

## APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE - CONTROLE ESTATÍSTICOS DE PROCESSOS E DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE UM PROCESSO PRODUTIVO DE LIMÃO

APPLICATION OF QUALITY TOOLS - STATISTICAL PROCESS CONTROL AND ISHIKAWA DIAGRAM IN DETERMINING THE QUALITY OF A LEMON PRODUCTION PROCESS.

Carlos Eduardo Silva da Costa<sup>1</sup>  
Eduardo Duca do Espírito Santo<sup>2</sup>  
Luciana Aparecida Rocha<sup>3</sup>  
Sileno Marcos Araujo Ortin<sup>4</sup>

**RESUMO:** Com o aumento da competitividade no mercado, as empresas buscam melhorar seu desempenho global e a obtenção de um padrão de qualidade ideal, para que se obtenha uma excelente vantagem competitiva. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é aplicar o Controle Estatístico de Processo (CEP) em cultura de produção de limão recorrendo a métodos e ferramentas de controle de qualidade e na sequência, a aplicação do Diagrama de Ishikawa, método 6M. A pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso do processo produtivo de limão de uma empresa localizada no interior de São Paulo. Foi realizada a aplicação do Controle Estatístico de Processos, onde se justificou que o referido processo se encontrava controlado estatisticamente. Posteriormente, aplicou-se o Diagrama de Ishikawa (Método 6M), que permitiu identificar as inconsistências existentes. Neste sentido, as duas ferramentas de qualidade são utilizadas para investigar as inconsistências do processo de espessura variável do limão e propor medidas para melhorar o processo produtivo da empresa.

1794

**Palavras-chave:** Controle de qualidade. Controle estatístico de processos. Variabilidade. Gráficos de controle.

**ABSTRACT:** With the increasing competitiveness in the market, companies seek to improve their global performance and obtain an ideal quality standard, in order to obtain an excellent competitive advantage. In this context, the objective of this work is to apply Statistical Process Control (CEP) in lemon production culture using quality control methods and then, the application of the Ishikawa Diagram, 6M method. The research was carried out through a case study of the lemon production process of a company located in the interior of São Paulo. After applying the Statistical Process Control, where it was justified that the said process was statistically controlled. Subsequently, the Ishikawa Diagram, 6M Method, was applied, which allowed identifying the existing inconsistencies. In this sense, the two quality tools are used to investigate inconsistencies in the process of varying lemon thickness and propose measures to improve the company's production process.

**Keywords:** Quality control. Statistical process control. Variability. Control charts.

<sup>1</sup>Graduando em Gestão Empresarial – FATEC JALES – Faculdade de Tecnologia Professor José Camargo.

<sup>2</sup>Graduando em Gestão Empresarial – FATEC JALES – Faculdade de Tecnologia Professor José Camargo.

<sup>3</sup>Docente em Gestão Empresarial, Agronegócios - FATEC JALES – Faculdade de Tecnologia Professor José Camargo.

<sup>4</sup>Docente em Gestão Empresarial, Agronegócios - FATEC JALES – Faculdade de Tecnologia Professor José Camargo.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria alimentícia exige produtos seguros e confiáveis. Para melhorar a produção de seus produtos, as empresas podem utilizar o controle estatístico de processos, uma ferramenta estatística básica para controlar a variabilidade do processo. Corrêa (2008) destaca que para controlar a variabilidade do processo, as cartas de controle são muito eficazes, ao distinguirem causas comuns de causas especiais. O objetivo de um gráfico de controle é examinar um processo rastreando as medidas que o processo produz. Esses gráficos são necessários porque fornecem informações valiosas que podem ser usadas para reduzir não conformidades no processo de produção, monitorar o grau de variabilidade do produto e ajudar a identificar tendências que indicam se o processo está sob controle estatístico ou se são necessárias correções.

