

Análise estatística da camada seca de pintura: o caso da empresa industrial nova JVA

Statistical analysis of the dry layer of paint: the industrial case of Nova JVA

Taís Fiorentin Lombardi¹, Paulo César Mayer², Alessandra Costenaro Maciel³

*1,2,3 Faculdade de Administração da Associação Brasiliense de Educação
Marau, Rio Grande do Sul, Brasil
e-mail: salavendas@fugacouros.com.br*

Recibido 03/03/2011, Aceptado 13/05/2011

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo analisar os níveis de variabilidade da camada seca de pintura em estruturas metálicas, produzidas pela empresa Nova JVA. Esta análise do processo é fundamental para diagnosticar e auxiliar a empresa na identificação e quantificação das possíveis perdas neste processo produtivo. As ferramentas da qualidade utilizadas são de extrema importância, pois através destas passa-se a obter resultados notáveis e melhorias na qualidade e confiabilidade dos produtos e serviços. As ferramentas estatísticas utilizadas neste estudo de caso foram à folha de verificação, o histograma e a carta de controle. Quanto às medidas estatísticas, foram utilizadas à média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação. O instrumento de medição utilizado para a coleta de dados da camada seca de tinta das estruturas metálicas foi o Elcometer 456 que é o equipamento mais indicado para este tipo de medição, pois é um medidor magnético e a leitura da espessura é feita diretamente na escala do aparelho. O resultado desta pesquisa se deu através da análise das medições da camada seca de tinta realizada na empresa estudada no período de janeiro a julho de 2009, sendo que a estratificação das medições também foi realizada por obras, totalizando neste período doze obras. Os resultados estão descritos no capítulo 4 onde se pode verificar que a camada seca de pintura apresenta média e alta variabilidade bem como o processo está fora de controle estatístico. No capítulo 5 apresentam-se as conclusões.

Palavras chaves: controle estatístico da qualidade, camada seca de tinta, controle de processo, pintura em estrutura de aço.

ABSTRACT

This study had the objective to analyze the levels of the painting dry coat variability in steel structures which are produced by the company 'Nova JVA'. This analysis of the process is basic to diagnose and to assist the company in the identification and quantification of the possible losses in this productive process. The used quality tools are so important, because through them, it becomes possible to obtain notable results and improvements in the quality and reliability of the products and services. The quality tools used in this case study were the checking list, the histogram and the control chart. Regarding to the statistical measures, it was used the mean, standard deviation and the coefficient of variation. The instrument of measurement used for the data collection of steel structures painting dry coat was the Elcometer 456 that is the most indicated equipment for this type of measurement, since it is a magnetic meter and the thickness reading is done straightly in the scale of the appliance. The result of this study happened through the analysis of the measurements of the painting dry coat carried out in the studied company in the period from January to July/2009, where the stratification of the measurements also was carried out by works, totalizing in this period twelve works. The results were presented on the chapter four and the conclusions were presented on the the chapter 5.

Key words: Quality Statistical Control, Painting Dry Coat, Process Control, Steel Structure Painting.

1. Introdução

O crescimento econômico de uma organização deve-se, muitas vezes, ao direcionamento da qualidade como principal estratégia empresarial, isso porque a qualidade é um elemento crucial no êxito ou fracasso empresarial nos mercados atuais (FEIGENBAUM,). Contudo, o controle de qualidade deve ser estruturado de forma clara e mensurável, para que o mesmo possa contribuir para a rentabilidade e o fluxo de caixa positivo nos negócios.

Para que os clientes tenham suas necessidades atendidas, o processo de fabricação do produto deve ter capacidade de atuar com uma baixa variabilidade em torno das dimensões alvo ou nominal das características de qualidade do produto. Desta forma, a adoção de métodos estatísticos para o controle e a melhoria da qualidade torna-se fundamental. Para Montgomery , o controle estatístico do processo, o planejamento de experimentos e amostragem de aceitação são as três áreas principais.

Com a aplicação de tais conceitos de gestão e controle estatístico da qualidade, objetiva-se a melhoria contínua que por sua vez pode ser realizada através da redução da variabilidade. A variabilidade existe em qualquer processo fabril, no entanto, precisa-se estabelecer extremos, pois, quanto mais longe do alvo ela estiver maior vai ser o custo. Montgomery , destaca que os métodos estatísticos desempenham papel fundamental na melhoria da qualidade fornecendo os meios pelos quais os produtos são testados e avaliados e a informação contida nesses dados é usada para controlar e melhorar o processo de produção.

