

Implantação de ferramentas de controle estatístico de processo no ensaque de farinha de soja integral micronizada

Dirceu Scaratti*
Michel Brasil da Silva**

Resumo

As indústrias, muitas vezes, apresentam excesso de peso nas embalagens de seus produtos, isso devido à variabilidade do peso de ensaque, o que faz com que os gestores trabalhem com o peso de ensaque acima da média desejada para garantir que o limite de especificação inferior não será ultrapassado. O excesso de peso nas embalagens também ocorre em virtude de os gestores dos processos não utilizarem ferramentas adequadas para analisarem o peso líquido de ensaque. O presente trabalho objetiva implantar ferramentas de controle estatístico de processo (CEP) para reduzir as perdas de produto em virtude do excesso de produto ensacado nas embalagens no ensaque da farinha integral de soja micronizada (FISM). Durante um ano, foram utilizadas ferramentas de CEP para analisar dados coletados a partir de amostragens realizadas aleatoriamente. Com a implantação do CEP, houve uma redução do peso líquido médio de 25,04 kg para 25 kg, o que resultou em uma redução de R\$ 25.920,00 no custo de produção anual. Após a implantação das ferramentas de controle estatístico de processo no ensaque da FISM, verificou-se a importância dessas ferramentas para o aumento em qualidade do processo e a redução das perdas em razão do excesso de produto ensacado.

Palavras-chave: Controle estatístico de processo. Variabilidade. Embalagem. Peso líquido.

1 INTRODUÇÃO

Nas indústrias geralmente o processo de ensaque é considerado a etapa do processo de produção mais simples e, muitas vezes, considerado um processo sem parâmetros. Com esse pensamento por parte dos gestores dos processos, ocorre que muitos processos de ensaque apresentam elevadas variações no peso líquido de produto ensacado e, também, excesso de produto nas embalagens para garantir que seja ensacado o peso líquido mínimo estabelecido. Em virtude desse comportamento, as perdas que parecem pequenas, quando analisadas as embalagens individualmente, tornam-se significativas se analisadas ao final de um mês ou um ano inteiro de produção. Objetivando reduzir as variabilidades dos processos, aplicam-se técnicas de controle; a ferramenta denominada controle estatístico de processo (CEP) apresenta-se como alternativa de controle da variabilidade em processos produtivos. Essa ferramenta, quando aplicada corretamente, além de propiciar uma produção com menos variabilidade, contribui para melhorar os níveis de qualidade nos resultados da produção, o que reflete diretamente nos custos de produção.

* Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestre em Administração e Negócios pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; professor pesquisador nos grupos de pesquisa de Administração e Desenvolvimento Organizacional, Engenharia e Meio Ambiente e Grupo Multidisciplinar de Estudos em Tratamento Biológico de Efluentes da Unoesc; coordenador do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Oeste de Santa Catarina *Campus* de Videira; consultor de empresas com experiência em sistemas de gestão da qualidade, ferramentas de inteligência competitiva, excelência organizacional (PNQ, PQGF e PNQS); dirceu.scaratti@gmail.com

** Engenheiro Químico; Especialista em Gestão da Produção, atua como Engenheiro Químico na Brasil Foods; micbrava@yahoo.com.br

O presente artigo tem por objetivo reduzir as perdas do processo de ensaque de farinha integral de soja micronizada, a partir da implantação de ferramentas de controle estatístico de processo no ensaque.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS BÁSICOS DO CEP

O controle estatístico de processo (CEP) está estreitamente ligado à qualidade. Não é possível atingir níveis adequados de qualidade sem explorar o CEP. Segundo Montgomery (1985), a qualidade pode ser definida como o conjunto de atributos que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido.

Por sua vez, Irwin (1965) associa à qualidade a engenharia e define-a como o conjunto das técnicas e procedimentos para estabelecer critérios e medidas da qualidade de um produto visando a identificar produtos que não estejam conformes a tais critérios, acompanhar o processo de produção e eliminar as causas que levaram a não conformidades.