Costa (2010) aponta que o controle do peso dos produtos comercializados é fundamental para as empresas, pois se o produto ultrapassar as especificações estabelecidas, será danificado. Caso o produto não atenda às especificações indicadas no rótulo da embalagem, a empresa pode perder clientes e ser multada por colocar no mercado um produto que não atende às especificações. Além disso, pode perder dinheiro tendo que retirar o lote defeituoso do mercado e, em seguida, ter que retrabalhar o produto defeituoso para o destino correto.

Conforme a demanda do mercado, as empresas sempre devem repensar como seus produtos são produzidos e vendidos, não apenas visando lucro e crescimento; em alguns casos, o objetivo pode ser apenas manutenção de resultados, buscando melhorar o processo de produção para evitar possíveis falhas e desperdícios (Brito, 2008).

Em indústrias com produção de larga escala, pequenas perdas com refugos ou retrabalhos podem ser responsáveis por grandes prejuízos para as empresas.

Este estudo foi realizado em uma empresa produtora de limão, uma organização de médio porte, localizada na cidade de Aspásia - SP. O controle de safra e produção nunca foi estudado por tal organização. Por isso, é fundamental a realização deste trabalho, pois não só para pequenas e médias empresas, mas também para grandes organizações, a perda de produto ou quantidade de produção abaixo do esperado pode causar sérios problemas, por isso, gera menos lucro, se produzir menos do que o esperado e causará a insatisfação dos responsáveis.

Ao identificar todos os possíveis fatores de variação de produto por meio das ferramentas de controle, podem ser feitas recomendações para melhorar os processos produtivos da empresa que a tornarão mais competitiva sem perder qualidade e reduzir o desperdício de produto, justificando a realização deste trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Conceito de qualidade

Segundo Mirshawka (1990), William Edwards Deming, juntamente com Joseph M. Juran, Walter A. Stewart e outros estatísticos, pioneiros da qualidade, desenvolveram novos métodos de controle industrial durante a guerra. Eles revolucionaram a gestão de sistemas envolvendo máquinas e pessoas e, no campo das armas, alcançaram a produção em massa de alta qualidade usando apenas mão de obra pouco qualificada.

De acordo com Mirshawka (1990), Deming identificou claramente 14 pontos que formavam suas ideias básicas sobre como remover barreiras à melhoria da qualidade e produtividade, que eram:

1. Criar consistência e continuidade de propósito;
2. Rejeitar atrasos generalizados, defeitos de material e falhas de mão de obra;
3. Não há necessidade de confiar na detecção de lotes;
4. Reduzir o número de fornecedores e comparar provas estatísticas em vez de preços mínimos;
5. Estudar continuamente as soluções para os problemas do sistema e buscar métodos de melhoria contínua;
6. Adotar métodos modernos de treinamento e usar estatísticas;
7. Supervisão obrigatória para ajudar as pessoas a fazerem melhor seu trabalho. Forneça ferramentas e tecnologias que deixem as pessoas orgulhosas de seu trabalho;
8. Elimine o medo. Incentivar a comunicação bidirecional;
9. Quebre as barreiras entre os departamentos. Incentivar a resolução de problemas através do trabalho em equipe;
10. Eliminar o uso de indicadores digitais, slogans e cartazes para incentivar os funcionários a trabalhar melhor;
11. Usar métodos estatísticos para melhorar continuamente a qualidade e a produtividade, remover todos os padrões que prescrevem cotas digitais;
12. Remova todas as barreiras que impedem que todos os funcionários se orgulhem do que fazem;

13. Desenvolver um programa rigoroso de educação e treinamento para manter todos informados sobre o desenvolvimento de novos materiais, métodos e tecnologias.

14. Defina claramente o comportamento da alta administração em termos de qualidade e produtividade, ou seja, quando todos os primeiros treze pontos forem implementados.

Juran e Gryna (1993), que trabalharam com Deming, definiram a qualidade como apta ao uso e deve ser melhorada item a item, portanto, todos os problemas devem ser diagnosticados e resolvidos para garantir que isso seja alcançado.

No mesmo sentido, segundo Campos (1992), para obter um produto ou serviço melhor, mais barato, mais fácil de manter e mais seguro, é necessário um método que reorienta o processo e garanta o controle de qualidade. É necessário que se estabeleça padrões de qualidade.

