

**Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA  
METALÚRGICA: UM ESTUDO DE CASO**

**STATISTICAL PROCESS CONTROL IN A METALLURGICAL INDUSTRY: A  
CASE STUDY**

Gerson Rafael Schuster, David Becker da Silva, Jair Antonio Fagundes, Leandro Dorneles e  
Edio Polacinski

**RESUMO**

Nos atuais mercados competitivos, busca-se, acima de tudo, maiores lucros e crescimento sustentável, os quais podem ser obtidos, dentre outras formas, através de melhorias em processos dentro das empresas. A aplicação de um controle estatístico de processo (CEP) nas indústrias permite a previsão das diversas variações nos processos, atuando assim de maneira preventiva, ou seja, antes de ocorrerem defeitos, garantindo a qualidade no produto final. Assim, este artigo tem como objetivo, destacar a aplicação do CEP, bem como os benefícios que esta aplicação oferece para a melhoria da qualidade dos produtos gerados por estes processos. A metodologia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso, realizado em uma empresa do setor metal mecânico, localizada na região sul do Brasil, que por motivos de confidencialidade, não será identificada. Os principais resultados alcançados foram: a identificação do setor onde poderia ser implantado o CEP e a redução do índice de capacidade, ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar produtos dentro da faixa de especificação, através da aplicação do CEP.

**Palavras-chave:** Qualidade, Ferramentas da Qualidade, Controle, Processos, Indústria.

**ABSTRACT**

In today's competitive markets we seek, above all, higher profits and sustainable growth, which can be achieved, among other ways, through improvements in processes within companies. The application of the statistical process control (CEP) in industries allows the prediction of different variations in processes, thus acting in a preventive manner or, in other words, prior to the defects occur, ensuring quality in the final product. Thus, this article aims to highlight the application of CEP, as well as the benefits that this application offers to improve the quality of the products generated by these processes. The research methodology used was the case study conducted in a company in the metal mechanic sector, located in southern Brazil, which for reasons of confidentiality, will not be identified. The main results were the identification of the sector in which the CEP could be implanted and the reduction of the capability index or, in other words, the capacity of a given process to manufacture products in the range of specification through the application of the CEP.

**Keywords:** Quality, Control, Statistics, Processes, Industry.

## **1. INTRODUÇÃO**

Com o aumento da competitividade nas indústrias metalúrgicas faz-se necessária a utilização de ferramentas estatísticas capazes de controlar a qualidade dos produtos, garantindo assim redução nos custos de produção e aumento nos ganhos de produtividade.

Segundo Juran (1995), não existem processos produtivos livres de variabilidade, portanto não é possível produzir produtos idênticos. Esta variabilidade seja da matéria-prima, da máquina, ou proveniente do operador, é a responsável pela geração de produtos “não-conformes”.

Desta forma, este artigo apresenta as principais ferramentas estatísticas utilizadas no controle do processo produtivo, como o Controle Estatístico do Processo (CEP) e o Estudo de Capabilidade de Processo. Este estudo também demonstra a importância e a aplicabilidade das ferramentas anteriormente citadas, dentro de uma indústria metalúrgica, permitindo assim uma melhor gestão dos processos, e possibilitando auxílio na tomada de decisões e redução das perdas geradas nos mesmos.

### **1.1. Objetivo**

Assim, exatamente em função dos aspectos anteriormente citados, destaque-se que o objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso sobre uma aplicação de CEP em uma indústria metalúrgica. Justifica-se a realização desta pesquisa pela possibilidade de identificar uma aplicação de CEP, em uma situação real, em uma empresa que é referência internacional em seu segmento de atuação. Diante disso, espera-se oferecer subsídios de informações relacionados à temática proposta a acadêmicos, pesquisadores e, profissionais interessados no assunto.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Conceitos da Qualidade**

Inicialmente, observa-se que o conceito da qualidade estava associado à definição de conformidade com as especificações dos produtos. Mais tarde, esse conceito evoluiu para a visão de satisfação do cliente. Atualmente, trabalha-se com o termo qualidade total, que busca a satisfação não só dos clientes, mas também dos funcionários, acionistas, da comunidade e do meio ambiente.

Desta forma, qualidade é um tema muito discutido e estudado, e, portanto, existem muitos conceitos e definições para o termo. William Edwards Deming tinha uma visão muito ampla da qualidade e, conseqüentemente, ideias muito mais abrangentes. No entanto, um dos grandes enfoques da qualidade é voltado para a aplicação da estatística (SOMMER *apud* GALUCH, 2002).