De acordo com Verzoni , durante o ano de 2008 a construção com estruturas metálicas apresentou um crescimento significativo para todo seu segmento. A Nova JVA é uma empresa que produz estruturas metálicas, logo, deve aproveitar o crescimento do consumo de aço na construção, produzindo estruturas de aço com qualidade e produtividade. Segundo Montgomery, os métodos estatísticos empregados contribuem diretamente para a melhoria da qualidade através da redução da variabilidade.

No setor, em que a empresa Nova JVA está inserida, a concorrência é acirrada, e a qualidade de seus produtos é vital para permanecer atuante. Assim torna-se de vital importância adotar conceitos e técnicas estatísticas que permitam medir e demonstrar a qualidade dos processos que, para Garvin [6], objetivam estabelecer, melhorar e assegurar a qualidade. A pintura das estruturas metálicas é parte integrante de um conjunto de processos interdependentes da Nova JVA, logo, monitorar este processo através de medidas estatísticas, de tendência central e de variabilidade, proporcionará mais conhecimento sobre o processo, e se os resultados que ele apresenta são aceitáveis ou não.

Dentre outros, a camada seca de pintura nas estruturas é uma especificação fundamental para a aceitação do produto, porque protege o substrato de agentes corrosivos e da própria ação do tempo. No processo de comercialização de estruturas de aço, é o cliente que especifica qual é a espessura da camada seca de tinta em sua obra, sendo esta, parte integrante do contrato de fornecimento. Desta forma, a Nova JVA precisa atender normas técnicas do processo de pintura e a camada final seca, que para isso conta com o apoio técnico do departamento de qualidade, através do Inspetor do Processo de Pintura.

Cabe ao Inspetor do Processo de Pintura verificar se a exigência do cliente está sendo atendida. Quando a camada seca inspecionada for menor que a especificação, gera-se retrabalho, pois antes de completar a camada, as estruturas precisam ser todas lixadas para quebrar o brilho e proporcionar perfil de rugosidade e conseqüente aderência da tinta. As perdas por baixa camada seca são: custos de mão de obra para lixamento das estruturas; material empregado no lixamento; tempo perdido devido a não poder pintar lotes seguintes e atrasos de entrega.

Quando a camada seca inspecionada for maior a especificada, tem-se perda financeira, pois, o cliente não pagará mais pela cobertura extra do substrato. A perda financeira acontece porque o tipo de tinta e a camada seca especificada geram os custos de pintura das estruturas, logo, quando o processo apresenta camada maior que a especificada, deposita-se mais tinta e este excesso não é pago pelos clientes.

Desta maneira pode-se perceber a importância de reduzir a variabilidade no processo de pintura, atingindo a camada seca mais próximo possível da especificação dos clientes, nem com excessos e nem com falta de cobertura.

Atualmente, a empresa Nova JVA não tem registros sistemáticos do histórico das medidas de variabilidade da camada seca de pintura. Sabe-se que existe variabilidade, em função das características do processo de produção, devido ao mesmo ser manual com emprego de pistolas de pintura. Sabe-se da existência da variabilidade devido ao conhecimento gerado pela emissão de registros de inspeção de pintura de camada seca, que é uma exigência de todos os clientes. As liberações do produto final e posterior carregamento são vinculadas a emissão dos registros de inspeção de pintura, portanto, estes documentos geram um conhecimento de que existe variabilidade, porém como não são analisados ao longo do tempo, nem em que níveis específicos estão, pois não se calcula o desvio padrão nem o coeficiente de variação.

Nesse sentido, a análise do processo através de medidas estatísticas, torna-se fundamental para diagnosticar a va-

riabilidade no processo da camada seca de pintura, auxiliando a empresa na identificação e quantificação das possíveis perdas neste processo produtivo. Esta análise permite concluir quais ações de melhoria são necessárias. Sendo assim, a presente pesquisa objetiva analisar os níveis de variabilidade da camada seca de pintura em estruturas metálicas produzidas pela empresa industrial Nova JVA.

O artigo está dividido em quatro partes: a primeira parte descreve o referencial teórico do presente estudo, já na segunda descreve o método utilizado para a realização da pesquisa. Em seguida, terceira parte, analisa-se a a quantificação dos níveis de variabilidade a partir da coleta de dados apresentados no processo de pintura, a quarta parte apresenta a análise de dados e após as conclusões.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Qualidade

Deming foi considerado o pai da qualidade no Japão, enfatizava o sistema de controle estatístico da qualidade. A qualidade é “tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”. Já Juran define a qualidade como “a ausência de deficiências”, sendo mais conhecida como “adequação ao uso”. Campos, contribui ao considerar que um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível e segura, no tempo certo as necessidades dos clientes, ou seja, projeto perfeito, sem defeitos, baixo custo, segurança do cliente, entrega no prazo certo, local certo e na quantidade certa. E para Montgomery, a qualidade é a redução da variabilidade.

