

Uma proposta de utilização das Cartas de Controle para o CEP

Morgana Wasyluk (FAHOR) mw000797@fahor.com.br

Édio Polacinski (FAHOR) polacinskiedio@fahor.com.br

Resumo

A qualidade é uma das características diferenciais do produto. Para que o produto tenha qualidade, é necessário monitorar todo o processo produtivo, desde a aquisição da matéria-prima até a embalagem do produto. No Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) aborda-se o Controle Estatístico do Processo (CEP), uma vez que a perda da qualidade pode ser evitada, se ocorrer um controle apropriado da variação nos processos. Neste contexto, destaca-se que para o referido controle, o CEP utiliza-se das cartas de controle, bem como existem diversos modelos dessas, que avaliam, de forma diferente, a variação de dados dos processos. As referidas cartas auxiliam na verificação da variabilidade dos processos, através da análise de gráficos, onde são plotados os dados coletados nas variáveis de produção e comparados com a média e os limites pré-estabelecidos. Nesse sentido, evidencia-se, que através de um ensaio teórico, tem-se como objetivo, no presente artigo, apresentar uma revisão de conceitos que permitam apresentar a correta utilização da ferramenta Cartas de Controle, no processo de implantação do CEP, e como os seus resultados podem fornecer, às empresas, uma melhoria significativa nos processos e redução nos custos da produção.

Palavras-chave: Controle Estatístico da Qualidade; Controle Estatístico do Processo; Cartas de Controle.

1. Introdução

A qualidade é essencial para uma empresa, sendo a característica do produto capaz de satisfazer as necessidades do cliente. Para que um produto tenha qualidade, é necessário garantir que, desde a matéria prima até o produto final, tenha-se um controle dos processos utilizados, evitando-se, assim, as variações de produção que geram produtos defeituosos.

Segundo Montgomery *apud* Magalhães e Cymrot (2006), a qualidade pode ser analisada de várias maneiras, denominadas dimensões da qualidade, a saber: desempenho do produto, confiabilidade do produto, durabilidade do produto, facilidades de utilização da assistência técnica, estética do produto, características do produto, qualidade percebida (reputação do produto e/ou fabricante) e conformidade com as especificações do projeto original.

De acordo com Rotondaro *et al.* *apud* Zvirtes e Chiavenato (2006), a variação, nas características da qualidade, existe em função das diferenças ou inconsistências nos componentes básicos dos processos, ou seja, mão-de-obra, materiais, máquinas, medição, métodos e meio ambiente. Logo, a utilização de técnicas e métodos, para o controle e redução da variabilidade, torna-se extremamente importante para a geração de ações de otimização dos processos.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma técnica estatística que permite a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade de interesse, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido (RIBEIRO *apud* ZVIRTES; CHIAVENATO, 2006).

Para que o CEP seja realmente eficaz, faz-se necessário o uso de uma ferramenta da qualidade intimamente ligada à estatística, as Cartas de Controle (CCs). Magalhães e Cymrot (2006) destacam que, através de técnicas de monitoramento, com cartas de controle, é possível observar processos de produção e verificar uma possível existência de qualquer anomalia no mesmo, isto é, pode-se detectar variações na centralização e/ou na dispersão do processo.

O objetivo principal, deste trabalho, é, a partir de um ensaio teórico, apresentar uma revisão de conceitos que permitam apresentar a correta utilização da ferramenta CCs, no processo de implantação do CEP, e como seus resultados podem fornecer, às empresas, uma melhoria significativa nos processos e redução nos custos da produção.

Acredita-se que, a partir da elaboração do presente artigo, seja possível fornecer embasamento para outros profissionais e empresas que tenham interesse na utilização de CCs para implantação e manutenção do CEP.

2. Revisão da Literatura

Em busca da apresentação de uma proposta de utilização de CCs, para o CEP, é necessário que se conheça os métodos a serem avaliados, para a discussão da melhor maneira de controlar a qualidade da produção, sendo estes métodos o CEQ, o CEP e as CCs.