## 2.2. FERRAMENTAS DE QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são mecanismos simples cuja finalidade principal é melhorar algum processo produtivo ou parte dele, e que geralmente contêm recursos na

forma de diagramas, quadros, gráficos com análises para melhor tomada de decisão, ou seja, são ferramentas consistentes para possibilitar melhorias no processo de produção (CARVALHO; PALADINI, 2012).

As principais características das ferramentas de qualidade são a facilidade de uso, pois além da aplicação, são de fácil compreensão teoricamente; sequência de operações, geralmente o possui um procedimento passo a passo para realizar isso com uma sequência uniforme de operações; possuem campo de visão, principalmente em relação aos gráficos, as informações coletadas são rastreáveis; e também foca na solução do problema, com base no princípio da análise de problemas, e não apenas identificá-los (CARVALHO; PALADINI, 2012).

A seguir verificamos algumas ferramentas da qualidade existentes e suas principais características.

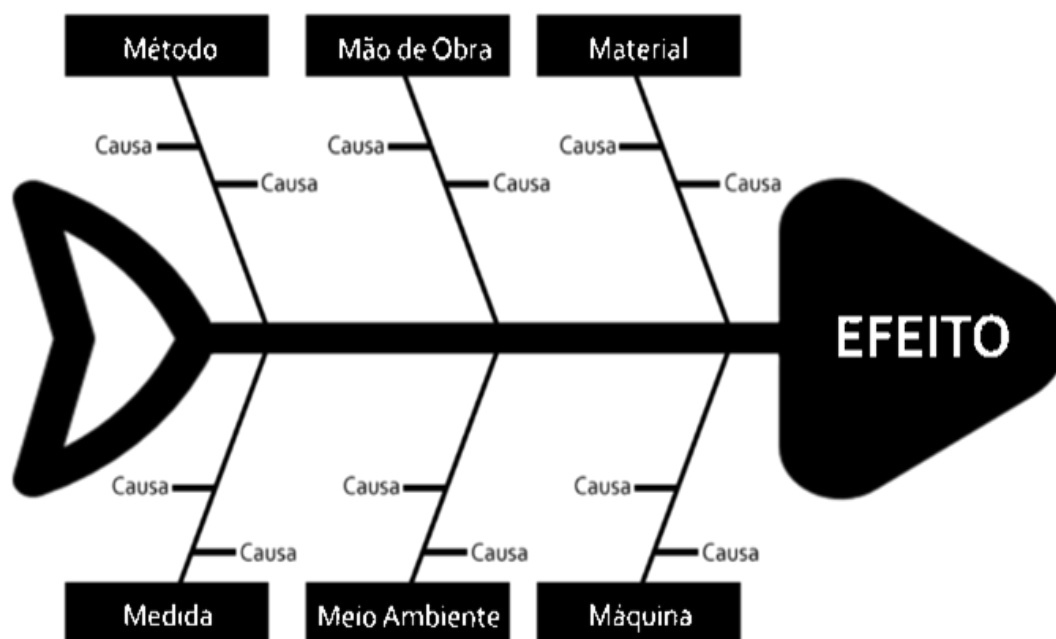
### 2.2.1. DIAGRAMAS DE CAUSA E EFEITO (ISHIKAWA)

Seleme e Stadler (2008) mencionam que em 1953, Ishikawa produziu estudos na forma de diagrama de causa e efeito em uma fábrica. É uma ferramenta que permite

representar graficamente a análise do cuidado que determina as causas que levam a um evento ou efeito. Este diagrama mostra a relação entre um atributo de qualidade e seus vários determinantes.

Ainda segundo Seleme e Stadler (2008), existem dois métodos típicos para elaborar esse diagrama, são eles um diagrama de causa e efeito para identificação de causas e um diagrama para mapeamento sistemático de causas. Na primeira, partimos do problema existente e tentamos descobrir as possíveis razões para o seu aparecimento. Neste caso, o processo deve ser muito reconhecível para ser eficaz. Na segunda, o problema é estruturado com uma possível solução em mente, ou seja. as causas são sistematicamente identificadas. Segundo os autores, esses dois gráficos são muito utilizados na avaliação da qualidade porque permitem a geração de melhorias e o tratamento de dados que representam as bases da qualidade. A Figura 1 mostra o modelo geral do diagrama de causa e efeito.

