A IMPORTÂNCIA DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA MONITORAR A QUALIDADE DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO NUMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

Anderson Gomes dos Santos (UFCG)
seal6dinho@gmail.com
Hélio Cavalcanti Albuquerque Neto (UFCG)
heliocnt@hotmail.com
Edivan Ferreira de Lacerda (UFCG)
edvan.ferreira@yahoo.com.br
Weidson do Amaral Luna (UFCG)
weidson.a.l@gmail.com
Egidio Luiz Furlanetto (UFCG)
elfurlanetto@terra.com.br

Diante de um cenário globalizado e extremamente competitivo, as empresas buscam incessantemente inovações com o menor custo possível, mantendo uma boa referência de qualidade nos seus produtos. Para tal, tornar-se necessário que haja uma annálise interna do empreendimento com a finalidade de avaliar tanto sua estratégia como o desenvolvimento de seus processos até o produto final. Deste modo emerge a importância do Controle Estatístico do Processo (CEP), visto que este tem o poder de diminuir a variabilidade existente em um produto ou processo, acarretando uma maior qualidade a este, além de reduzir o custo operacional da empresa, tornando-se também uma importante ferramenta competitiva. Este artigo, caracterizado como exploratório, analisa o CEP em uma linha de produtos de uma empresa metalúrgica por meio de gráficos de controle, verificando-se a ocorrência de causas especiais no processo. Indagando-se a origem destas causas, conseguiu-se a eliminação delas, criando por fim o gráfico de controle, observando-se que o processo finalmente está sob controle.

Palavras-chaves: Qualidade, Controle Estatístico do Processo, Empresa metalúrgica

1. Introdução

Acompanhar as constantes alterações de mercado sem perder qualidade e mantendo a eficácia no atendimento ao cliente tem sido um dos atuais grandes desafios para as empresas e corporações. Para tal, é necessário desenvolver produtos inovadores e com qualidade que consigam satisfazer os clientes, maximizando os recursos do empreendimento ao produzi-los, para que haja uma vantagem competitiva frente às demais empresas garantindo, assim, sua sobrevivência no mercado onde atua.

Entretanto, a qualidade não deve ser atrelada apenas ao produto final, mas sim a todo o processo produtivo e administrativo, visto que cada produto imperfeito trás consigo um desperdício de matéria-prima, tempo e energia.

Nesse contexto, Montgomery (2004) afirma que o Controle Estatístico de Processo (CEP) é extremamente útil, já que é uma poderosa coleção de ferramentas para a coleta, análise e interpretação de dados, com o objetivo de melhorar a qualidade através da eliminação de causas especiais de variação, podendo ser utilizado para a maioria dos processos.

As ferramentas do CEP possuem o intuito de verificar o desempenho de um processo na empresa, procurando analisar as tendências de variações no processo, a partir de dados coletados neste mesmo processo e tendo a finalidade de minimizar tal variabilidade.

Dentre estas ferramentas, os gráficos de controle mostram-se uma das mais importantes, pois não necessitam de uma análise profunda e ampla sobre o processo, além de possuir grande eficácia em detectar erros. Segundo Costa (1994), a prática comum dos gráficos de controle é a retirada de amostras aleatórias de tamanho n a cada h horas e investigar se o processo está ou não sob controle estatístico.

Desta forma, o presente artigo propõe-se a analisar e estudar, por meio do controle estatístico de processo, um dos componentes da linha de produtos de uma indústria metalúrgica, procurando construir e definir seus gráficos de controle.

Além dessa seção introdutória, o artigo explora, no seu referencial teórico, a variabilidade do processo, a capacidade do processo e os gráficos de controle, também são debatidas as condições para sua execução. Após tal discussão, são apresentados os métodos utilizados para a realização da pesquisa. Na penúltima seção especificam-se os resultados alcançados, com as correções introduzidas no processo e, na última, apresentam-se as considerações finais.

2. Fundamentação teórica

2.1 Causas de variabilidade do processo

Segundo Costa *et al.* (2008), a expressão variabilidade do processo está conectada com as diferenças existentes entre as unidades produzidas em um mesmo processo. Se esta variabilidade for grande, as alterações entre as unidades serão facilmente observadas, contudo, se esta variação for pequena, as diferenças serão praticamente imperceptíveis. Assim, conclui-se que dentro da linha de produção, tem-se a impressão que todos os produtos fabricados são exatamente iguais. Entretanto, uma análise concisa é suficientemente capaz de revelar que os produtos obtidos pelo mesmo processo possuem suas pequenas distinções.

De forma geral é possível afirmar-se que nenhum processo está isento de causas especiais, que são problemas ou modos de operação anormal do processo, que podem ser corrigidos ou eliminados. Estatisticamente estas causas ocasionam um efeito de deslocamento da

distribuição da variável X (tirando a média do valor-alvo) e/ou alteram a sua dispersão. Alguns exemplos de causas especiais são:

- Um ajuste incorreto de uma máquina, ou desregulagem provocada pelo seu tempo de uso;
- O lote de matéria-prima com defeito;
- Temperatura inadequada da máquina;
- Um operador mal preparado ou desmotivado.

Portanto, uma causa especial origina um processo fora de controle. Um processo está sob controle estatístico quando estiver isento de causas especiais, ou seja, se na carta de controle elaborada todos os pontos apresentados estejam inseridos dentro dos limites de controle evidenciados e que não ocorra nenhuma tendência, aproximação dos limites de controle e/ou limite da média.

2.2 Cartas ou gráficos de controle

Ao perceber-se uma causa especial, imediatamente deve-se investigar e identificar esta causa com o objetivo de intervir para eliminá-la. Para isto, utilizam-se os gráficos de controle, que são ferramentas estatísticas capazes de identificar a presença de causas especiais na linha de produção.

