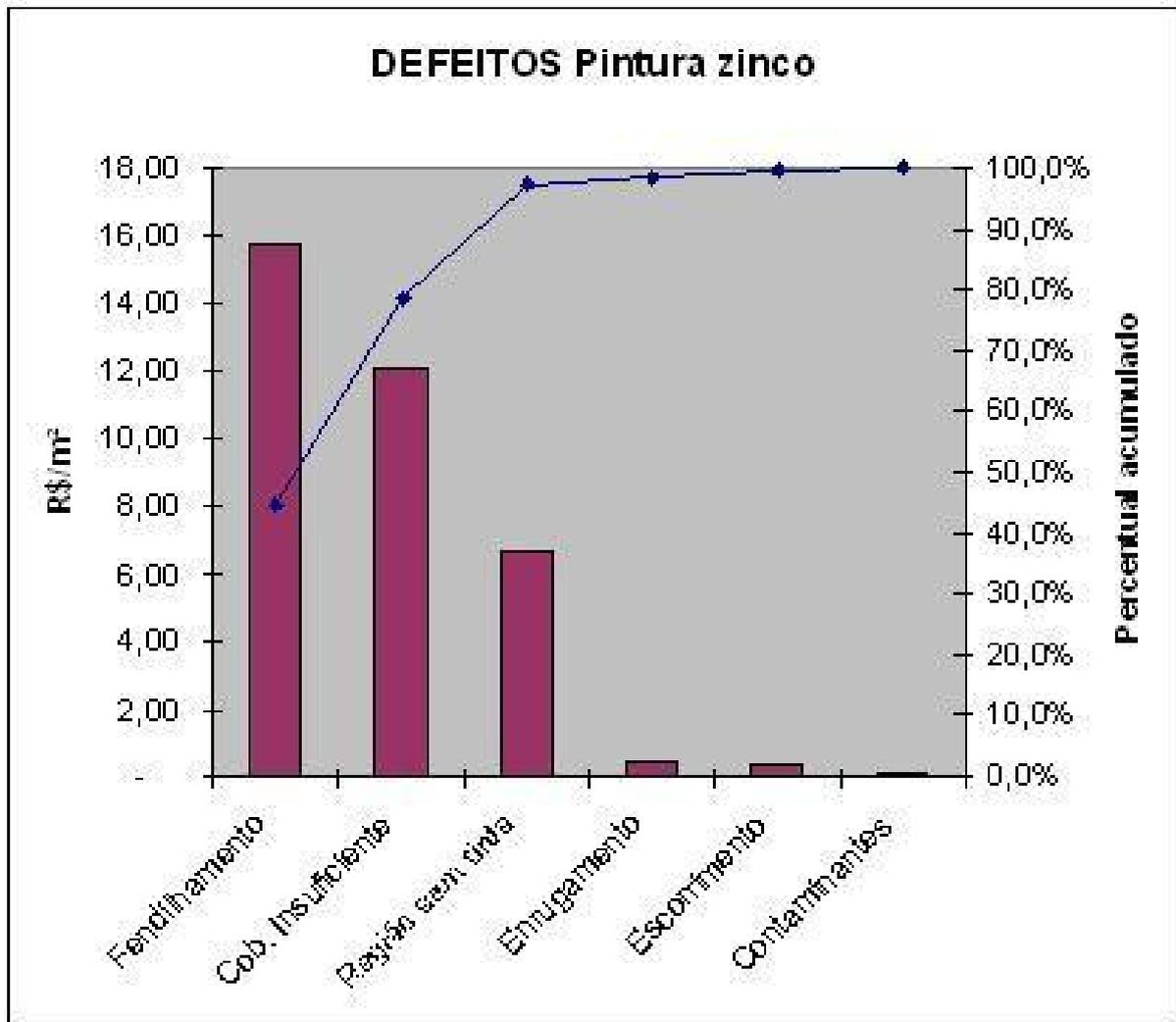


Figura 14 - Gráfico de Pareto do custo de retrabalho para pintura com zinco.

O Gráfico de Pareto acima mostra que para a pintura com tinta rica em zinco, três problemas representam quase 100% dos custos de retrabalho do processo. Estes são os chamados problemas vitais. Este efeito é explicado pelo fato da ocorrência destes problemas não possuírem um retrabalho simplificado, como em outros casos. Todo o processo deve ser refeito, elevando de maneira significativa os custos do retrabalho.

A tinta utilizada neste esquema de pintura é uma silicato de zinco, que segundo o apêndice 2 não possui compatibilidade com uma camada prévia da mesma tinta, portanto explica-se a necessidade da remoção total da tinta aplicada anteriormente.