Observe-se que Crosby 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. Este autor apresenta como ponto forte uma forma estruturada de mudança na cultura da organização e ainda assegura que a melhoria da qualidade é um processo, e não um programa, e, assim, deve ser permanente e estável (BARÇANTE *apud* GALUCH, 2002).

Por outro lado, Feigenbaum ficou conhecido como o pai do *Total Quality Control* (TQC), que foi traduzido para o português como Controle de Qualidade Total (CQT) sob o aspecto sistêmico, e definiu qualidade como sendo um conjunto de características do produto,

tanto de engenharia como de fabricação, que determinam o grau de satisfação do consumidor durante o uso (SOMMER *apud* GALUCH, 2002).

Neste contexto, identifica-se o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), que é uma das vertentes do Controle da Qualidade. Segundo Reis *apud* Mergulhão (2003), o CEQ seria uma forma (ou talvez um procedimento) de estudo das características de um processo (Qualidade), com o auxílio de números – dados (Estatísticos) de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada (Controle). Um processo seria qualquer conjunto de condições ou causas, que trabalham conjuntamente para produzir certo resultado. O CEQ procura monitorar o processo e agir sobre ele de maneira que o seu resultado contribua para atingir os padrões necessários previstos de adequação ao uso.

Acrescente-se, a partir de Toledo, Batalha e Amaral (2000), que o CEQ está relacionado à área de desenvolvimento de ferramentas estatísticas de amostragem e de controle estatístico de processos, orientadas para o controle da qualidade de processos, os quais se caracterizam como um enfoque preventivo, centrado no acompanhamento e controle das variáveis que podem influenciar na qualidade final dos produtos (FRANKEN *et al.*, 2011).

Neste sentido, Werkema *apud* Franken *et al.* (2011), afirma que para se estabelecer as características da qualidade de um produto ou serviço, é necessário garantir a satisfação dos clientes, e também é preciso transformar as características dos produtos, as quais são denominadas itens de controle, medindo a qualidade intrínseca, vindo a caracterizar a importância do CEQ.

## **2.2 Controle Estatístico de Processos (CEP)**

Para Slack *et al.* *apud* Fernandes (2009), o controle estatístico de processo preocupa-se em checar um produto ou serviço durante sua criação. A inspeção do processo enquanto o produto é fabricado, é importante, porque além do responsável pelo processo de uma determinada empresa que utiliza o CEP poder tomar ações imediatas baseadas em dados e fatos para a redução da variabilidade, também pode evitar possíveis desperdícios e diminuição da qualidade, bem como determinados retrabalhos. Como exemplo, pode-se citar o fato de ter que inspecionar todo o produto acabado para evitar o risco de enviar possíveis remessas de produtos defeituosos ou de “má qualidade” ao seu cliente final, causando com isso, a insatisfação do cliente.

Montgomery *apud* Fernandes (2009) descreve que o CEP é uma poderosa coleção de ferramentas de solução de problemas, úteis em processos produtivos, na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade, que pode ser aplicado em qualquer processo, possuindo sete principais ferramentas: histogramas, folhas de controle, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de concentração de defeito, diagrama de dispersão e os gráficos de controle.

Conforme IQA (2005), o objetivo do sistema de controle do processo é fazer previsões sobre o estado atual e futuro do processo. Isso leva a decisões economicamente sólidas sobre as ações que afetam o processo, sendo que as mesmas exigem o balanceamento entre o risco de tomar uma ação quando não é necessária (supercontrole), ou deixar de tomar uma ação quando essa se faz necessária (sub controle). Entretanto, estes riscos devem ser tratados no contexto das duas fontes de variação (causas especiais e causas comuns).