2.1 Controle Estatístico da Qualidade (CEQ)

A qualidade, para as empresas, atualmente, deixou de ser um diferencial e passou a ser uma necessidade. As empresas buscam, continuamente, o total da qualidade e, para alcançarem seus objetivos, fazem uso das ferramentas da qualidade, conforme Montgomery *apud* Bernardelli, Ferreira e Gonçalves (2009), onde afirmam o uso das ferramentas da qualidade serem importantes para o estudo técnico do CEP, para a melhoria contínua na qualidade, bem como na produtividade, por meio da redução sistemática da variabilidade.

Ainda de acordo com o mesmo autor, no CQT todas as decisões são tomadas com base em análise de fatos de dados e, para conseguir um melhor aproveitamento destes, são utilizadas técnicas e ferramentas da qualidade. A estatística oferece o suporte necessário para coletar, tabular, analisar e apresentar dados das variações e os gráficos de controle são ferramentas para auxiliarem no monitoramento da variabilidade, para a avaliação da estabilidade de um processo.

Segundo Santos *et al.* (2009) a qualidade não deve ser atrelada apenas ao produto final, mas a todo o processo produtivo e administrativo, visto que cada produto imperfeito traz consigo desperdício de matéria-prima, tempo e energia.

A qualidade é alterada pela variação nos processos, que vão desde a forma como se trabalha, até o fato de que, por exemplo, em uma operação de usinagem, a ferramenta de corte perde seu gume à medida que vai processando uma quantidade de produtos. O CQT não pode ser descontinuado enquanto a empresa existir (BRANDSTETTER; BUCCAR, 2008).

Outro aspecto levantado por Brandstetter e Buccar (2008) é que o CQT possui ferramentas, entre as quais podem ser apontadas, como clássicas: fluxograma, histograma, Diagrama de Pareto, folha de verificação, diagrama de dispersão, Diagrama de Ishikawa, ou causa e efeito, e o gráfico de controle, ferramenta do CEP. Em função da variação do processo ser uma causa principal de problemas em processos produtivos, aborda-se o tema de CEP, que é uma área bem tradicional dentro da avaliação da qualidade, que foi fundamentada nos estudos de gráficos.

2.2 Controle Estatístico de Processos

Para manter a qualidade de um produto é necessário manter a qualidade em todo o processo de fabricação. Para tanto, o CQT faz uso de uma ferramenta muito importante, o CEP, principalmente através do uso da ferramenta CCs ou Cartas de Shewhart.

Nesse contexto, Montgomery *apud* Santos *et al.* (2009) afirma o CEP ser 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.

O mesmo autor destaca que as ferramentas do CEP possuem o intuito de verificar o desempenho de um processo em uma empresa, analisando as tendências de variações, no processo, a partir de dados coletados, nesse mesmo processo, minimizando tal variabilidade.

Segundo Caruso e Helleno (2009), a utilização do CEP implicará na utilização de gráficos de controle, para determinar a sua característica. O objetivo principal dos gráficos de controle é indicar quando os processos de produção sofrem alterações e o quanto essas mudanças podem afetar a qualidade do produto. (GAITHER; FRAZIER *apud* FERREIRA; MEDEIROS; OLIVEIRA,

2008).

Em função da variação do processo ser uma causa principal de problemas em processo produtivos, aborda-se o tema de CEP, que foi fundamentado nos estudos de gráficos de controles elaborados por Shewhart, no início do século XX. O CEP possui, segundo Paladini *apud* Brandestetter e Bucar (2008), ferramentas que permitem uma análise detalhada do processo produtivo e, a partir daí, desenvolver ações para a melhoria do próprio processo, e acrescenta que o CEP é o conjunto de conceitos e ferramentas que fundamenta a gestão da qualidade no processo.

Os gráficos de controle, segundo Costa *et al. apud* Ferreira, Medeiros e Oliveira (2008), detectam variações naturais do processo, fruto de pequenas perturbações ou causas aleatórias e, na presença destas, o processo é dito sob controle estatístico. Ainda de acordo com o mesmo autor, também são identificadas perturbações maiores, chamadas de causas especiais, que têm o efeito de deslocar a distribuição da variável aleatória X (tirando sua média do alvo) e/ou aumentar sua dispersão. Nesse caso, o processo encontra-se fora de controle estatístico.