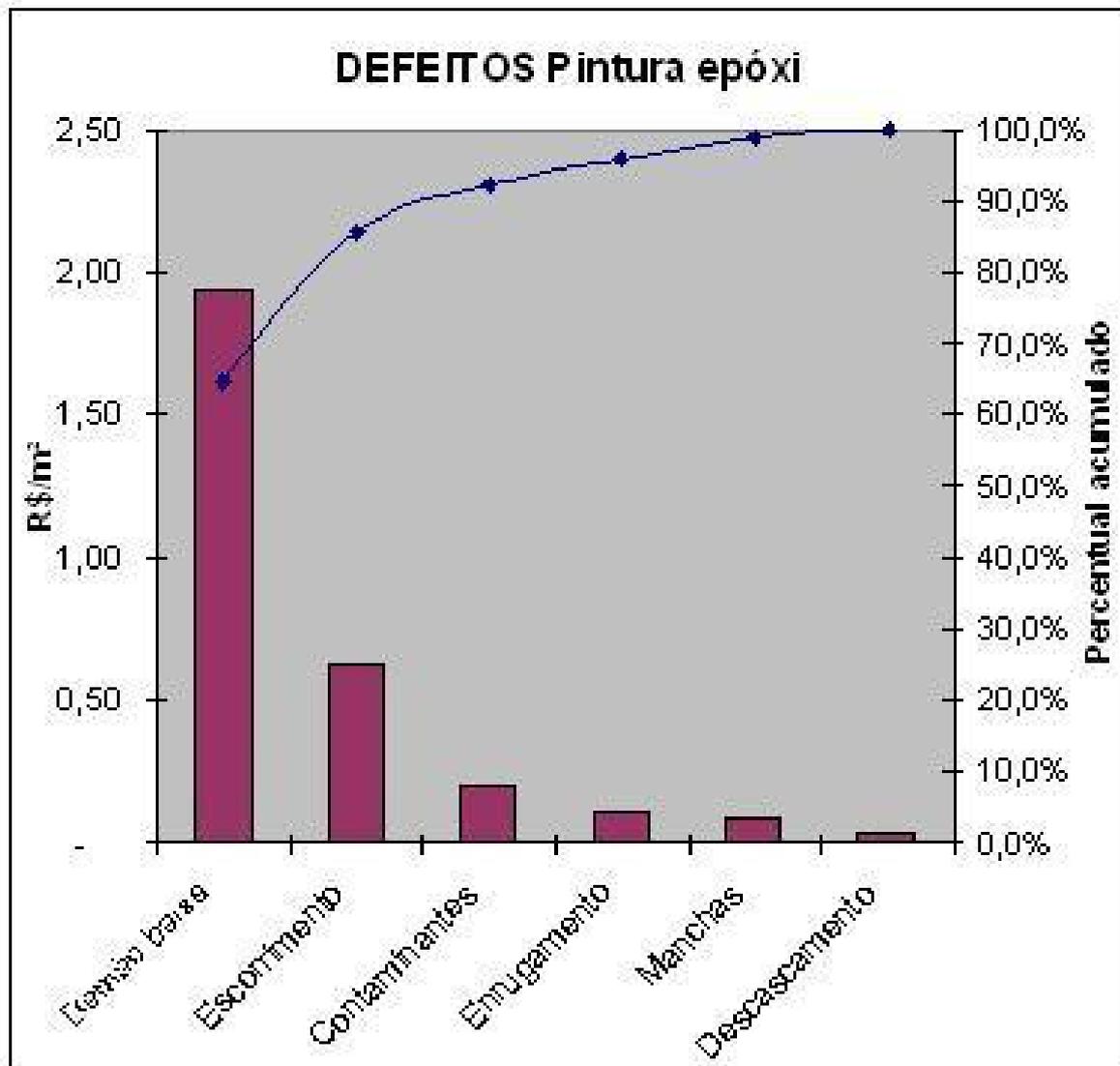


Figura 15 - Gráfico de Pareto do custo de retrabalho da pintura epóxi.

Nota-se pelo Gráfico de Pareto que o problema de uma aplicação de uma demão com baixa espessura de tinta é o um problema trivial que gera a maior perda financeira para empresa, seguida pelo problema do esgorrimento da tinta. Juntos os dois problemas significam aproximadamente 90% dos custos de retrabalho deste tipo de esquema de pintura com epóxi.

Comparando os custos dos retrabalhos para os dois diferentes tipos de pintura, percebemos que a aplicação da tinta de zinco gera retrabalhos com custos significativamente superiores aos custos do retrabalho para tinta epóxi. No entanto, como são equipamentos de clientes distintos, os esforços não serão focados somente neste tipo de pintura.

3.3 Diagrama de Ishikawa.

Para uma análise do problema, utilizou-se o diagrama de Ishikawa, uma ferramenta que estabelece a relação de causa e efeito, onde as possíveis causas levantadas geram o efeito. Neste caso as diversas possíveis causas levantadas geram o resultado indesejado na pintura. Foram levantadas as possíveis causas do fendilhamento para a pintura em zinco e do escorrimento para a pintura epóxi.

As figuras seguintes mostram que as possíveis causas levantadas para ambos os casos são praticamente as mesmas, com exceção da medição, pois no caso do fendilhamento não utiliza nenhum instrumento de medida, sendo o defeito detectado visualmente.



Figura 16 - Diagrama de Ishikawa para pintura em zinco

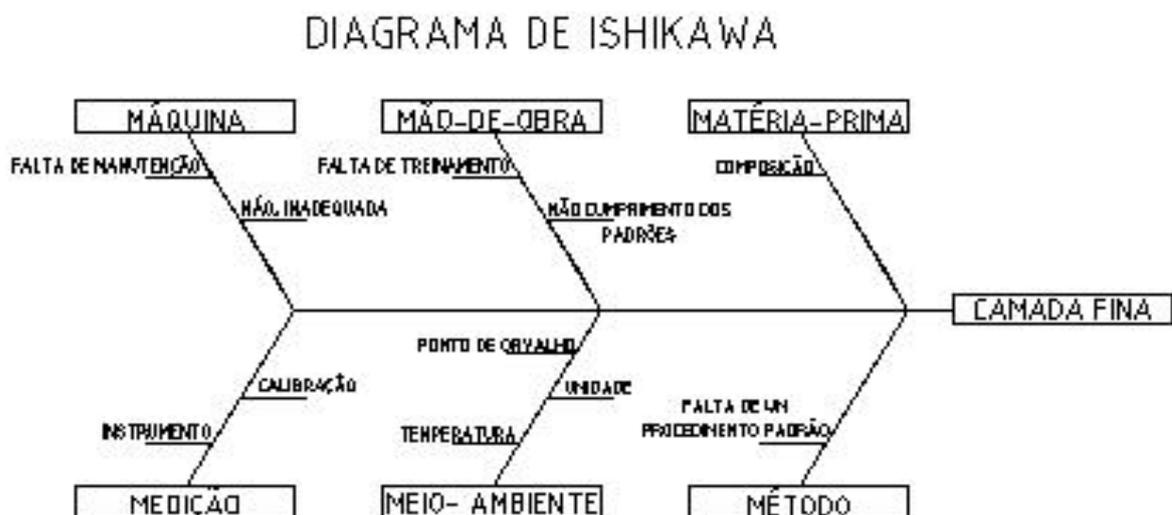


Figura 17 - Diagrama de Ishikawa para pintura epóxi

3.4 Escolha e análise das causas mais prováveis

De todas as causas assinaladas no diagrama de Ishikawa apenas as mais prováveis devem ser seleccionadas nesta etapa. Esta escolha deve ser baseada no processo de observação anterior ao de análise do problema. No entanto, o prazo reduzido impossibilita uma observação detalhada do problema. Algumas estratificações não são possíveis de ser realizadas. Apenas um conjunto de equipamentos e um único operador são utilizados para realização de toda a pintura dos equipamentos.