Figura 1. Modelo Ishikawa



Fonte: Seleme e Stadler (2008)

O diagrama é baseado em 6Ms, que segundo Selemen e Stadler (2008) tem os seguintes significados:

1. refere-se ao funcionamento do dispositivo e seu correto funcionamento;
2. análise das propriedades dos materiais de acordo com seu padrão, uniformidade, etc.;

3. descreve se a força de trabalho está devidamente treinada, possui as habilidades necessárias e é competente para executar a tarefa;
4. avalia-se se situações de implantação e/ou infraestrutura permanente podem ser causa de determinado efeito;
5. considera o desenvolvimento das atividades;
6. refere-se aos dispositivos de medição utilizados e à forma como os valores são apresentados (por distância, tempo, temperatura, etc.).

O Diagrama de Ishikawa, é uma das 7 ferramentas da qualidade, também é conhecido como Diagrama Espinha de Peixe devido ao seu formato ou Diagrama Causa-Efeito por ser composto por problemas e suas possíveis causas.

Como as causas estão em camadas, a causa raiz do problema pode ser identificada especificamente. Por ser originalmente projetado para sistemas industriais, as causas são agrupadas em 6 categorias, denominadas 6 Ms: máquina, material, mão de obra, meio ambiente, método e medição.

### **Máquina**

Aqui, temos que considerar todas as causas de falha do maquinário utilizado no processo, como funcionamento incorreto, falha mecânica, etc.

1799

### **Material**

Quando o problema for causado pelo fato de a matéria-prima ou material utilizado no processo não ser adequado para a execução da obra, ou seja, ultrapassar as especificações necessárias para uso, como produto de tamanho incorreto, vencido, fora do ideal temperatura, etc.

### **Mão de obra**

Os problemas também podem envolver atitudes e dificuldades das pessoas no processo de execução, que podem incluir: pressa, imprudência, falta de qualificação, falta de competência, etc.

### **Meio ambiente**

Neste, temos que analisar o ambiente interno e externo da empresa e descobrir os fatores que favorecem a ocorrência do problema, como poluição, calor, falta de espaço, layout, barulho, reuniões, etc.

## Método

Os processos, procedimentos e métodos utilizados nas atividades também afetarão a ocorrência de problemas, é necessário analisar o quanto o estilo de trabalho afeta os problemas, como se existe um plano, se é executado consoante o plano, se certas ferramentas são usadas, etc.

## Medida

Esta categoria abrange razões que envolvem indicadores usados para medir, monitorar e controlar esforços, como a eficácia das ferramentas de calibração, indicadores, metas e custos.

Embora as categorias existam, a ferramenta é flexível para as empresas ajustarem as categorias conforme necessário.

A ferramenta é utilizada para localizar, organizar, classificar, documentar e exibir graficamente a causa de um determinado problema, agrupado por categoria, auxiliando no brainstorming e na análise do ocorrido.

O diagrama de Ishikawa simplifica processos considerados complexos dividindo-os em processos mais simples, portanto, mais controláveis (TUBINO, 2000). Esta ferramenta é um método bastante efetivo na busca das raízes do problema (SLACK, 2009).

1800

### 2.3.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

Segundo Werkema (2006), o controle estatístico de processos é uma ferramenta com base em conceitos e técnicas da Estatística e da engenharia de produção que auxilia no controle da qualidade nas etapas de um processo, particularmente no caso de processo de produção repetitivo, ou seja, é um método preventivo de se comparar resultados com um padrão já existente e a partir de técnicas estatísticas eliminar ou controlar certas variações.