Para controlar e estabilizar os processos das empresas, utilizam-se as ferramentas de CEP, necessitando apenas de pequenas amostras sempre muito menores que os lotes. Assim, as investigações do gerente estarão em direção das grandes causas atrás das grandes irregularidades da linha de produção. Cada vez que uma nova causa é identificada e documentada para análise, o processo de produção é estabilizado e a qualidade é garantida e melhorada (SAMOHYL, 2006).

Diante do exposto, e compartilhando da visão de Slack et al. (1997), pode-se dizer que o controle do processo é usualmente o método preferido para controlar qualidade, porque a qualidade está sendo construída no processo ao invés de ser inspecionada ao final.

2.2 CONCEITOS HISTÓRICOS DO CEP

Shewhart (1986) começou a colocar em prática nas fábricas alguns conceitos básicos em Estatística e Metodologia Científica na década de 1930 nos Estados Unidos. Ele foi o pioneiro e empreendedor na área de controle estatístico de processo (CEP). Hoje não há fábrica no mundo que não aplica pelo menos algumas ferramentas simples de CEP para a melhoria dos processos industriais. A percepção extraordinária de Shewhart (1986) é de que a qualidade e a variabilidade são conceitos antagônicos no sentido de que onde tem muito de um terá necessariamente pouco do outro. Essa ideia funciona para ambos, processos e produtos. Uma tarefa dentro de um processo que leva um período de tempo irregular para completar pode causar confusão na linha de produção, como a irregularidade nas características de uma peça, uma hora saindo grande demais e outra hora pequena demais. Shewhart (1986) entendeu que medindo, analisando e monitorando variabilidade é o campo do estudo estatístico, e que, mediante aplicações de Estatística na fábrica, processos e produtos poderiam chegar a melhores níveis de qualidade. Melhores níveis de qualidade constituem menor variabilidade nas características do processo e do produto e mais exatidão em alcançar metas (SAMOHYL, 2006).

O controle estatístico de processo pode ser feito utilizando-se cartas de controle, pois elas oferecem diversas vantagens como ferramenta de controle da qualidade: são relativamente simples de ser elaboradas, podendo ficar a cargo do próprio operador de um equipamento ou executor de um serviço; permitem um ajuste contínuo do processo, mantendo-o sob controle; oferecem uma visão gráfica do andamento do processo e permitem avaliar a sua capacidade. Além disso, o seu custo é geralmente inferior ao de uma inspeção por amostragem executada no produto acabado (IRWIN, 1965).

Para Schissatti (1998), o CEP é uma metodologia que permite conhecer o processo, mantê-lo em estado de controle estatístico e melhorar sua capacidade, aperfeiçoando, com isso, a redução de variabilidade do processo.

2.3 CAUSAS DA MÁ-QUALIDADE

Segundo Samohyl (2006), as causas da má-qualidade são: causa especial, causa estrutural e causa comum.

2.3.1 Causa especial

Uma causa especial é assinalável e em geral é única; no entanto, suficientemente grande para produzir perturbações fortes no processo. É um evento que ocorre uma vez ou ocasionalmente. É imprevisível. Essas causas têm de ser eliminadas ou, se por alguma razão não são elimináveis, então sua influência pode ser reduzida por ações compensatórias. São exemplos de causas especiais: trovoada e relâmpago, vento de uma janela deixada aberta, funcionário intoxicado, treinamento no qual faltou um ensinamento importante, uma substância estranha na matéria-prima, um atraso na chegada dos funcionários porque o ônibus quebrou, entre outros.

2.3.2 Causa estrutural

Como a causa especial, a estrutural também é eliminável ou compensável, a diferença é que esta causa ocorre periodicamente. Quando o período entre as ocorrências é relativamente grande, a causa estrutural confunde-se com a causa especial, mas, se o gerente for atento, ele vai perceber sua natureza repetitiva.