O controle da qualidade, para Mayer, se funde com a própria história da indústria. Durante a revolução industrial, a qualidade era controlada pela inspeção final e em massa, ou seja, inspecionavam todos os produtos fabricados, separando os itens conforme daqueles não conforme. Com o desenvolvimento da indústria e o crescimento da demanda, este tipo de inspeção tornou-se inviável economicamente e despendia de bastante tempo, além de não gerar conhecimento e não melhorar a qualidade dos produtos.

As empresas tinham o desafio de utilizar informações das inspeções para melhorar a qualidade, sendo assim precisou-se recorrer à estatística e começaram estudos sobre variabilidade dos processos, percebeu-se então que para aprovar ou reprovar peças, não era necessário inspecionar 100% das mesmas, mas sim partes destas, que tivesse uma representatividade e uma confiabilidade estatística.

2.2 Carta de controle

Segundo Brocka e Brocka, as cartas de controle, também conhecidas como gráficos de controle auxiliam no monitoramento da qualidade e estabilidade de um processo. Montgomery, complementa que um processo está sob controle quando tem variação devido a causas comuns ou causas aleatórias. Em um gráfico de controle as variações se situam entre o limite superior e inferior da especificação.

As cartas de controle, segundo Diniz, seguem um plano geral com algumas adaptações para casos específicos, porém todos se baseiam na distribuição normal constituindo um instrumento para o controle estatístico de processo.

Resumindo é utilizado para analisar e monitorar a variabilidade do processo. Esta ferramenta dispõe dos dados de forma a permitir a visualização do estado de controle estatístico de um processo e o seu monitoramento, quanto à locação e à dispersão dos itens de controle do processo.

Conforme Montgomery, através do CEP é possível controlar o comportamento das variáveis ao longo do tempo, através da inspeção por amostragem, reduzindo a variabilidade do processo, monitorando e vigiando o processo e estimando os parâmetros dos produtos ou processos.

O monitoramento dos processos através da inspeção por amostragem é uma maneira mais barata e despende menos tempo que a inspeção 100%.

2.3 Processo de Pintura nas Industrias Fabricantes de Estruturas de Aço

O aço tem-se consolidado como um dos principais materiais de construção industrial, mas devido à corrosão, seu sucesso depende de revestimentos eficazes e resistentes.

Destaca-se o revestimento por pintura, por ter entre outras características, a função anticorrosiva. Neste processo são aplicados produtos sobre a superfície que se pretende proteger. A pintura industrial constitui-se num método de proteção, de maior utilização na vida moderna, com larga utilização nas construções e objetos confeccionados em aço.

Complementando o exposto acima, Dias, descreve que a tinta age por barreira, servindo de anteparo para o meio ambiente em um processo físico, o qual deve ser o mais impermeável possível. As tintas de alta espessura têm como grande vantagem a economia de mão de obra, o qual o autor afirma poupar o equivalente a 8 demãos de tinta do tipo convencional. A impermeabilidade da camada de tinta tem extrema importância, pois dificulta a passagem de vapor de água e oxigênio.

Segundo Soares, é difícil precisar quando foi usada pela primeira vez, a tinta como elemento determinante de proteção anticorrosiva. Soares, afirma que devem ser definidos não só os fatores ou requisitos que determinam suas propriedades depois da aplicação, como também o seu desempenho ao longo do tempo, e respeitando-se ainda a determinados passos, por ocasião da aplicação da tinta, e que resumidamente é descrito a seguir:

- a) Preparação da superfície: tem por finalidade remover óleos, graxas, gorduras e principalmente produtos de corrosão. Esta limpeza é uma fase de extrema importância, pois as tintas sempre exigem antes de sua aplicação uma preparação da superfície, de modo a haver, um perfeito contato com a mesma. Visa também criar um perfil de rugosidade capaz de facilitar a adesão mecânica da tinta. Vale ressaltar, que os 2 tipos principais de preparação de superfícies utilizados na empresa são: jato de vidro e jato de granalha de aço;
- b) Aplicação da tinta de fundo ou primer: são aplicadas em uma ou mais demãos, e caracterizam-se normalmente por serem as responsáveis pela proteção anticorrosiva. A maioria dessas tintas é pigmentada com propriedades anticorrosivas, garantindo no contato com a superfície metálica, maior eficácia contra a corrosão. Há casos onde a tinta de fundo apenas facilita a adesão ou a aplicação do esquema da pintura;
- c) Aplicação da tinta de acabamento: aplicadas em uma ou mais demãos. Têm como objetivo não só conferir a cor final ao equipamento, e funcionam ainda como uma primeira barreira entre o eletrólito e a tinta de fundo, sendo conveniente que estas películas de tinta sejam bastante impermeáveis.