Para compensar a ausência de dados para uma tomada de decisão, a solução encontrada foi inverter o caminho para encontrar as causas mais prováveis e eliminar as causas menos prováveis. Desta maneira, as ações seriam minimizadas em algumas causas, apesar da incerteza de que estas causas são realmente as responsáveis pelo efeito indesejável.

3.4.1 Matéria prima

Todo a tinta silicato de zinco é comprada de um único fornecedor, reconhecido nacionalmente como o segundo maior fornecedor de tintas para manutenção industrial, enquanto a tinta para pintura epóxi é fornecida pelo maior fabricante de tintas de manutenção do país.

Cada lote de tinta enviada por qualquer de um dos fornecedores é passado por um teste de composição e o relatório de comprovação de conformidade é enviado juntamente com o lote.

Todas as instruções de recebimento e armazenamento de tinta referentes a norma N-0013 da Petrobrás são conhecidas e respeitadas.

Com base nestas informações, as causas relacionadas com a matéria prima foram consideradas menos prováveis e nenhuma ação será tomada com relação a elas.

3.4.2 Medição

Alguns defeitos na pintura, como o fendilhamento e o escorrimento são detectados através de inspeção visual, outros somente são detectados através de medição por aparelho, como a espessura da camada da película de tinta seca.

O aparelho utilizado para medidas de película seca é um aparelho digital que possui certificação. Sua operação é bastante simples, bastando encostar a ponta metálica na superfície pintada para que o resultado apareça na tela.



Figura 18 - Medição realizada com aparelho digital

Antes de qualquer medição é recomendada a calibração do instrumento, realizada através de filmes plásticos de espessuras definidas e uma placa metálica que acompanham o aparelho.



Figura 19 - Calibração do aparelho digital

Por possuir certificação e a calibração estar sendo realizada de acordo com as recomendações do fabricante do aparelho, pode considerar que as causas relacionadas com a medição provavelmente não são responsáveis pelo resultado insatisfatório.

3.4.3 Meio Ambiente

O meio ambiente influencia significativamente o resultado de uma aplicação de tinta, tanto na sua qualidade final como no tempo de secagem. Temperaturas mais altas tendem a acelerar o processo de cura da tinta.

Recomendações técnicas dos fornecedores indicam que não devem ser realizadas pinturas em dias chuvosos ou com umidade relativa do ar acima de 85%. Outro ponto importante a ser observado é que a diferença da temperatura da superfície pintada para a temperatura ambiente, dependendo da umidade do ar, pode gerar orvalho na superfície.

	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
90%	-1.3	3.5	8.2	1.3	18.3	23.2	28.0	33.0	38.2
85%	-2.0	2.6	7.3	12.5	17.4	22.1	27.0	32.0	37.1
80%	-2.8	1.9	6.5	11.6	16.5	21.0	25.9	31.0	36.2
75%	-3.6	0.9	5.6	10.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
70%	-4.5	-0.2	4.5	9.1	14.2	18.6	23.3	28.1	33.5
65%	-5.4	-1.0	3.3	8.0	13.0	17.4	22.0	26.8	32.0
60%	-6.5	-2.1	2.3	6.7	11.9	16.2	20.6	25.3	30.5
55%	-7.4	-3.2	1.0	5.6	10.4	14.8	19.1	23.9	28.9
50%	-8.4	-4.4	-0.3	4.1	8.69	13.3	17.5	22.2	27.1
45%	-9.6	-5.7	-1.5	2.6	7.0	11.7	16.0	20.2	25.2
40%	-10.8	-7.3	-3.1	0.9	5.4	9.5	14.0	18.2	23.0
35%	-12.1	-8.6	-4.7	-0.8	3.4	7.4	12.0	16.1	20.6
30%	-14.3	-10.2	-6.9	-2.9	1.3	5.2	9.2	13.7	18.0

Quadro 8 – Tabela de temperatura do ponto de orvalho (<http://www.coating.com.br>).

No quadro acima estão indicadas as temperaturas da superfície para cada situação em que acontece a condensação do vapor, chamado ponto de orvalho. Fabricantes de tinta recomendam iniciar a pintura somente quando a temperatura da superfície supera em 3°C a temperatura do ponto de orvalho.

Devido a inexistência de uma câmara para pintura e do alto investimento necessário para construção, torna-se impossível manter uma atmosfera favorável para pintura. Este processo deve ocorrer somente quando as condições climáticas são favoráveis.

Para verificação das condições atmosféricas usa-se um termo-higômetro, aparelho digital de medição de temperatura e umidade relativa do ar. Conforme mostra a figura abaixo.



Figura 20 – Termo-higômetro

Como todas as condições atmosféricas são monitoradas e a pintura só ocorre quando estas são favoráveis, pode-se considerar que a ocorrência de defeitos não tem o meio ambiente como origem das causas prováveis.

3.4.4 Método

Uma das possíveis causas para a ocorrência de defeitos na pintura é a completa ausência de um procedimento operacional padrão. Cada equipamento era pintado de uma maneira e as instruções eram passadas verbalmente antes do início do processo.

3.4.5 Mão de Obra

Apesar de possuírem uma vasta experiência na área, o operador responsável pela pintura alega nunca ter trabalhado com tinta de zinco, portanto desconhece suas características de diluição, aplicação e secagem. A aplicação das tintas epóxi, comumente realizada pelo operador em outras empresas, não tem um nível de exigência de qualidade como a exigida pelos clientes destes equipamentos alvos do estudo, onde o controle da espessura da película deve existir.

O operador não teve o treinamento para o uso correto das ferramentas usadas para o controle de espessura com a tinta ainda úmida e nenhum tipo de informação sobre a importância da qualidade de processos.

Recomendações de cumprimento de padrões, como percentual de diluição da tinta são simplesmente ignorados, sendo a diluição feita sem utilização de um dosador, somente no intuitivo do operador.

Tanto a falta de treinamento quanto a não utilização dos padrões recomendados são consideradas possíveis causas dos problemas ocorridos na pintura.

