

Controle estatístico no processo de envase de doce em massa: estudo de caso

RESUMO

Igor Roberto Amancio

iramancio@gmail.com

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (Unifeb) Barretos, São Paulo, Brasil

João José Medeiros Alfineto

joaojjma@gmail.com

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (Unifeb) Barretos, São Paulo, Brasil

Luiza Maria Pierini Machado

lupierini@yahoo.com.br

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (Unifeb) Barretos, São Paulo, Brasil

O presente artigo trata de um estudo de caso realizado em uma indústria alimentícia localizada no interior do Estado de São Paulo fabricante de doces de frutas em barras. Foi conduzido um estudo para a análise do desempenho do processo de envase de um dos tipos de doce fabricados pela empresa. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abordando os principais conceitos técnicos e ferramentas da gestão da qualidade. A partir da coleta de amostras em quantidade necessária foram construídos os gráficos de controle. Com a aplicação do método pode-se identificar que mesmo sob controle estatístico há a necessidade de ajustar o processo através do deslocamento da média do atual processo, para a média da especificação, deste modo, reduzindo os desperdícios. Através deste estudo, foi possível destacar a importância da aplicação dos gráficos de controle, pois estes permitem monitorar o processo e identificar as causas comuns e especiais, além de permitir a identificação de configurações típicas, como tendências, saltos e ciclos, indicando quando agir no processo.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da qualidade. Controle estatístico. Capabilidade. Envase.

INTRODUÇÃO

Frente ao atual cenário econômico e as exigências dos clientes quanto ao produto que atenda suas necessidades, a busca por estratégias que garantam a competitividade tem sido fundamental para a sobrevivência das empresas no mercado.

Qualquer empresa a partir de uma estratégia adequada pode obter vantagem competitiva sobre seus concorrentes. Algumas estratégias de manufatura garantem a diferenciação na fabricação ou na prestação de um serviço, e a gestão da qualidade vista hoje como fator estratégico para o aumento da competitividade e produtividade objetiva o desenvolvimento da melhoria continua nos processos da organização.

A gestão da qualidade preocupa-se com a redução dos desperdícios, melhorando a eficiência do negócio e para isso utiliza ferramentas como suporte para a identificação, análise e solução de potenciais problemas e falhas que podem afetar o desempenho dos processos.

Em função de todo processo apresentar variações que ocorrem por causas diversas, os processos precisam ser constantemente monitorados e o gráfico de controle é a ferramenta ideal para tal finalidade.

O presente artigo estudou o desempenho do processo de envase de doces em massa através da aplicação dos gráficos de controle para variáveis, e o estudo da capacidade do processo, mostrando como tal desempenho pode impactar em diversos fatores, como qualidade e padronização dos produtos oferecidos, produtividade e lucros da empresa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CONCEITO DE QUALIDADE

Paladini (2012) afirma que a palavra qualidade exige considerável dificuldade para apresentar sua perfeita definição, tanto em termos de conteúdo, quanto de alcance, pois o termo qualidade é de domínio público, usada a todo momento e não um termo específico, usado em situações exclusivas. Deste modo, não se pode definir qualidade de qualquer maneira, ou, melhor, não se pode redefinir um termo de uso público, tanto quanto, restringir o seu uso.

Juran e Godfrey (1998) destacam duas definições de extrema importância para o termo qualidade. A primeira definição é que a qualidade é formada por um conjunto de características do produto, que supram as necessidades dos clientes, fornecendo satisfação. Neste sentido, o significado da qualidade está voltado para o resultado, e explicita que, quanto mais qualidade, maior é a satisfação do cliente, e espera-se, maior renda. Qualidade, geralmente, "custa mais". A segunda definição apresentada pelo autor é que, qualidade está diretamente relacionada a ausência de defeitos e erros que exijam retrabalho ou resultem em falhas de campo, insatisfação dos clientes e/ou reclamações. Neste contexto, o significado de qualidade é orientado para os custos e, maior qualidade, geralmente, "custa menos".

Para Garvin (1992), há cinco abordagens distintas para definir qualidade, as quais são:

- Transcendental: qualidade é sinônimo de “excelência inata”, definida como absoluta, ou seja, o melhor produto ou serviço possível em termos de especificação, globalmente reconhecível.

- Baseada no produto: qualidade é uma variável precisa e mensurável exigida para satisfazer o cliente. Melhor qualidade baseia-se na presença ou ausência de atributos contidos em um produto, e como consequência da quantidade de atributos presentes, esta, só pode ser obtida a um custo mais alto. Embora o caráter desta abordagem seja um ponto positivo, também há limitações. Ocasionalmente, ao invés de possuírem mais de um determinado atributo, produtos de qualidade baseiam-se em conceitos diferentes.

- Baseada no usuário: qualidade é altamente subjetiva. Baseia-se na premissa de que, diferentes consumidores têm diferentes necessidades, deste modo, produtos considerados de qualidade são aqueles que atendem melhor os desejos de cada consumidor. Os problemas da definição de qualidade na abordagem baseada no usuário são: agregar preferências e, igualar qualidade a satisfação máxima, pois um produto que maximize a satisfação é melhor aceito a outro que satisfaça a menos necessidades, o que não garante a melhor qualidade.