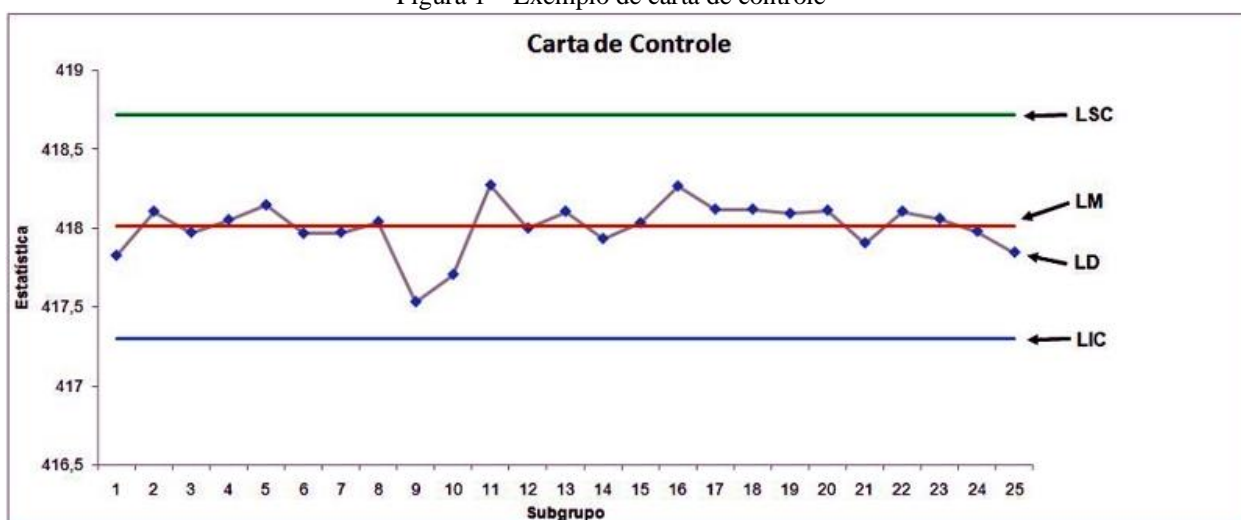
Quando todas as fontes que geram causas especiais foram eliminadas do processo e quando as únicas fontes de variação são causas comuns, pode-se dizer que o processo está operando “sob controle estatístico”. Uma função de um sistema de controle do processo é fornecer um sinal estatístico que indique quando causas especiais de variação estão presentes, e evitar dar sinais falsos quando elas não estão presentes no processo (IQA, 2005).

O sistema de controle do processo pode ser usado como um instrumento para uma única avaliação, mas o verdadeiro benefício de um sistema de controle de processo é reconhecido quando este é usado como um instrumento contínuo de aprendizado, ao invés de uma ferramenta de conformidade (IQA, 2005).

### 2.3 Cartas de Controle

As cartas de controle podem ser usadas para monitorar ou avaliar um processo, permitindo que se atue de maneira preventiva na detecção de problemas. Elas são representações gráficas (Figura 1) que representam a média, os limites e as variações que ocorrem no processo (IQA, 2005).

Figura 1 – Exemplo de carta de controle



Fonte: Adaptado IQA (2005)

Conforme IQA (2005) existem essencialmente dois tipos de cartas para dados, a saber:

- para variável: são as características que podem ser medidas em uma escala contínua, por exemplo: peso, altura, comprimento, velocidade, tempo, área;
- para atributo: são as características obtidas de uma contagem ou classificação. Podem ser “numéricos”, quando são provenientes de uma contagem como número de peças defeituosas, ou ainda “nominais”, quando não podem ser ordenados segundo algum critério, como tipo de defeito. E também, podem ser “ordinais”, quando existe a possibilidade de serem ordenados por algum critério, como nível de satisfação.

### 2.4 Estudo da Capabilidade de Processos

A capacidade dos processos refere-se à uniformidade do processo, e a variabilidade do processo é uma medida da uniformidade do resultado obtido, que, por sua vez, permitirá avaliar a sua qualidade. Como regra geral, o processo deve primeiramente estar sendo “controlado estatisticamente”, através da eliminação das causas especiais que afetam o processo para que se possa obter a verdadeira capacidade do processo (IQA, 2005). O Quadro 1, apresenta as informações necessárias para se realizar a análise da capacidade dos processos.

Quadro 1 – Análise da capacidade de processos

ÍNDICES	$C_p \Rightarrow 1,33$	$C_p \Rightarrow 1,0$ a 1,33	$C_p < 1,0$
$C_{pk} < 1,0$	<b>O processo não produz continuamente peças conforme as especificações. O processo deve ser melhorado.</b>	<b>O processo não produz continuamente peças conforme as especificações. O processo deve ser melhorado.</b>	<b>O processo não produz continuamente peças conforme as especificações. O processo deve ser trocado.</b>
$C_{pk}$ 1,0 até 1,33	<b>O processo atende as especificações quase que plenamente. O processo deve ser refinado.</b>	<b>O processo atende as especificações quase que plenamente. O processo deve ser refinado.</b>	-
$C_{pk} > 1,33$	<b>O processo atende as especificações plenamente.</b>	-	-

Fonte: Adaptado IQA (2005)

Observe-se que os índices de capacidade do processo são obtidos através de fórmulas estatísticas, onde são avaliadas a localização da distribuição ou a centralização dos dados e a distribuição dos mesmos com relação às necessidades do cliente. A centralização é estimada pela média da amostra, e a dispersão de modo geral é obtida usando a amplitude da amostra, ou também pelo desvio padrão da amostra (IQA, 2005).