2.3.3 Causa comum

Essas causas são relativamente pequenas, mas ocorrem quase sempre e em grande número. É o acúmulo dessas causas em um período de tempo que dá existência à variável aleatória. As ferramentas de CEP não são apropriadas em geral na análise e eliminação de causas comuns. E, embora as causas comuns possam ser reduzidas, elas sempre vão existir enquanto a natureza na sua totalidade guarda uma diversidade tão grande e incompreensível pelo ser humano. A redução dessas causas vem apenas com muito sacrifício, tempo e recurso. Para diminuir irregularidades das causas comuns, é necessário investimento em novas e melhores máquinas, melhor matéria-prima, treinamento intensivo, um ambiente de trabalho mais confortável, entre outras. Nesse caso, qualidade e custo andam juntos. Assim, é fácil entender por que o carro popular custa barato e o carro de famosos jogadores de futebol custa cem vezes mais. São exemplos de causas comuns: uma fábrica no sertão do Ceará sem ar-condicionado, matéria-prima de baixa qualidade, baixo preço, gerente de produção sem nenhum estudo na área de produção, maquinaria velha, combinação errada de ingredientes em um processo químico, entre outras.

2.4 GRÁFICO DE CONTROLE

Em termos gerais, o gráfico de controle é utilizado na detecção de alterações inusitadas de uma ou mais características de um processo ou produto. Em outras palavras, é uma ferramenta estatística que desperta para a presença de causas especiais grandes na linha de produção. O paradigma tradicional é o processo industrial analisado por meio do tempo (séries temporais), mas hoje a ferramenta já se espalhou para processos administrativos e de serviços e para dados classificados como seções cruzadas (por exemplo, os setores na empresa no mesmo ponto no tempo). O gráfico consiste na plotagem de três linhas e os pontos que representam as médias de pequenas amostras (chamados subgrupos racionais), cada uma de tamanho n ($= 1, 4,$

9, 16, 1000, por exemplo), de mensurações periódicas de alguma característica importante de um processo (peso, comprimento, volume, etc.), ou o número ou porcentagem de peças defeituosas ou número de defeitos. As três linhas representam dois limites de controle, um superior (LCS) e o outro inferior (LCI), e uma linha no meio a qual é a média da variável ou alvo da característica. Tradicionalmente, as linhas de controle ficam em uma distância de três desvios-padrão da média ou do alvo do processo. O uso de três desvios é um pouco arbitrário, mas na prática funciona bem na maioria dos casos. Os limites definem uma área razoavelmente grande que evita alarmes falsos. O engenheiro que gasta seu precioso tempo correndo atrás de causas especiais que não existem, certamente, não está sendo bem empregado. O desvio-padrão utilizado é o desvio-padrão das médias (erro-padrão), teoricamente o desvio-padrão da população dividido pela raiz quadrada do tamanho da amostra. Em termos estatísticos, os dois limites de controle definem um intervalo de confiança com nível de confiança de 99,73%. O número significa que um alarme pode ocorrer uma vez em 370 subgrupos. É o preço pago pela utilização de amostragem, mas, pelo menos, a possibilidade de um alarme falso é muito pequena. Se forem tiradas 16 amostras por dia em uma fábrica, o alarme falso iria ocorrer apenas uma vez a cada 23 dias, um preço muito razoável considerando o grande valor relacionado aos gráficos de controle (SAMOHYL, 2006).

2.5 GRÁFICO DA MÉDIA INDIVIDUAL E AMPLITUDE MÉDIA (AM)

O gráfico individual é utilizado quando os subgrupos têm apenas um elemento, como acontece regularmente na indústria química e alimentar. O problema aqui é como definir a variabilidade e calcular a amplitude quando o subgrupo tem apenas um elemento. A solução é trabalhar com amplitude móvel. Esta compreende a diferença entre duas mensurações sequenciais. A média da amplitude é utilizada para definir os limites de controle.

2.5.1 Cálculo dos limites de controle

A fim de calcular os limites de controle para o método da amplitude móvel, utiliza-se a amplitude média dos subgrupos racionais e os coeficientes de Shewhart (1986). Para esse método utiliza-se $n=2$. Os limites de controle são de três desvios-padrão da média e calculados conforme as equações 1 e 2 (SAMOHYL, 2006).

$$LCS = \bar{X} + 3 \times R / d_2 \quad (1)$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \times R / d_2 \quad (2)$$

Onde:

\bar{X} é a média das mensurações (kg);

R é a amplitude média (kg);

d_2 é o coeficiente de Shewhart, Tabela 1;

LCI é o limite de controle inferior (kg);

LCS é o limite de controle superior (kg).