- Baseada na produção: qualidade está associada a ausência de erros. A excelência da qualidade é obtida através do atendimento às especificações do projeto, sendo que qualquer desvio implica uma queda da qualidade. O enfoque é basicamente interno e enfatiza o uso de ferramentas estatísticas, bem como, deve-se “fazer certo da primeira vez”, melhorando a qualidade e, conseqüentemente, reduzindo custos, pois preveni-los é mais barato do que os corrigir.

- Baseada no valor: qualidade é definida em termos de custo e preço, enfocando o custo x benefício. Não adianta um produto ter atributos excelentes se o consumidor não puder pagar por ele. Deste modo, um produto considerado de qualidade é aquele que oferece um desempenho a um preço aceitável. Por misturar conceitos de “excelência e valor”, esta abordagem é de difícil aplicação na prática, sendo demasiadamente subjetiva.

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente às necessidades do cliente, por intermédio de um projeto perfeito; de forma confiável, sem a presença de defeitos; de forma acessível, através da diminuição dos custos, reduzindo os preços; de forma segura, garantindo a segurança do cliente; no tempo certo, ou seja, o produto tem que estar nas mãos do cliente dentro do prazo estabelecido, no local correto e na quantidade exata, sem falhas no processo logístico. Desta forma, boa qualidade depende da preferência do consumidor pelo seu produto ao produto do concorrente (CAMPOS, 2004).

GESTÃO DA QUALIDADE

Brocka e Brocka (1994) esclarecem que o gerenciamento da qualidade trata de uma filosofia de melhoria contínua de cada área de uma organização, utilizando todos os recursos disponíveis. Para que aconteça a melhoria é necessário um conjunto de elementos, tais como, comprometimento, disciplina,

técnicas para aperfeiçoar os processos continuamente, além de técnicas administrativas.

Esta filosofia está alicerçada em princípios que representam fundamentos de melhoria contínua e em meios de satisfazer as necessidades dos clientes (BROCKA e BROCKA, 1994).

A gestão da qualidade aborda uma sistemática para estabelecer e atingir metas de qualidade, enfatizando o envolvimento de todas as áreas da organização. Este conceito pode ser desmembrado, iniciando com o estabelecimento de políticas globais de qualidade, seguido de metas e objetivos definidos para direcionar a organização. O processo da gestão da qualidade inclui o planejamento estratégico da qualidade e o envolvimento da alta administração, bem como todos os outros setores da empresa (PALADINI, 2012).

A visão organizacional, produto do planejamento estratégico, direciona as crenças e os valores da empresa, sendo o lema, para que os colaboradores a conheçam e principalmente acreditem nela. Para isso é necessário o envolvimento de toda a empresa no processo decisório e no planejamento das atividades. Apenas estabelecer uma visão organizacional não é suficiente, é preciso que ela seja demonstrada por meio de ações da alta gerência continuamente, sendo percebida pelos colaboradores (BROCKA e BROCKA, 1994).

Após estabelecidas as políticas globais da qualidade, metas e objetivos, passa-se então, para as fases operacionais, nas quais são definidos os métodos, normas e procedimentos para o processo de gestão, além dos recursos necessários para executar e controlar as atividades. Para cada recurso envolvido há formas de envolvimento para atingir as metas propostas para qualidade. O recurso humano, por exemplo, necessita de programas de motivação, treinamento, e reconhecimento para estimulá-lo a alcançar essas metas (PALADINI, 2012).

O resultado do treinamento é a mudança no comportamento, e, em se tratando de qualidade, dois tipos de treinamento são fundamentais: o técnico, que se refere à capacitação de processos técnicos, e o de gestão, que se refere à elementos da gestão da qualidade, incluindo aqueles ligados a motivação. O treinamento não consiste apenas de aulas tradicionais, no ambiente escolar, mas também o próprio colaborador pode treinar seus colegas, tornado este processo mais eficiente (BROCKA e BROCKA, 1994; OLIVEIRA, 2014).

As pessoas são o recurso mais importante na organização, o total comprometimento e envolvimento desses recursos permitem um melhor aproveitamento deles em benefício da organização. O comprometimento e envolvimento dependem de vários fatores como motivação, capacitação e métodos de trabalho (CARPINETTI, 2012).

Os colaboradores buscam espaço e oportunidades para crescer profissionalmente, e para que isso aconteça a alta gerência deve promover estilos de liderança entre os cargos que proporcionem participação, motivação, mecanismos de reconhecimento e recompensa pelos esforços gerados pelo total comprometimento e envolvimento (CARPINETTI, 2012).

Carpinetti (2012) ressalta que liderar é a habilidade de influenciar pessoas a fazer algo de boa vontade, e dentro da gestão da qualidade, o conceito de

liderança parte do propósito que o foco no cliente e a melhoria contínua somente serão incorporados caso haja liderança para a qualidade.

FERRAMENTAS DA QUALIDADE

A evolução histórica da qualidade levou ao aparecimento de técnicas para gerenciar a qualidade de produtos e processos de produção da cadeia interna de valor, visando a melhoria contínua e a padronização de processos. As técnicas mais básicas conhecidas como as sete ferramentas da qualidade, têm por objetivo identificar problemas e suas causas fundamentais, analisar a situação buscando eliminar ou minimizar essas causas, implementar e verificar os resultados (CARPINETTI, 2012).