Conforme IQA (2005), o  $C_p$  é o índice que compara a capacidade do processo com a variação máxima permitida, como indicado pela tolerância. Também oferece uma medida de como o processo atenderá as necessidades de variabilidade. Este índice não leva em conta a centralização do processo, pois é calculado apenas para tolerâncias de dois lados. Já o  $C_{pk}$  leva em conta a centralização do processo e a capacidade. Nas tolerâncias bilaterais o valor de  $C_{pk}$  sempre será menor que  $C_p$  ou igual ao  $C_p$ . Após a obtenção dos resultados da capacidade estes devem ser analisados de acordo o Quadro 1.

### 3. METODOLOGIA

No presente trabalho foi utilizado o método do estudo de caso que segundo Turrioni e Mello (2012) pode ser definido como uma investigação empírica, que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Dentre os tipos de estudos de caso foi aplicado o estudo de caso exploratório, o qual segundo Turrioni e Mello (2012) consiste em uma espécie de estudo piloto que pode ser feito para testar as perguntas norteadoras do projeto, hipóteses, e principalmente os instrumentos e procedimentos.

Assim, com base no exposto, mais especificamente, destaque-se que primeiramente, buscou-se um entendimento teórico referente ao controle estatístico de processos através da pesquisa bibliográfica. Posteriormente, optou-se pelo estudo de caso, do tipo exploratório, onde foi confrontada, a referida fundamentação teórica, com uma situação prática, mediante observação direta (*in loco*) na organização considerada no estudo. Por fim, complementou-se o estudo com a pesquisa documental (documentos da própria empresa pesquisada).

### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como já mencionado anteriormente, reitere-se que por motivo de confidencialidade não será divulgado o nome da empresa, contudo, observe-se que alguns dados da mesma serão apresentados. Desta forma, destaque-se que o trabalho foi desenvolvido em uma

empresa localizada na região sul do Brasil, que atua no ramo metalmeccânico, com a finalidade de obter informações concretas de seu processo produtivo relacionado à qualidade. Atualmente, a empresa conta com aproximadamente 1600 colaboradores no seu quadro de funcionários.

Mais especificamente, saliente-se que a área escolhida para a aplicação do estudo foi a de primários, focando-se principalmente no processo de dobra de chapas. De acordo com a complexidade do produto exigido pelo cliente, são definidas as etapas dos processos produtivos pelos quais esse produto deverá passar até ser entregue. Dessa forma são definidas as tecnologias utilizadas para manufatura das peças, e com o passar das etapas do processo, o valor agregado vai aumentando, bem como os custos do produto.

Portanto, quando os produtos alcançam o processo de dobra, já possuem um alto valor agregado, passando por processos de corte a laser, movimentações, armazenagens e mão-de-obra. Este fato motivou a realização deste estudo a fim de reduzir a quantidade de refugos nesta etapa. O trabalho consiste na aplicação do controle estatístico do processo e do estudo de capacidade nos itens que impactam nos índices de refugo da área. Paralelamente, também ocorreu à identificação e eliminação de algumas causas especiais que agem sobre o processo.

#### 4.1 Informações do processo de dobra

O processo de dobramento é executado utilizando-se máquinas operatrizes denominadas prensas viradeiras (Figura 2), que podem ser acionadas através de energia mecânica ou hidráulica, com ou sem comando Controle Numérico de Comando (CNC).