2.6 ÍNDICE DE CAPACIDADE

Os limites de especificação medem a tolerância permitida da variabilidade de uma característica importante do produto ou processo. Esses limites são conceitualmente diferentes e na prática independentes dos limites de controle. A tolerância é calculada pelo desenhista do processo ou produto na hora de sua concepção antes de qualquer tentativa de fabricação. Em outras palavras, tolerância é um conceito teórico.

Os limites de controle, por outro lado, são valores calculados dos dados observados no chão de fábrica e são valores práticos e não teóricos. Tolerância mede o que deve ser, enquanto os limites de controle medem os resultados reais. O índice de capacidade é uma medida da relação numérica entre os dois conceitos. Para processos centrados (Cp), é a distância entre o limite de especificação superior (LES) e o limite de especificação inferior (LEI) dividida pela variabilidade natural do processo igual a 6 desvios-padrão, conforme a equação 3 (SAMOHYL, 2006).

$$Cp = (LES - LEI) / (LCS - LCI) = (LES - LEI) / 6 \text{ desvios padrão} \quad (3)$$

Onde:

Cp é o índice de capacidade para processo centrado

Para processos não centrados (Cpk), é calculado com a distância entre a média do processo e um dos limites de especificação, conforme a equação 4.

$$Cpk = ((X - LEI) / 3 \times \sigma); ((LES - X) / 3 \times \sigma) \quad (4)$$

Onde:

Cpk é o índice de capacidade para processo não centrado;

σ é o desvio-padrão;

X é a média;

LEI é o limite de especificação inferior;

LES é o limite de especificação superior.

O valor (LCS – LCI) é chamado muitas vezes de “6 sigmas”, sendo uma distância de 6 desvios-padrão. Quando o processo é capaz, então os limites de controle ficam inteiramente dentro dos limites de especificação, e o valor do índice é maior que 1,0. Um índice igual a 1,0 significa que a taxa de rejeição de produto não fica em 27 itens em 10.000. Geralmente, as indústrias de hoje querem índices maiores que 1,33, e, se for chegar ao valor fantástico de 2,0, significa que a tolerância está em 12 desvios-padrão da distância, ou 6 desvios-padrão da linha central. Com o índice igual a 2,0, a taxa de rejeição de defeituosa fica em 2 itens para a produção de 10 bilhões (SAMOHYL, 2006).

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo deste estudo, foi analisado entre setembro de 2008 e setembro de 2009, utilizando ferramentas de CEP, o peso líquido de ensaio da farinha integral de soja micronizada que, após a sua produção, é ensacada em embalagens plásticas para 25 kg em um setor produtivo da unidade de Rações e Proteínas Videira (RPV) da Empresa Brasil Foods, instalada na cidade de Videira, SC. Para realizar a análise do peso líquido de ensaio, foi coletado, em média, a cada dois meses, um conjunto de 25 valores do peso. Cada valor desse conjunto foi coletado com diferença de uma hora, e esse conjunto de valores englobou os três turnos de produção do processo. De posse dos dados do peso líquido de ensaio foi utilizado o gráfico de controle de Shewhart para analisar a estabilidade do processo, o gráfico das médias para controlar o peso líquido médio de ensaio, histogramas para analisar a distribuição do peso líquido de ensaio ao redor da média desejada e o índice de capacidade para verificar a capacidade do processo de ensaio e os ganhos obtidos com a implantação do CEP. Após o término das análises, quando necessário realizar ajuste no peso de corte das balanças medidoras do peso de ensaio e também calibração e aferição das balanças, essas atividades foram realizadas pelo Laboratório Interno de Calibração da Unidade Industrial (Labinc).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 ilustra por meio de um histograma a comparação entre o peso líquido de ensaque antes da implantação de ferramentas de CEP com setembro de 2009, após um ano da implantação.