3.4.6 Máquina

A falta de manutenção nos equipamentos foi evidenciada tanto no tanque de tinta quanto na pistola. O tanque não é capaz de manter a pressão do compressor, pois a borracha de vedação apresenta-se completamente gasta e sem maciez. A pistola também apresentou problemas no seu gatilho, pois uma vez acionado, quando este era solto não retornava a posição inicial, impedindo o fechamento da pistola e a interrupção da vazão da tinta.

Esta falta de manutenção dos equipamentos foi considerada uma causa provável dos resultados indesejáveis. No entanto, a pistola possui um conjunto de bicos e agulhas que podem ser trocados. Tanto a tinta epóxi quanto a tinta de zinco requerem bicos de diâmetros diferentes, e estes eram trocados para adequar-se a viscosidade da tinta. Sendo o uso de equipamento inadequado considerado uma causa não provável da ocorrência dos defeitos.

3.5 Plano de Ação

Através da eliminação das causas menos prováveis, três causas sobraram e são consideradas mais prováveis, sendo elas a falta de treinamento, falta de manutenção nos equipamentos de pintura e falta de um procedimento operacional padrão.

Buscando bloquear estas causas, o seguinte plano de ação foi proposto:

a) Treinamento da mão de obra

Primeiramente a efetivação de um pintor e um auxiliar e de um operador de jato e um auxiliar se faz necessária, pois não é interessante para a empresa qualificar profissionais terceirizados de outra empresa. Após a contratação alguns treinamentos teóricos e práticos serão oferecidos aos operadores.

Os fornecedores de tinta foram procurados e se comprometeram a realizar alguns treinamentos teóricos e práticos. Por estarem sempre oferecendo este tipo de treinamento se propuseram a fazer quando fosse necessário.

Tanto o treinamento teórico quanto o prático podem ser realizados na própria empresa e tem como meta, além de apresentar técnicas para uma pintura de qualidade, conscientizar os operadores da importância da qualidade de processo.

Será realizado primeiramente um treinamento teórico, através da apresentação de slides, onde serão mostrados os tipos de tinta, esquemas de pintura, métodos de aplicação e controle de espessura. Posteriormente será realizado o treinamento prático, onde os operadores realizarão todo o processo com acompanhamento técnico.

b) Falta de manutenção nos equipamentos

Para solucionar a falta de manutenção nos equipamentos foi solicitada a aquisição de um conjunto de equipamentos novos. Foi pedido ao departamento de compras realizar a cotação com os fornecedores assim que houvesse disponibilidade.

Este conjunto de equipamento consiste de tanque de pressão para tinta e pistola. Foi sugerida a compra de pistola da marca já utilizada, pois a empresa responsável pela manutenção em Maringá trabalha com peças de reposição originais apenas desta marca.

Com dois conjuntos de equipamentos é possível realizar uma manutenção preventiva em um deles enquanto o outro conjunto estiver em uso.

c) Falta de um procedimento padrão.

Elaboração de um procedimento operacional e um *checklist*, resumindo o procedimento e tornando-se um documento prático para os operadores. Este documento envolve desde a preparação da superfície até o manuseio de peças pintadas.

Com a finalidade de aproveitar os conhecimentos adquiridos no treinamento, este documento deverá ser elaborado após o treinamento dos operadores, pelo departamento de planejamento e controle de produção em conjunto com todos os envolvidos com o processo de preparação de superfície e pintura. Serão inseridas recomendações obtidas durante o treinamento, de normas técnicas e algumas sugestões dos próprios colaboradores, com a finalidade de se tornar um guia prático e de fácil interpretação por todos.

Todo este plano de ação deve ser realizado antes do início da pintura do terceiro lote dos dutos de mineração, pois os custos de retrabalho do lote anterior foram exorbitantes e espera-se conseguir reduzir significativamente a quantidade de defeitos para este próximo lote.

3.6 Ação

Depois de elaborado o plano de ação, este mesmo foi divulgado a todos, explicitando as tarefas que deveriam ser realizadas e a razão por qual cada uma delas aconteceria.

A primeira tarefa realizada foi a contratação, pelo departamento de recursos humanos, de quatro funcionários para compor a equipe de preparação de superfície e pintura antes do início dos trabalhos de pintura do terceiro lote de dutos de mineração. Para avaliar os custos desta tarefa, o departamento de recursos humanos, juntamente com o departamento financeiro elaborou uma comparação de todos os gastos incluindo salários e benefícios dos funcionários efetivados com os custos gerados pelos funcionários terceirizados. O custo total por hora trabalhada da equipe contratada ficou em 40 reais por hora, contra 80 reais por hora da mão de obra terceirizada. Como não houve nenhum tipo de desembolso imediato para contratação dos novos operadores e ainda houve uma redução no custo de manutenção da equipe será considerado que não houve investimento.

Na mesma semana da contratação dos funcionários iniciaram-se os treinamentos teóricos realizados no centro de distribuição de tintas da Sumaré em Maringá, e logo em seguida foram realizados os treinamentos práticos na própria fábrica. Participou do treinamento teórico, além da equipe de pintura, o responsável pelo almoxarifado, com a finalidade de realizar o recebimento e armazenamento das tintas da maneira recomendada.

Todo o treinamento foi realizado gratuitamente pelos fornecedores, portanto os custos gerados para a realização dos treinamentos foram considerados insignificantes.

Antes do início dos trabalhos pela nova equipe, foi adquirido um novo tanque e uma nova pistola, ao mesmo tempo os equipamentos já existentes foram enviados à assistência técnica para manutenção.

O investimento necessário para aquisição dos novos equipamentos juntamente com a manutenção dos equipamentos antigos foi de 478 reais.

O procedimento operacional padrão (Apêndice 4) foi criado e revisado durante a pintura dos primeiros equipamentos pela equipe nova. Foi redigido um documento, como um *check-list*, e disponibilizado a todos os envolvidos na pintura.

3.7 Verificação.

3.7.1 Verificação para a tinta de zinco.

Para analisar os resultados das medidas adotadas, realizou-se uma comparação entre os dados obtidos antes e depois da ação.

Esta coleta de dados posterior às medidas adotadas demorou a ocorrer para os equipamentos que seriam pintados com a tinta rica em zinco, pois problemas técnicos na construção destes equipamentos atrasaram o seu envio para o setor de pintura.