Soares, menciona que para a película de tinta cumprir a sua finalidade de proteção anticorrosiva, deve apresentar uma espessura mínima em função da natureza da tinta usada e da agressividade do meio corrosivo, pressupondo a seleção adequada no esquema de pintura para o meio indicado. De acordo com Dias, o processo de pintura de cada obra depende de fatores como contaminantes atmosféricos, direção dos ventos, temperatura máxima de trabalho, se é pintura nova ou re-pintura, conforme as tabelas do anexo A do presente trabalho. Para Soares, a definição da qualidade, num esquema de pintura durante a aplicação, é citar as propriedades e o desempenho esperado. Deve-se definir o preparo da superfície (grau de limpeza e rugosidade), a especificação das tintas (desempenho, natureza química etc.), as espessuras de demão, os intervalos entre uma demão e outra e os ensaios a serem realizados, em um esquema aplicado, com os resultados a alcançar. Outra medida é certificar-se que o esquema da pintura explicita-

do é adequado às particularidades do meio ambiente e das condições do equipamento que está sendo pintado.

2.3.1 Equipamento de Medição de Espessura da Camada Seca

De acordo com as informações disponibilizadas pela Elcometer, fabricante do equipamento Elcometer modelo 456, que é um medidor digital de camada seca de pintura, é o equipamento mais indicado para realizar a medição da espessura da camada seca de tinta em peças com superfície metálicas. É um medidor magnético, não destrutivo, que processa a leitura da espessura diretamente na escala do aparelho. É um modelo bastante utilizado, conhecido pela qualidade e tecnologia. Conforme normas brasileiras e internacionais, os equipamentos de medição devem ter comprovada sua eficácia através de análises metrológicas chamadas calibrações. Devido a Nova JVA possuir certificação ISO 9001/2010, e sendo necessário atender aos requisitos de controle de equipamentos e instrumentos de medição, este medidor de camada é calibrado e são mantidos todos os registros de calibração a aprovação do uso do equipamento.

Ribeiro e Caten, apud Mayer, observam que a análise do sistema de medição deve ser realizada antes da implantação do gráfico de controle para que se possa ter confiança nas medições encontradas. O autor sugere as seguintes avaliações para o sistema de medição:

- a) estabilidade: corresponde ao desempenho do sistema de medição ao longo do tempo, podendo ser avaliada através de gráfico de controle;
- b) tendência: definida pela diferença entre a média observada e um valor de referência;
- c) linearidade: diz respeito à verificação de desempenho de um dispositivo de medição ao longo da sua faixa de uso, para mostrar se a tendência é uniforme nas várias faixas medidas;
- d) repetitividade (ou variação): observadas quando várias medições são realizadas por um mesmo operador, neste caso quanto menor a diferença encontrada, melhor é a repetitividade. Esta avaliação compreende o intervalo que abrange 99% da variação esperada para uma distribuição normal, usando o desvio padrão como média ($VE = 5,5 se$);
- e) reprodutibilidade: consiste na diferença entre as medidas realizadas por diferentes operadores. Esta variabilidade é estimada determinando-se a média de cada operador, após calcula-se a amplitude e subtrai-se a menor da maior média. ($Ro = X_{max} - X_{min}$).

Conforme colocações de Werkema apud Mayer, os dados no gerenciamento de processos representam fonte de tomadas de decisão, sendo assim se torna necessário que os sistemas de medição forneçam resultados aceitáveis. A avaliação estatística da qualidade de medidas é um assunto bastante importante que contribui para a confiabilidade das medidas realizadas durante os processos.

2.3.2 Controle da Qualidade em Camada Seca para Liberação de Produto para o Cliente

Todo o processo de pintura, desde o jateamento abrasivo, aplicação, controle de ambiente, preparação das tintas e inspeção final da camada seca devem atender especificações e normas específicas. A Petrobrás expõe a norma N-2136 – Determinação do Perfil de Rugosidade para Pintura, que tem como objetivo fixar o método para determinar o perfil de rugosidade de superfícies metálicas submetidas a processo de preparo da superfície por meio de jateamento abrasivo. Esta norma N-2136 equivale a norma internacional ISO 4287 – Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface Texture: Profile Method - Terms, Definitions and Surface Texture Parameters. Para verificação do perfil de rugosidade deve-se utilizar um medidor de perfil de rugosidade do tipo agulha deslizante ou relógio, com precisão de pelo menos 5 μm .

