

# Aplicação do controle estatístico de processo em uma indústria do setor metal-mecânico: um estudo de caso

Jefferson Caburon (UEM) [caburon@hotmail.com](mailto:caburon@hotmail.com)  
Daily Morales (UEM) [dmorales@uem.br](mailto:dmorales@uem.br)

**Resumo:** *O trabalho proposto tem por objetivo demonstrar a aplicação dos conceitos do Controle Estatístico de Processos em uma empresa do setor metal-mecânico, através do uso das ferramentas da qualidade, difundindo na empresa os conceitos da qualidade total, preparando-a para novos projetos de gestão pela qualidade. De forma específica, buscou-se a implantação dos conceitos de Controle Estatístico ao processo de usinagem, analisando seu comportamento, verificando sua estabilidade e capacidade em atender às especificações de engenharia. Para tal, inicialmente, realizou-se uma análise da situação atual do processo, através de amostragens realizadas durante o mesmo. Posteriormente, para a análise e interpretação dos dados foram aplicados os gráficos de controle de  $\bar{x}$  e R.*

*A partir da análise dos gráficos, implementou-se um plano de ação para neutralizar as causas especiais de variação e, posteriormente, realizou-se uma segunda amostragem a fim de observar a efetividade do plano de ação.*

**Palavras-chave:** *Controle Estatístico de Processos; Qualidade; Produtividade.*

## 1. Introdução

O cenário econômico atual proporciona às empresas um ambiente de alta competitividade. Assim, para que se possa sobreviver no atual ambiente empresarial são necessárias cada vez mais a redução de custos e a excelência em produtos e serviços. Dessa forma, a redução nos custos de produção e a busca pela qualidade implicam diretamente na competitividade do produto diante de seus concorrentes.

Controlar estatisticamente as variações do processo possibilita assegurar a qualidade dos itens produzidos sem se fazer necessário a inspeção de todas as unidades produzidas, além de possibilitar a análise do processo em produzir itens segundo as especificações de engenharia, possibilitando um processo enxuto e com menores custos.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Conceito de qualidade

Atualmente fala-se muito em qualidade e nas vantagens competitivas que ela proporciona às organizações, ou seja, o termo qualidade abriga simultaneamente a perspectiva de mercado e a da empresa. No entanto, o esse conceito vem sendo discutido e estudado há algumas décadas, obtendo assim, várias abordagens.

Deming (1990) definiu qualidade como sendo o atendimento às necessidades dos clientes, homogeneidade dos resultados do processo, previsibilidade e redução da variabilidade. Inspirado pelas necessidades dos clientes e desenvolvido através do aprimoramento dos processos, esse sistema da qualidade apóia-se em uma postura de melhoria contínua e conseqüente transferência dos resultados aos clientes.

Crosby (1990) ficou conhecido na década de 60 através do conceito de “zero defeito” e inovou conceituando “o custo da prevenção” na garantia da qualidade, que até então era de inspeção, teste e verificação. Sua abordagem apresenta como ponto forte uma forma estruturada de mudança na cultura da organização através do envolvimento de toda a

organização em torno de metas da qualidade claramente estabelecidas e avaliadas periodicamente, assegurando que melhoria da qualidade é um processo e não um programa e, portanto, deve-se ocorrer de forma contínua e com bases sólidas.

Assim, a qualidade tornou-se um dos principais fatores de comparação no atual contexto competitivo, e cabe às empresas acompanhar tais alterações para manterem sua sobrevivência e competitividade no mercado.

## **2.2 Ferramentas da qualidade**

Em seus estudos, Ishikawa (1993) afirmava que o uso das ferramentas da qualidade resolve aproximadamente 95% dos problemas de qualidade em qualquer tipo de organização, seja ela industrial, comercial, de prestação de serviços ou pesquisa.

Algumas dessas ferramentas são mais apropriadas para identificação de problemas, outras servem para análise de problemas e existem aquelas que podem ser utilizadas tanto na fase de identificação como na análise. As ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho serão descritas abaixo.