2.3 Cartas de Controle (CCs)

Os produtos manufaturados possuem diferença entre si, sendo estas originadas pela variação das variáveis de entrada do processo. Quando as diferenças são significantes, em relação às especificações de projeto, corre-se o risco de se ter produtos não conformes, isto é, produtos que não atendam as especificações (SCHISSATI, 1998).

Michel e Fogliatto (2002) destacam que o objetivo das CCs é monitorar a variabilidade existente nos processos, distinguindo causas comuns (causadoras de pequenas variações aleatórias e, via de regra, inofensivas ao processo) de causas especiais. Causas especiais devem ser identificadas e corrigidas, para que o processo permaneça dentro de um padrão esperado de desempenho.

A seguir, serão apresentados alguns modelos de CCs, que foram desenvolvidas para atender às necessidades de controle de qualidade do processo nas empresas, todas elas tendo os mesmos princípios fundamentais de construção e operação, mas com formas diferentes de análise dos dados.

2.3.1 Carta de Valores Individuais

Para Fogliatto *et al.* (2003), as cartas para valores individuais permitem monitorar dados contínuos, para os quais se dispõe de somente uma amostragem no espaço de tempo de referência. Ou seja, a amostra é composta por 'n' subgrupos com tamanho de amostra igual a 1. A variabilidade do processo, no caso de amostras individuais, é monitorada através da Carta para a amplitude móvel. A utilização das CCs para valores individuais

pressupõe variáveis de interesse normalmente distribuídas (BOTHE *apud* FOGLIATTO et al. 2003).

Ainda para o mesmo autor, tal suposição se aplica aos estudos de capacidade para essas variáveis. A capacidade de um processo monitorado por uma variável de interesse pode ser definida como a sua habilidade de atender a especificações pré-estabelecidas. Em estudos de capacidade, confronta-se a variabilidade natural, apresentada pelo processo, com a amplitude de suas especificações, através de índices numéricos. Na Figura 1, pode-se observar um exemplo de carta de valores individuais.

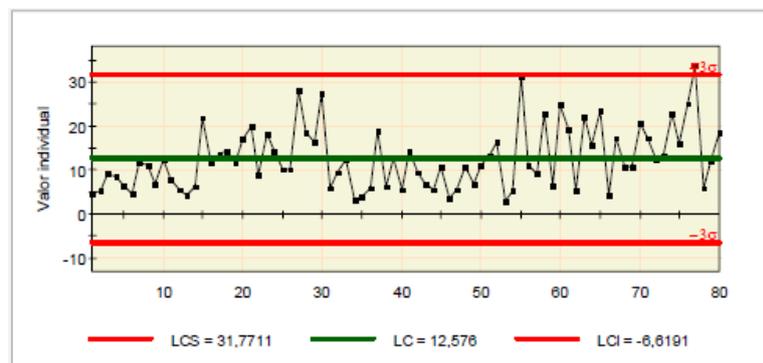


Figura 1: Carta de desempenho para valores individuais. Fonte: Fogliatto *et al.* (2003)

2.3.2 Carta de Soma Cumulativa

A aplicação da Carta de Soma Cumulativa (CUSUM) consiste em plotar as somas acumulativas das sucessivas observações de um processo. A média de pontos consecutivos é proporcional à inclinação da linha do gráfico da soma cumulativa em função do tempo. Uma alteração na média do processo será percebida como uma alteração na inclinação do gráfico do CUSUM e o número de resultados relevantes, para a determinação dessa mudança, também será indicada no gráfico, associada com a mudança na média (HUNTER *apud* MAGALHÃES; CYMROT, 2006).

No CUSUM, o valor da média corresponde a uma inclinação de 0° , o qual é denotado por k ou valor de referência. O intervalo de decisão é determinado por h , função da variabilidade do processo, no mesmo sentido que o tamanho dos limites de controle num gráfico da Carta de Controle de Shewhart (PAGE *apud* MAGALHÃES; CYMROT, 2006). A escolha desses dois parâmetros influencia, diretamente, o tempo que se leva pra perceber uma mudança no processo. A Figura 2 é um exemplo de CUSUM.