As setes ferramentas básicas da qualidade, também conhecidas como ferramentas para melhoria da qualidade são: estratificação, folha de verificação, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersão e os gráficos de controle. Nesta lista pode-se acrescentar a técnica brainstorming ou “tempestade de ideias” que consiste em gerar ideias por meio de um grupo de pessoas reunidas com o propósito de potencializar a criatividade de todos para que se expressem espontaneamente, sem censura nem crítica. É a partir das ideias geradas pelo brainstorming que é possível identificar as potenciais causas e soluções de um problema. Esta técnica pode ser utilizada em conjunto com outras ferramentas de gestão da qualidade, como por exemplo, o Diagrama de causa e efeito (TOLEDO et al., 2013).

Gráficos de Controle

O controle de fabricação é desempenhado durante o processo produtivo com o objetivo de manter a uniformidade da qualidade, produzindo itens dentro das especificações (LOURENÇO FILHO, 1985).

Os gráficos de controle são ferramentas simples que possibilitam saber se um determinado processo encontra-se sob controle estatístico em um dado intervalo (LOURENÇO FILHO, 1985).

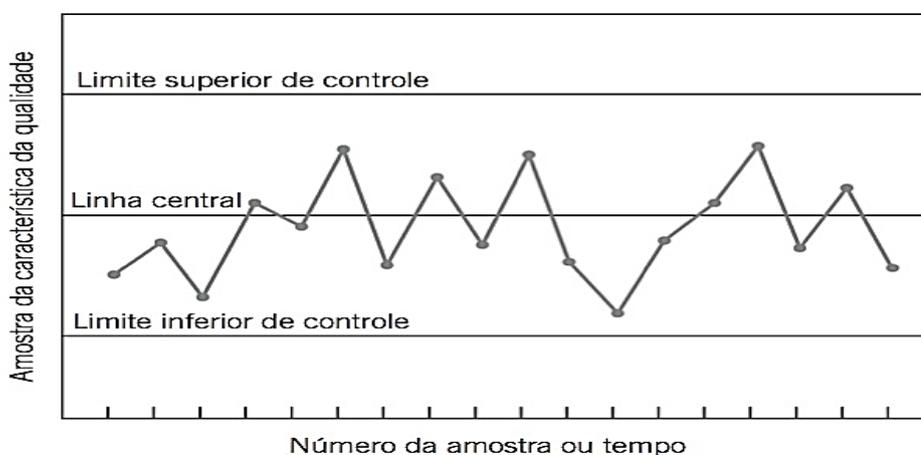
Em qualquer processo produtivo há variabilidade natural do processo. Esta variabilidade é o resultado de muitas pequenas causas aceitáveis, inerentes ao processo, nomeadas de “causas casuais”, também chamadas de “causas comuns”. Um processo operando apenas com causas comuns, é considerado sob controle estatístico. Por outro lado, há outros tipos de variabilidades conhecidas como “causas atribuídas” ou “causas especiais”, que geralmente aparecem de três fontes: erro ou negligência de operadores, máquinas não ajustadas e matérias-primas defeituosas ou fora de especificação. A presença de causas especiais torna o processo fora de controle estatístico (MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

Além da aplicação desses gráficos para verificar se o processo está sob controle, eles também servem para monitorar e certificar se o processo permanece sob controle (LOURENÇO FILHO, 1985).

O gráfico típico de controle é uma estruturação gráfica de uma determinada característica da qualidade, obtida por meio de amostras selecionadas em

intervalos periódicos de tempo, por exemplo, a cada hora. Dispõe de uma Linha Central (LC), também denominada Linha Média (LM), representada pelo valor médio da característica da qualidade, a qual corresponde a condição sob controle, ou seja, estão presente somente causas comuns. Outras duas linhas horizontais, conhecidas como Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC). Desde modo, se os pontos plotados estiverem dentro dos limites de controle, o processo é classificado sob controle, indicando que não há necessidade de agir no processo. Todavia, se houver algum ponto fora dos limites de controle, o processo é considerado como fora de controle, havendo então, a necessidade de intervenção no processo, para eliminar a causa especial ou causas responsáveis por esse comportamento (MONTGOMERY e RUNGER, 2012). A figura 1 apresenta um exemplo de gráfico de controle:

Figura 1 – Gráfico típico de controle



Fonte: MONTGOMERY e RUNGER (2012)

Montgomery e Runger (2012) evidenciam que os gráficos de controle podem ser classificados, de modo geral, em dois tipos: gráfico de controle para variáveis e gráfico de controle para atributos.

O controle para variáveis é utilizado para avaliar as características da qualidade mensuráveis e expressas como números, para saber se estão entre o intervalo dos limites das especificações definidas. Nesse caso é desejável descrever tais características da qualidade como uma medida de tendência central, sendo o gráfico da média (\bar{X}) amplamente utilizado no monitoramento da tendência central, e uma medida de variabilidade, que utiliza gráficos baseados na amplitude (R) ou no desvio-padrão (S) da amostra para controlar a variabilidade do processo dependendo do número de amostras (n) (LOURENÇO FILHO, 1985; MONTGOMERY e RUNGER, 2012).