### **2.2.1 Diagrama de causa e efeito**

É uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo e seus fatores, que por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. Esta ferramenta é comumente chamada de Gráfico Espinha de Peixe, também conhecido por Diagrama de Ishikawa.

Sobre um efeito, basicamente, interagem várias causas, das quais se deve verificar o relacionamento, interação direta ou indireta entre elas e como se comportam em relação ao resultado comum do processo.

Através do diagrama causa-efeito, pode-se verificar os vários fatores de produção que dizem respeito ao conjunto de fatores vitais do processo como máquinas, matéria prima, mão de obra, ambiente, método de trabalho entre outros, os quais influenciam diretamente na variabilidade dos processos.

### **2.2.2 Histograma**

O histograma é uma ferramenta estatística que fornece a frequência de ocorrência de um determinado valor ou classe de valores em um grupo de dados. Objetiva captar a informação contida em uma tabela, dando visão rápida e objetiva da questão a ser analisada.

É um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável qualitativa. No eixo vertical tem-se a área que deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo do eixo horizontal indicado. No eixo horizontal tem-se a amplitude das classes e no eixo vertical a frequência de ocorrência dos valores.

Através do histograma obtêm-se uma análise descritiva dos dados determinando a natureza de sua distribuição.

### **2.2.3 5W-1H**

Sigla que dá nome a um instrumento de gestão utilizado em Programas de GQT – Gestão pela Qualidade Total, que tem por objetivo a programação das ações de forma precisa e padronizada, evitando divagações e direcionando para resultados. Resulta da junção das

letras iniciais de seis palavras da língua inglesa: *Why* (Por que?), *What* (O que?), *Who* (Quem?), *When* (Quando?), *Where* (Onde?) e *How* (Como?). Tem sido usada também na versão 5W+2H, incorporando o acréscimo da expressão *How Much* (Quanto?).

#### 2.2.4 Gráfico de controle

É uma ferramenta que representa e registra tendências de desempenho seqüencial ou temporal de um processo, ou seja, mostra características de controle de qualidade e sua variação ao longo do tempo. Através da análise do gráfico, pode-se verificar se o processo está ou não sob controle, monitorando e detectando possíveis causas de variação.

Um gráfico de controle típico exibe três linhas paralelas: A linha central  $\bar{x}$  que representa o valor médio do característico de qualidade que será estudado, o Limite Superior de Controle (LSC) e o Limite Inferior de Controle (LIC).

### 2.3 Controle estatístico do processo

Segundo Montgomery (2004), “o Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da variabilidade”.

O CEP é um método para o monitoramento de qualquer processo produtivo e tem o objetivo de controlar a Qualidade dos produtos ou serviços no momento em que estão sendo produzidos. Assim, o operador pode agir de imediato se for constatado qualquer tipo de anomalia no processo.

Desta forma, o CEP cria um ambiente voltado para a qualidade na organização no qual todos os colaboradores desejam e trabalham em função da melhoria contínua da qualidade e da produtividade. Neste contexto, a aplicação das ferramentas se torna parte integrante e comum os procedimentos diários e leva a organização à obtenção de seus objetivos e metas.

É fundamental salientar que o CEP não é um programa, nem uma campanha que tenha um início ou um fim, ele é, antes de tudo, uma filosofia de trabalho, onde o operador terá condições de prevenir o descontrole do processo produtivo, na qual há uma mudança comportamental em toda a organização voltando-a para uma cultura da qualidade.

Portanto, o CEP não é ferramenta que por si só implantada traga sucesso no sentido de garantir a qualidade dos produtos manufaturados, mas sim uma ferramenta importante do sistema de gerenciamento da qualidade no sentido de manter e melhorar resultados.

Em sua metodologia, o CEP trabalha com técnicas estatísticas para analisar o comportamento do processo de fabricação e efetuar ações corretivas que permitam mantê-lo dentro de condições preestabelecidas a partir do momento em que for inserido em um programa de melhoria contínua.

Através deste controle, obtém-se uma redução nos custos diminuindo e evitando desperdícios e retrabalho. Além disso, há um ganho expressivo na produtividade, uma vez que se identifica e eliminam-se as causas de variação do processo, reduzindo a necessidade de inspeção de produtos.

