



## APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE OVOS

### APPLICATION OF STATISTICAL CONTROL OF PROCESSES IN AN EGGS TRAYS PRODUCTION INDUSTRY

Franciele Bonatto, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Guarapuava, Brasil, fbonatto@utfpr.edu.br

Bárbara Dacal de Azevedo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Guarapuava, Brasil,  
barbara\_azevedo1@hotmail.com

#### Resumo

Com o aumento do grau de exigência do mercado consumidor e nível de competitividade nos últimos tempos, as empresas precisam procurar atingir um melhor desempenho global no que se refere à qualidade/custo, na busca constante por uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes e conseqüentemente, tornando seu produto e/ou serviço atraente aos olhos do consumidor. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi aplicar o controle estatístico de processos (CEP) em uma empresa de produção de bandejas de ovos que não faz uso de métodos e ferramentas para controle de qualidade. A aplicação do estudo ocorreu por meio de um estudo de caso em um processo de produção de bandejas de ovos de uma empresa localizada no interior do Paraná. Posteriormente, foram aplicados os gráficos de média e desvio-padrão (X-S) para as variáveis peso e espessura e o gráfico de número de não-conformes (Np) para o número de bandejas defeituosas por amostra, tornando possível a análise da estabilidade e capacidade do processo. Como resultado, verificou-se que tanto para a variável espessura e peso, o processo é estável, porém ao analisar a capacidade do processo, para a variável peso, o processo é considerado capaz, enquanto que para a variável espessura o processo é considerado incapaz, e ao analisar o gráfico de Np, o processo é considerado sob controle estatístico. Nesse sentido, foram utilizadas o diagrama de Ishikawa e plano ação para investigação da incapacidade do processo para a variável espessura e proposta de ações de melhorias do processo produtivo da empresa.

**Palavras-chave:** Controle de qualidade; Controle estatístico de processos; Variabilidade; Cartas de controle

#### Abstract

*With the increasing demand of the consumer market and the level of competitiveness in recent times, companies must seek to achieve a better overall performance in terms of quality/cost, in the constant search for a competitive advantage over competitors and, consequently, making your product and/or service attractive to the consumer. In this context, the objective of this work was to apply the statistical control of processes in an egg trays production company that does not use methods and tools for quality control. The application of the study was made through a case study in a process of production of egg trays of a company located in the interior of Paraná, Brazil. Subsequently, the average and standard deviation (X-S) graphs for the weight and thickness variables and the number of non-conforming graphs (Np) were applied to the number of defective trays per sample, making it possible to analyze stability and capacity the process. As a result, it was verified that for the variable thickness and weight, the process is stable, but when analyzing the process capacity, for the weight variable, the process is considered capable, whereas for the variable thickness, the process is considered incapable, and when analyzing the graph of Np, the process is considered under statistical control. In this sense, the Ishikawa and action plan were used to investigate the inability of the process for the variable thickness and proposed actions to improve the productive process of the company.*

**Keywords:** Quality Control; Statistical Process Control; Variability; Control Charts



## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Samohyl (2009), a aplicação de ferramentas da área de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) geram níveis melhores de qualidade nos processos e produtos de uma empresa. Essas ferramentas podem ser gráficos de controle, planos de amostragem e planejamento de experimentos.

Ribeiro e Caten (2012, p. 5) dizem que de acordo com Taguchi, “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente às especificações, atingindo o valor alvo com a menor variabilidade possível em torno dele”.

Samohyl (2009) afirma que a variabilidade pode ser vista em dois aspectos. O primeiro é quando os valores medidos aparecem distantes do alvo da característica (viés), e o outro é quando o alvo é respeitado, porém o desvio padrão ou dispersão não é aceitável.

Melhor será a qualidade de um produto quanto menor for a variabilidade em suas características, porém em qualquer processo de produção haverá um certo nível desta característica (Montgomery, 2009).

Quem primeiro definiu o conceito de controle estatístico de qualidade foi o físico Walter Andrew Shewhart. De acordo com Samohyl (2009), nessa época Shewhart começou a aplicar nas fábricas conceitos em Estatística e Metodologia Científica, o que fez dele pioneiro nessa área. Ele percebeu que “qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos”, ou seja, quanto maior o número de algo produzido, menor sua qualidade. O físico entendeu que medir, analisar e monitorar a variabilidade é o campo do estudo estatístico e, aplicando isso nas fábricas os processos e produtos chegariam a um nível de qualidade muito superior. Então ele definiu que quanto menor o nível de variabilidade nas características dos processos e produtos, maior seria a exatidão em alcançar alvos e metas.

Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), dizem que Shewhart desenvolveu gráficos de controle para processos e definiu que nestes gráficos quando um ponto se destaca é preciso iniciar uma investigação para encontrar as causas que afetam a qualidade dos produtos.