Figura 2 – Exemplo de Prensa Viradeira



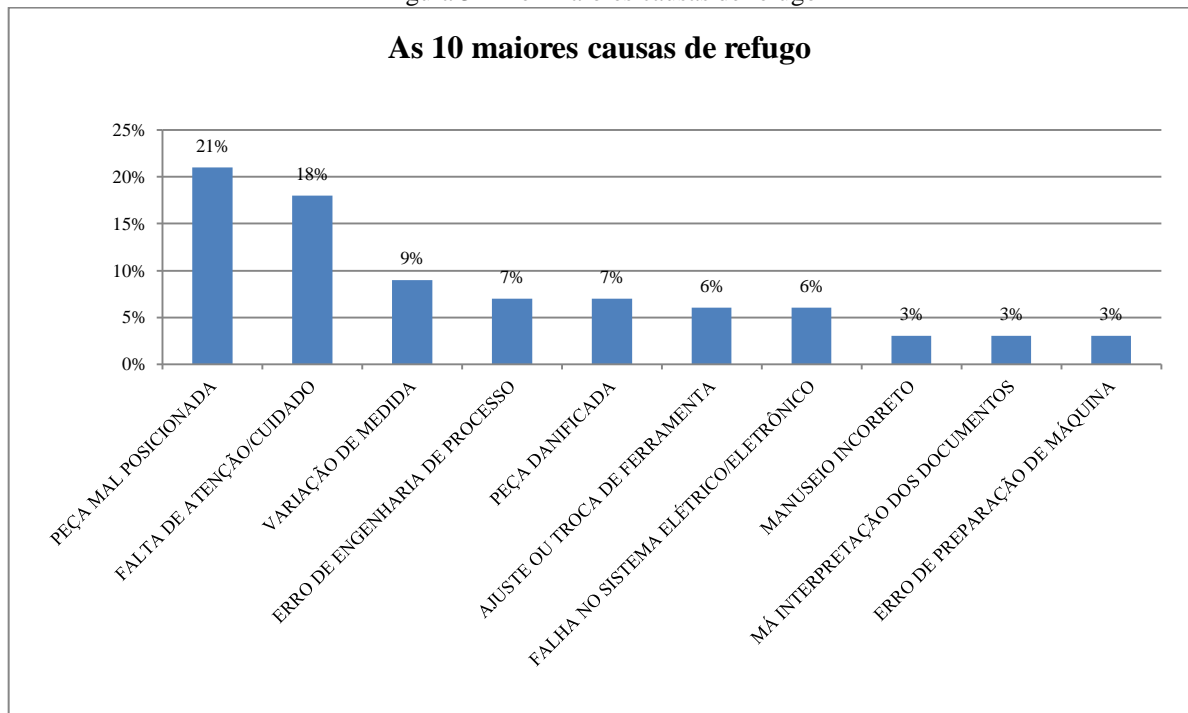
Fonte: AAI(2012)

As referidas máquinas são constituídas por um punção com movimento vertical, e uma matriz localizada na mesa inferior da máquina. O movimento vertical para gerar o dobramento da chapa pode ocorrer com a mesa fixa e o punção móvel ou com mesa móvel e o punção fixo.

#### 4.2 Coleta de dados

Inicialmente foram consideradas várias informações quanto aos índices de refugo da área de primários, onde se verificou as 10 maiores causas de refugo da área, mostradas na Figura 3.

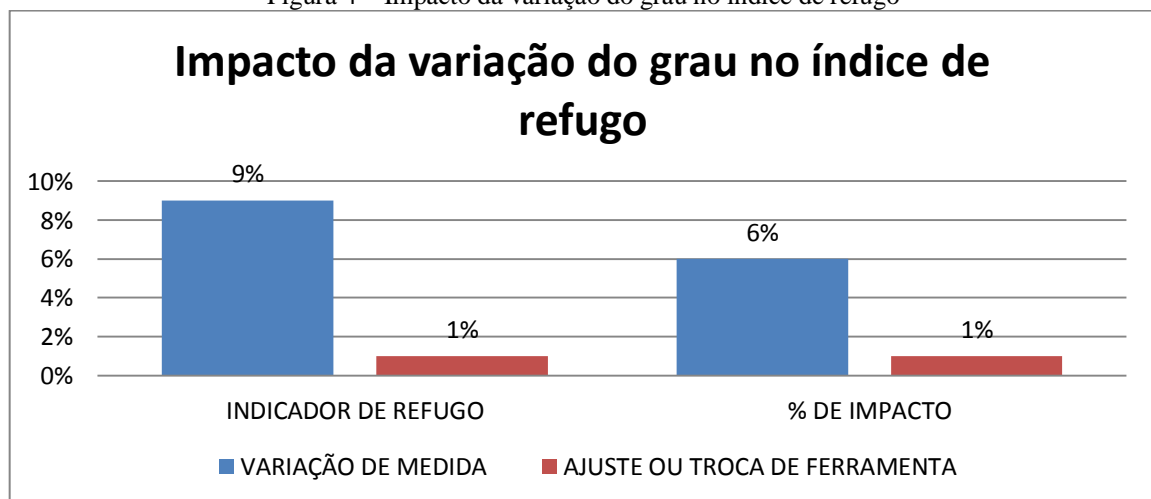
Figura 3 – Dez maiores causas de refugo



Fonte: Empresa pesquisada (2012)

Com base na Figura 3, identifica-se que a causa mais impactante no índice de refugo é “peça mal posicionada”, apresentando 21% dos refugos, seguido da causa “falta de atenção e cuidado” com 18%. Porém, as causas onde o processo de dobramento realmente afeta o indicador de refugo, são na variação de medida e no ajuste ou troca de ferramenta. Já o percentual de impacto das peças com variação de grau de dobra é de 1% em cada causa, conforme Figura 4.