De acordo com Galuch (2002, *apud* Barros, 2008), os gráficos de controle analisam o comportamento do processo permitindo uma atuação de forma preventiva, efetuando ações corretivas no momento em que ocorrerem desvios, mantendo-o dentro de condições pré-estabelecidas. Outra característica dos gráficos de controle é que eles desempenham um papel importante na aceitação do produto, pois o controle estatístico verifica a estabilidade e a homogeneidade do produto ou serviço.

Os gráficos de controle são construídos para a média ($\bar{x}$) e a amplitude (R) servindo para monitorar os processos cujas características de qualidade de interesse X são uma grandeza mensurável. Para tanto, colhe-se dados do processo em tempos regulares (h) e com tamanho (n), cujas medições são feitas sobre a variável de interesse, devendo apresentar uma precisão adequada para garantir a qualidade e veracidade dessas medições.

Assim, utilizam-se dispositivos capazes de medir frações iguais ou menores que a tolerância desejada para as medidas e que estejam devidamente calibrados. Para cada amostra retirada do processo, deve-se efetuar o cálculo da média e a amplitude amostral (que se define pela diferença entre o maior e o menor valor da amostra).

Estes pontos se distribuem nos gráficos de forma aleatória em torno da Linha Média (LM). Acima desta, se situa a linha do Limite Superior de Controle (LSC) e abaixo da linha média está à linha de Limite Inferior de Controle (LIC). Tais linhas servem para monitorar se o processo está ou não fora de controle, mediante um ou mais pontos localizados fora destes limites, ou seja, acima ou abaixo dos limites de controle. Caso isto ocorra, deve-se verificar se o valor atribuído a amostra está correto e se a plotagem foi realizada com precisão. Se a amostra persistir em se posicionar fora dos limites de controle, busca-se identificar e eliminar a causa especial existente para que, finalmente, seja feita a plotagem do gráfico isento de causas especiais.

A seguir tem-se um exemplo ilustrativo de um gráfico que possui LSC, LM e LIC.

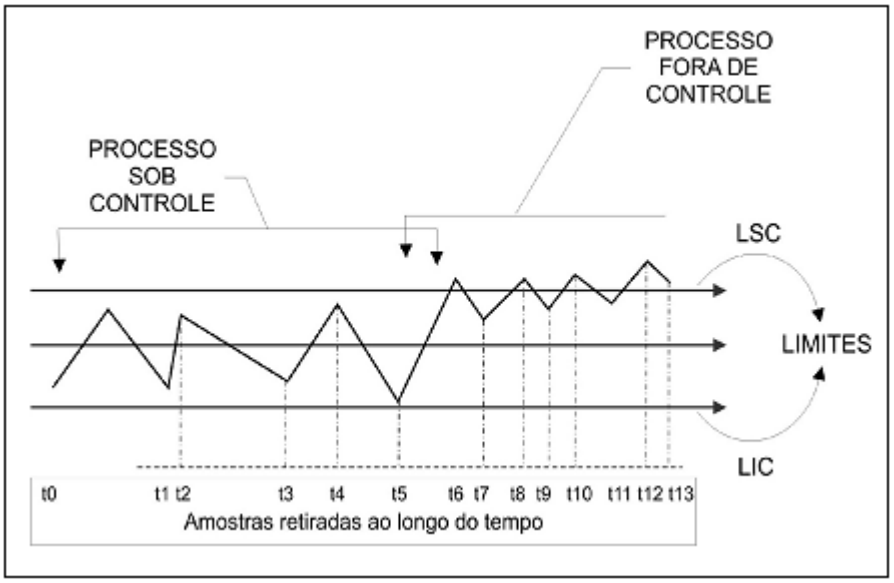

Figura 1 – Exemplo de um gráfico Controle
Fonte: Carneiro Neto (2003, *apud* LIMA *et al.* 2006)

2.2.1 Condições para a construção e uso dos gráficos de controle: estimativa da variabilidade do processo.

Para a construção dos gráficos de controle é necessário conhecer o desvio-padrão (S) do processo. Entretanto, dependendo do caso em estudo, é preciso apenas estimar a média do processo, ou avaliar se a estimativa da média está suficientemente próxima do valor alvo estabelecido para a conformidade. Estes parâmetros devem ser avaliados durante o período em que o processo permanecer isento de causas especiais de forma que se garanta uma construção coesa dos gráficos, ou seja, sem que estas possam interferir, para que não originem gráficos equivocados.

Segundo Costa *et al.* (2008), existem quatro formas possíveis de se estimar a variabilidade de um processo (S_a, S_b, S_c e S_d), entretanto, o presente estudo irá abordar apenas as duas últimas, por serem consideradas mais confiáveis, já que baseiam-se na dispersão dos valores encontrados entre as amostras, sendo desta forma, insensíveis a causas especiais que possam alterar a média do processo.

A seguir apresentam-se as formas de calcular estes estimadores.

$$S_c = \frac{\bar{S}}{C_4} \qquad \text{(Equação I)}$$

Onde:

– $\bar{S}$ caracteriza-se pelo desvio-padrão médio do processo;
– O C_4 é o fator relacionado ao tamanho dos subgrupos.

$$S_d = \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad \text{(Equação II)}$$

Onde:

– $\bar{R}$ é a amplitude média do processo;
– d_2 é o fator relacionado ao tamanho dos subgrupos.

2.2.2 Gráficos de controle por variáveis contínuas

Eliminadas as causas especiais e estabelecidas as medidas preventivas a tais causas, inicia-se a construção dos gráficos de controle. Para tal ação, é necessário primeiramente abordar os gráficos da média amostral ($\bar{x}$), o da amplitude (R) e o do desvio-padrão (S).

Nos casos que a variável a ser observada seja contínua, são utilizados dois tipos de gráficos nas cartas de controle: um para medir a dispersão (R ou S) e outro para detectar a centralidade do processo ($\bar{x}$).