Portanto, o CEP é um método preventivo de se comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, e eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las ao máximo. O CEP é uma metodologia que permite conhecer o processo, mantê-lo sob controle estatístico e melhorar sua capacidade.

### 3. Estudo de caso

A empresa objeto do estudo situa-se na região noroeste do estado do Paraná, atendendo clientes em grande parte do território nacional, concentrando seus principais negócios nas regiões sul e sudeste. A sua atividade industrial é a fabricação de peças para carretas e *trucks*, possuindo um mix de cerca de 300 produtos, atendendo basicamente, o mercado de reposição.

O estudo realizado na indústria iniciou-se em meados do mês de julho de 2005, quando através de análises dos índices de crescimento da empresa aliado com as metas definidas para médio e longo prazo, verificou-se a oportunidade em implantar um processo de gestão pela qualidade, desenvolvendo uma estrutura capaz de suportar o crescimento das vendas, assim como o fornecimento às grandes empresas e montadoras.

O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: diagnóstico da situação atual da empresa, desenvolvimento do modelo de implantação do CEP, implantação dos controles no processo e verificação e análise dos resultados obtidos.

#### 3.1 Diagnóstico da situação atual da empresa

Através da análise da situação atual da empresa identificou-se a necessidade de ministrar treinamentos de forma a desenvolver na equipe interna os conceitos da qualidade, assim como sua importância para os objetivos da empresa e para o desenvolvimento pessoal de cada colaborador, a fim de ambientar e preparar os colaboradores para as mudanças propostas.

Os treinamentos foram desenvolvidos através de mini-cursos e reuniões técnicas realizadas durante o horário de trabalho. O quadro 1 indica os principais treinamentos realizados na empresa.

Quadro 1. Treinamentos e mini-cursos realizados na empresa

Módulo	Público Alvo	Carga Horária
A Qualidade Total	Toda a Empresa	4 horas
5 S's	Toda a Empresa	10 horas
Ferramentas da Qualidade	Produção	4 horas
Conceitos do CEP	Produção	4 horas
Implantação do CEP	Produção	2 horas
TOTAL		24 horas

Além dos treinamentos ministrados na empresa, outros cursos externos foram oferecidos aos colaboradores como Análise e Melhoria de Processos, Produtividade Industrial e Utilização dos Instrumentos de Medição.

Em um processo de gestão da qualidade, muitas vezes, não basta aplicar técnicas que levam à qualidade total, é necessário criar uma “cultura da qualidade” na organização, a fim de que todas as áreas estejam envolvidas e empenhadas nos objetivos estabelecidos. Logo, o treinamento é uma ferramenta fundamental nesse processo, pois capacita os colaboradores a enxergar a qualidade com o enfoque correto a fim de se obter a plena satisfação dos clientes internos e externos.

### 3.2 Metodologia e modelo proposto de implantação do CEP

A metodologia proposta se baseou no modelo proposto por Montgomery (2004, p. 209-212), Breyfogle (1992, p. 338-343) e Owen (1989, p. 315-328). No entanto, foram necessárias algumas adaptações e adequações dos procedimentos e etapas do processo de implantação de acordo com a capacidade e maturidade da empresa, considerando-se suas particularidades produtivas e complexidade do processo produtivo analisado.

As atividades desenvolvidas, segundo a abordagem modelada, estão basicamente descritas no fluxograma da figura 1. O desenho de uma metodologia para a implantação do CEP fez-se necessária, uma vez que, facilitaria o entendimento das técnicas utilizadas na aplicação das ferramentas estatísticas do CEP e permitiria a fácil visualização de quais etapas seriam desenvolvidas durante o processo de implantação.