Geralmente, na prática, não se conhece os valores da média (μ) e do desvio-padrão (σ). Então, eles devem ser estimados a partir de amostras retiradas do processo, baseando-se em ao menos 20 ou 25 amostras (k), cada uma com n observações da característica da qualidade. Normalmente n será pequeno com valores entre 4 e 6 (MONTGOMERY, 2009).

Se x_1, x_2, \dots, x_n é uma amostra de tamanho n, a média dessa amostra é dada pela equação 1.

$$\bar{x}_k = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (1)$$

O melhor estimador para μ , a média do processo, é a média geral (MONTGOMERY, 2009), descrita pela equação 2.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1+\bar{x}_2+\dots+\bar{x}_k}{k} \quad (2)$$

Para a estimativa do desvio-padrão σ , com base na amplitude R das amostras, calcula-se para cada k, a diferença entre o maior e o menor valor observado, obedecendo a equação 3.

$$R = (x_{\max}-x_{\min}) \quad (3)$$

Posteriormente, calcula-se a média das amplitudes do número k de amostras (LOURENÇO FILHO, 1985), fazendo o uso da equação 4.

$$\bar{R} = \frac{R_1+R_2+\dots+R_k}{k} \quad (4)$$

Lourenço Filho (1985) afirma que a estimativa de sigma (σ) é dada pela equação 5.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (5)$$

Para calcular os limites de controle do gráfico da média segundo Montgomery (2009), é necessário utilizar as equações 6, 7 e 8.

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (6)$$

$$LC = \bar{\bar{x}} \quad (7)$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (8)$$

Montgomery (2009) afirma que, plotando-se os valores das amplitudes amostrais R em um gráfico de controle pode-se monitorar a variabilidade do processo. Os limites do gráfico da variabilidade R são calculados a partir das equações 9, 10 e 11.

$$LSC = D_4 \cdot \bar{R} \quad (9)$$

$$LC = \bar{R} \quad (10)$$

$$LIC = D_3 \cdot \bar{R} \quad (11)$$

As constantes A2, d2, D3 e D4 constam na tabela 1.

Tabela 1 – Fatores para a construção de gráficos de controle para variáveis

Observações na Amostra (n)	Fatores para Limite de Controle	Fator para Linha Central	Fatores para Limites de Controle	Observações na Amostra (n)
	A2	d2	D3	D4
2	1,880	1,128	0	3,267
3	1,023	1,693	0	2,575
4	0,729	2,059	0	2,282
5	0,577	2,326	0	2,115
6	0,483	2.534	0	2,004

Observações na Amostra (n)	Fatores para Limite de Controle	Fator para Linha Central	Fatores para Limites de Controle	Observações na Amostra (n)
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,337	2,97	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,223	1,777
11	0,285	3,173	0,256	1,744
12	0,266	3,258	0,283	1,717
13	0,249	3,336	0,307	1,693
14	0,235	3,407	0,328	1,672
15	0,223	3,472	0,347	1,653
16	0,212	3,532	0,363	1,637
17	0,203	3,588	0,378	1,622
18	0,194	3,640	0,391	1,608
19	0,187	3,689	0,403	1,597
20	0,180	3,735	0,415	1,585
21	0,173	3,778	0,425	1,575
22	0,167	3,819	0,434	1,566
23	0,162	3,858	0,443	1,557
24	0,157	3,895	0,451	1,548
25	0,153	3,931	0,459	1,541

Fonte: Adaptado de Montgomery (2009)

CAPACIDADE OU CAPABILIDADE DO PROCESSO

Capacidade ou capacidade é a medida da variabilidade de um processo estável em relação as especificações do projeto, ou seja, quando as cartas da média e da amplitude estiverem dentro dos limites (OLIVEIRA, 2014).

Um processo estável pode ser classificado em capaz ($C_p > 1,33$), quando os resultados estão dentro das especificações do projeto, não apresentando causas especiais, incapaz ($C_p < 1,00$), quando os resultados estão fora dos intervalos especificados, ou seja, há indícios que estão sendo produzidos produtos fora das especificações do projeto, ou satisfatório ($1,00 \leq C_p \leq 1,33$) (MONTGOMERY e RUNGER, 2012; OLIVEIRA, 2014).

Para medir a capacidade de um processo quando a média do processo está centrada com a média da especificação utiliza-se C_p . Para medir a capacidade quando a média do processo e a média a especificação não estão centradas utiliza-se C_{pk} superior e inferior. As equações 12, 13 e 14 são utilizadas para medir a capacidade de processos C_p e C_{pk} (MONTGOMERY e RUNGER, 2012; OLIVEIRA, 2014).

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (12)$$

$$C_{pk\text{sup}} = \frac{\text{LSE-LM}}{3\sigma} \quad (13)$$

$$C_{pk\text{inf}} = \frac{\text{LM-LIE}}{3\sigma} \quad (14)$$

Em situações em que há apenas um limite de especificação adota-se o Cpk correspondente (WERKEMA, 1995).

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Estudo de caso realizado em uma indústria alimentícia localizada no interior do Estado de São Paulo fabricante de doces de frutas caracterizados por sua produção artesanal e sem adição de conservantes e corantes.