2.2.2.1 Gráfico da média amostral $\bar{X}$

Observadas as amostras de tamanho n, calcula-se as médias de cada amostra, e posteriormente plota-se um gráfico no qual tem como parâmetros a linha média e os limites superior e inferior. Estes são obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$LSC_i = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma} \qquad \text{(Equação III)}$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \qquad \text{(Equação IV)}$$

$$LIC_i = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma} \qquad \text{(Equação V)}$$

Onde o desvio-padrão amostral $\hat{\sigma}$ é dado pela seguinte equação:

$$\hat{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad \text{(Equação VI)}$$

De acordo com o manual do MINITAB 15 (2007), adotam-se três desvios-padrão de afastamento da linha média como medida de se evitar ajustes desnecessários que tendem a aumentar a variabilidade do processo. Com esta margem de folga, impede-se que pontos caiam na região de ação do gráfico, obstruindo desta forma gastos desnecessários na investigação de causas inexistentes que podem levar a interrupções do processo, elevando custos de implantação do controle estatístico do processo.

2.2.2.2 Gráfico da Amplitude amostral R

O gráfico da amplitude também é situado a três desvios-padrão em relação à média, utilizando procedimento semelhante à plotagem do gráfico da média amostral $\bar{x}$, sendo obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$LSC_R = d_2 \hat{\sigma}_0 + 3d_3 \hat{\sigma}_0 \quad \text{(Equação VII)}$$

$$LC_R = d_2 \hat{\sigma}_0 \quad \text{(Equação VIII)}$$

$$LIC_R = d_2 \hat{\sigma}_0 - 3d_3 \hat{\sigma}_0 \quad \text{(Equação IV)}$$

2.3 Capacidade do processo

Outro fator importante neste estudo é a capacidade do processo, isto é, a capacidade que a indústria tem de produzir itens conforme, ou seja, de acordo com as especificações. Costa *et al.* (2008) afirmam que esta capacidade depende das próprias especificações e da variabilidade do processo, concluindo que ela não está vinculada apenas à presença ou ausência de causas especiais e avalia-se parâmetros funcionais do produto em si. Além disso, Souza (2002) afirma que estes parâmetros possuem uma distribuição de probabilidade caracterizada por sua centralização e dispersão e com estas informações obtêm-se os limites naturais do parâmetro. Estes limites naturais são comparados com a especificação desejada, determinando-se, assim, a fração de não-conformidade em relação a esta especificação.

Desta forma, o estudo da capacidade pode ser utilizado no sistema de melhoria da qualidade pela aderência do processo as especificações e a redução de variabilidades, auxiliando, na fase de desenvolvimento de produtos e processos, a seleção entre diferentes processos, ou modificações destes (SOUZA, 2002).

2.3.1 Análise da capacidade do processo

Quando o processo estiver ausente de causas especiais, torna-se possível a realização do estudo de capacidade do processo. De acordo com Souza (2002) este estudo pode ser feito através de análise gráfica ou através de índices de capacidade. Em ambos os casos, avalia-se o processo, procurando identificar se ele é capaz de produzir respeitando os limites de especificação de determinada característica de qualidade em análise.

Tais índices são parâmetros adimensionais que indiretamente medem o quanto o processo consegue atender as especificações (COSTA *et al.*, 2008). Existem inúmeros índices, porém os mais analisados são o Cp e o Cpk. O ideal na potencialidade do processo é que o valor de Cp seja o maior possível, pois é menos provável que o processo esteja fora das especificações, já que esse índice esta relacionado com o tamanho da dispersão, ou seja, valores altos neste índice significam processos com pouca variação. Já o Cpk é o índice que leva em conta a centralização do processo, e seu valor atribuído faz um paralelo com a capacidade do processo, como pode ser visto na Tabela 1, a seguir.

Classificação	Valor de Cpk	Descrição
Capaz	$\geq 1{,}33$	Está dentro dos limites de especificados, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade.
Razoavelmente Capaz	$1 \leq Cpk \leq 1{,}33$	Está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ser rigidamente controlado.
Incapaz	≤ 1	Está produzindo uma porcentagem considerável de itens fora das especificações, o processo está fora de controle ocasionando muitos

		itens defeituosos e baixa qualidade nos produtos.

Tabela 1 – Classificação do processo com respeito a sua capacidade.

Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2008)

Desta forma, mesmo processos com altos valores de Cp podem não serem capazes, pois podem estar com suas médias deslocadas, ou para direita (para cima), ou para a esquerda (para baixo).

3. Procedimentos metodológicos

O presente artigo é caracterizado por um estudo de caso numa indústria metalúrgica localizada na cidade de Campina Grande no estado da Paraíba. Quanto aos fins, a pesquisa é exploratória e descritiva. Quanto aos meios utilizados, a pesquisa é bibliográfica, documental e de campo. O levantamento dos dados foi baseado:

- Na coleta de documentos operacionais da empresa e pesquisa bibliográfica;
- Nos exames criteriosos dos documentos da empresa;
- Na observação não-participante, do sistema produtivo existente;
- Na aplicação de entrevistas estruturadas, baseadas em um roteiro pré-definido a partir do conteúdo da fundamentação teórica, bem como as inferências dos pesquisadores, obtidas através da observação não-participante;
- Na retirada e analises de amostras medidas com paquímetro digital em intervalos de tempos pré-definidos.

Para análise dos dados, foi utilizado o método estatístico dos gráficos de controle por meio da vinculação das informações coletadas, com a utilização do *software* MINITAB 15, versão estudantil/demonstrativa, por reconhecer ser esta uma poderosa ferramenta com alto grau de precisão, muito utilizada em organizações (empresas e universidades), em todo o mundo, em níveis mais avançados de gerenciamento, além de ser o mais utilizado na aplicação do seis sigma aperfeiçoando e otimizando processos de características rotineiras.