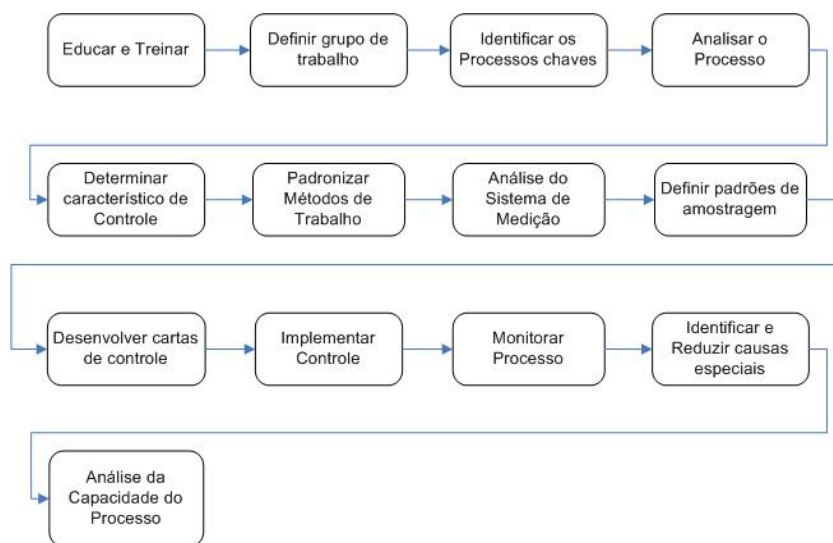


Figura 1 . Modelo Proposto para implantação do CEP

Para a escolha do produto piloto para a implementação do CEP, utilizou-se como fator preponderante a demanda e a complexidade nos processos de fabricação. Posteriormente, analisaram-se seu processo produtivo bem como os fatores que influenciam na produção como matéria-prima e materiais secundários.

O produto possui um processo de fabricação simples, baseado em três operações básicas que são: corte, usinagem e fosfatização. Selecionou-se para o estudo o diâmetro da ponta do rolete como característica de qualidade, uma vez que a mesma apresenta um maior grau de importância sob o ponto de vista da segurança, do custo, qualidade e necessidades do cliente.

A figura 2 mostra o desenho tridimensional, destacando “em amarelo” a característica da qualidade a ser avaliada.

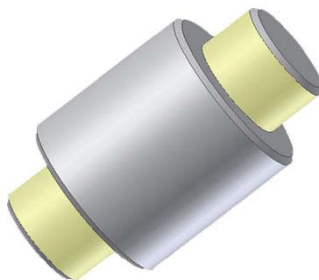


Figura 2. Rolete Bendix

### 3.3 Implantação das cartas de controle

Em todos os pontos selecionados para a aplicação das cartas de controle considerou-se que o processo era idêntico e normalmente distribuído, objetivando com isso facilitar a compreensão dos operadores no uso das cartas e descoberta de possíveis problemas na análise investigativa das amostras coletadas.

As cartas escolhidas para análise da característica em estudo foram  $\bar{x}$  e R, consideradas como as mais simples em termos de operacionalização e eficientes nos resultados que apresentam quando se utilizam subgrupos de tamanho menor ou igual a dez. Foram realizadas amostragens em dois lotes em diferentes períodos.

#### 3.3.1 Amostragem 1

Na primeira amostragem realizada verificou se processo assume uma característica de distribuição normal. Assim, foram coletadas 120 amostras divididas em 24 subgrupos de 5 itens.

O histograma da figura 3 e os gráficos da figura 4 mostram o comportamento estatístico da amostragem realizada.