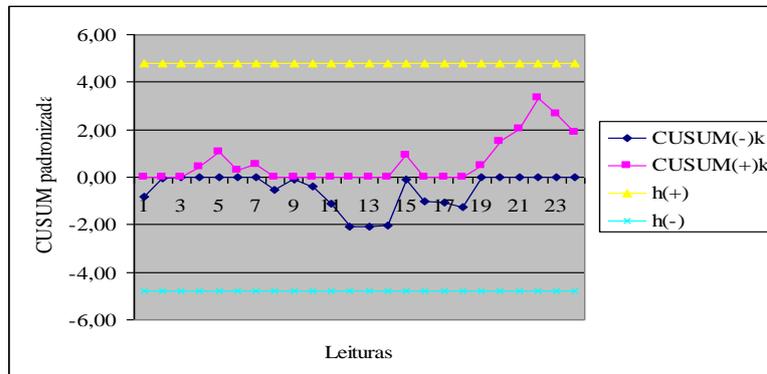


Figura 2 – Carta de soma cumulativa. Fonte: Samohyl (2006).

2.3.3 Carta de Média Móvel Exponencialmente Ponderada (EWMA)

De acordo com Magalhães e Cymrot (2002), a EWMA, assim como a carta CUSUM, utiliza todos os dados coletados anteriormente e consiste em dar menos peso, menor relevância ao dado, na medida em que ele for ficando mais “velho”.

A escolha da constante λ , assim como o k e o h , utilizados no CUSUM, tem um importante papel no tempo que se leva pra identificar a mudança. O tempo pra se identificar a mudança, a grandeza da mudança que se quer identificar e o parâmetro λ estão diretamente relacionados. Quão menor o valor de λ , maior a influência dos dados anteriores, e vice-versa (MAGALHÃES; CYMROT, 2002). Segue abaixo, na Figura 3, um exemplo de EWMA.

Segundo Silva *et al.* (2004), o gráfico de controle EWMA foi proposto visando controlar a qualidade com variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas (i.i.d.). Tem como objetivo suprir a deficiência apresentada pela Carta de Shewhart; ou seja, incorporar diretamente o comportamento passado no ponto presente. Através da Figura 3, identifica-se um exemplo da Carta de Controle “EWMA”.

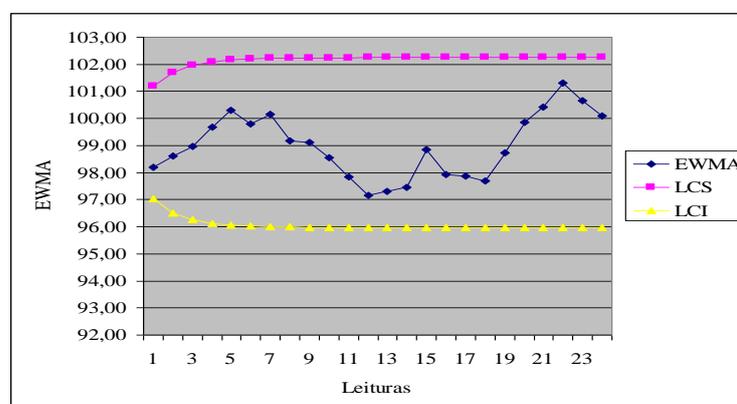


Figura 3 – Carta de controle EWMA. Fonte: Samohyl (2006).

2.3.4 Carta Adaptativa de Controle (CAC)

Segundo Michel e Fogliatto (2002), ao contrário das cartas de controle tradicionais, as CACs permitem parâmetros variáveis, definidos de acordo com o estado do processo, determinado pelo valor da estatística amostral na carta de controle. Os parâmetros adaptáveis, nas CACs, compreendem: frequência de amostragem, tamanho da amostra e coeficiente dos limites de controle. A mudança nos valores dos parâmetros ocorre em tempo real, durante o monitoramento do processo.