Figura 4 – Impacto da variação do grau no índice de refugo



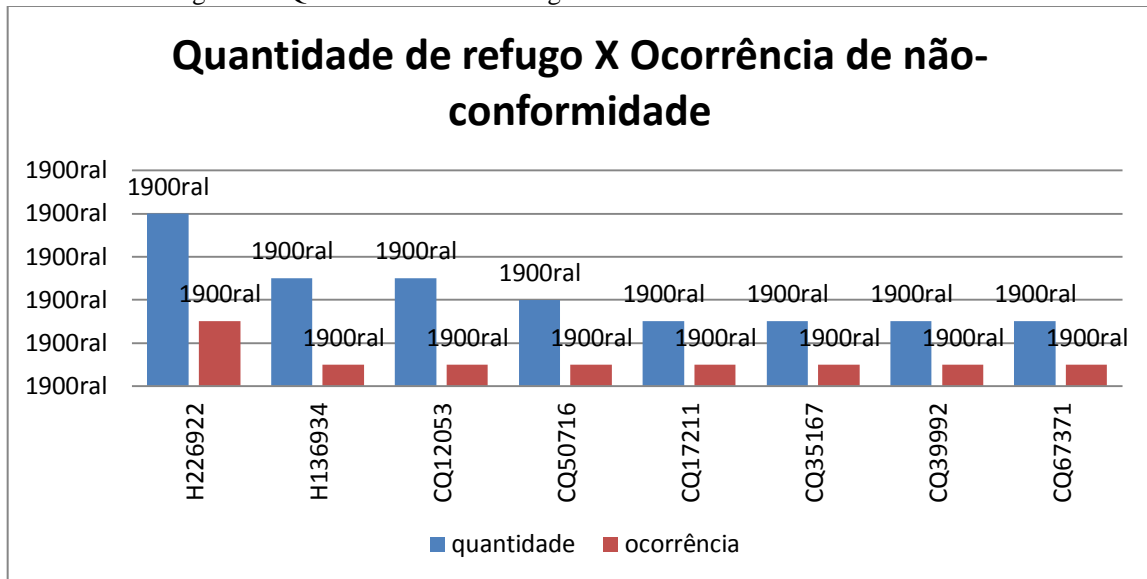
Fonte: Empresa pesquisada (2012)

### 4.3 Escolha do item para a aplicação do estudo

Após várias análises e filtragens, o item selecionado para aplicação do estudo prático, foi o identificado como H226922, por apresentar a maior quantidade de refugo, quando comparado aos demais itens com problemas de variação do grau de dobra, conforme a Figura

5. A característica crítica do item é o ângulo de 85° com limite de especificação bilateral de 2°.

Figura 5 – Quantidade de itens refugados x ocorrência de não-conformidades



Fonte: Empresa pesquisada (2012)

#### 4.4 Resultados do CEP

Definido o item H226922 como sendo crítico e ideal para aplicação do CEP, e levando em consideração que a característica crítica pode ser medida, define-se que a carta de controle seria do tipo variável. Como a demanda de produção do item é baixa, com pequenos lotes de produção, a carta de controle selecionada foi à carta X-Am (carta das médias e amplitude móvel). Posteriormente, foram coletadas 30 amostras e, na sequência de produção, com tamanho de subgrupo igual a “1”, foram elaboradas as cartas de controle.