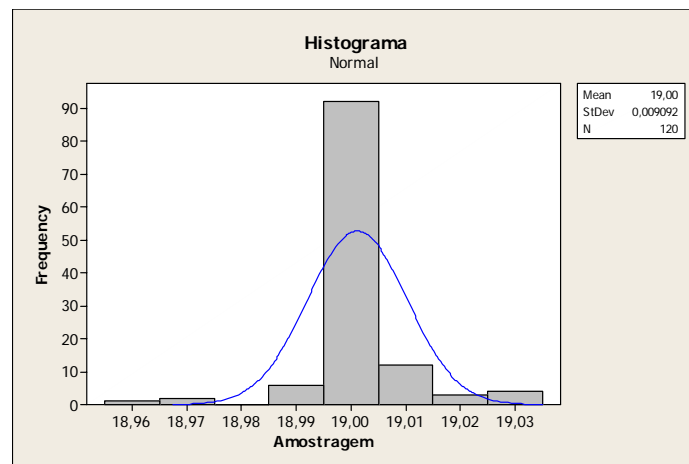


Figura 3. Histograma da amostragem 1

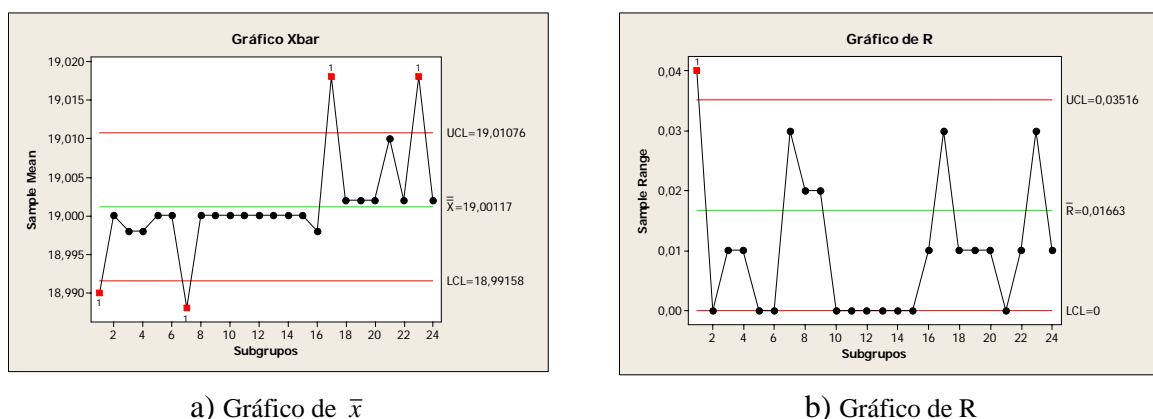


Figura 4. Cartas  $\bar{x}$  e R da amostragem 1

Através da análise dos gráficos foi possível verificar o comportamento do processo e identificar a existência de causas especiais. Além disso, verifica-se que o processo não está sob controle estatístico, uma vez que, além de existirem causas especiais pode-se observar

também a ocorrência de seqüências. Entretanto, a primeira amostragem não tem por objetivos avaliar a capacidade do processo, mas sim indicar a ocorrência de causas comuns e especiais.

Dessa forma, foi necessária uma investigação para identificar as origens das causas especiais e analisar o conjunto de causas comuns que afetam o processo gerando o comportamento apresentado pelos gráficos.

### 3.3.2 Identificação das causas comuns e especiais

Após a primeira amostragem percebeu-se que o processo apresentava problemas quanto à sua estabilidade, ou seja, notou-se a ocorrência de causas especiais. Assim, através da análise do Diário de Bordo – que é uma carta na qual os operadores relatam todo e qualquer fato que tenha contribuído para o desvio do processo – foi possível identificar o motivo da ocorrência dos pontos fora de controle.

Para identificar as causas fundamentais de ocorrência para as variações, realizou-se um *brainstorming*. Após a realização do *brainstorming*, montou-se um diagrama causa-efeito, ilustrado na figura 5.