Quanto a norma que determinada a espessura de camada seca, usa-se a Petrobras a N-2135 – Determinação da Espessura de Película Seca de Tinta, tendo como objetivo determinar a espessura de películas secas de tintas aplicadas em instalações terrestres e marítimas. Esta norma N-2135 equivale a norma internacional ISO 19840 - Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems - Measurement of, and Acceptance Criteria for, the Thickness of Dry Films on Rough Surfaces

3. Método de Pesquisa

O método de pesquisa, segundo o objetivo geral, utilizado para o desenvolvimento deste trabalho é o estudo de caso, pois trata-se de uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro do contexto real, quando os limites entre eles não estão definidos claramente. É uma estratégia de pesquisa que contribui para agregar conhecimento aos fenômenos individuais, organizacionais, sociais, políticos e de grupo. Gonçalves e Meirelles, expõem que o estudo de caso é um tipo de pesquisa que objetiva analisar profundamente determinada unidade, com um exame detalhado do ambiente, de um sujeito ou, de uma situação qualquer, que possa apresentar algum temperamento, uma curiosidade ou um valor científico na percepção e juízo de valor do pesquisador.

A referida pesquisa foi realizada na empresa Nova JVA, mais precisamente no setor de pintura. Possui 190 colaboradores diretos, sendo que o setor de pintura, local do estudo, conta com o auxílio de 16 colaboradores, entre Pintores e Auxiliares, além de 2 Inspetores de Pintura.

Para buscar os resultados da referida pesquisa foi realizada a medição na camada seca de tinta nas peças metálicas produzidas pela empresa estudada. As medições

de camada seca nas estruturas foi feita no correspondente a 10% da metragem quadrada de cada obra, conforme NBR 10443, equivalente a internacional ISO 19840. Para as cartas de controle, foi estabelecido o tamanho da amostra igual a 8. Este tamanho de amostra, considerado adequado segundo Montgomery, foi escolhido devido a grande disponibilidade de dados coletados, sendo 5248 medições. Quanto maior o tamanho da amostra para calcular a média de cada ponto de uma carta, mais se aproximará a média de cada ponto da média das médias de uma carta.

As inspeções foram realizadas com o auxílio do aparelho de medição Elcometer 456, as medidas foram coletadas de forma aleatória em cinco pontos distintos da estrutura, considerando os pontos de uma extremidade a outra, em locais diferentes. A localização destes pontos de coleta foi distribuída da seguinte forma: duas medidas em cada extremidade da estrutura e outra no centro da peça.

Para não haver distinção entre turnos e operadores, as inspeções foram realizadas em todos os turnos na qual a empresa trabalha, ou seja, no turno da noite e também durante o dia (manhã e tarde) no período de sete meses a partir de janeiro de 2009 até julho de 2009. Pelo fato da empresa trabalhar com diversos tipos de pintura e/ou tintas, os dados foram coletados em estruturas de diferentes sistemas de pintura, ou seja, com diferentes tipos de tintas. O método utilizado para a estratificação e apresentação dos dados deste estudo de caso consistiu no uso das seguintes técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade:

- a. folha de verificação: utilizada para sistematizar e organizar a coleta de dados, para a padronização dos procedimentos e avaliação dos processos;
- b. coleta de dados: os dados de camada seca de pintura das estruturas metálicas foi realizada com o medidor de camada Elcometer EMC01 calibrado. Outros dados também foram coletados, tais como: obra, clientes, tipo de tinta, tipo de estrutura, camada seca especificada, camada seca encontrada, pintor, turno, pressão da pistola, tipo de bico da pistola;
- c. média aritmética: utilizada para demonstrar a medida de tendência central no cálculo do desvio padrão;
- d. desvio padrão: para demonstrar a medida de variabilidade da camada seca de tinta no processo de pintura;
- e. carta de controle: utilizada para mostrar graficamente a distribuição dos pontos coletados ao longo das amostras, bem como os limites naturais de controle do processo;

- f. coeficiente de variação: utilizada para a comparação de distribuições diferentes mostrando o peso do desvio padrão sobre a distribuição.

Como existem diferentes especificações de camada seca, para uniformizar os dados e permitir análise sem “vício” ou viés estatístico, a camada seca que foi analisada é a diferença entre o especificado e o encontrado, que se chama dentro da estatística de “desvios do alvo”. Para a execução dos cálculos estatísticos e das ferramentas da qualidade foi utilizado o software Minitab Versão 15 e o MS Excel 2007.

4 Resultados

Com o objetivo principal de analisar a variabilidade da camada seca de pintura em estruturas metálicas produzidas e comercializadas pela empresa Nova JVA, iniciou-se o processamento dos dados coletados. Para alcançar os dois primeiros objetivos do estudo que são a coleta de dados e avaliação dos níveis de variabilidade sobre a espessura da camada seca de pintura presentes nas estruturas metálicas, foi utilizada a folha de verificação. Com a coleta dos dados, pelo Inspetor de Pintura da Nova JVA, os mesmos foram lançados na folha de verificação.