4. Apresentação e análise dos resultados

A metalúrgica, objeto de estudo, produz fechaduras, parafusos e telhas metálicas, tendo uma grande concentração na produção de ferragens para construção. A empresa possui caráter familiar e está alocada na cidade há 45 anos, tendo todos os seus fornecedores localizados no Brasil, sendo a metalúrgica com maior participação do mercado nordestino. Possui um quadro de 270 funcionários devidamente treinados, trabalhando em dois turnos de quatro horas cada, de segunda-feira a sexta-feira, e um turno aos sábados (no período matutino), sendo o período vespertino responsável por 90% da produção. As instalações da empresa são adequadas às operações metalúrgicas desenvolvidas e mantidas em condições necessárias a assegurar a qualidade das preparações. Ademais, a empresa possui uma certificação ISO 9000, devido a sua preocupação em manter um excelente padrão de qualidade.

A fim de analisar o comportamento da produção de pinos metálicos usados na montagem de dobradiças, visto que, segundo a gerência, estas apresentam demanda em grande escala e problemas de fabricação (alto índice de sucata, ou retrabalho), foi proposta a criação das cartas de controle desse processo de fabricação. Antes de ser iniciada a coleta dos dados foi realizado um *brainstorm* entre os pesquisadores e os responsáveis por este setor, evidenciado

que o diâmetro do pescoço do pino é a variável crítica neste processo, uma vez que uma pequena alteração nesta medida é a principal causa de peças defeituosas. Logo após, foram realizados ajustes preliminares na máquina, sendo feitos com base nos conhecimentos práticos do funcionário.

Foram retiradas vinte amostras de tamanho dez, em intervalos de quinze minutos, de onde foram obtidos os dados para as variáveis: comprimento, diâmetro da cabeça e do pescoço. Todas as peças foram medidas pelo mesmo instrumento de medição devidamente calibrado.

Inicialmente, verificou-se a que tipo de distribuição estatística estava submetido o processo, muito embora esta não seja condição restritiva para a aplicação e utilização dos gráficos de Shewart, pois estes podem ser aplicados a qualquer processo, mesmo que este não obedeça a uma distribuição que não seja normal. Assim, realizaram-se histogramas para as três variáveis, como se observa a seguir.

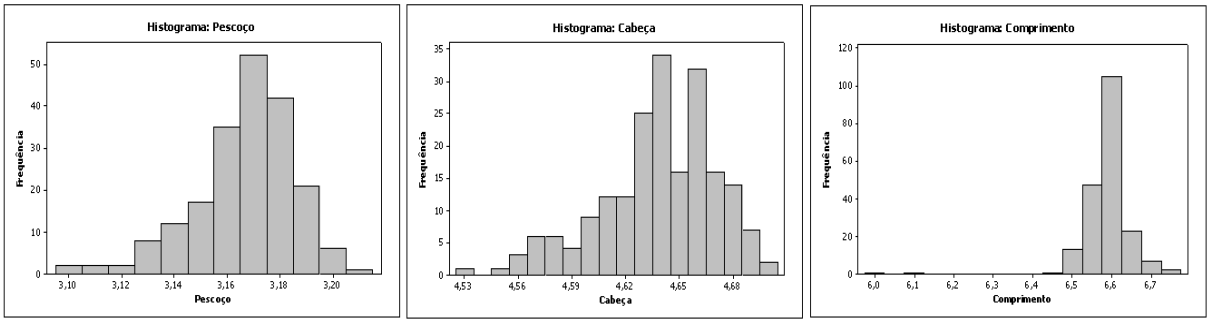

Figura 2 – Histograma das variaveis cabeça, pescoço e comprimento

Com base nos histogramas acima, verificou-se que a distribuição das variáveis pescoço e comprimento apresenta uma densidade de probabilidade bem próxima a curva gaussianas. Observado que o histograma da variável cabeça não configura uma única curva gaussiana, foram realizados estudos de dispersão entre as variáveis como meio de detectar possíveis dependências entre as mesmas, uma vez que ausência desta é condição necessária à aplicação dos gráficos propostos por Shewart, o que não se constatou conforme comprovam os gráficos da Figura 3, demonstrando haver comportamentos aproximadamente linear constante. Também, observou-se maior dispersão entre os pontos no gráfico gerado por Cabeça e Pescoço, provavelmente ocasionado pela oscilação apresentada no histograma de Cabeça que fora apresentado na Figura 2. Por fim, os dois últimos gráficos revelam haver grande concentração dos pontos indicando possíveis valores para as médias.

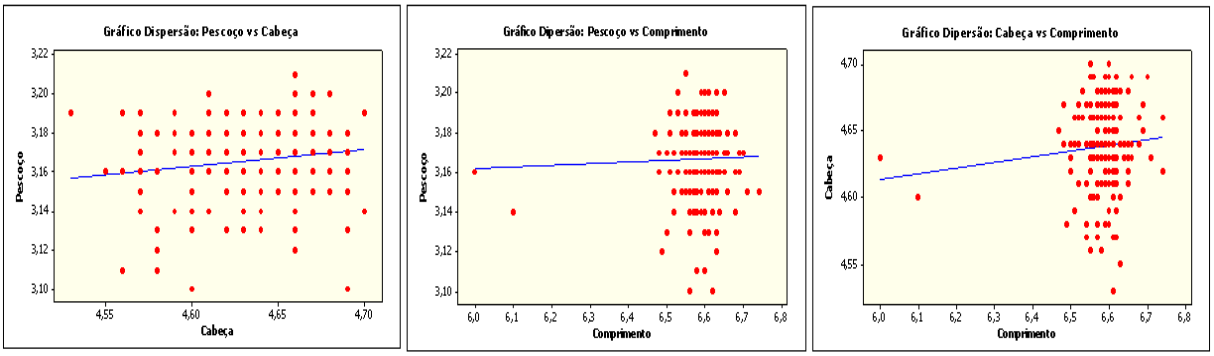

Figura 3 – Gráfico de dispersão entre as variáveis

Em seguida, como meio de se conhecer o comportamento do processo, foram plotados os gráficos de controle dos limites naturais a partir de pontos das amostras com três devios da média. Esta etapa (apresentada na Figura 4) é crucial na análise, contribuindo com significativas melhorias no processo.