O CEP visa garantir a estabilidade e a melhoria contínua de um processo de produção, ou seja, visa ao controle e à melhoria do processo; o controle da qualidade de um processo produtivo envolve a realização das seguintes etapas (WERKEMA,2006):

- Definição de um padrão a ser atingido para o produto e padronização do processo;
- Inspeção: medir o que foi produzido e comparar com o padrão;
- Diagnóstico das não conformidades: descrição dos desvios entre o que foi produzido e padrão;
- Identificação das causas das não conformidades;
- Eliminação corretiva para eliminação das causas;
- Atualização, se necessário, dos padrões do produto e/ou do processo.

O CEP é uma ferramenta que utiliza métodos estatísticos que, se bem aplicado, visa fornecer informações para análise eficaz de prevenção e detecção de falhas/defeitos, identificação rápida de possíveis desvios, contribuindo assim para o aumento da produtividade e desempenho da empresa, evitando desperdício em geral.

### 2.3.2. CARTAS DE CONTROLE

Os gráficos de controle são a principal ferramenta utilizada pelo CEP. Segundo Marcondes Filho e Fogliato (2001), nada mais são do que gráficos, elaborados a partir da coleta de dados sobre um objeto de estudo durante um período, visando avaliar o comportamento dinâmico das variáveis em função das medidas realizadas.

Esses gráficos são ferramentas estatísticas que fornecem informações sobre o processo em estudo. Essas informações são fornecidas por grupos de amostra coletados regularmente. Esses grupos são as imagens produzidas pelo processo em um determinado momento (ROSÁRIO, 2004).

Os gráficos de controle são plotados com coordenadas cartesianas, onde o eixo vertical contém medidas para uma determinada característica do produto e os subgrupos estão no eixo horizontal (SILVA, 1999). Segundo Rosário (2004), a linha tradicional do alfabeto, os controles de Shewhart são os seguintes:

Existem três linhas paralelas ao eixo da abscissa identificadas como uma linha central (LC), relacionada a um valor médio e duas linhas chamadas de limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC), aceitáveis como limites para definir o intervalo de mudanças devido às causas comuns e fixado para contemplar uma variação de mais ou menos três desvios padrões (ROSÁRIO, 2004, p.31)

Segundo Falcão (2001), é necessário realizar um planejamento prévio, determinar a frequência de coleta de amostras para montagem de gráficos de controle e análises posteriores.

As variáveis são todas as características mensuráveis de uma população, enquanto os atributos diferem das variáveis porque são todas características não



medidas de uma população. No caso de atributos, indivíduos ou objetos são colocados em categorias, ou tipos e sua frequência de ocorrência é contada. Por exemplo: masculino e feminino, estado civil, tipo de moradia, religião. Uma variável consiste em um conjunto de resultados possíveis de um fenômeno, observação ou característica. Por exemplo: número possível de homens e mulheres, número de filhos de um casal, peso dos adultos (GOES, 2003).

### 2.3.3. GRÁFICOS DE VARIÁVEIS

Segundo Ribeiro e Caten (2012) e Toledo e Alliprandini (2004), os gráficos de controle de variáveis podem ser:

- $\bar{X}$  e R (gráficos de média e intervalo): eles tendem a ser os mais devem ser usados ao mesmo tempo, porque se complementam. O gráfico  $\bar{X}$  rastreia a variabilidade da média do processo e suas alterações. É importante analisar a dispersão do processo que produz a variabilidade, que pode ser detectada pelo R-plot da amplitude.
- $X^{\cdot}$  e R (gráficos de mediana e intervalo): são gráficos Facilidade de aplicação, podendo ser utilizado para amostras pequenas ( $n \leq 5$ ). Para amostras grandes ( $n > 5$ ), são ineficazes, ao podarem introduzir erros no cálculo da mediana amostral.
- $X$  e R (valores individuais e gráficos de intervalo): estes Os gráficos são mais comuns quando você deseja controlar um processo por meio de leituras individuais em vez de amostras.
- $\bar{X}$  e S (gráficos de média e desvio padrão): Em alguns casos, o monitoramento do desvio padrão (S) pode ser mais conveniente do que o monitoramento da amplitude. Esta é uma medida de variabilidade mais eficaz, especialmente para amostras grandes ( $n > 10$ ). Recomenda-se a utilização destes gráficos nas seguintes situações:
  - Os dados podem ser coletados por computador e o programa de cálculo é fácil de implementar.
  - O processo é mais granular e controlado por especialistas.
  - A amostra é grande (tamanho do subgrupo  $n > 10$ ).
- Cartas de pré-controle: são baseadas em restrições existem limites naturais para a especificação do produto e variação do processo. Esse tipo de gráfico é usado quando você deseja detectar rapidamente alterações significativas em um processo. É um sistema rápido e econômico que pode ser utilizado pelo próprio operador. No entanto, sua aplicação exige que o processo atenda a certos requisitos, como alta capacidade de processo.