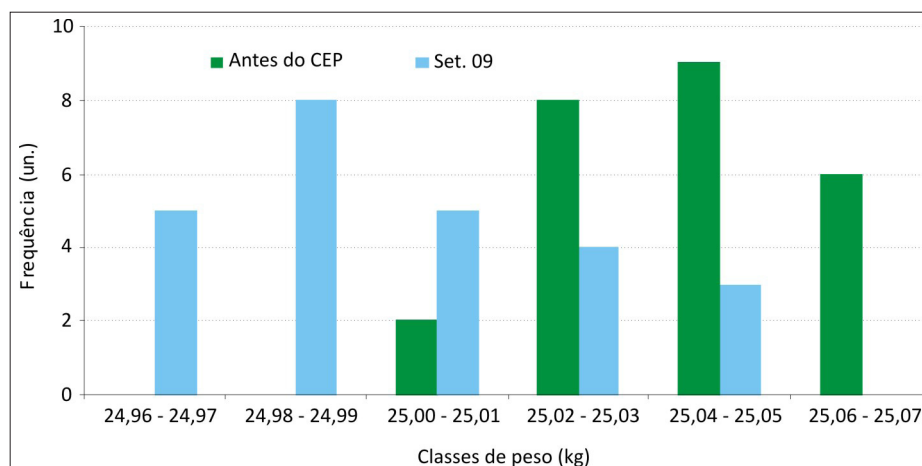


Gráfico 1: Histograma do peso de ensaque

Em análise ao histograma, é possível verificar que antes da implantação do CEP o processo estava deslocado para a direita da média, ou seja, mais próximo do limite de especificação superior; após a implantação do CEP, o processo deslocou-se para a esquerda, tornando-se centralizado ao redor da média.

O Gráfico 2 ilustra o comportamento do peso líquido médio de ensaque ao longo da implantação e utilização das ferramentas de CEP.

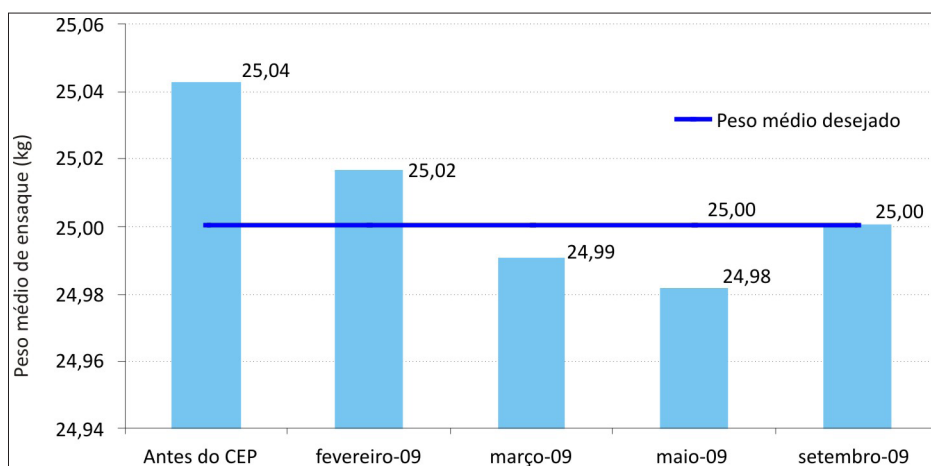


Gráfico 2: Peso líquido médio de ensaque

Conforme Gráfico 2, é possível verificar que a média do peso líquido médio reduziu após a implantação do CEP, e, entre os meses de março e maio, o peso ficou abaixo da média desejada, o que trouxe perdas aos clientes da companhia. Após ajustes no peso de ensaque no mês de setembro, o processo atingiu a média desejada de 25,00 kg de produto ensacado por embalagem; com isso, ambas as partes – empresa e cliente – ficam sem perdas.