Ainda de acordo com o mesmo autor, nas CACs, o estado atual do processo é definido pelo valor da estatística amostral plotada na carta. A idéia básica, das CACs, é intensificar o controle sobre o processo, quando pontos no gráfico se aproximarem dos limites de controle, e relaxar o controle, quando os pontos estiverem próximos da linha central. A intensidade de controle é definida através de mudanças nos valores dos parâmetros da carta.

Na Figura 4, é possível visualizar a plotagem de uma CAC.

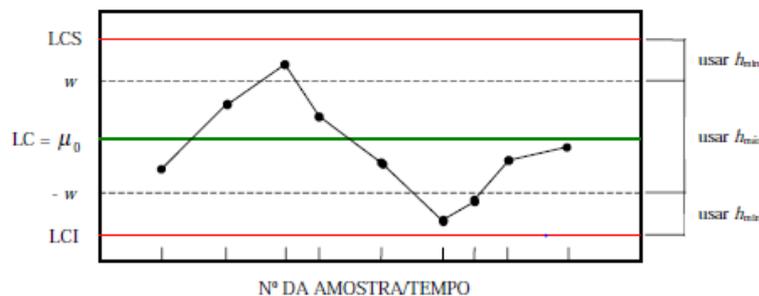


Figura 4 – Exemplo de Carta Adaptativa de Controle com intervalo de amostragem adaptativo. Fonte: Michel e Fogliatto (2002)

3. Métodos e Técnicas

Utilizou-se, para o desenvolvimento do presente artigo, a metodologia de pesquisa exploratória, com base à valorizar a descoberta de informações úteis e atualizadas para o ensaio teórico da utilização de CCs no CEP. O uso dessa metodologia foi facilitada em função da pesquisa bibliográfica, principalmente em fontes digitais, efetuada com o objetivo de embasar o conhecimento teórico adquirido.

O foco do trabalho deu-se no levantamento de informações referentes ao CEQ, ao CEP e uma de suas ferramentas mais utilizadas, as CCs. Com as informações obtidas, foi possível analisar teorias de como utilizar as Cartas de Controle no CEP.

O estudo também pode ser caracterizado por sua finalidade descritiva, pelo fato de apresentar como objetivo principal a descrição das características de

determinada população, ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis, neste caso, conceitos, definições, e evolução temática (GIL *apud* POLANCISKI; SCHENATTO; ABREU, 2009).

Finalmente, e considerando o caráter teórico da pesquisa, ressalta-se que esta também se utilizou dos princípios do método dialético, a partir do qual as definições foram confrontadas na tentativa de encontrar semelhanças ou coerência e diferenças ou inconsistências relativas (SILVA; MENEZES *apud* POLANCISKI; SCHENATTO; ABREU, 2009).

4. Resultados e discussões

No decorrer da análise bibliográfica, foram explorados diversos fatos relevantes ao controle da qualidade, principalmente o controle dos processos de produção que influenciam diretamente na qualidade. Sendo que este controle pode ser realizado através de diversos modelos de CCs, que possuem a mesma forma de caracterização e operação, mas trabalham e avaliam os dados do processo de formas diferentes.

Convém destacar, dentre as diversas CCs existentes, algumas que melhor atendem ao controle da qualidade no processo de produção, avaliadas na revisão da literatura, sendo elas: Carta de Valores Individuais, Carta de Soma Cumulativa, Carta de Média Móvel Exponencialmente Ponderada e Carta Adaptativa de Controle.

As análises realizadas, quanto a utilização de CCs para o CEP, apresentam diferentes resultados e objetivos, sendo destacados a seguir:

- As Cartas de Controle Para Valores Individuais geram resultados significativos para o processo, somente se os valores analisados forem considerados como uma amostra por período, tendo apenas uma variável em função do tempo para ser analisada;
- As cartas de controle tipo CUSUM apresentam melhor desempenho para identificar desvios na média. Este método, ao realizar a soma das variações, permite a rápida verificação do período onde ocorreu a modificação;
- Devido a dificuldade encontrada por Cartas de Schewart comuns, em detectar pequenos desvios causados por instabilidades no processo produtivo, é indicado utilizar-se a carta de controle modificada tipo EWMA. Este modelo integra as variáveis do passado e do presente, proporcionando avaliações para *feedback*;
- As CACs permitem desenvolver um modelo de monitoramento capaz de reduzir custos. Isto é possível, pois através do monitoramento dos gráficos, quando os pontos de controle das variáveis estiverem próximos dos limites, intensifica-se o controle, e, quando estes valores estiverem próximos a média, relaxa-se o controle.