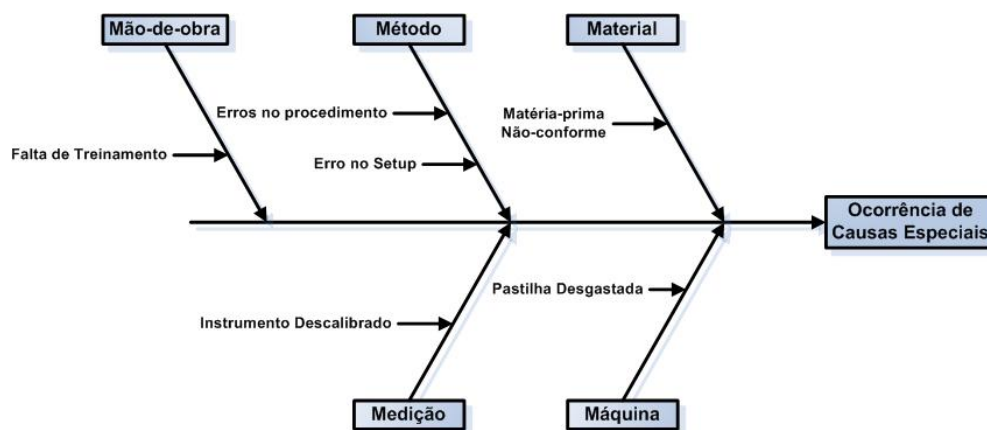


Figura 5. Diagrama Causa-Efeito

Durante a realização do brainstorming foram levantadas várias causas potenciais para as variações, enfatizando as mais prováveis, que serão os alvos iniciais a serem atacados na busca da estabilização do processo.

### 3.3.3 Identificação das causas comuns e especiais

Após a análise do diagrama causa-efeito e análise do diário de bordo, implementou-se o seguinte plano de ação, ilustrado no quadro 2, utilizando a ferramenta 5W+1H, na busca da estabilização do processo.

Quadro 2. Plano de ação

O quê	Onde	Quem	Por quê	Como
Análise da Pastilha do CNC	Fábrica / Fornecedor	Representante/Gerente de Produção	Verificar o comportamento da pastilha durante o processo produtivo	Acompanhamento do desempenho da pastilha durante o processo produtivo
Desenvolver Treinamento	Sala de Treinamento	Gerente de Produção	Esclarecer dúvidas quanto aos procedimentos operacionais	Aula expositiva

### 3.3.4 Amostragem 2

Após o desenvolvimento e aplicação do plano de ação, foi realizada uma segunda amostragem a fim de observar a efetividade das medidas listadas no mesmo.

Para a segunda amostragem foram coletadas 60 amostras divididas em subgrupos de tamanho 5. O histograma da figura 6 e os gráficos da figura 7 mostram o comportamento estatístico da amostragem realizada.

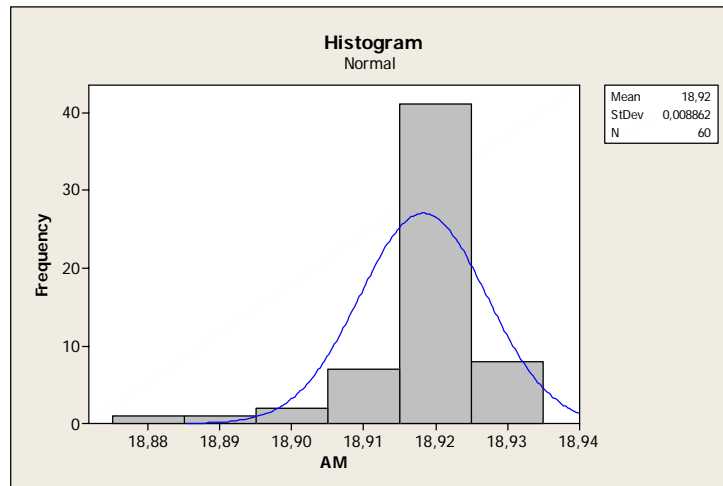
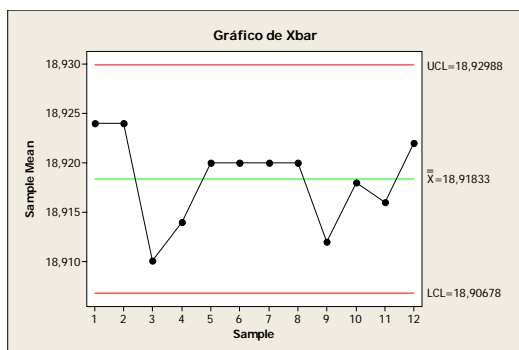
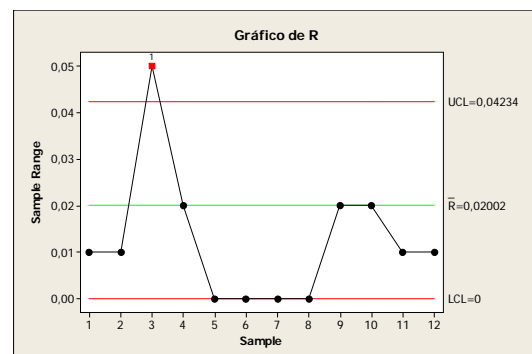