O Gráfico 3 ilustra, por meio do gráfico de controle, baseado no método de Shewhart, para três desvios-padrão, o comportamento do peso líquido de ensaque antes da implantação das ferramentas de CEP.

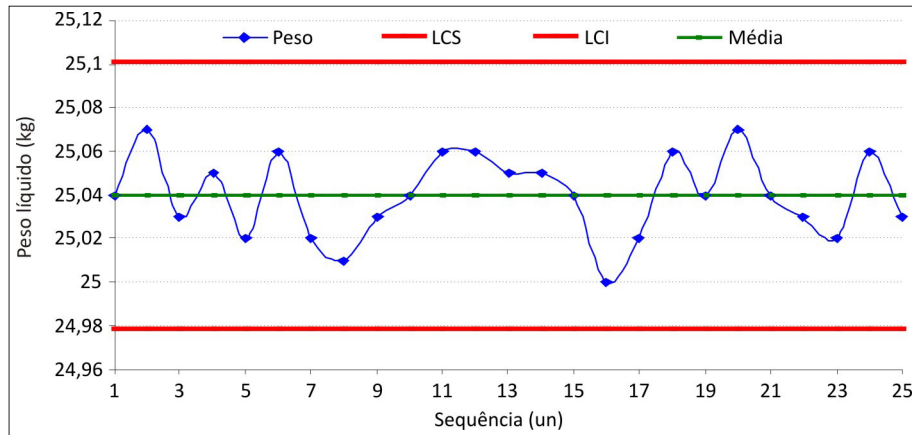


Gráfico 3: Controle antes da implantação do CEP

Mediante o Gráfico 3, nota-se que mesmo antes da implantação do CEP o processo do peso de ensaue estava estável, sem causas especiais, porém com a média do peso líquido acima do valor desejado.

O Gráfico 4 ilustra, por meio do gráfico de controle, baseado no método de Shewhart, para três desvios-padrão, o comportamento do peso líquido de ensaue referente ao mês de setembro de 2009, após um ano da implantação das ferramentas de CEP.

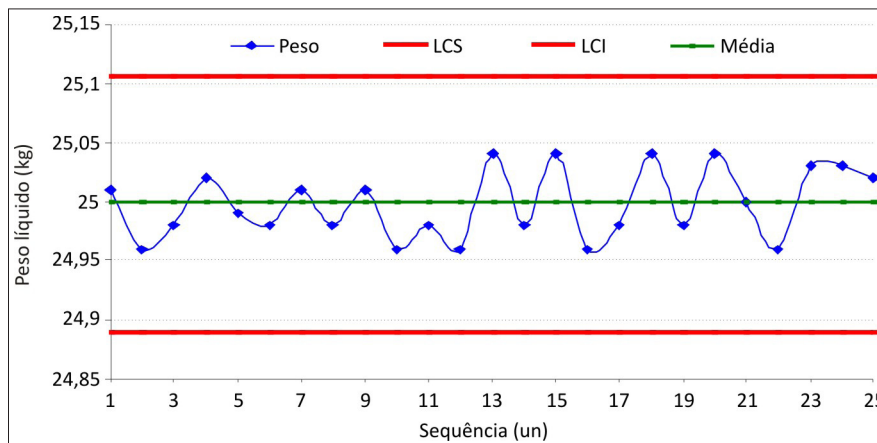


Gráfico 4: Controle após um ano da implantação do CEP

Segundo o Gráfico 4, observa-se que, após um ano da implantação do CEP, o processo do peso de ensaue continua estável e sem causas especiais, assim o processo está sofrendo apenas causas comuns.

A Tabela 1 ilustra o índice de capacidade do processo de ensaue da FISM antes da implantação do CEP e após um ano da implantação, utilizando os limites específicos superior e inferior do processo de 25,10 e 24,90, respectivamente.