A fábrica tem uma produção diversificada, com doces produzidos a partir de frutas frescas, goiaba, banana e abóbora, totalizando 37 tipos de doces em seu catálogo de vendas, atendendo, assim, vários segmentos do mercado consumidor.

Para a realização do presente trabalho foi definido o doce de goiaba em barra de 400g para a avaliação do processo de envase.

O processo de fabricação deste produto é realizado, em média, 20 vezes por mês, variando de acordo com a demanda. Cada processo ou batelada produz, em média, 1.100 produtos.

MÉTODOS

Para o levantamento de dados foram coletadas 20 amostras, cada uma contendo cinco doces, retiradas do processo aleatoriamente a cada 15 minutos. As amostras foram coletadas no decorrer de uma semana útil de produção, ou seja, cinco dias. Pelo fato do tempo de envase permitir a retirada de apenas quatro amostras por batelada, para acumular as 20 amostras com 100 unidades, foram necessárias cinco bateladas.

A partir dos dados obtidos, foram elaborados os gráficos de controle da média e da amplitude. Após o ajuste do processo, ou seja, exclusão dos pontos gerados por “causas especiais”, foi possível calcular a capacidade do processo em atender as especificações.

A empresa não possui especificações exatas, apenas determina que os produtos devem apresentar peso maior que o indicado na embalagem, nunca inferior que esse valor, isto é, define como Limite de Especificação Inferior (LIE) = 400g.

Baseando o estudo na legislação pertinente, segundo o Regulamento Técnico Metrológico a que se refere a Portaria Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) nº 248 de 17 de julho de 2008, produto pré-medido de conteúdo nominal igual “é todo produto embalado e/ou

medido sem a presença do consumidor, com conteúdo nominal igual e predeterminado na embalagem durante o processo de fabricação”.

Este Regulamento determina critérios para a verificação da diferença tolerada entre o conteúdo efetivo, “quantidade de produto realmente contida no produto pré-medido”, e o conteúdo nominal (Q_n), ou seja, “quantidade líquida indicada na embalagem”, e apresenta a tolerância individual (T) permitida para menos, entre o conteúdo efetivo e o conteúdo nominal. Para produtos com Q_n entre 300 e 500 (gramas, mililitros ou centímetros cúbicos) permite tolerância de 3% para menos como requisito mínimo (peso mínimo) para a comercialização do produto, e pela necessidade de estabelecer um valor como requisito máximo (peso máximo) para um estudo mais detalhado sobre a capacidade do processo, foi adotada a mesma tolerância para mais.

Portanto, as especificações definidas para o estudo baseadas na legislação foram: Limite Inferior de Especificação (LIE) = 388g e Limite Superior de Especificação (LSE) = 412g.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

AVALIAÇÃO DA MÉDIA E VARIABILIDADE DO PROCESSO

A tabela 2 apresenta os pesos dos doces coletados durante uma semana útil de produção.

Tabela 2 - Pesos dos produtos

Amostra (gramas)	x1	x2	x3	x4
1	446	446	444	442
2	466	464	444	440
3	460	448	436	458
4	464	452	438	440
5	454	434	434	444
6	450	448	446	446
7	436	438	436	436
8	440	438	434	440
9	454	456	440	458
10	466	464	454	438
11	442	442	440	432
12	450	450	448	460
13	448	464	468	466
14	444	444	444	442
15	444	446	446	446
16	450	448	446	448
17	440	450	448	456
18	436	436	468	468

Amostra (gramas)	x1	x2	x3	x4
19	472	440	434	442
20	446	452	436	446

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Através dos dados foi possível calcular a média e a amplitude de cada amostra, utilizando as equações 1 e 3, respectivamente, com o intuito de estabelecer os limites de controle do processo de envase dos doces. A tabela 3 apresenta os valores calculados da média e da amplitude de cada amostra.

Tabela 3 – Média e amplitude das amostras

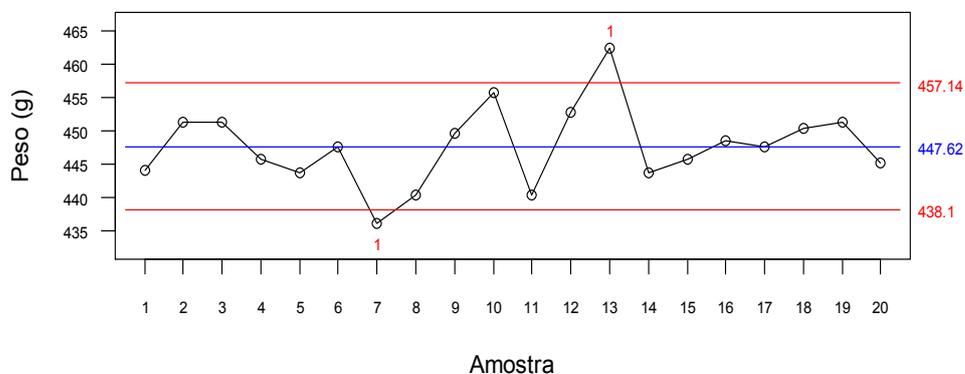
Amostra (gramas)	x1	x2	x3	x4	x5	Média
1	446	446	444	442	442	444,0
2	466	464	444	440	442	451,2
3	460	448	436	458	454	451,2
4	464	452	438	440	434	445,6
5	454	434	434	444	452	443,6
6	450	448	446	446	448	447,6
7	436	438	436	436	434	436,0
8	440	438	434	440	450	440,4
9	454	456	440	458	440	449,6
10	466	464	454	438	456	455,6
11	442	442	440	432	446	440,4
12	450	450	448	460	456	452,8
13	448	464	468	466	466	462,4
14	444	444	444	442	444	443,6
15	444	446	446	446	446	445,6
16	450	448	446	448	450	448,4
17	440	450	448	456	444	447,6
18	436	436	468	468	444	450,4
19	472	440	434	442	468	451,2
20	446	452	436	446	446	445,2