Sabe-se, de acordo com Lowry e Montgomery (1995), que os gráficos de Shewhart são ferramentas de monitoramento simples e, por isso, muito utilizadas naquela época, já que não é necessário a utilização de recursos computacionais. Porém nos dias atuais vem ocorrendo uma crescente busca por suporte computacional para que se possa atender a complexa demanda de monitoramento simultâneo das várias características de qualidade, as variáveis do processo.

È inegável que uma das metodologias mais utilizadas para auxiliar no controle da qualidade é o Controle Estatístico de Processo (CEP). Através da utilização de suas ferramentas é possível reduzir a quantidade de produtos fora de especificações e com isso os custos da produção (Lima et al., 2006)

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é aplicar o controle estatístico de processo em uma indústria de produção de bandejas de ovos. A indústria objeto do estudo de caso não utiliza métodos e ferramentas para analisar e controlar o nível de qualidade do processo produtivo e do produto da empresa. Diante disso, o presente estudo vem de encontro à oportunidade de proporcionar ao gerente da empresa, uma visão sobre o nível de qualidade do processo e produto da empresa.



## 2. CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

A base para o controle estatístico de processos, como o próprio nome diz, está na estatística. a estatística surgiu para auxiliar indústrias na melhoria da qualidade de seus produtos. o princípio de funcionamento do cep se dá através de cartas de controle, que de acordo com Pires (2000) são ferramentas que previnem e bloqueiam reincidências das chamadas causas especiais, as quais tratam-se de problemas detectados na identificação do comportamento do processo ao longo do tempo.

Segundo pires (2000), a utilização das cartas de controle fornece um diagnóstico da situação atual dos processos; evita ajustes desnecessários no processo; previne a incidência de defeitos e proporciona aumentos de produtividade. elas têm por objetivo analisar a estabilidade do processo e identificar variações no processo, ou seja, as causas especiais.

Pires (2000) afirma que “o sucesso na implantação do CEP depende do grau de entendimento e compreensão da empresa acerca das cartas de controle por ela utilizadas”. cartas de controle auxiliam na identificação de ações a serem tomadas nos processos sendo monitorados e fornecem informações que podem ser utilizadas para reduzir em um curto período de tempo os defeitos.

Carvalho e Paladini (2012), dizem que “as ferramentas da gestão da qualidade exercem um papel essencial no êxito da aplicação prática dos princípios e definições que caracterizam esta área”, pois tornam viáveis a sua estrutura conceitual e diretrizes básicas. conceitualmente, essas ferramentas são simples mecanismos que selecionam, implementam ou avaliam alterações em um processo produtivo através de análises de partes do processo. As sete ferramentas básicas do controle da qualidade, são: a estratificação, as cartas de controle, as folhas de verificação, os gráficos de dispersão, os diagramas de causa-efeito, os diagramas de pareto e os histogramas.

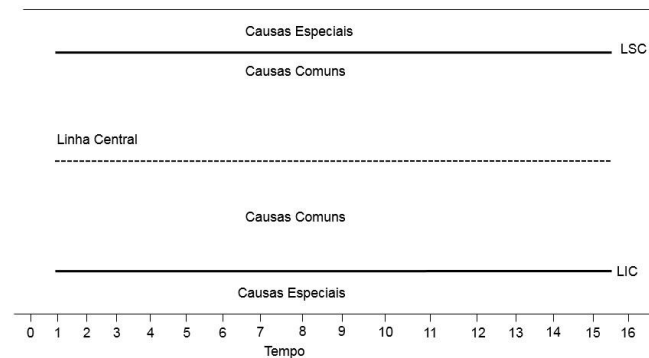
### 2.1 Cartas de Controle

As cartas de controle são as principais ferramentas utilizadas pelo CEP. Elas nada mais são que gráficos, os quais são plotados através da coleta de dados do objeto de estudos em um período de tempo tendo como objetivo, avaliar o comportamento dinâmico da variável a partir das medições efetuadas.

De acordo com Spiegel e Stephens (2009), todo processo possui variações e elas podem ser comuns ou especiais. As causas comuns são aquelas que advêm de variações naturais que existem em máquinas, materiais e pessoas. Já as causas especiais, ou causas associadas, advêm de desgastes excessivos de ferramentas, novos operadores, mudanças de materiais, novo alimentador, entre outros. Spiegel e Stephens (2009) ainda afirmam que, uma das finalidades dos gráficos de controle é localizar e, se possível, eliminar as causas especiais de variação. A Figura 1 mostra uma composição geral das cartas de controle.