### 2.3.4. GRÁFICOS DE ATRIBUTOS

Segundo Toledo e Alliprandini (2004), os grafos de propriedades são usados nas seguintes situações:

— Quando o número de características a controlar em cada produto for excessivo;

- Em vez de medir, é conveniente usar este tipo de calibrador Passe ou não;
- Alto custo de medição em relação ao custo da peça;
- A verificação de qualidade pode ser efetuada por simples inspeção visual.

Os principais tipos de gráficos de propriedades são:

- Gráfico de P: controle a proporção de produtos defeituosos em cada amostra;
- Gráfico de np: controla o número de unidades defeituosas por amostra;
- Gráfico de c: utilizada para controlar o número de defeitos por amostra;
- Gráfico de u: Controla o número de defeitos por unidade produtos (TOLEDO E ALLIPRANDINI, 2004).

### 2.3.5. GRÁFICO $\bar{X}$ E S

Segundo Falcão (2001), avaliar a capacidade de um processo Aplique o método  $6\sigma$ , onde os limites naturais são calculados tendo em conta uma dispersão de seis desvios padrão ( $6\sigma$ ) em torno da média, para o processo assumir uma distribuição normal de probabilidades. Segundo Ribeiro e Caten (2012), a fórmula de cálculo do desvio padrão é:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Os limites de controle da média são calculados usando:

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

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

Onde  $A_3$  é uma constante que depende do tamanho da amostra e os limites de controle do desvio-padrão são calculados usando:

$$LCS = B_4\bar{S}$$

$$LCI = B_3\bar{S}$$

Onde  $B_4$  e  $B_3$  são constantes e dependem do tamanho da amostra.

### 2.3.5. INTERPRETAÇÃO PARA CARTAS DE CONTROLE

Para interpretar o gráfico, é necessário analisar dois itens. Primeiro, verifique se o processo está sob controle estatístico com base no comportamento atual do processo. O segundo item a ser analisado é se os bens ou serviços do processo concordam com as especificações do planejamento (TRIOLA, 2008).

Segundo Triola (2008), existem três critérios para determinar quando um processo é estatisticamente instável (fora de controle estatístico), e são eles:

- Há um padrão, tendência ou ciclo não aleatório;
- Um ou mais pontos estão fora de controle;
- Regra da Sequência dos 8: São oito pontos consecutivos, todos acima ou abaixo da linha central.

Triola (2008) enfatizou que em um processo estatisticamente estável, a probabilidade de um ponto estar acima ou abaixo da linha central é de 0,5, então a probabilidade de oito pontos seguidos estarem acima ou abaixo dela é muito pequena.

Encontrar pontos fora dos limites é um caso raro, assim, “especula-se que uma causa especial decorre da presença desses valores extremos” Oliveira. (2013, p. 18). Portanto, essas causas devem ser identificadas e corrigidas, e então novos limites devem ser calculados. Este processo deve ser repetido até que nenhum padrão fora de conformidade seja encontrado, momento em que o processo é considerado tendo atingido um estado de controle.