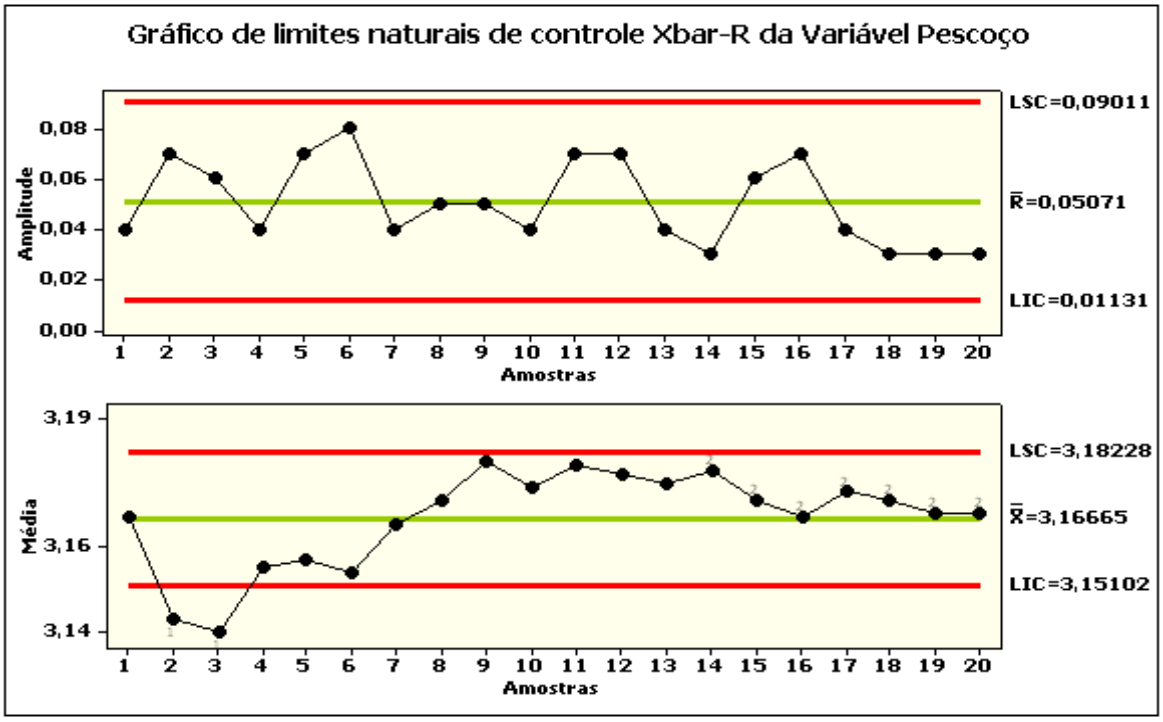

Figura 4 – Gráfico da média para a variável pescoço

Verificou-se, na Figura 4, no caso da amplitude, uma alternância significativa em torno da linha central dentro dos limites extremos; quanto a média, ocorreu a presença de pontos (amostras 2 e 3) abaixo do LIC que evidenciam a presença de causas especiais.