É possível observar que existem limites de controle e uma linha central. Os limites de controle são denominados como Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC). Após plotar o gráfico, observa-se a localização dos pontos. Quando existem pontos fora dos limites de controle é considerado que o processo está fora do controle estatístico. O que se busca é que o processo esteja sob controle e assim considera-se que seu comportamento é previsível (Spiegel & Stephens, 2009).





**Figura 1 - Composição geral das Cartas de Controle**  
**Fonte: Spiegel e Stephens (2009)**

As cartas de controle são divididas entre variáveis e atributos. De acordo com Ribeiro e Caten (2012) e Toledo e Alliprandini (2004), os gráficos de controle por variáveis podem ser:

- $\bar{X}$  e R (gráficos da média e da amplitude): Costumam ser os mais utilizados e devem ser usados simultaneamente, pois se complementam. O gráfico  $\bar{X}$  controla a variabilidade no nível médio do processo e suas mudanças. É importante analisar também a dispersão do processo que gera variabilidade e isso pode ser detectado pelo gráfico R das amplitudes.
- $\tilde{X}$  e R (gráficos da mediana e da amplitude): Também devem ser aplicados juntos. Tratam-se de gráficos de fácil aplicação e com isso podem ser usados em amostras pequenas ( $n \leq 5$ ). Para amostras grandes ( $n \geq 5$ ) mostram-se ineficazes, pois podem apresentar erros de cálculo das medianas amostrais.
- X e R (gráficos de valores individuais e da amplitude): Esses gráficos são mais usuais quando se quer controlar um processo através de leituras individuais e não por amostras. Por exemplo, quando a inspeção e a medida são caras; para ensaios destrutivos ou quando a característica que se está sendo analisada for homogênea (pH de uma solução química).
- $\bar{X}$  e S (gráficos da média e do desvio-padrão): Em alguns casos, o monitoramento do desvio-padrão (S) pode ser mais conveniente que o monitoramento da amplitude. Trata-se de um indicador mais eficiente da variabilidade, principalmente para amostras grandes ( $n \geq 10$ ).
- Gráficos de Pré-Controle: São baseados nos limites de especificação do produto e limites naturais de variação do processo.

Quanto aos gráficos de atributos, de acordo com Toledo e Alliprandini (2004), estes são utilizados quando o número de características a controlar em cada produto é muito grande, ou quando em lugar de mensurações convém empregar calibradores do tipo passa não- passa, ou o custo de mensuração é elevado em relação ao custo da peça, ou ainda, a verificação da qualidade pode ser feita por simples inspeção visual. Os principais tipos de gráficos de atributo são:



- Gráficos de p: para o controle da proporção de unidades defeituosas em cada amostra;
- Gráficos de np: para o controle do número de unidades defeituosas por amostra;
- Gráficos de c: para o controle do número de defeitos por amostra;
- Gráficos de u: para o controle do número de defeitos por unidade de produto (Toledo & Alliprandini, 2004).

### 2.1.1 Gráficos $\bar{X}$ e S

Segundo Falcão (2001), para avaliar a capacidade de um processo aplica-se o método do  $6\sigma$ , onde calculam-se os limites naturais considerando a extensão de seis desvios-padrão ( $6\sigma$ ) em torno da média e assim, o processo apresenta distribuição normal de probabilidades.

De acordo com Ribeiro e Caten (2012), os limites de controle da média são calculados usando:

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{S}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S}$$

Onde  $A_3$ ,  $B_4$  e  $B_3$  são constantes que dependem do tamanho da amostra,  $\bar{\bar{x}}$  é a média da média das amostras, e  $\bar{S}$ , a média do desvio padrão.

### 2.1.2 Gráfico de $Np$ para número de não-conformes

De acordo com Ribeiro e Caten (2012, p. 90), a carta  $Np$  mede o número de produtos defeituosos ou produtos não-conformes em uma amostra. Para cada subgrupo, anota-se os valores:

$n$  = número de itens inspecionados.

$d$  = número de itens defeituosos (não-conformes).

Calcula-se então:

$$p = d / n$$

O número médio de não-conformes:

$$n\bar{p} = (d_1 + d_2 + \dots + d_k) / k$$

E o desvio-padrão:

$$\sigma_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Onde  $d_i$  é o número de não-conformes no subgrupo  $i$ ,  $n_i$  é o tamanho da amostra do subgrupo  $i$  e  $k$  é o número de subgrupos. Os limites de controle são calculados da seguinte forma:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sigma_{np}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sigma_{np}$$



## 2.2. INTERPRETAÇÕES PARA CARTAS DE CONTROLE

Para a interpretação dos gráficos, é preciso analisar dois itens. Primeiramente é verificado se o processo está sob controle estatístico, baseado no comportamento atual do processo. O segundo item a ser analisado é se os bens ou serviços do processo correspondem às especificações do planejamento (Triola, 2008).