O quadro 9 apresenta o número de ocorrências dos defeitos, porém a área total do lote é de 120 metros quadrados, contra 150 metros quadrados do lote analisado inicialmente. O quadro 10 representa o custo dos retrabalhos, alguns valores divergem do quadro 4. pois são relacionados com a mão de obra efetivada. Estas diferenças estão representadas no anexo 3.

O lote utilizado para coletar os dados posteriores as medidas para verificação possui uma área total a ser pintada inferior ao segundo lote, porém, como todos os custos são analisados em função da área pintada, não apresenta problema para comparação, visto que possuem o mesmo formato, reais por metro quadrado.

Os índices de defeitos encontrados na pintura com zinco para os equipamentos depois das ações são os seguintes:

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA LOTE 3					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	COB. INSUFICIENTE	CONTAMINANTES	FENDILHAMENTO	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	OUTROS
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0544	Duto M-0033	1	17	1	2		1				
2	08-0544	Duto M-0034-1	1	15								
3	08-0544	Duto M-0034-2	1	7								
4	08-0545	Duto M-0034-3	1	5			1					
5	08-0545	Duto M-0035-1	1	15					1			
6	08-0546	Duto M-0035-2	1	7								
7	08-0547	Duto M-0053	1	27		3						
8	08-0547	Duto M-0054	1	27								
TOTAL			8	120	1	5	1	1	1	0	0	0

Quadro 9 – Ocorrências de defeitos na pintura por etil silicato de zinco no lote 3

Para realização dos retrabalhos necessários nos equipamentos, os seguintes custos foram calculados com base na tabela de custos de apêndice 3.

Cód.	Retrabalho	Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo M.O	Custo MP	Custo Total
RT1 Retrabalho por região. Custo por ocorrência	Lixamento manual, com lixa fina ou esponja de aço	Escorrimento	00:15	R\$ 4,50	R\$ 0,20	R\$ 4,70
		Enrugamento	00:20	R\$ 6,00	R\$ 0,20	R\$ 31,00
		Contaminantes	00:15	R\$ 4,50	R\$ 0,40	R\$ 4,90
Cód.	Retrabalho	Defeitos	Custo jato	Custo Pintor	Custo MP	Custo total
RT2 Retrabalho total. Custo por m ²	Remoção total da tinta e reaplicação	Fendilhamento	R\$/m ² 3,67	R\$/m ² 4,50	R\$/m ² 27,78	R\$ 539,25
		Cob. Insuficiente	R\$/m ² 3,67	R\$/m ² 4,50	R\$/m ² 27,78	R\$ 179,75
		Região sem tinta	R\$/m ² 3,67	R\$/m ² 4,50	R\$/m ² 27,78	R\$ -

* Dados obtidos da tabela do anexo 3 considerando mão de obra efetivada

Quadro 10 – Custos de retrabalho para os defeitos do lote 3

Os dados do quadro 10 mostram uma redução significativa do custo do retrabalho gerado pelo fendilhamento da tinta de zinco. Apesar de ainda ser o problema com o maior custo associado ele baixou de R\$ 2361,32 para R\$ 539,25, ou então, de R\$35,47 por metro quadrado para R\$ 6,33 por metro quadrado de área pintada. Redução de aproximadamente 83 por cento.

Além desta redução do índice de fendilhamento nas peças, outros custos foram reduzidos, como o problema de regiões sem tinta, que não houve nenhuma ocorrência neste lote.

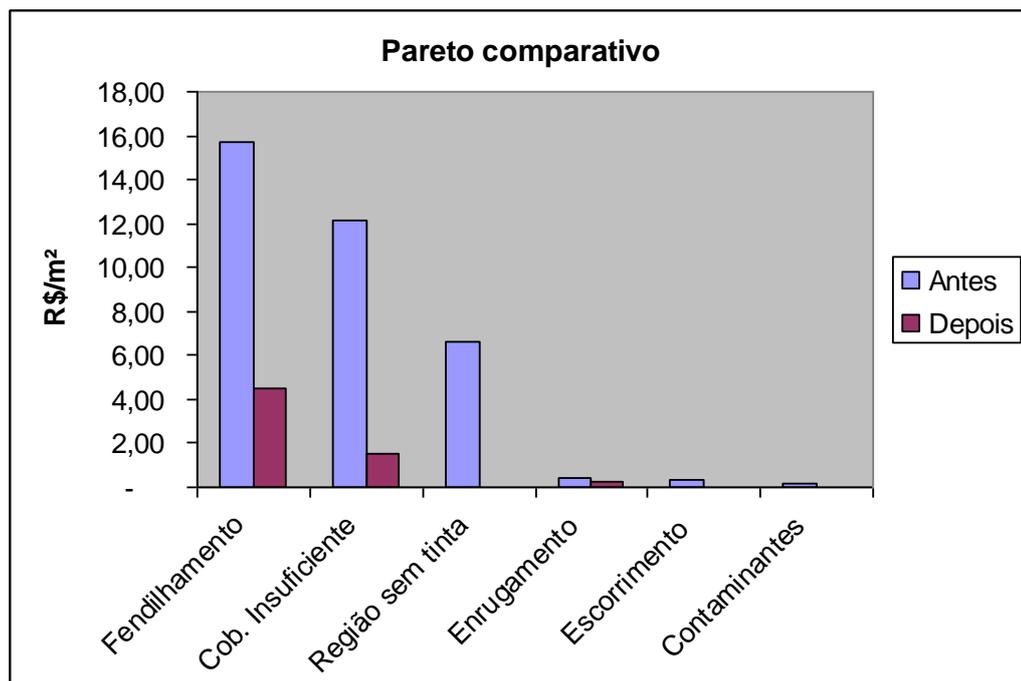


Figura 21 - Pareto comparativo para pintura em zinco

Pelo Gráfico de Pareto comparativo, podemos notar que os efeitos secundários são satisfatórios, pois para todos os defeitos de pintura houve uma redução no custo para os respectivos retrabalhos.

Um efeito secundário indesejável foi a redução da área pintada por tempo, caindo de 5 para 4 metros quadrados por hora, no entanto, como a mão de obra tornou-se também mais barata, o custo por área foi reduzido de 8,00 R\$/m² para 4,50 R\$/m².