1804

### 2.3.6. ESTABILIDADE DO PROCESSO

Segundo Falcão (2001), um processo é estável ao longo do tempo se possui apenas causas comuns de variação, ou seja, está sob controle estatístico. Se tiver uma causa específica de variabilidade, não será estável ao longo do tempo. A estabilidade é um fator muito importante na análise de processos. Se um processo é instável, ele é, portanto, imprevisível, dificultando a análise de sua capacidade de gerar produtos nos padrões esperados.

Falcão (2001) afirmou que quando não existe nenhuma causa especial para o processo, a probabilidade de uma amostra ocorrer fora dos limites é pequena, então os parâmetros do processo (média e amplitude) permanecem constantes. Quando as amostras aparecem fora da faixa de controle, significa que pode haver variação de causa especial no processo.

É importante identificar e tratar as causas especiais. Na maioria das vezes, são fáceis de identificar e podem ser feitas pelo operador da máquina ou qualquer funcionário da empresa. Para resolver a causa, é necessário definir novos parâmetros de limite de controle para restringir o escopo da análise subsequente. Quanto menor o número de causas especiais, mais estável o processo, portanto, melhor definido e previsível é ao longo do tempo.

### 2.3.7. DETERMINAÇÃO DOS LIMITES NATURAIS DE TOLERÂNCIA DE UM PROCESSO UTILIZANDO VARIÁVEIS

Toledo e Aliprandi (2004) definem o desvio padrão natural de um processo como a unidade de referência para determinar o que pode ser chamado de tolerância natural do processo ou limite de tolerância natural do processo. O cálculo dessa tolerância envolve a determinação do desvio padrão natural da amplitude da próxima amostra coletada na produção.

Desvio-padrão:

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

1805

Onde  $\bar{R}$  é a média das amplitudes da amostra e  $d_2$  é um fator de correção que depende inteiramente do tamanho da amostra ( $n$ ). A variabilidade natural ou limite de tolerância natural do processo será equivalente a  $6\sigma$  (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

Para calcular a capacidade do processo, dois indicadores  $C_p$  e  $C_{pk}$  são analisados.

$$C_p = \frac{T_e}{6\bar{\sigma}}$$

Onde  $T_e$  é definido como a tolerância de especificação dada por Fabricante,  $\bar{\sigma}$  é a média com desvio padrão.

Segundo Toledo e Alliprandini (2004), um processo seria A capacidade é considerada quando  $C_p$  é maior que 1, ou seja, quando a variabilidade natural ( $6\sigma$ ) do processo é menor que a tolerância permitida pela especificação. Devido ao uso de  $\sigma_R$

(desvio padrão calculado a partir da amplitude), alguns autores acreditam que  $C_p$  precisa ser maior que 1,33.

Se um processo não pode atender a especificação, ele pode ser porque a média é estimada incorretamente ou o processo varia muito e ultrapassa os limites naturais do processo (FALCÃO, 2001).

Para a análise de capacidade do processo, também é importante verificar a concentração dos resultados do processo em relação aos limites de especificação. Portanto, o índice de capacidade  $C_{pk}$  deve ser usado. Esse indicador considera possíveis diferenças entre o valor médio do processo e o valor nominal (ou valor central normativo), ou seja, a dispersão do processo (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

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

Toledo e Alliprandini (2004) afirmam que existem quatro situações possíveis que podem ser observadas na análise de processos. Cada situação requer ou permite controles de qualidade específicos.

Falcão (2001) afirmou que o índice  $C_p$  é uma medida de A dispersão do processo e o índice  $C_{pk}$  avaliam a capacidade efetiva do processo. Um processo é considerado capaz, o que significa que possui apenas causas comuns de variação, portanto, consegue atender às necessidades do cliente.

1806

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A palavra método é derivada da palavra grega *methodos*, cujo significado vem de duas outras palavras gregas *meta* e *hodos*, finalmente significa a expressão, “oposto ou ao longo do caminho” segundo Magalhães (2005, p. 22). Por meio desse método, a pesquisa pode ser organizada em uma ordem lógica e coerente para garantir um nível mais alto de credibilidade.

Por se tratar de um caso concreto, é descrito como um estudo de caso, para o ambiente poder ser analisado com mais detalhes, antes disso, observe o problema que

pode ser resolvido, descrevendo o contexto e explorando a situação encontrada na análise (GIL, 2002).