Segundo Triola (2008), existem três critérios para se determinar quando um processo não é estatisticamente estável (fora do controle estatístico), são eles:

- Existe um padrão, uma tendência, ou um ciclo que não é aleatório.
- Existe um ou mais pontos fora dos limites de controle
- Regra da sequência de 8: Há oito pontos consecutivos, todos acima ou todos abaixo da linha central.

Conforme Leite (2010), a verificação do controle estatístico do processo pode ser feita de acordo com vários testes que detectam pontos fora de controle, sendo eles:

- Teste 1: verifica se o ponto está localizado acima do LSC ou abaixo do LIC;
- Teste 2: analisa a presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo da LC;
- Teste 3: testa se existem seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- Teste 4: verifica a existência de quatorze pontos alternados em uma linha;
- Teste 5: Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 6: testa se existem quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 7: quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão da linha central;
- Teste 8: verifica se existem oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão da linha central.

## 2.3 CAPACIDADE DO PROCESSO

De acordo com Falcão (2001), se um processo apresenta apenas causas comuns de variação, ele será estável ao longo do tempo, ou seja, está sob controle estatístico. Se apresenta causas especiais de variabilidade ele não será estável ao longo do tempo. A estabilidade é um fator muito importante na análise de um processo. Se um processo é instável, conseqüentemente é imprevisível e isso torna difícil a análise da sua capacidade de gerar produtos dentro do padrão esperado. Uma vez considerado estável o processo, sua capacidade pode ser avaliada (Toledo & Alliprandini, 2004).



No caso dos atributos, o estudo da capacidade de processo consiste na comparação do valor considerado aceitável (especificação) para o atributo em estudo com a média calculada para o atributo no processo que está sendo analisado.

Para o cálculo da capacidade utilizando variáveis, é utilizado a equação a seguir:

$$C_p = \text{Tolerância de especificação} / 6\bar{\sigma}$$

O cálculo dessa tolerância consiste na determinação do desvio padrão natural a partir das amplitudes das amostras que vem sendo coletadas na produção.

Desvio-padrão:

$$\bar{\sigma} = \bar{R} / d_2$$

Onde,  $\bar{R}$  é a média das amplitudes amostrais e  $d_2$  é um fator de correção que depende do tamanho (n) das amostras. A variabilidade natural ou o limite natural de tolerância do processo será o equivalente a  $6\sigma$ , o qual contém 99,73% da produção (Toledo & Alliprandini, 2004).

Ainda de acordo com Toledo e Alliprandini (2004), dessa forma um processo será considerado capaz quando o  $C_p$  for maior que 1, ou seja, quando a variabilidade natural do processo ( $6\sigma$ ) for menor que a tolerância admissível da especificação. Como é utilizado o  $\sigma_R$  (desvio padrão calculado a partir das amplitudes), alguns autores consideram a necessidade de que o  $C_p$  seja maior que 1,33.

Se um processo não é capaz de atender as especificações pode ser porque a média não está sendo estimada da forma correta ou a variação do processo é muito grande e ultrapassa os limites naturais do processo (Falcão, 2001).

Para análise da capacidade do processo também é importante verificar a centralização do resultado do processo em relação aos limites de especificação. Por isso, deve-se utilizar o índice de capacidade  $C_{pk}$ . Este índice considera a diferença que possa existir entre a média do processo e o valor nominal (ou valor central da especificação), ou seja, a descentralização do processo (Toledo & Alliprandini, 2004).

$$C_{pk} = \min \left| \frac{LES - \bar{X}}{3\bar{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LEI}{3\bar{\sigma}} \right|$$

A interpretação do resultado para o  $C_p$  e  $C_{pk}$  podem ser feitas conforme o Quadro 1.

Cp ou Cpk	Nível	Conceito/Interpretação
Maior que 1,33	A	CAPAZ – Confiável, os operadores do processo exercem completo controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o pré-controle.
Entre 1 e 1,33	B	RELATIVAMENTE CAPAZ – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo.
Entre 0,75 e 0,99	C	INCAPAZ – Pouco confiável, requer controle contínuo das operações, pela fabricação e pelo controle da qualidade, visando evitar descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos, paralisações, etc.



		
Menor que 0,75	D	TOTALMENTE INCAPAZ – O processo não tem condições de atender às especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

#### Quadro 1 - Interpretação da capacidade do processo.

Fonte: Toledo e Alliprandini (2004)

## 2.4 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito, trata-se de uma ferramenta que permite a representação gráfica de uma análise criteriosa que define as causas que estão levando a um acontecimento ou efeito. Esse diagrama mostra a relação entre uma característica da qualidade e seus diversos fatores determinantes (Seleme & Stadler, 2008).