Figura 6 – Carta das médias

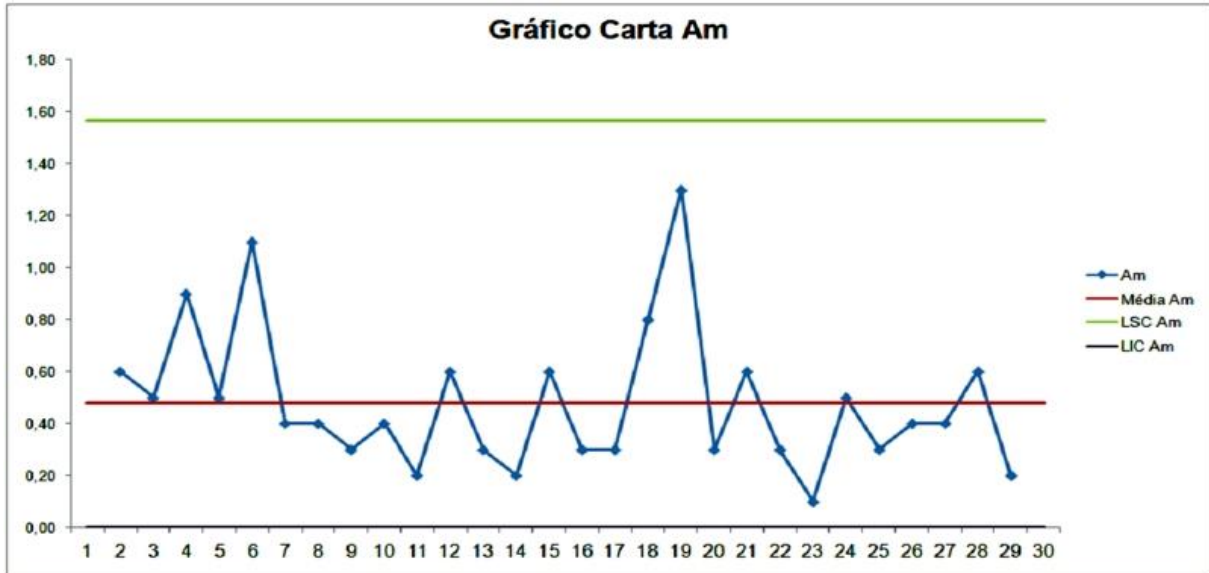


Fonte: Empresa pesquisada (2012)



Importante ressaltar que em sequência aos procedimentos descritos anteriormente, após a coleta das amostras terem sido feita pelo operador da prensa viradeira, os dados foram compilados para elaboração da carta de controle, juntamente com as médias e amplitudes, conforme as Figuras 6 e 7.

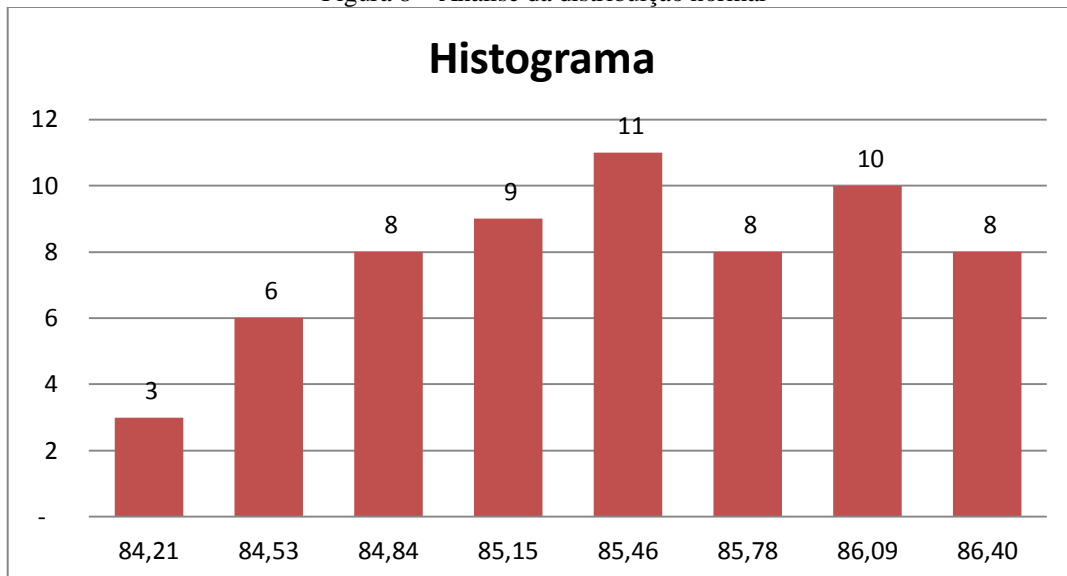
Figura 7 – Carta das amplitudes



Fonte: Empresa pesquisada (2012)

Analisando-se as cartas de controle, pode-se concluir que o processo não apresenta causas especiais atuantes, sendo que, desta maneira, somente causas comuns são evidenciadas.

Figura 8 – Análise da distribuição normal



Fonte: Empresa pesquisada (2012)

Na Figura 8 pode-se perceber que os dados coletados não seguem uma distribuição normal, porém a distribuição concentra-se na parte central, próximos a média caracterizando um potencial grande para se identificar os valores dentro dos limites de controle.

#### 4.5 Estudo de capacidade

Através dos dados coletados nas cartas de controle aplicaram-se as fórmulas para obter os índices de Cp e Cpk. Assim chega-se aos índices de capacidade conforme a Figura 9.

Figura 9 – Análise da capacidade do processo

LIE= 83,000	Nominal= 85,000	LSE= 87,000
LIC= 83,883	Média= 85,133	LSC= 86,384
Des. Padrão= 0,6024	Mediana= 85,100	CPL= 1,180
Cp= 1,1067	Cpk= 1,0329	CPU= 1,033
Capabilidade Aprovada, porém são necessárias melhorias.		