3.7.2 Verificação para tinta epóxi.

Após a fase da ação, os equipamentos pintados com tinta epóxi possuem uma área maior, porém o número de equipamentos sofreu uma redução. Portanto, a área pintada utilizada para

verificação, em comparação a área estudada antes das medidas é menor. Novamente, como os custos estão representados por área, o formato é compatível para comparação.

Após as medidas tomadas os seguintes retrabalhos foram necessários na pintura interna e externa dos tanques:

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA PINTURA INTERNA					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	COB. INSUFICIENTE	CONTAMINANTES	MANCHAS	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	OUTROS
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0504	Tanque de soda	1	xxx								
2	08-0501	Tanque de condensado	1	81			1					
3	08-0500	Tanque de condensado	1	81	4			5	1			
4	08-0503	Tanque de condensado	1	104	6	1		4				
5	08-0502	Balão de flash	1	xxx								
TOTAL			5	266	10	1	1	9	1	0	0	0

Quadro 11 – pintura interna após ação

OCORRÊNCIA DE DEFEITOS NA PINTURA PINTURA EXTERNA					ESCORRIMENTO	ENRUGAMENTO	COB. INSUFICIENTE	CONTAMINANTES	MANCHAS	DESCASCAMENTO	MARCA DE PINCEL	OUTROS
ITEM	CÓDIGO	EQUIPAMENTO	QTDE	ÁREA (m ²)								
1	08-0504	Tanque de soda	1	103	6				1			
2	08-0501	Tanque de condensado	1	93		3						
3	08-0500	Tanque de condensado	1	93	5			2	1			
4	08-0503	Tanque de condensado	1	102	4	5						
5	08-0502	Balão de flash	1	108	3							
TOTAL			5	499	18	8	0	2	2	0	0	0

Quadro 12 - pintura externa dos tanques

O quadro 13 mostra o custo gerado pelo retrabalho para correção destes defeitos. Alguns valores são divergentes do quadro 7 pois tiveram alguma modificação em relação a etapa anterior. Estas modificações estão representadas no anexo 3.

Cód.	Retrabalho	Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo M.O *	Custo MP ²	Custo total (MO+MP)*n
RT1	Lixamento no local, com lixa fina. Aplicação de tinta no local	Manchas	00:20	R\$ 6,00	R\$ 0,86	R\$ 20,58
		Escorrimento	00:30	R\$ 9,00	R\$ 0,86	R\$ 584,64
		Enrugamento	00:20	R\$ 6,00	R\$ 0,86	R\$ 61,74
		Contaminantes	00:10	R\$ 3,00	R\$ 0,86	R\$ 42,46
		Descascamento	00:42	R\$ 12,60	R\$ 0,86	R\$ -
Cód.	Retrabalho	Defeitos	Custo jato	Custo Pintor ³	Custo MP ³	Custo total (MO+MP)*A
RT2	Aplicação geral de uma demão de tinta	Cob. Insuficiente	R\$ -	R\$ 0,48	R\$ 6,58	R\$ 571,86

* custo da mão de obra R\$ 18,00/hora 2-custo matéria prima R\$ 0,20 da lixa + média custo da tinta R\$/m²(6,58)xárea(0,1m²)
3- média custo das pinturas para o tanque (efetivada) R\$/m²

Quadro 13- Custo de retrabalho após as medidas tomadas

Pelo quadro 16 percebe-se que os retrabalhos para o defeito de cobertura insuficiente geraram um custo pouco menor que os retrabalhos para o escorrimento. Estes dois defeitos juntos representam mais de 90 por cento de todos os custos de retrabalho após as medidas tomadas.

Para análise dos resultados obtidos com a ação, comparam-se os dados posteriores as ações com os dados iniciais do custo de retrabalho por área pintada através da figura 22.

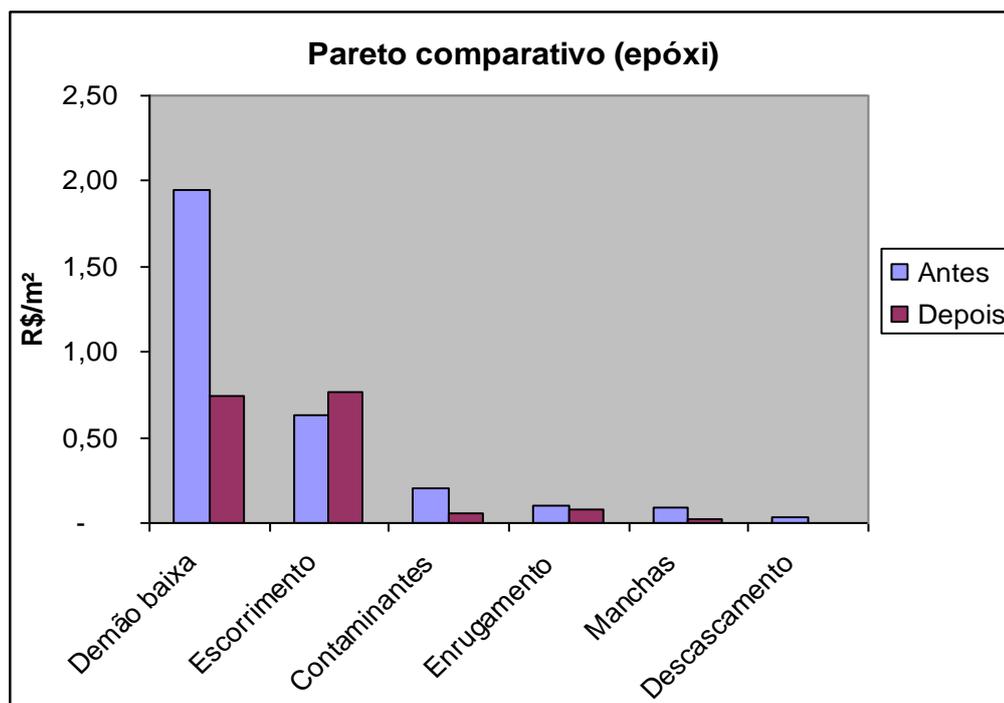


Figura 22 - Pareto comparativo para pintura epóxi

Pelo gráfico podemos perceber um efeito secundário indesejável, que é um aumento do custo de retrabalho. Além do custo por demão baixa, os demais defeitos também apresentaram uma redução de custo por área pintada neste lote.