A Figura 2 representa um modelo genérico de diagrama de Ishikawa.

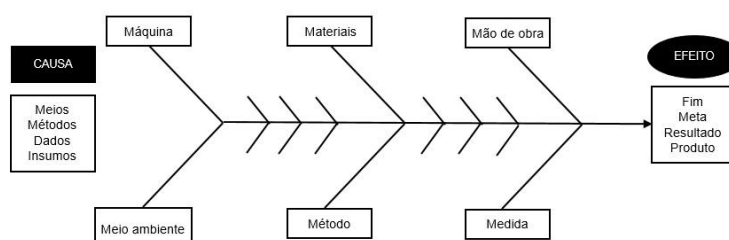


Figura 2 - Modelo de Ishikawa

Fonte: Seleme e Stadler (2008)

O diagrama baseia-se em 6Ms, que segundo Seleme e Stadler (2008), têm os seguintes significados:

- 1M (máquina): refere-se à operacionalização do equipamento e ao seu funcionamento adequado;
- 2M (materiais): Análise das características dos materiais quanto ao seu padrão, sua uniformidade, etc.;
- 3M (mão de obra): Caracteriza-se se a mão de obra é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias, e se está qualificada para o desempenho da tarefa;
- 4M (meio ambiente): avalia-se se situações de execução e/ou infraestrutura fixa podem ser a causa de um determinado efeito;
- 5M (método): considera-se a forma como serão desenvolvidas as ações;
- 6M (medida): traduz-se pelos instrumentos de medição utilizados e pela forma como os valores são representados (por distância, tempo, temperatura etc.).





### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para Moresi (2003, p. 8), “Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos.” Quando não se consegue obter informações para solucionar um problema, a pesquisa é realizada.

De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa pode ser classificada do ponto de vista da sua natureza: pesquisa básica ou pesquisa aplicada e também do ponto de vista da forma de abordagem do problema: pesquisa Quantitativa ou Qualitativa.

Silva e Menezes (2005), definem que a pesquisa básica não apresenta uma aplicação prática prevista, mas tem como objetivo gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência. Já a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática para, assim, solucionar problemas específicos.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, Silva e Menezes (2005, p. 20) definem que pesquisa quantitativa coloca em números informações para análise e classificação. Este tipo de pesquisa utiliza-se de técnicas estatísticas como percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outras. Já a pesquisa qualitativa utiliza-se da interpretação de fenômenos e atribuição de significados. Não usa métodos e técnicas estatísticas, mas sim o ambiente natural para coleta de dados. “Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem”. Para Gil (1991), do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa.

Esta pesquisa se encaixa, do ponto de vista de sua natureza, como pesquisa aplicada, pois existe uma aplicação em uma empresa. Do ponto de vista da forma de abordagem, como pesquisa quantitativa, pois existe uma coleta de dados para análise e classificação. E do ponto de vista de seus objetivos, como descritiva, pois visa descrever as características de uma produção em uma empresa e a relação entre suas variáveis.

#### 3.2 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso aconteceu em uma indústria de produção de bandejas de ovos através da coleta de dados da produção e posterior aplicação do CEP.

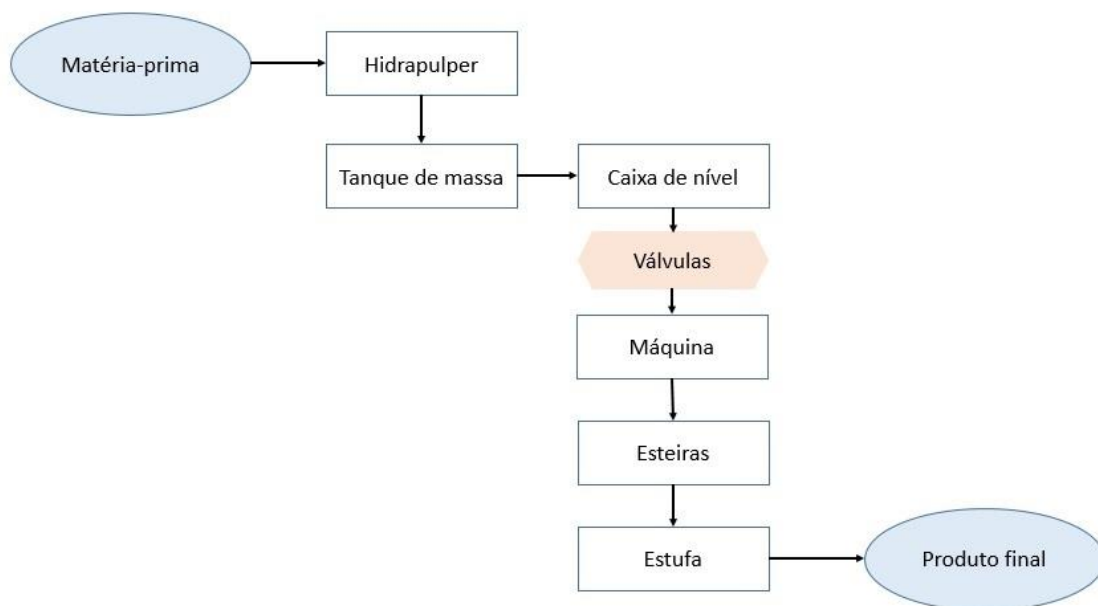
Situada em Cruzeiro do Sul, no interior do Paraná, a Essencial Bandejas foi fundada em novembro de 1999 por Kelsner Baroni. Atualmente conta com cinco máquinas de capacidade para 1800 bandejas por hora e duas com capacidade para 800. A empresa trabalha atualmente 24 horas por dia o ano todo, com paradas programadas para manutenção. A Figura 3, mostra de forma simplificada como se dá a produção de bandejas de ovos.