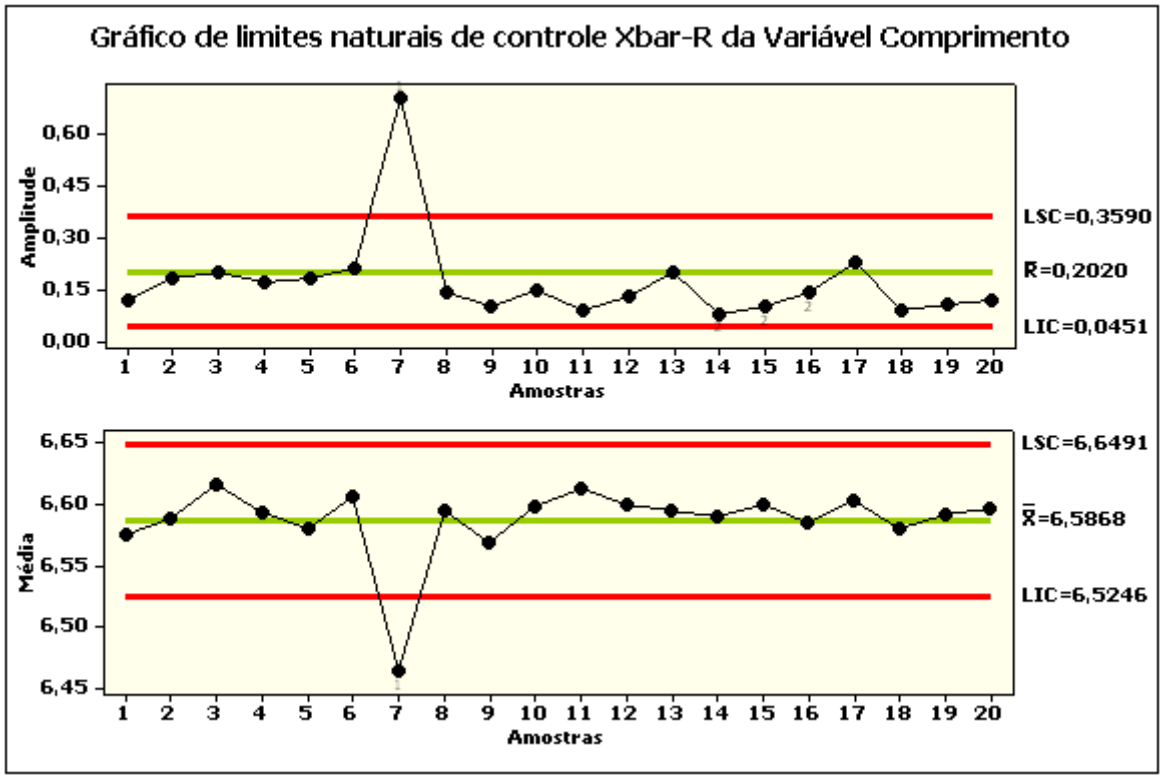

Figura 5 – Gráficos da média e do desvio para a comprimento

Quanto à variável Comprimento, apresentada na Figura 5, em ambos os gráficos pode-se observar que o ponto da sétima amostra encontra-se fora dos limites naturais, no caso da amplitude ele está acima do LSC, e para a média está abaixo do LIC, novamente denotando uma possível causa especial.

Já para a variável Cabeça, no gráfico da amplitude todos os pontos encontram-se inseridos nos limites naturais, entretanto, no gráfico da média houve duas amostras que excederam os limites, uma abaixo (amostra 5) e outra acima (amostra 18), conforme pode ser visto na Figura 6.

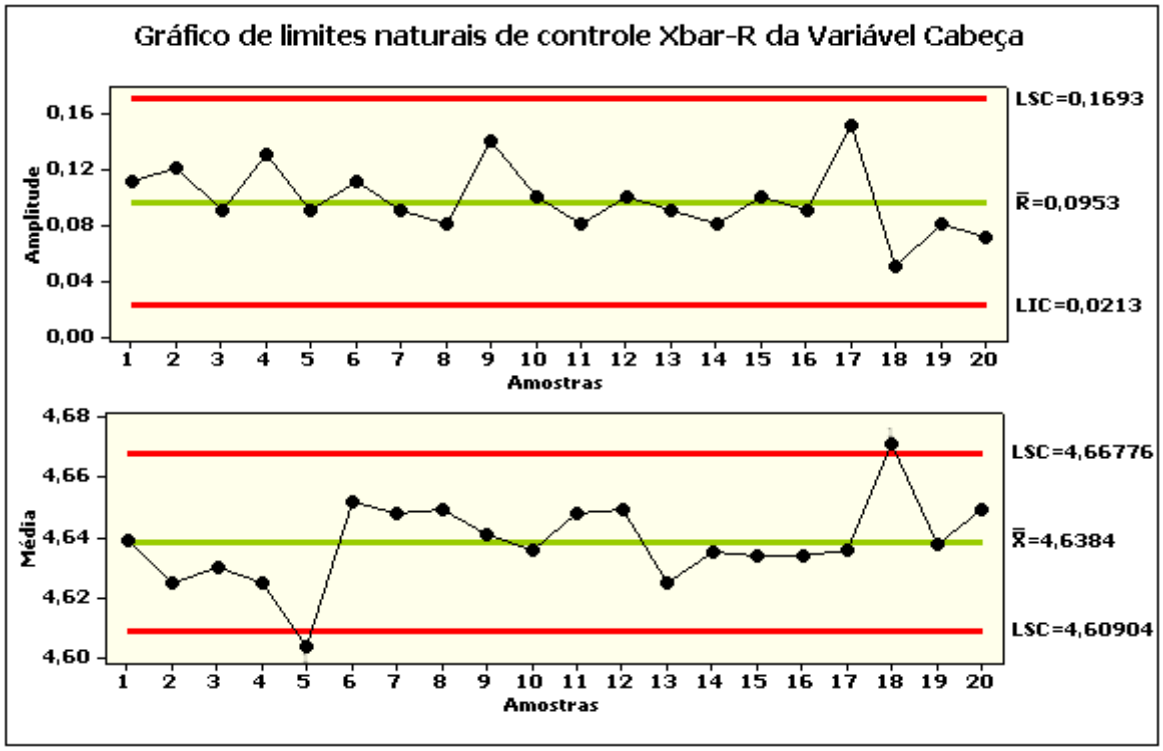

Figura 6 – Gráfico da média e do desvio para a variável cabeça

Tendo verificado o exposto acima, foram feitas investigações que apontaram ser a falta de regulagem da máquina, por um curto período de tempo, a causa especial, devido à ausência de atenção de um operário responsável pelo setor. Sendo assim, realizaram-se ajustes necessários na máquina, retirando-se os pontos que excederam os limites de controle naturais (pontos 2 e 3) para a variável Pescoço.

Estando o processo finalmente livre de causas especiais criou-se o gráfico da média e da amplitude, conforme exibe a Figura 7.