Outro resultado indesejável das mudanças está relacionado com o tempo necessário para realização da pintura, que caiu de uma média de 43 para 37 metros quadrados por hora.

O custo total de retrabalho em reais por metro quadrado baixou de R\$3,00 para R\$1,67, ou seja, uma redução de 44 por cento.

3.8 Padronização

O processo de padronização tem como objetivo garantir que os resultados atingidos com as alterações do processo sejam permanentes. Deve-se padronizar os procedimentos de tal maneira que bloqueie a ocorrência das principais causas que geram os custos de retrabalho.

Uma das medidas adotadas para impedir que os resultados indesejáveis voltem a acontecer com uma frequência maior é diminuir a rotatividade dos colaboradores do setor de preparação e pintura. Caso não seja possível evitar a substituição da mão de obra, imediatamente após a contratação de novos funcionários deve ser ofertado a eles todo o treinamento teórico e prático dos processos de preparação e pintura.

O *checklist*, ou procedimento operacional padrão, deve ser distribuído e conhecido por todos os envolvidos. Toda alteração do procedimento deve ser analisada quanto aos resultados e caso seja aprovada a alteração, deverá ser repassada a todos os envolvidos no processo.

Constantemente devem acontecer reuniões de *brainstorming* para analisar e discutir resultados, estabelecer metas, verificar o cumprimento dos procedimentos determinados.

A manutenção preventiva dos equipamentos de pintura deve ser realizada mensalmente, ou quando surgir algum problema antes deste tempo, alternando os equipamentos enviados para manutenção de forma que sempre permaneça algum equipamento em perfeito estado de uso na empresa.

4 CONCLUSÃO

Durante a implantação da metodologia de controle de processos torna-se evidente a importância do apoio da alta gerência da empresa. O Controle de Qualidade Total enfatiza o envolvimento de todas as pessoas da empresa para a melhoria contínua do processo, porém a iniciativa e as metas serão traçadas pela alta gerência.

A substituição da mão de obra terceirizada por profissionais efetivos na empresa foi um passo fundamental para a melhoria da qualidade do processo. Além do comprometimento com as metas da empresa, antes inexistente, todos os investimentos feitos para a melhoria da qualidade referentes ao treinamento dos profissionais não são descartados após o final de um contrato. Outro fator importante foi a redução de custo resultante desta substituição, onde o custo da operação por área pintada chegou a ser diminuído em até cinquenta por cento.

A redução de custo operacional com a substituição da mão de obra era prevista, porém a incerteza em relação ao nível de qualificação dos novos profissionais dificultou a decisão. No entanto, a metodologia PDCA ganha maior sentido quando implantada com profissionais do quadro da empresa. Ainda que de imediato essa falta de experiência pudesse gerar gastos maiores com retrabalhos, a expectativa de que o processo de pintura atingisse níveis superiores de qualidade sem um custo operacional elevado, através do ciclo PDCA foi confirmada.

O quadro 14 mostra a comparação dos custos dos dois sistemas de pintura para o início do trabalho e para a situação após um giro do ciclo PDCA.

CUSTOS DE PINTURA (R\$/m ²)				
ITENS	ZINCO		EPÓXI	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
MÃO DE OBRA (JATEAMENTO)	5,00	3,67	5,00	3,67
MÃO DE OBRA (PINTURA)	8,00	4,50	0,93	0,48
MATÉRIA PRIMA	32,00	27,78	6,81	6,58
RETRABALHO	35,47	6,33	3,00	1,67
TOTAL	80,47	42,28	15,74	12,40
REDUÇÃO PERCENTUAL	47%		21%	

Quadro 14 – Comparativo de custos de pintura.

O objetivo do trabalho de minimizar custos do retrabalho foi alcançado com sucesso e com um investimento compatível com a situação financeira atual da empresa. O processo de melhoria, no entanto deve ser contínuo, sendo que os dados obtidos na fase de verificação podem ser usados para nova observação e novo giro do ciclo PDCA. O programa de qualidade deve ser expandido aos demais setores da empresa sempre buscando a melhoria contínua dos processos.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 8 ed. 256 p.
- FAZENDA, Jorge M. R., **Tintas e Vernizes: ciência e tecnologia**. São Paulo: ABRAFATI, 1995. vol2. 2 ed. 1281 p.
- GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto; FERNANDES, Fernando. **Tratamento de superfície e pintura**. Rio de Janeiro: Instituto brasileiro de siderurgia, 2003. 94 p.
- MOCHNACZ, Sandro. **Caderno de Orientação Técnica: curso de pintura industrial**. Curitiba. 2008. 48p.
- NUNES, Laerce de Paula, **Pintura Industrial**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2006, 81 p.
- PETROBRAS N-9 VER E. **Tratamento de superfícies de aço com jato abrasivo e hidrojateamento**. Rio de Janeiro. 2004. 15 p.
- SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 747 p.
- WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Editora Werkema Ltda., 2006. 1ed. 235 p.

APÊNDICE 2 – Tabela de compatibilidade entre camadas.

1ª DEMÃO ->

2ª DEMÃO ->

RESINA	ACRÍLICA	ALQUÍDICA	BORRACHA CLORADA	EPÓXI AMINA	EPÓXI POLIAMIDA	EPÓXI BETUMINOSO	ÉSTER EPÓXI	LÁTEX	ÓLEO	ALQUÍDICA FENOLADA	SILICONE	POLIURETANO	VINÍLICA	SILICATO RICO EM ZINCO	EPÓXI RICO EM ZINCO
ACRÍLICA	B	D	B	B	B	NR	D	NR	NR	B	NR	B	B	B	B
ALQUÍDICA	D	B	B	B	B	NR	B	D	B	B	NR	B	B	NR	NR
BORRACHA CLORADA	D	NR	B	B	B	D	B	NR	NR	D	NR	B	B	B	B
EPÓXI AMINA	NR	NR	NR	B	B	NR	NR	NR	NR	NR	NR	B	NR	B	B
EPÓXI POLIAMIDA	NR	NR	NR	B	B	NR	NR	NR	NR	NR	NR	B	NR	B	B
EPÓXI BETUMINOSO	NR	NR	NR	B	B	B	D	NR	NR	NR	NR	B	NR	B	B
ÉSTER EPÓXI	D	NR	B	B	B	D	B	NR	NR	B	NR	B	B	NR	NR
LÁTEX	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	NR	D	D	D	D
ÓLEO	D	B	B	B	B	D	B	D	B	B	NR	B	B	NR	NR
ALQUÍDICA FENOLADA	D	B	B	B	B	D	B	D	D	B	NR	B	B	NR	NR
SILICONE	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	B	NR	NR	B	B
POLIURETANO	NR	NR	NR	B	B	NR	D	NR	NR	NR	NR	B	D	B	B
VINÍLICA	D	NR	D	B	B	D	NR	NR	NR	NR	NR	B	B	B	B
SILICATO RICO EM ZINCO	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	D	NR
EPÓXI RICO EM ZINCO	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	B	B