A matéria-prima base para a produção de bandejas de ovos é conhecida como aparas de papéis, que se trata de qualquer tipo de papel. Porém para uma melhor qualidade da bandeja é preferível o uso de jornal reciclado. Esta matéria prima é colocada em um tanque hidrapulper ou pulper, que é como um liquidificador gigante com peneiras para retenção de impurezas. Após passar por ele, segue para um tanque mestre com agitador para que não haja decantação do produto. Este



tanque mantém a massa preparada para ir para a produção, porém sua consistência ainda não é a ideal e com isso a massa é bombeada para uma caixa de nível.

A caixa de nível fica situada numa altura acima da máquina para que a mistura possa se encaminhar para a máquina por gravidade. Na saída da caixa de nível, é controlada a gramatura ideal para ir para a produção. A gramatura é controlada manualmente através de registros de água (válvulas), os quais podem ser acionados ou desligados para o correto controle de gramatura antes de seguir para a próxima etapa. Chegando na máquina, a matéria-prima se transformará no produto quase acabado. A máquina faz sozinha todo o processo de produção, depositando as bandejas ainda molhadas em uma esteira, a qual entra em uma estufa para secagem do produto. A esteira faz um caminho de ida e volta dentro da estufa, que dura em torno de 22 minutos, fazendo com que o produto saia em sua forma final e pronta para empacotamento.



**Figura 3 - Processos de produção de bandejas de ovos**

Fonte: Autoria própria

Para a aplicação do CEP na empresa, as seguintes ações foram seguidas:

- Inicialmente foi feito a definição do projeto, onde definiu-se a equipe de trabalho, assim como cronograma de atividades;
- Por conseguinte, as variáveis definidas para análise foram: espessura da bandeja em milímetros (mm), peso em gramas (g) e bandejas que estivessem definidas como Não-Conformes. Dado que cada lote apresentam 100 unidades, definiu-se 20 amostras (lotes) com subgrupos (n) de 10 unidades. Com isso especificou-se que a espessura e peso seriam variáveis de controle, bem como as bandejas decretadas como não-conformes seriam atributos.



Utilizou-se os gráficos X-S para espessura e peso e gráfico de np para os não-conformes. Para a coleta de dados, foi acompanhada a produção de uma das máquinas da empresa.

- Em seguida, coletou-se os dados e construiu-se os gráficos de controle
- Posteriormente foi feita a análise da estabilidade e capacidade do processo.
- Por fim, foi feito um estudo de possíveis melhorias para posterior otimização do processo.

#### 4. RESULTADOS

A empresa não faz nenhum controle de espessura, porque as bandejas saem de acordo com o molde da máquina. Os limites de tolerância da espessura das bandejas são definidos pelo fabricante da máquina sendo entre 1,5mm a 2mm. A Figura 4 e 5 apresenta o gráfico de controle para média e desvio padrão da variável espessura, respectivamente.