Fonte: Pesquisa de campo (2015)

A partir da média de cada amostra calculou-se a média geral do processo utilizando a equação 2, determinando $\bar{x} = 447,62$. Em seguida, definiu-se os limites de controle para o gráfico da média utilizando as equações 6, 7 e 8 e o fator $A2 = 0,577$ em função do tamanho da amostra ($n = 5$) para limite de controle presente na tabela 1, determinando limite superior de controle (LSC) = 457,14; linha média (LM) = 447,62 e limite inferior de controle (LIC) = 438,10.

Definido os valores dos limites de controle e com os valores das médias foi possível construir o gráfico da média.

Figura 2 – Gráfico da média do processo

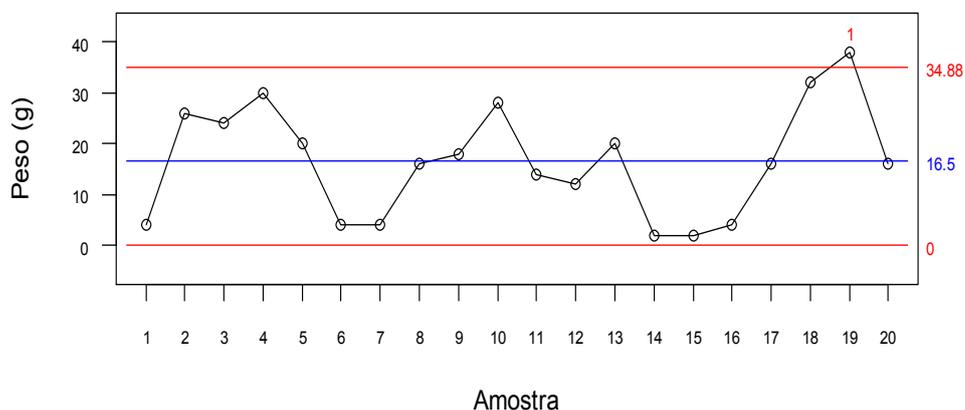


Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Também foi possível, a partir da equação 3 e dos dados das amplitudes, determinar a média da amplitude, tendo $\bar{R} = 16,5$. Posteriormente, definiu-se os limites de controle para o gráfico da amplitude fazendo o uso das equações 9, 10 e 11 e dos fatores $D3 = 0$ e $D4 = 2,115$ em função do tamanho da amostra ($n = 5$) para limites de controle contidos na Tabela 1, obtendo $LSC = 34,881$, $LM = 16,5$ e $LIC = 0$.

Definido os valores dos limites de controle e com os valores das amplitudes foi possível construir o gráfico da amplitude.

Figura 3 – Gráfico da amplitude do processo

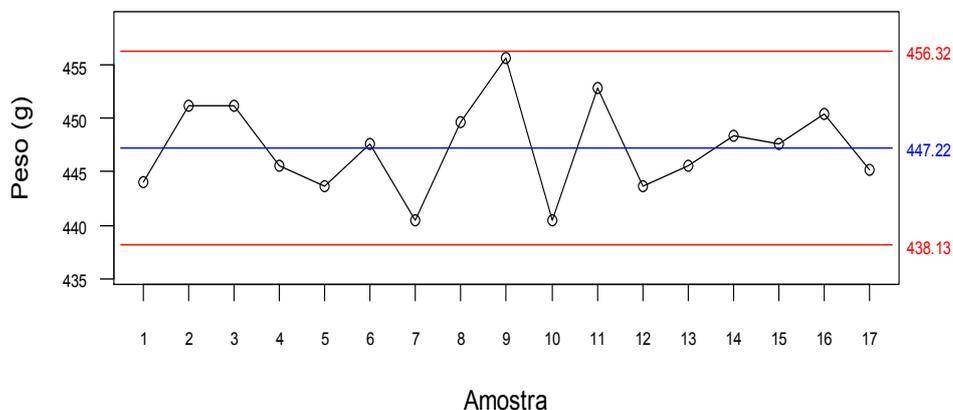


Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Os gráficos da média e da amplitude apresentam pontos fora dos limites de controle, indicando que o processo não encontra-se sob controle estatístico. Segundo Oliveira (2014) para calcular a capacidade do processo é preciso que as cartas de controle da média e da amplitude estejam sob controle e, para tal, ajustou-se os gráficos retirando os pontos que estavam fora dos limites de controle (7, 13 e 19) e recalculou-se a média geral do processo e a média das amplitudes, obtendo $\bar{x} = 447,22$ e $\bar{R} = 15,76$, respectivamente.