Para a análise dos resultados foram coletadas 5248 medidas de camada seca, provenientes de várias obras, no período de janeiro a julho de 2009. As mesmas foram coletadas em cinco pontos distintos para cada estrutura, em diversos pontos de uma extremidade a outra. Objetivou-se analisar os meses para apontar a variabilidade nos períodos. Objetivou-se analisar a variabilidade por obra devido a cada obra possuir sistemas de pintura diferentes. Com esta sistemática pôde-se obter a variabilidade por obra e por sistema de pintura.

Estas análises têm como referência uma medida que se chamam desvios do alvo. Este é a diferença entre a camada seca especificada pelos clientes e a camada seca encontrada. A análise estatística consistiu em utilizar as seguintes métricas: Média e Desvio Padrão e Coeficiente de Variação.

Foi utilizada a média aritmética como medida para uma comparação simples entre as obras e diferentes para os tipos de tinta. O desvio padrão foi utilizado para obtermos o conhecimento da variabilidade e para calcular o coeficiente de variação. O Coeficiente de variação foi utilizado para chegarmos ao nível de variabilidade, pois não podia-se comparar diretamente as grandezas dos desvios padrão, pois em determinadas obras foi especificado 40 μm e em outras 300 μm , além disso, tinham-se diferentes tipos de tinta, que poderiam também distorcer o desvio padrão. Segundo Fonseca e Martins, o através do coefi-

ciente de variação permite classificar a variabilidade como baixa, média e alta.

4.1 Interpretação dos Dados

Devido ao grande quantidade de histogramas e cartas de controle gerados pelas análises mensais e pelas várias obras, optou-se por não mostrá-los neste trabalho. Os histogramas foram utilizados para verificar graficamente a distribuição de frequência das medidas de camada seca encontrada.

As cartas de controle foram utilizadas para analisar a estabilidade do processo de pintura da camada seca de tinta, as mesmas foram realizadas por mês, independente da obra que a estrutura foi utilizada.

Segundo Montgomery, a intensão de detectar mudanças no processo é que determina o tamanho da amostra. Para maior confiabilidade estatística o ideal é coletar o maior número possível de amostras de tamanho grande.

Grandes amostras podem gerar mais custo e tempo, logo, amostras menos frequentes e menores podem ser utilizadas, sem perda de confiabilidade. Para Werlema se usa grandes amostras quando a coleta de dados é de baixa frequência. Para Juran, grandes amostras, de tamanho superior a 10, são necessárias para se detectar pequenas mudanças nos processos.

Segundo Ribeiro e Ten Caten, amostras de tamanho 4 a 5 são consideradas satisfatórias para detectar mudança nos processos. Paranthaman, afirma que se a coleta de dados for frequente, o tamanho da amostra pode ser de tamanho 4 a 5.

Devido ao grande número de coletas, necessárias para um controle efetivo da camada seca, sendo sua frequência diária e em vários casos mais de uma vez por dia, este trabalho adotou o tamanho de amostra igual a 8, que é uma amostra significativa e capaz de detectar variações.

Análise dos Dados

A análise da camada seca de tinta aplicada nas estruturas metálicas da empresa Nova JVA, realizada para o período de janeiro a julho de 2009, por obra através da média, dos gráficos de controle e histogramas permitiu as seguintes conclusões:

- a. **análise pelos períodos mensais:** No Quadro 1 observa-se que a média geral para todos os meses foi de 28 μm , que representa 20%, ou seja foi depositada na média geral 28 μm a mais de tinta. A média da camada abaixo do especificado, de todos os meses,

foi de $-20 \mu\text{m}$, ou seja faltou tinta em média $20 \mu\text{m}$ que corresponde a -16% . A média da camada acima do especificado foi de $45 \mu\text{m}$ que representa, ou seja para as camadas acima do especificado, as estruturas foram pintadas com $45 \mu\text{m}$ a mais que o especificado, 32% , do total de 5.248 medições. O desvio padrão médio foi de $43 \mu\text{m}$ e a média geral foi de $28 \mu\text{m}$.

Esta análise realizada por período serviu para observar o desempenho dentro de cada mês, salienta-se que o mês que melhor se destacou foi em Janeiro, sendo que a média abaixo do especificado foi de $-13 \mu\text{m}$, representando -8% e a média acima do especificado de $38 \mu\text{m}$, representando 22% .