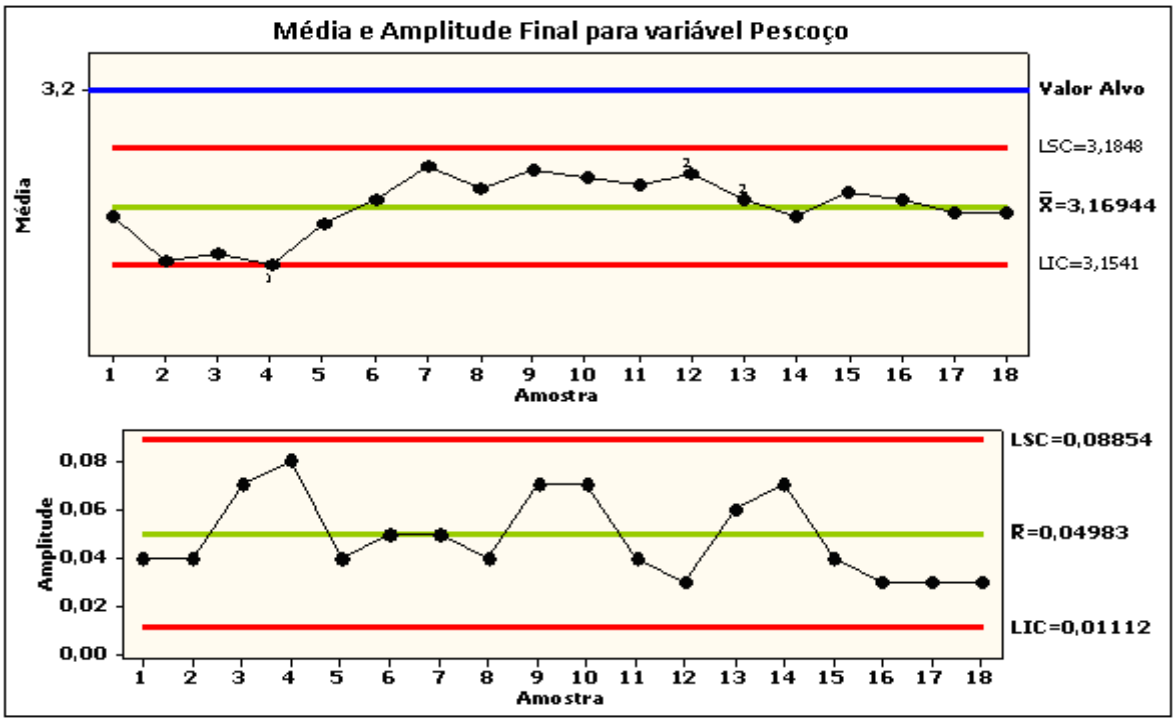

Figura 7 – Média e amplitude final para a variável pescoço

Na seqüência, para avaliar a capacidade do processo construí-se o gráfico da capacidade do processo, o qual é apresentado na Figura 8.

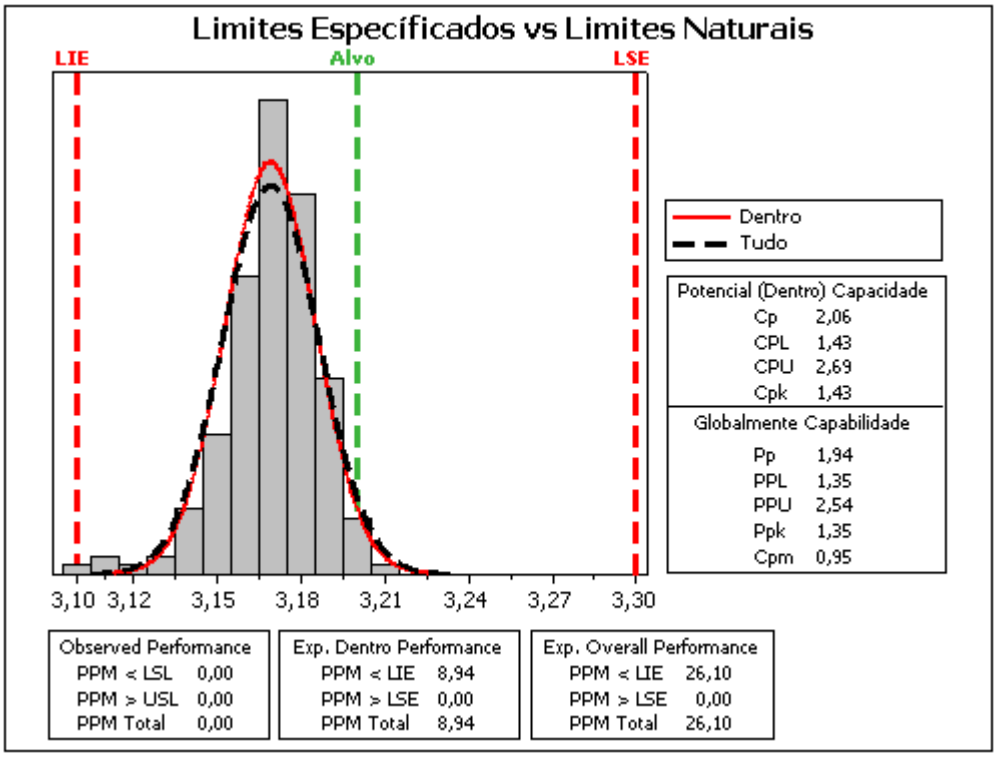

Figura 8 – Gráfico da capacidade do processo

Finalmente, a partir dos pontos restantes foram definidos os gráficos de controle para a

variável Pescoço (Figura 9), por se tratar da variável mais importante dentro deste estudo, conforme já explicitado anteriormente.