Figura 6. Histograma da amostragem 2



a) Gráfico de  $\bar{x}$



b) Gráfico de R

Figura 7. Cartas  $\bar{x}$  e R da amostragem 2

## 3.4 Análise da capacidade do processo

Após a análise dos gráficos de  $\bar{x}$  e R, é possível avaliar a capacidade do processo. Para tal, utilizou-se uma ferramenta do software MINITAB. Assim, optou-se por fazer duas análises da capacidade, a primeira com os limites de especificação atuais do processo (Figura 8) e, a segunda, simulando limites de especificação menores (Figura 9).

### 3.4.1 Análise da capacidade atual



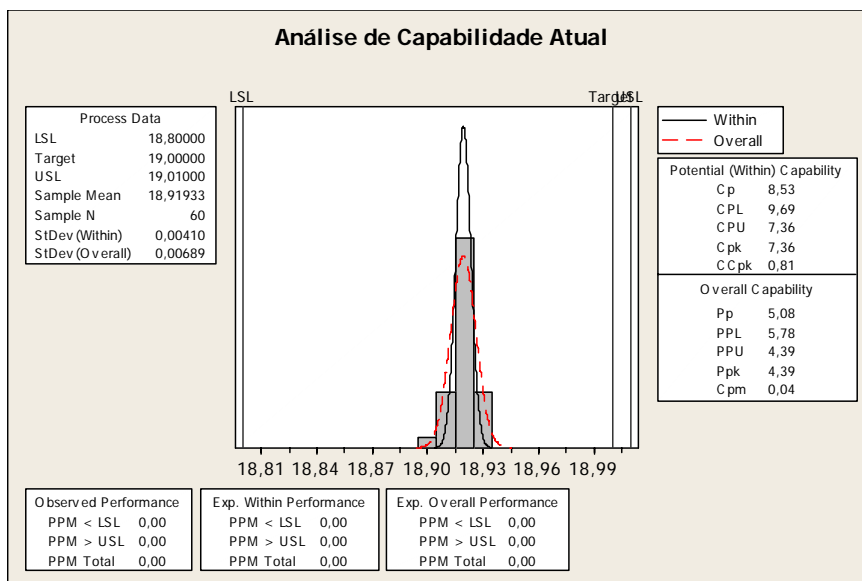


Figura 8. Análise da capacidade atual do processo

Através da análise do estudo da capacidade do processo, conclui-se que por seus valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$  serem maiores que dois e relativamente altos, temos que o processo é totalmente capaz de produzir itens dentro dos limites de engenharia especificados (Valor Nominal: 19,00 mm ; LSE: 19,01 mm; LIE: 18,80 mm).