Tabela 1: Índice de capacidade

Período	Cp/Cpk
Antes do CEP	1,11
Setembro de 2009	1,19

Em análise à Tabela 1, é possível verificar que o índice de capacidade aumentou após a implantação do CEP. O processo de ensaue é considerado capaz, pois o índice de capacidade é maior que 1,0, porém hoje as indústrias querem um índice maior que 1,33; para chegar a esse valor, o processo necessita passar por grandes melhorias. Como verificado no histograma do Gráfico 1, o processo era não centralizado antes da implantação

do CEP, e agora o processo está centralizado ao redor da média; com isso, para o cálculo do índice antes do CEP, foi utilizado o Cpk do pior lado e, em setembro de 2009, foi utilizado o Cp.

A Tabela 2 ilustra a redução das perdas em reais após a implantação do CEP na FISM.

Tabela 2: Redução de custo com a implantação do CEP

Período	Peso líquido real (kg/sc)	Peso líquido desejado (kg/sc)	Perdas por embalagem (kg/sc)	Produtividade média mensal (sc/mês)	Custo do produto (R\$/kg)	Perdas no ano (R\$/ano)
Antes do CEP	25,04	25,00	0,04	40.000	1,35	25.920,00
Setembro 2009	25,00	25,00	0,00	40.000	1,35	0,00
Ganho com a implantação do CEP						25.920,00

Conforme Tabela 2, verifica-se que antes da implantação do CEP havia em média 0,04 kg em excesso de produto por embalagem, resultando em uma perda estimada de R\$ 25.920,00 por ano. Após um ano da implantação do CEP, em setembro de 2009, o peso líquido médio ensacado está em 25,00kg; assim, não há perdas em razão do excesso de produto nas embalagens, resultando em uma redução anual de R\$ 25.920,00.

5 CONCLUSÃO

As ferramentas de CEP demonstraram ser bastante eficazes para o controle do peso de ensaque de um processo industrial. Com a implantação do CEP no processo do peso de ensaque da FISM, houve várias melhorias. O processo que era deslocado para a direita da média, após um ano de implantação do CEP, tornou-se centralizado ao redor da média desejada.

A média do peso líquido de ensaque que era de 25,04 kg passou a ser 25,00 kg, que é o peso desejado; assim, nem a empresa nem os clientes perdem. A estabilidade do processo e a inexistência de causas especiais foram mantidas ao longo da implantação do CEP.

O índice de capacidade aumentou 7,2% após a implantação do CEP; com isso, reduziu a taxa de rejeição de embalagens com peso fora dos limites especificados. O peso líquido médio de ensaque foi atingido, obtendo-se uma redução no peso de ensaque de 0,04 kg por embalagem; com isso, houve uma redução de perdas na ordem de R\$ 25.920,00 por ano.

Implantation of tools of statistical control of process in the packing integral flour soy micron

Abstract

The industries many times present excess of weight in the packings of its products, this had variability of the weight of 1 pack, what it makes with that the managers work with the weight of 1 pack above average desired to guarantee that the limit of inferior specification will not be exceeded. The excess of weight in the packings also occurs due to the managers of the processes not to use adjusted tools to analyze the net weight of 1 pack. The present objective work to implant it tools of statistical control of process (CEP) to reduce the losses of product due to the excess of product packed in the packings in pack of the Integral Flour of Soy Micron (FISM). During one year CEP tools had been used to analyze randomly given collected from carried through samplings. With the implantation of the CEP it had a reduction of the weight 1 eliminate medium of 25,04 kg for 25,00 kg what it resulted in a reduction of R\$ 25,920,00 in the cost of annual production. After the implantation of the tools of statistical control of process in pack of the FISM verified it importance of these tools and the increase in quality of the process and the reduction of the losses due to the excess of packed product.

Keywords: Statistical control of process. Variability. Packing. Net weight.

REFERÊNCIAS

IRWIN, R. D. **Quality Control and Industrial Statistics**. Illinois: Library of Congress, Homewood, 1965.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. New York: John Wiley & Sons, 1985.

SAMOHYL, R. W. Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade. In: MONTEIRO, Marly (Coord.). **Gestão da Qualidade, Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2006.

SCHISSATTI, M. L. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SHEWHART, W. **Statistical method**: from the viewpoint of quality control. Washington: Dover, 1986.

SLACK et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