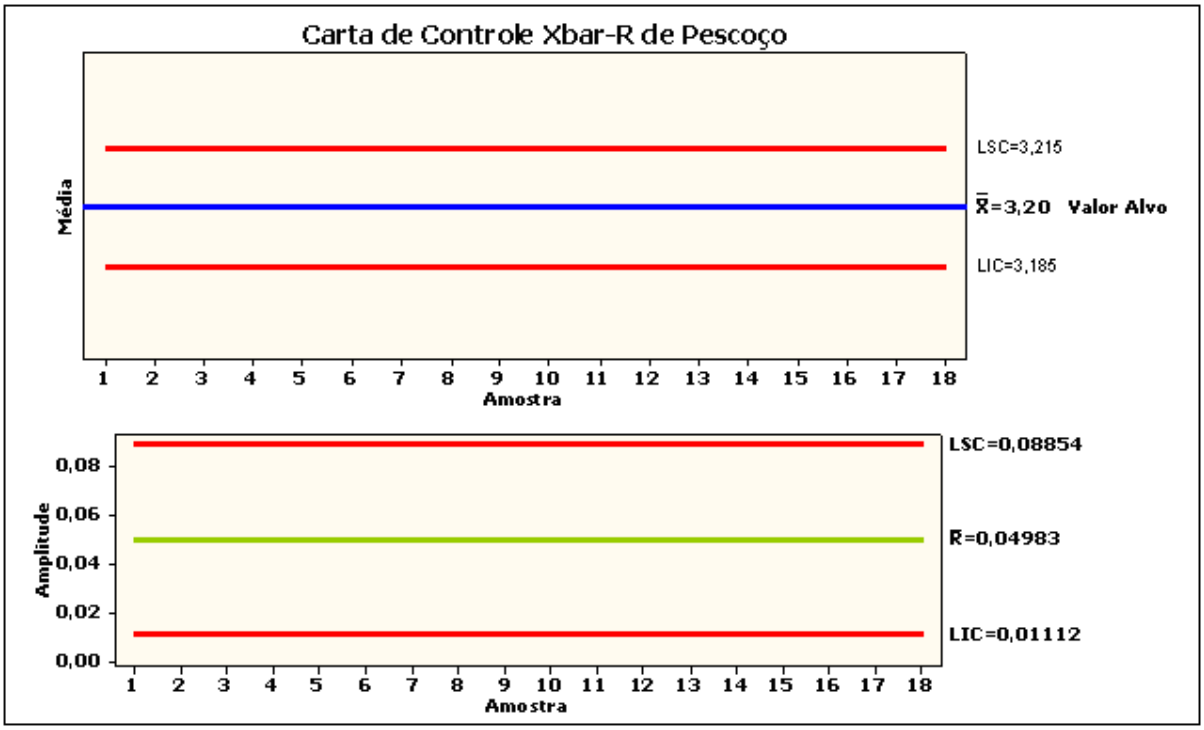

Figura 9 – Carta de Controle proposta para a variável Pescoço

De acordo com a leitura dos gráficos apresentados na Figura 8 e na Figura 9, verificou-se que o processo esta sob controle, uma vez que apresenta baixo valor de desvio-padrão produzindo apenas nove itens fora dos limites especificados a cada um milhão. Entretanto, percebeu-se que havia necessidade de um ajuste no gráfico da média, pois a mesma apresentava-se levemente deslocada para a esquerda, sempre em relação ao valor alvo. Por sua vez, e de acordo com Costa *et al.* (2008), é possível afirmar que o processo em estudo é capaz, uma vez que apresenta o valor de seu Cpk igual a 1,43. Segundo os autores, o processo é capaz quando apresenta Cpk maior do que 1,33.

Desta forma, os gráficos da Figura 9, obtidos a partir do deslocamento da linha $\bar{x}$ da Figura 7 para a linha do Valor alvo, mantendo-se a diferença entre os valores dos limites inferior e superior de controle, foram definidos como os parâmetros do processo.

5. Considerações finais

Diante de um cenário altamente globalizado e competitivo, a busca de produtos que apresentem uma qualidade desejada pelo cliente é uma necessidade para todas as empresas e grandes corporações.

Diante deste aspecto, deve-se ressaltar que a qualidade não está presente apenas no produto final, mas em todo o processo produtivo. Assim, a adoção do CEP é um fator decisivo para a geração de maior confiabilidade no processo, acarretando um ganho de qualidade perante outras empresas, o que pode ser decisivo para a sobrevivência do empreendimento.

Dentre as ferramentas do CEP os gráficos ou cartas de controle se mostram como uma

aplicação eficaz e eficiente já que de forma simples monitora-se o comportamento da produção, podendo verificar se este estará ou não sob controle, sendo por esta razão escolhidos para o presente trabalho, tendo em vista que a empresa analisada necessitava, de maneira rápida e a baixo custo, avaliar a capacidade de seus processo.

Desta forma, o presente trabalho procurou aplicar os conhecimentos sobre gráficos de controle numa indústria metalúrgica, mais especificadamente na sua produção de pinos de aço, com o intuito de descobrir se o processo estava ou não sob controle, avaliar sua capacidade, bem como definir os parâmetros para os gráficos de controle.

Portanto, após aplicada a metodologia proposta foram identificados alguns pontos fora de controle, os quais apontavam para possíveis causas especiais, as quais foram eliminadas e calculados os novos limites de controle.

A partir de então, criou-se o gráfico de controle final, visto que não havia nenhuma nova causa especial, estando o processo sob controle estatístico. Este fato foi ressaltado pelo valor do índice Cpk estar acima de 1,33.

Por fim, com o presente caso foi possível perceber-se como é importante a presença de colaboradores bem treinados, assim como o auxílio dos recursos da estatística para o monitoramento do processo.

Referências

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K. & CARPINETTI, L. C. R. *Controle estatístico da qualidade*. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

COSTA, A. F. B. *X Charts with variable sample size.* Journal of Quality Technology, vol. 26, n.3, p. 155-163, 1994.

COSTA, A.F.B. *X chart with variable sample size and sampling intervals.* Journal of Quality Technology, vol. 29, n. 2, p. 197- 204,1997.

MINITAB. *Conheça o Minitab 15 para Windows*. 1. ed. São Paulo: Editora Minitab Inc., 2007.

MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. São Paulo: Editora LTC, 2004.

PEDRINI, D. C. & CATEN, C. S. T. *Gráficos de controle $\bar{x}$ e S com tamanho de amostra variável e análise de capacidade para dados não-normais: um estudo aplicativo.* Revista Produto & Produção. Vol. 4, número especial, p.72-85, 2000.

SOUZA, G. R. *Implantação do controle estatístico de processo em uma empresa de bebidas.* Dissertação apresentada ao Mestrado profissionalizante em engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.