Fonte: Empresa pesquisada (2012)

Conforme informações apresentadas pode-se constatar que o processo atende as especificações, porém são necessárias melhorias no processo. As melhorias devem ser feitas nas causas comuns do processo, que podem ser: mudanças de temperaturas e umidade, alterações na composição da matéria-prima, ligeira flutuações na fonte de energia, técnicas operacionais, experiência e velocidade. Evidencie-se que se corrigindo as causas comuns de variação, certamente serão aumentados os índices de capacidade.

#### 5. CONCLUSÕES

Inicialmente, saliente-se que atualmente os processos de fabricação estão utilizando cada vez mais as técnicas do CEP nos controles dos processos produtivos. A aplicação de CEP faz com que sejam identificadas as variações que agem sobre o processo de forma a garantir a qualidade do produto, produzir com custos mais competitivos e reduzir os índices de refugo e retrabalho.

Ressalte-se ainda que o propósito do trabalho foi demonstrar a importância do CEP na indústria, de modo a incentivar as organizações na aplicação desta técnica, como também a condução de um estudo de caso aplicando a técnica em uma indústria, com a finalidade de demonstrar todas as etapas necessárias para a implantação, bem como dessa, destacar que uma aplicação de CEP não é tão difícil de realizar como muitas empresas e pesquisadores muitas vezes salientam em suas publicações.

Por fim, destaque-se que os resultados desta aplicação foram satisfatórios, pois permitiram coletar informações referentes aos índices de refugo de um departamento inteiro e, a partir dessas informações, definir onde se daria a aplicação da técnica estudada. Da mesma forma, o resultado do CEP aplicado em um item específico gerou resultados satisfatórios, constatando que o processo está “sob controle estatístico” e “sem presença de causas especiais”. Também se obteve bons índices de capacidade de processo demonstrando que o mesmo é capaz de produzir dentro das especificações, necessitando somente tomar algumas ações para diminuir a variabilidade do processo e permitir chegar a excelentes índices de capacidade.

### **5.1 Limitações**

Como limitações do estudo evidencie-se que por tratar-se de um estudo de caso, os resultados, na íntegra, são válidos para o caso apresentado, ou seja, uma aplicação de CEP em uma indústria metalúrgica de grande porte, conforme descrito ao longo do artigo. Contudo, acrescente-se que os resultados “podem e devem” ser considerados para análises e replicações por parte das empresas congêneres, desde que as “fronteiras estruturais e ambientais” sejam respeitadas.

### **5.2 Recomendações**

No que se refere às recomendações, destaquem-se as seguintes:

- Para a empresa pesquisada – que sejam “treinados” ainda mais, os colaboradores para utilizarem-se das técnicas de CEP, com o propósito de terem um maior controle dos processos organizacionais, inclusive, em outras áreas da empresa, ou seja, não apenas no chão de fábrica - na linha de produção, como é realizado atualmente;
- Para os acadêmicos e profissionais interessados na área – que o estudo proposto venha a ser analisado e estudado detalhadamente, uma vez que oferece subsídios de informações detalhadas de como se realiza uma aplicação de CEP, em uma situação real, em uma empresa de grande porte, que é referência internacional em seu segmento de atuação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AAI - AMADA AMERICA INC. **Catálogo de Ferramentas de Dobra**. Disponível em: <<http://www.amada.com/site/default.asp?page=home.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2012.

FERNANDES, T. P. **Aplicabilidade do controle estatístico de processo na produção de uma empresa no ramo metalúrgico: um estudo de caso**. Monografia apresentada ao Curso de Administração, da Faculdade de Educação e Estudos Sociais de São João Del - Rei, 2009.

FRANKEN, D. A. *et al.* **Controle Estatístico de Processos: aplicação em uma empresa de agronegócios**. In: **XI Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana**. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo-cep em pequenas empresas manufatureiras**. Florianópolis, 2002.

IQA - INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Controle Estatístico do Processo (CEP)**. 2. Ed. São Paulo, 2005.

JURAN, J. M.. **Planejando para a Qualidade**. 3. Ed. São Paulo, Editora Pioneira, 1995.

MERGULHÃO, R. C. **Análise da implementação do Seis Sigma em empresas de manufatura no Brasil**. Itajubá: UNIFEI, 2003.

TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O.; AMARAL, D. C. **Qualidade na indústria agroalimentar: situação atual e perspectivas.** Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 2, 2000.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas.** Pós-graduação em engenharia de produção - UNIFEI, Universidade Federal de Itajubá, 2012.