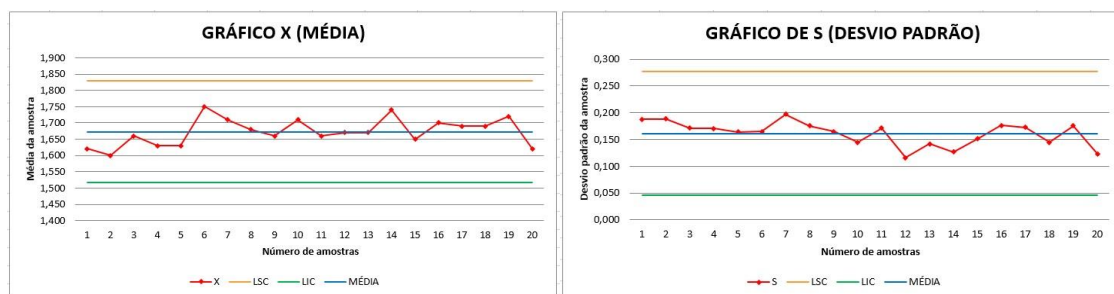


Figura 4 - Gráfico X (média) para espessura

Figura 5 - Gráfico S (desvio-padrão) para espessura

Tanto para a média como a dispersão dos dados, a distribuição dos pontos encontra-se de forma aleatória e dentro dos limites de especificação. Conforme a análise proposta por Triola (2008) e Leite (2010), os pontos não apresentam tendência, deslocamento e padrão cíclico não-aleatório e por isso é considerado estável. Deste modo, conseguinte, calculou-se a capacidade do processo baseado em Toledo e Alliprandini (2004) e obteve-se cp: 0,558 e cpk: 0,517

De acordo com Toledo e Alliprandini (2004) constata-se que tanto Cp quanto Cpk são menores que 0,75 caracterizando o processo como incapaz, ou seja, o processo apesar de ser estável, não tem capacidade de produzir no padrão de qualidade requerido e por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

Quanto a variável peso, os limites de tolerância definidos pelo fabricante da máquina é de 55g a 62g. A Figura 6 e 7 apresentam os gráficos de média e dispersão do peso das amostras.

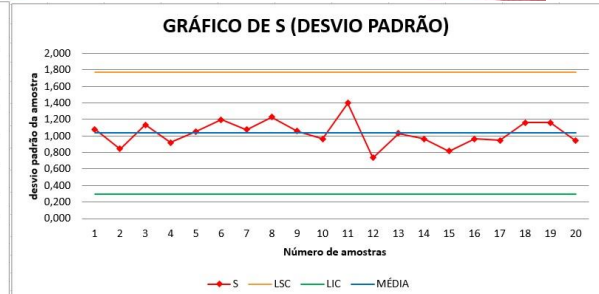
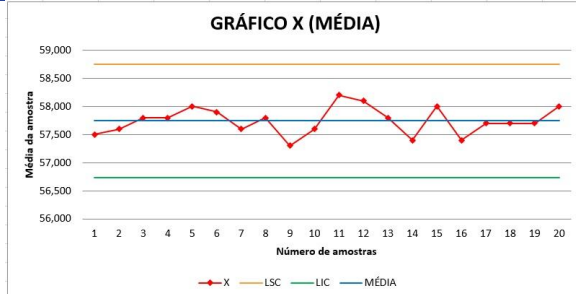


Figura 6 - Gráfico X (média) para peso

Figura 7 - Gráfico S (desvio-padrão) para peso

Conforme a de Triola (2008) e Leite (2010), percebe-se que não houve pontos fora dos limites de especificação, não houveram casos cíclicos não aleatórios, ou pontos extremos dentro das margens de especificação ou ainda vários pontos consecutivos acima ou abaixo das linhas. Sendo assim, neste caso também constatou-se que não houve causas especiais dentro do processo e com isso trata-se de um processo estável. O valor do  $cp$  e  $cpk$  para o peso foram ambos 1,177, que por sua vez, caracteriza um processo capaz, e o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo (Toledo & Alliprandini, 2004).

Para os dados de bandejas não-conformes foi gerado um gráfico do tipo np, conforme Figura 8.



Figura 8 - Gráfico Np para número de não-conformes

O processo não possui a atuação de causas especiais e é considerado estável. Quanto à capacidade do processo, este consiste na comparação do valor considerado aceitável (especificação) para o atributo em estudo com a média calculada para o atributo no processo que está sendo analisado. No caso do número de bandejas não conformes, é considerado aceitável, 1 unidade defeituosa a cada lote de 100 unidades, considerando 99% de conformidade. Nesse sentido, apenas a amostra 2, 11 e 12 tiveram lotes com 1 produto não conforme e o restante das amostras apresentaram 100% de conformidade, caracterizando o processo como capaz.

Devido a incapacidade do processo para a variável espessura, foi construído um diagrama de Ishikawa e sugerido por meio de um plano ação, possíveis ações de melhorias.





Após a realização do brainstorming com o gerente industrial e o operador da máquina, sobre os possíveis motivos que geram a incapacidade do processo, foi factível a criação do diagrama de causa e efeito, representado na Figura 9.