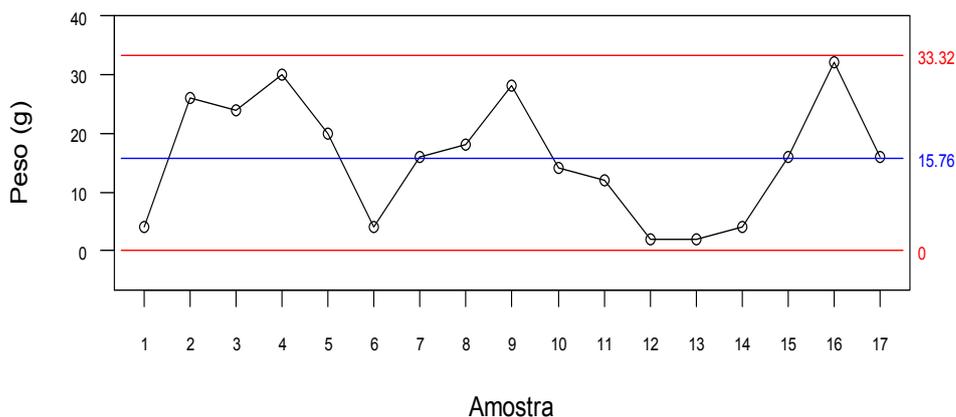
Após recalculado as médias, definiu-se os novos limites de controle para a média, LSC = 456,32, LM = 447,22 e LIC = 438,13, os novos limites de controle para a amplitude, LSC = 33,32, LM = 15,76 e LIC = 0 e construiu-se os novos gráficos.

Figura 4 - Gráfico da média do processo ajustado



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Figura 5 - Gráfico da amplitude das amostras do processo ajustado



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

Após ajustes, o processo mantém-se sob controle estatístico (3σ), entretanto, a dispersão entre os pesos das amostras é grande, chegando a atingir 32g. O ideal seria que os produtos apresentassem maior homogeneidade nos pesos.

Cabe ressaltar que, após o envase realizado pelo equipamento dosador de peso, quando necessário ou observado visualmente pelos colaboradores, é feito o ajuste do equipamento manualmente, visando manter a homogeneidade dos produtos.

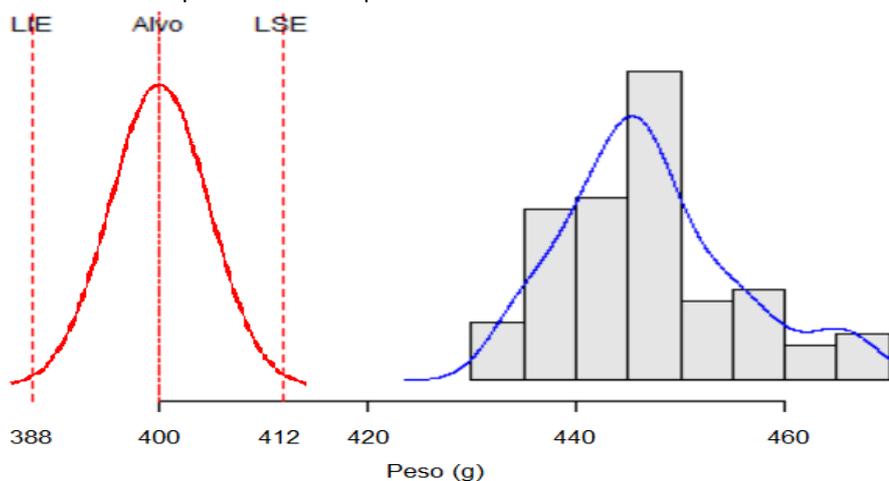
Ao ajustar a envasadora, a empresa estabelece como peso mínimo o peso médio (400g) dos doces comercializados e mantém o processo ajustado para o peso médio (LMC) em 440g com o objetivo de garantir o peso mínimo aos consumidores. Com isso, a empresa envasa em média 47g de doce além do especificado como conteúdo nominal por embalagem. Esta ação adotada para

garantir o peso resulta em “perdas” consideráveis do produto, o que acarreta desperdícios e redução dos lucros.

AVALIAÇÃO DA CAPABILIDADE DO PROCESSO

Com o processo sob controle foi possível avaliar a capacidade do processo em atender as especificações da legislação pertinente (Portaria 248, 2008, INMETRO).

Figura 6 - Gráfico da performance do processo



Fonte: Pesquisa de campo (2015)

A figura 6 ilustra o gráfico da performance, que mostra o comportamento do processo, comparando a média obtida no processo com a média da especificação.

Analisando o gráfico de performance observou-se que as médias do processo e da especificação não estão centradas. Deste modo, de acordo com Montgomery e Runger (2012) para calcular a capacidade de um processo quando as médias do processo e da especificação não estão centradas utiliza-se o índice Cpk.

Para calcular os índices Cpk superior e inferior foi necessário estimar o valor de σ , fazendo o uso da equação 5, obtendo $\sigma = 6,78$. Posteriormente, calculou-se os índices de capacidade do processo com o uso das equações 13 e 14, obtendo $Cpksup = -1,73$ e $Cpkinf = 2,91$.