### Análise da Capacidade Projetada

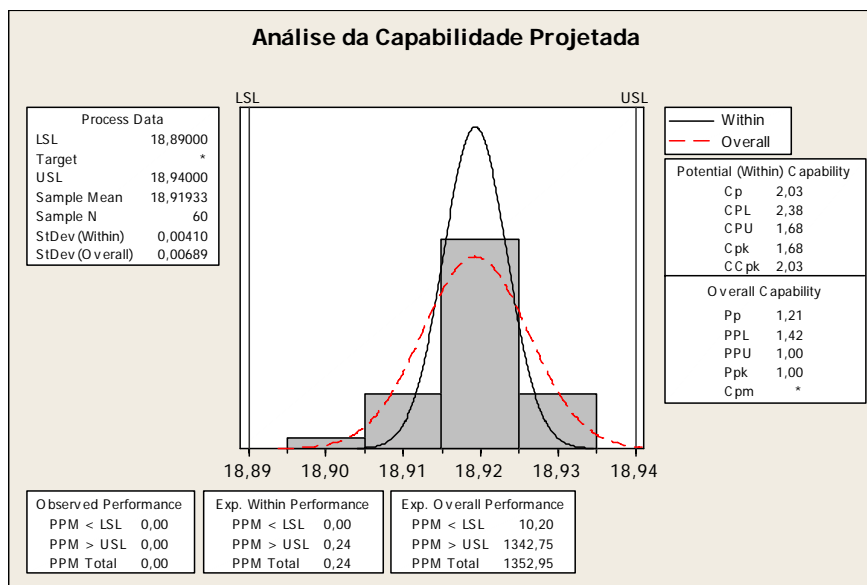


Figura 9. Análise da capacidade projetada do processo

Nesta análise buscou-se avaliar a capacidade do processo em produzir itens dentro dos limites de especificação (LSE: 18,94 mm; LIE: 18,89 mm).

Analisando os dados da capacidade, podemos concluir que o valor de  $C_{pk}$  é maior que 2,03, logo, temos que o processo está centralizado e é capaz de produzir itens conforme as especificações determinadas.

A principal diferença entre os valores potenciais ( $C_p$ ) e totais ( $C_{pk}$ ) é que se tratando de capacidade potencial tem-se a indicação de que o processo está ou não fora de controle, enquanto para capacidade total, tem-se a influência dos subgrupos nessa análise.

#### 4. Discussão e conclusões

Os resultados verificados na implantação do CEP, já no início dos estudos, indicaram uma mudança no comportamento das pessoas as quais passaram a ter uma visão da importância na preocupação com a qualidade do produto e do sistema produtivo do qual fazem parte.

No aspecto prático da implantação das cartas de controle, constatou-se que o processo avaliado não está sob controle estatístico, assim, necessitando de um trabalho de análise detalhada dos fatores que influenciam no processo produtivo. Dessa forma, após a análise do processo e implementação de um plano de ação a fim de eliminar as causas especiais, observou-se uma melhora significativa no processo, possibilitando o cálculo da capacidade do mesmo.

No cálculo da capacidade do processo, optou por analisar a capacidade atual, com os limites de especificação de engenharia, e outro cálculo simulando limites de especificação menores.

Porquanto, o fator mais importante na implantação da metodologia do CEP, foi a qualificação dos operadores e da empresa em implantar a metodologia em outros produtos.

Além disso, estenderam-se por todos os setores da empresa os conceitos da qualidade, observando-se uma evolução no aspecto do comprometimento dos colaboradores com o programa de qualidade, possibilitando à empresa a garantia da qualidade de seus produtos perante seus clientes através de dados estatísticos.

Por sua vez, cabe ainda ressaltar que a implantação do CEP no produto escolhido não apresenta para a empresa, hoje, vantagem competitiva, pois para os clientes atuais, tratando-se de um mercado de reposição, a variação que foi avaliada não representa muito em relação ao produto. Entretanto, de acordo com os objetivos estratégicos da empresa a médio e longo prazo, representou uma grande evolução para empresa no processo de prospecção de clientes de alto padrão.

Logo, o objetivo geral da implantação do CEP é preparar a empresa para o crescimento e capacitá-la a implantar o controle estatístico em seus processos, a fim de fornecer seus produtos para grandes clientes, os quais exigem certos padrões de qualidade. Com a análise da capacidade do processo estudado, observou-se que é possível produzir itens segundo especificações, relativamente “estretas” que, por sua vez, venham a ser exigidas por determinados clientes.

#### 5. Referências bibliográficas

DEMING, Edwards W. **Qualidade: A revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990. 367 p.

CROSBY, Philip B. **Qualidade: Falando sério**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 201 p.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221 p.

BREYFOGLE, Forrest W. **Statistical methods for testing, development and manufacturing**. 1 ed. USA: John Wiley & Sons Inc, 1992. 516 p.

OWEN, Mal. **SPC and Continuous Improvement**. 1 ed. USA: IFS Publications, 1989. 368 p.