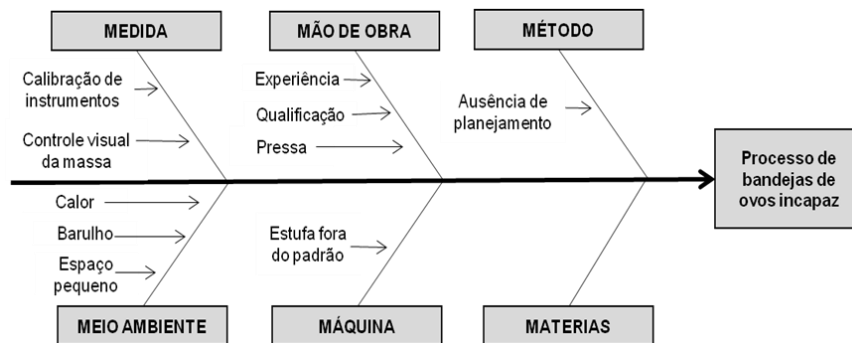


Figura 9 - Diagrama Ishikawa

Após a identificação dos fatores que geravam a incapacidade do processo, se fez necessário a elaboração de um Plano de Ação, conforme Quadro 2.

O quê?	Quem?	Onde?	Por que?	Quando?	Como?
Ajustar as temperaturas dos fornos	Gerente	Linha de produção	Para que as estufas trabalhem de maneira ideal, sem alterar no produto final	Imediatamente	Orientando funcionários
Agendar treinamentos para funcionários	Gerente	Dentro ou fora da empresa	Para funcionários poderem trabalhar de forma correta na produção	Imediatamente	Aplicar treinamento dentro da empresa ou contratar treinamentos terceirizados.
Ação corretiva para meio ambiente	Gerente	Linha de produção	Para melhorar o meio ambiente onde os funcionários produzem	Imediatamente	Incentivar uso de EPIs. Fazer análise de refrigeração e ventilação no local
Corrigir falta de planejamento	Gerente	Toda a empresa	O planejamento é a base para o correto funcionamento da empresa	Imediatamente	Continuar aplicando ferramentas da qualidade
Corrigir falta de controle de ferramentas.	Gerente	Toda a empresa	Pode gerar erros na produção	Imediatamente	Aplicar controle de metrologia para ferramentas

Quadro 2 – Plano ação proposto

## 5. CONCLUSÃO

Os processos estudados demonstraram resultados diferentes em relação à sua estabilidade e capacidade e com isso percebe-se a importância de se investigar mais de um quesito a fim de se chegar na excelência de qualidade.

Tanto para a variável espessura e peso, o processo é estável, porém ao analisar a capacidade do processo, para a variável peso, o processo é considerado capaz, enquanto que para a variável



espessura o processo é considerado incapaz, e ao analisar o gráfico de  $N_p$ , o processo é considerado sob controle estatístico. Nesse sentido, através da construção do diagrama Ishikawa e foi possível investigar as causas que estavam levando a incapacidade do processo e proposta ações de melhorias do processo produtivo da empresa.

A empresa em questão não apresenta nenhum tipo de controle de qualidade, o que fica evidente a necessidade dessa implantação para o seu desenvolvimento. É evidente a possibilidade de coletar dados, analisar e sugerir melhorias através do CEP e ferramentas da qualidade, pois através dessas ferramentas é possível analisar a qualidade do produto por meio da variabilidade do processo.

## REFERÊNCIAS

- Carvalho, M., & Paladini, E. (2013). *Gestão da qualidade: teoria e casos*. Elsevier Brasil.
- Caten, T., & Schwengber, C. (1999). *Controle integrado da qualidade de processos de manufatura de revestimentos cerâmicos*.
- Costa, A. F. B., Epprecht, E. K., & Carpinetti, L. C. R. (2005). *Controle estatístico de qualidade* (pp. 185-94). São Paulo: Atlas.
- Falcão, A. S. G. (2001). *Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais*.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, 5(61), 16-17.
- Leite, S. J. S. *Aplicação do controle estatístico no processo de embalagem de biscoitos na indústria de alimentos*.
- Lowry, C. A., & Montgomery, D. C. (1995). A review of multivariate control charts. *IIE transactions*, 27(6), 800-810.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons (New York).
- Moresi, E. (2003). *Metodologia da pesquisa*. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 108, 24.
- Pires, V. T. (2000). *Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz*.
- Ribeiro, J. L. D., & ten Caten, C. S. *Controle Estatístico do Processo*.
- Samohyl, R. W. (2009). *Controle estatístico de qualidade*. Elsevier.
- Seleme, R., & Stadler, H. (2008). *Controle da qualidade: as ferramentas essenciais*. Editora Ibex.
- Silva, E. L. D., & Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*.
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2009). *Estatística: Coleção Schaum*. Bookman.
- TOLEDO, J. C. D., & ALLIPRANDINI, D. E. (2004). *Controle estatístico da qualidade*. Apostila CEP/UFSCAR. São Paulo.



Triola, M. F. (2008). Introdução à estatística: atualização da tecnologia. In Introdução à estatística: atualização da tecnologia.