Segundo Werkema (1995) o valor a ser considerado é o mínimo observado, ou seja, adotando a legislação vigente como os limites de especificação o processo incapaz, pois $Cpk < 1,0$.

Entretanto, esta avaliação pode ser conduzida levando-se em consideração apenas o LIE (400g) definido pela empresa, o índice de capacidade calculado foi, $Cpkinf = 2,32$, demonstrando alta capacidade em atender sua especificação, pois $Cpk > 1,33$, porém há grandes prejuízos para a empresa ao deixar o processo nesta condição.

Observando-se o gráfico de performance e os valores de Cpk pode-se perceber a nítida necessidade de alteração da média dos pesos dos doces, ou seja, deslocar a média para o LIE (400g).

ESTIMATIVAS DE PREJUÍZOS DO PROCESSO

O custo unitário para a fabricação do produto é R\$ 0,92 e o preço de venda para o varejo é R\$ 2,22, assim, R\$ 1,30 de margem de lucro líquido, segundo dados fornecidos pela empresa em dezembro de 2015. A empresa produz com o processo estudado 1.100 doces com, em média, 447g por embalagem, ou seja, por batelada são fabricados aproximadamente 491,7 kg de doce.

Se dividirmos este valor por 400g tem-se 1.229,25 doces, ou seja, 129 doces a mais por batelada, gerando perda de R\$ 167,70 de lucro por batelada. Considerando que a empresa produz diariamente 12 bateladas de doces variados e que cada um apresenta o mesmo desperdício, por dia, a empresa deixa de ganhar R\$ 2.012,40.

Considerando também que o mês possui, em média 20 dias úteis, temos uma redução dos lucros mensal de R\$ 40.248,00 e anual de R\$ 482.976,00.

A relevante redução nos lucros gerada pelos desperdícios mostra a necessidade da adoção de algumas medidas, como a implantação do controle estatístico de processo e a compra de uma envasadora dosadora automática de alta viscosidade. Estas ações eliminariam a necessidade de ajustes manuais para controle do peso e manteriam a homogeneidade dos pesos dos produtos.

CONCLUSÃO

As ferramentas da qualidade aplicadas neste estudo permitiram identificar que inicialmente o processo não estava sob controle estatístico, porém após ajustes este manteve-se sob controle. E, apesar de estar sob controle, a média do processo estava muito acima da especificação e a discrepância entre os pesos das amostras era grande, ou seja, a dispersão do processo era alta.

A partir do estudo da capacidade verificou-se que o processo é altamente incapaz ($Cpk < 1,00$) de atender as especificações havendo necessidade de deslocar a média do processo para a linha média da especificação (400g), bem como a necessidade de implantar o CEP no processo e adquirir um equipamento envasador dosador de peso, a fim de garantir maior homogeneidade entre os pesos dos produtos e reduzir as perdas do processo, resultando aumento dos lucros, pois desta forma cada embalagem teria em média 400g de doce e a empresa envasaria mais doces por batelada.

Statistical control in the paste filling process: case study

ABSTRACT

This article discuss a case study done in a food industry in the countryside city of State of São Paulo manufacturer of fruit paste in bars. A study to analyze the filling process performance was conducted to one paste type made by the company. Initially, a literature review was conducted addressing the main technical concepts and quality management tools. From the collection of samples in sufficient quantity control charts were constructed. Applying the method can be identified even in statistical control there is a need to adjust the process by the average displacement on the current process, to the middle of the specification, thereby, reducing wastage. This study allowed to highlight the importance of application of control charts, because the charts allow monitoring the process and identifying common and special causes, in addition to allow the identification of typical settings, such as trends, jumps and cycles, indicating when to act in process.

KEYWORDS: Quality management. Statistical control. Capability. Filling.

REFERÊNCIAS

BRASIL. INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial**. Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008. Regulamento Técnico Metrológico a que se refere a Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008.

Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001339.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 17.

BROCKA, B.; BROCKA, M. Suzanne. **Gerenciamento da qualidade**. Tradução e revisão técnica Valdênio Ortiz de Sousa. São Paulo: Makron Books, 1994.

CAMPOS, V. F. TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Tradução João Ferreira Bezerra da Silva. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's quality handbook**. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

LOURENÇO FILHO, R. C. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1985.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Tradução Ana Maria Lima de Farias, Vera Regina Lima de Farias e Flores. Revisão técnica Luiz da Costa Laurencel. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Tradução e revisão técnica Verônica Calado. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC: 2012.

OLIVEIRA, O. J. **Curso Básico de Gestão da Qualidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. Á. A.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, G. H. S.
Qualidade: gestão e métodos. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** 2. ed. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Série Ferramentas da Qualidade, v. 1).

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Série Ferramentas da Qualidade, v. 2).

Recebido: 10 jul 2017

Aprovado: 20 mar 2018

DOI: 10.3895/gi.v14n1.6694

Como citar:

AMANCIO, I. R.; ALFINETO, J. J. M.; MACHADO, L. M. P. Controle estatístico no processo de envase de doce em massa: estudo de caso. **R. Gest. Industr.**, Ponta Grossa, v. 14, n. 01, p. 83-100, jan./mar. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rqi>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Igor Roberto Amancio

Rua Doutor Osvaldo Prudente Corrêa, 470, Centro, Terra Roxa, São Paulo, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