Neste trabalho, foram citados e estudados apenas alguns modelos de CCs, mas há uma grande diversidade de métodos de plotagem dos dados avaliados no controle de qualidade nos processos, todas baseadas no modelo de Carta de Controle criada por Schewart.

5. Conclusões

Após o exposto neste artigo, é possível verificar que o objetivo do mesmo foi atingido, com a exploração da revisão bibliográfica, verificando-se as ferramentas da qualidade, principalmente o CEP e a sua ferramenta principal, as CCs, em suas mais diversas formas de apresentação.

As CCs são responsáveis pela avaliação de uma variável de interesse no processo, onde as medições realizadas, sobre esta variável, em diferentes períodos de tempo, resultam em dados para a plotagem de um gráfico onde os resultados são comparados contra limites de controle.

O fato mais importante é as CCs analisarem os dados da produção, verificando o desempenho do processo, auxiliando na eliminação de causas especiais, deixando o processo sob controle, resultando na qualidade do mesmo.

6. Referências

BERNARDELLI, D. J; FERREIRA, J. B; GONÇALVES, K. D. **Controle estatístico de processo: um estudo comparativo para a portaria do Inmetro.** In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Anais. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

BRANDSTETTER, M. C. G; BUCAR, R. S. **Proposta metodológica para identificação de falhas em processos produtivos mediante o uso de ferramentas de controle da qualidade e pesquisa operacional.** In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Anais. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

CARUSO, D. M; HELLENO, A. L. **Seis Sigma: uma abordagem conceitual como metodologia de gestão ou ferramenta para melhoria da qualidade.** In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Anais. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

FERREIRA, P. O; MEDEIROS, P. G; OLIVEIRA, L. M. **Utilização do controle estatístico do processo para o monitoramento do peso médio de cápsulas de tuberculostáticos: um estudo de caso.** In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Anais. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

FOGLIATTO, F. S. et al. **Procedimento de monitoramento do desempenho de equipes de eletricitistas e do custo de atividades em redes de transmissão elétrica através de cartas de controle estatístico de processo.** In. XXIII Encontro

Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

MAGALHÃES R. R.; CYMROT R. **Técnicas de monitoramento e controle estatístico de processos através de cartas de controle da soma cumulativa e de cartas de controle de média móvel exponencialmente ponderada.** In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. Anais. São José dos Campos, SP, Brasil, 19 e 20 de outubro 2006.

MICHEL R.; FOGLIATTO F. S. **Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos.** Gestão & Produção. São Carlos, SP, Brasil, v.9, n.1, p. 17-31, abr. 2002

POLANCISKI, E.; SCHENATTO F. J. A.; ABREU A. F. **Evolução Dos Estudos Do Futuro: Resgate Histórico.** In: XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Anais Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

SAMOHYL R. W. (2006), Capítulo 9 de “**Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade**”, em Livro texto da coordenação de Marly Monteiro, Gestão da Qualidade, Teoria e Casos, Editora Elsevier/Campus.

SANTOS, A. et al. **A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais: estudo de caso numa indústria metalúrgica.** In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Anais. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

SCHISSATTI, M. L. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewhart para o controle de processos.** 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, 1998.

SILVA, W. V. et al. **Aplicação do Gráfico de Controle Ewma no Processo Produtivo de uma Indústria de Alumínio: Um Estudo de Caso.** In: XI SIMPEP. Anais. Bauru, São Paulo, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

ZVIRTES, L.; CHIAVENATO, P. **Implantação do controle estatístico do processo em uma indústria de bebidas destiladas.** In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.