Tabela 1. Análise mensal das obras
Table 1. Monthly review of works

Mês/2009	Número de Medições	Camada Média Abaixo do Especificado (μm)	Camada Média Abaixo do Especificado (%)	Camada Média Acima (μm)	Camada Média Acima (%)
Janeiro	841	-13	-8	38	22
Fevereiro	631	-13	-10	4	30
Março	875	-18	-16	44	37
Abril	772	-18	-11	38	29
Maio	571	-19	-12	36	43
Junho	887	-29	-20	59	31
Julho	671	-21	-20	59	38

b. análise por obra: devido a existência de diferentes tipos de tinta, pode-se observar no Quadro 2, que a variabilidade muda quando o sistema de pintura é diferente. Para a análise da variabilidade nas obras, foi utilizado o coeficiente de variação (CV) utilizando as medidas de película seca em μm encontrado. Foi utilizado o coeficiente de variação devido as obras possuírem especificações de camada e tintas diferentes.

No quadro 2 vê-se letras de "A" a "L". Estas letras representam o nome das obras e clientes, que por pedido na Nova JVA foram substituídos para manter confidencialidade.

Observa-se no Quadro 2 que a obra que apresentou o menor coeficiente de variação foi a obra "E" com CV de $0,11\%$ e a obra que apresentou maior coeficiente de variação foi a obra "D" com CV de $0,31\%$. Para Fonseca e Martins o coeficiente de variação que estiver menor ou igual a 10% significa que possui baixa variabilidade, se este percentual for maior que 10% e menor ou igual a 20% tem-se média variabilidade, porém se este estiver acima de 20% significa que possui alta variabilidade. Conforme se pôde observar, não existe nenhuma obra com o coeficiente de variação com baixa variabilidade. As análises que estão com média da variabilidade, ou seja, CV maior que 10% e menor ou igual a 20% , são em número de oito, sendo elas: "C" acessórios; "C" estruturas; "E"; "F"; "H"; "I"; "J" e "K". Se iguala a este número as obras que ficaram

com alta variabilidade, sendo: "A" acessórios; "A" estruturas; "B" acessórios; "B" estruturas; "D"; "G" acessórios; "G" estruturas; "L", pois tiveram CV acima de 20% .

c. análise pelas cartas de controle: as cartas de controle foram elaboradas com a variável desvios dos alvo. Através da análise das cartas de controle se pôde observar que em nenhum dos meses os processos apresentaram característica de estar sob controle estatístico. Nos processos fora de controle não se pode realizar melhorias, primeiro é necessário identificar e remover as causas especiais que deixaram o processo fora do controle estatístico. Já os processos sob controle estatístico, apresentam variações geradas por causas comuns, ficando os pontos dentro dos limites de controle.

d. proposta de estabelecimento dos limites de especificação para o processo: através da análise da camada média de tinta encontrada abaixo ou acima da especificação, na análise por período e na análise por obra, foi definido junto aos Departamentos da Qualidade e Industrial, os limites de especificações que a empresa irá adotar a partir de 2010. Estes limites se caracterizam da seguinte forma: limite superior de especificação igual a 20% (acima da camada seca especificada) e o limite inferior de especificação igual a 10% (abaixo da camada seca especificada), considerando os desvios do alvo.

Tabela 2. Análise por obra
Table 2. Analysis work

Obras	Especificado	Desvio Padrão (μm)	Coefficiente de Variação
"A" acessórios	100	27,86	0,22
"A" estruturas	120	37,19	0,24
"B" acessórios	100	33,59	0,25
"B" estruturas	120	38,95	0,26
"C" acessórios	170	30,20	0,16
"C" estruturas	300	47,71	0,14
"D"	100	32,34	0,31
"E"	150	17,90	0,11
"F"	210	34,00	0,16
"G" acessórios	40	17,42	0,30
"G" estruturas	80	36,33	0,21
"H"	100	21,82	0,20
"I"	300	56,04	0,15
"J"	300	48,41	0,14
"K"	290	60,46	0,19
"L"	180	52,50	0,24