B - bom resultado; D - duvidoso; NR - não recomendado

Tabela de recomendação entre camadas. Fonte: GNECCO, 2003, p. 982

APÊNDICE – 3 Planilhas de levantamento de custos.

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE CUSTOS						
Pessoal	R\$/hora	Equipe	Total/hora			
Jatista terceirizado	R\$ 20,00	2	R\$ 40,00			
Pintor terceirizado	R\$ 20,00	2	R\$ 40,00			
Jatista efetivo	R\$ 11,00	2	R\$ 22,00			
Pintor efetivo	R\$ 9,00	2	R\$ 18,00			
Serviço	CUSTO MÃO DE OBRA			matéria prima		
MÃO DE OBRA TERCEIRIZADA	m ² /hora	R\$/hora	R\$/m ²	A granalha pode ser reutilizada até 350 vezes, por isso seu custo não será considerado		
Jateamento Sa2.1/2	11	R\$ 40,00	R\$ 3,64			
Jateamento Sa3	8	R\$ 40,00	R\$ 5,00			
MÃO DE OBRA EFETIVADA	m ² /hora	R\$/hora	R\$/m ²			
Jateamento Sa2.1/2 (efetivo)	9	R\$ 22,00	R\$ 2,44			
Jateamento Sa3 (efetivo)	6	R\$ 22,00	R\$ 3,67			
Serviço	CUSTOS MÃO DE OBRA			CUSTO MATÉRIA PRIMA		
TERCEIRIZADA	m ² /hora	R\$/hora	R\$/m ²	m ² /litro	R\$/litro	R\$/m ²
Pintura de zinco com 75um (terc.)	5	R\$ 40,00	R\$ 8,00	1,2	R\$ 38,89	R\$ 32,41
Pintura fundo com 120um (terc.)	40	R\$ 40,00	R\$ 1,00	2,2	R\$ 19,58	R\$ 8,90
Pintura acabamento com 120um	40	R\$ 40,00	R\$ 1,00	3,4	R\$ 20,39	R\$ 6,00
Pintura acabamento com 30um	50	R\$ 40,00	R\$ 0,80	5,0	R\$ 27,71	R\$ 5,54
EFETIVADA	m ² /hora	R\$/hora	R\$/m ²	m ² /litro	R\$/litro	R\$/m ²
Pintura de zinco com 75um (efet.)	4	R\$ 18,00	R\$ 4,50	1,4	R\$ 38,89	R\$ 27,78
Pintura fundo com 120um (efet.)	37	R\$ 18,00	R\$ 0,49	2,0	R\$ 19,58	R\$ 9,79
Pintura acabamento com 120um	35	R\$ 18,00	R\$ 0,51	3,4	R\$ 20,39	R\$ 6,00
Pintura acabamento com 30um	39	R\$ 18,00	R\$ 0,46	7,0	R\$ 27,71	R\$ 3,96

Tabela de levantamento de custos de preparação de superfície e pintura

APÊNDICE 4 - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO.

PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

1. Verificar o padrão de limpeza de superfície exigido pelo equipamento.
2. Remover todas as imperfeições resultantes da montagem antes da limpeza.
3. Verificar os itens de segurança: luvas, capacete com alimentação de ar, bota, macacão, tampões de ouvido e exaustão da cabine de jato.
4. Verificar as condições da garrafa, mangueira e bico do jato.
5. Regular a pressão do compressor para 7 kg/cm²
6. Executar a limpeza e comparar com padrões (fotografias).
7. Não tocar superfícies jateadas sem luvas.
8. Remover o máximo de granalha da peça com o ar comprimido.
9. Limpar toda a cabine de jato recolhendo a granalha espalhada.

APLICAÇÃO DA TINTA

1. Verificar o esquema de pintura e ler os boletins técnicos das tintas usadas.
2. Verificar as condições da linha de ar comprimido e esgotar o filtro de ar.
3. Verificar as condições do tanque de tinta e se a pistola está com o bico recomendado e em boas condições.
4. Verificar as condições dos equipamentos de segurança: luvas, macacão, óculos e máscara.
5. Não tocar superfícies jateadas sem luvas.
6. Medir a temperatura da superfície a ser pintada.
7. Medir a temperatura e umidade do ar com o termohigômetro.
8. Prosseguir somente se a umidade estiver entre 20 e 85%, e a temperatura da superfície for 3°C maior que o ponto de orvalho. (Verificar na tabela)
9. Retirar as tintas separadas para o equipamento no almoxarifado, tomando cuidado com o transporte.
10. Misturar os componentes e diluir de acordo com as recomendações do boletim, utilizando um dosador.
11. Aguardar o tempo de catálise da tinta, especificada no boletim.
12. Somente em caso de tinta epóxi, aplicar com pincel uma camada nos cordões de solda.
13. Aplicação em uma área para teste, medição da película úmida e comparação com o valor determinado pelo PCP.
14. Regular a vazão e o comprimento do leque de forma a atingir a espessura úmida com passadas cruzadas.
15. Aplicar em toda a superfície da peça, medindo constantemente através do pente.
16. Limpar todos os equipamentos para evitar secagem da tinta.
17. Limpar latas vazias, fechar corretamente as não vazias e devolve-las no almoxarifado
18. Preencher relatório de pintura.
19. Aguardar tempo de secagem para manuseio das peças.