5. Conclusão

- A pesquisa atingiu o objetivo proposto, qual seja, analisar os níveis de variabilidade da camada seca de pintura em estruturas metálicas produzidas pela empresa industrial Nova JVA. Ainda foram coletados dados como a avaliação dos níveis de variabilidade e a definição dos limites abaixo e acima da especificação, para os desvios do alvo.
- A conclusão principal é que a empresa está com variabilidade média e alta, conforme os cálculos pelo coeficiente de variação. Isto está gerando grande desperdício de tinta e retrabalho nas obras realizadas neste período, pois a média da camada seca geral especificada foi de 151,55 μm e a média da camada seca de tinta geral encontrada nas estruturas foi de 179,80 μm , ou seja 28,25 μm a mais de tinta, correspondendo a 18,64 %. Os resultados coletados foram apresentados ao Gerente Industrial, no mês de outubro de 2009.
- Por conseguinte, esta conclusão leva a outra conclusão, ou seja, a empresa precisa destinar ações para reduzir a variabilidade. Com nestes trabalho, a pedido do Gerente Industrial, tomando conhecimento científico das perdas, tomou a decisão de montar um grupo de melhoria, que iniciou os trabalhos na segunda semana de novembro de 2009, tendo como objetivo a redução da variabilidade, a melhoria da qualidade e consequentemente a redução do excesso de camada seca encontrada nas estruturas. A composição do grupo de melhoria, foi sugerida na reunião de apresentação dos dados e não foi objetivo deste estudo.
- Concluiu-se também que a empresa precisa estabelecer metas para que os profissionais do Setor Pintura, tenham conhecimento dos valores aceitáveis pela empresa quanto aos limites de especificação superior e inferior. Conhecida a variabilidade e as perdas geradas pela mesma do processo de pintura, avaliando a camada seca, permitiu-se que a empresa adotasse internamente, independente do cliente, metas para a camada seca nas estruturas de aço, que correspondem ao limite superior de especificação e inferior de especificação do seu processo. Estes limites (metas) ficaram definidos como: Camada máxima acima da especificação igual 20% e camada máxima abaixo da especificação igual a 10%. Estes percentuais tem como referência a especificação em μm . Desta maneira, será possível monitorar o desempenho do processo ao longo do tempo.
- A pesquisa ainda contribuiu para o conhecimento da importância de se conhecer a variabilidade, das consequências da mesma, onde se mostrou os seus níveis para a camada seca de pintura. Pode-se ver no Quadro 1 que os níveis de variabilidade estão entre média e alta. Tal constatação comprova que a estatística é uma

ferramenta científica de apoio a tomada de decisão e que permite o direcionamento de esforços no sentido da sua redução, contribuindo também para a redução de custos gerados pela variabilidade.

- Para finalizar, além de todas as conclusões acima, a empresa precisa quantificar as perdas financeiras com o excesso de camada, pois se sabe que algumas tintas custam no Brasil até R\$ 50,00 (U\$ 29,00, considerando que para comprar U\$ 1,00 paga-se R\$ 1,70 no Brasil). Isto se justifica, pois se constatou que em média a empresa está depositando 28,25 µm a mais de tinta nas obras, correspondendo a 18,64% acima da camada especificada. Ou seja, do orçamento da tinta, que é feito no início de cada obra, tem-se uma perda de 18,64%. Portanto a redução da variabilidade contribuirá diretamente para a redução dos custos de pintura.

Referências

- [1] FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da Qualidade Total**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- [2] MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- [3] VERZONI, José Elizeu. **O Aço em Evidência. Construção metálica**. São Paulo, ed. 90, p. 4, 2008.
- [4] SINMETAL. **Análise Econômica Setorial do 3º Trimestre de 2008**. Disponível em <http://www.sinmetal.com.br/sinmetal/informacoes.asp> . Acesso em: 15 abr. 2009.
- [5] ACIM - Associação Comercial, Industrial, Serviços e Agropecuária de Marau. Disponível em: <http://www.acim-marau.com.br/>. Acesso em: 15 mar. 2009.
- [6] GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: A visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [7] BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. (Org). **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.
- [8] DEMING, W. Edwards. **O americano que ensinou a qualidade total aos japoneses**. Rio de Janeiro: Record, 1993.
- [9] JURAN, Joseph M. **Planejamento para a qualidade**. Tradução João Mário Csillag Cláudio Csillag. 2ª ed. São Paulo: Pioneira, 1992.
- [10] CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total** (no estilo japonês). Belo horizonte, Fundação Cristiano Ottoni Escola de Engenharia, 1994.
- [11] MAYER, Paulo César. **Redução da variabilidade em uma linha de produção de chapas de corpo de silos de grãos de corrugação 4" através da implantação do controle estatístico do processo**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [12] BROCKA, Bruce, BROCKA, M. Suzanne. **Gerenciamento da Qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- [13] DINIZ, Marcelo Gabriel. **Desmistificando o Controle Estatístico de Processo**. São Paulo: Artliber, 2001.
- [14] WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Sografe, 1995.
- [15] SOARES, Valentina de Lourdes Milani de Paula. **Aplicação e Implantação do Controle Estatístico de Processo em Pintura Industrial** Disponível em <http://www.qualimetria.ufsc.br/dvalentina.htm>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- [16] DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. São Paulo: Zigurate Editora, 1997.
- [17] ELCOMETER. **New: Elcometer 456 coating thickness gauges with Bluetooth**. 2009. Disponível em: <http://www.elcometer.com/international%20index%20pages/international/product%20pages%20-%20English/product%20pages/main%20pages/456.htm>. Acesso em: 06 mai. 2009.
- [18] YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- [19] GONÇALVES, Carlos Alberto; MEIRELLES, Anthero de Moraes. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2004.