A pesquisa é aplicada por seu interesse ser prático e, por meio dos dados coletados e analisados, visam indicar melhorias para o processo em estudo. Na pesquisa aplicada, Barros e Lehfeld (2000) destacam que a mesma busca gerar conhecimento para a aplicação prática de seus resultados e por meio deles, contribuir para soluções imediatas dos problemas encontrados.

Na pesquisa realizada, houve a necessidade de busca de conhecimento acerca do controle estatístico de processo e de suas ferramentas de análise, objetivando a inclusão destas ferramentas e o uso do conhecimento analítico para a avaliação das informações conquistadas por meio da ferramenta de análise dos dados.

Os métodos de pesquisa utilizado foram quantitativos e qualitativos, ao envolver a coleta e análise de dados quantificáveis. Todos os dados quantitativos são dados numéricos obtidos por meio de pesquisas, questionários ou manipulação de estatísticas existentes, como estatísticas, porcentagens, etc. Os métodos de pesquisa quantitativo visam a investigação sistemática de fenômenos observáveis, coletando dados numéricos para explicá-los e analisá-los usando métodos baseados em técnicas matemáticas, estatísticas ou computacionais.

A pesquisa quantitativa está diretamente relacionada à quantificação de dados, experimentação, medição e controle rígido dos fatos. Segundo Knechtel (2014), até meados do século XX, esse tipo de pesquisa foi a base do pensamento científico, caracterizado pela passividade e neutralidade dos pesquisadores diante das investigações reais.

Segundo Knechtel (2014), a pesquisa quantitativa é uma modalidade de pesquisa sobre problemas humanos ou sociais, baseada no teste de uma teoria, composta por variáveis quantificadas numericamente que são analisadas estatisticamente visando determinar generalizações previstas na teoria que se estabelece.

Nesse sentido, a pesquisa quantitativa está associada a dados instantâneos. Isso significa que se trata de dados quantitativos, provando analiticamente se a teoria funciona.

A pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica que compreenderá os significados e experiências subjacentes a um fenômeno social. Segundo Merriam (2009), a pesquisa qualitativa é um método de investigação que se preocupa com a interpretação e compreensão dos fenômenos sociais e culturais. Já Creswell (2013) define a pesquisa qualitativa como um método de estudo que explora e descreve a complexidade do comportamento humano e as interações sociais através da coleta e análise de dados não numéricos. Essa abordagem é especialmente útil em áreas onde as pessoas e suas experiências são centrais, como na sociologia, antropologia e psicologia social.

A pesquisa quantitativa é uma abordagem importante para se obter uma compreensão precisa e objetiva dos processos de produção, utilizando-se de ferramentas estatísticas para monitorar e avaliar o desempenho do processo. Por exemplo, a análise de cartas de controle e gráficos de tendência são técnicas comumente utilizadas na pesquisa quantitativa para monitorar a qualidade do processo de produção. Por outro lado, a pesquisa qualitativa pode ser valiosa para entender as percepções e experiências dos trabalhadores envolvidos no processo de produção, bem como para identificar possíveis obstáculos e desafios enfrentados na implementação do controle estatístico de processos. A combinação de ambas as abordagens pode fornecer uma compreensão mais completa e aprofundada do tema, permitindo a identificação de pontos de melhoria no processo de produção.

1808

### 3.2 COLETA DE DADOS

A lavoura é uma microempresa localizada na cidade de Aspásia, interior de São Paulo. Atuando há 1 ano no mercado, a empresa tem como atividade principal a produção de limão para comercialização e moagem. Conforme evidenciado na Tabela 1, demonstra-se a produtividade do período, sendo uma média de 6.953 caixas mensais, 173.829 quilos ou 174 toneladas mensais.

**Tabela:** Produtividade período – março a agosto-2022

Medidas	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Total Semestre	Médias
<b>Caixas</b>	3.245	5.390	7.910	7.174	9.000	9.000	41.719	6.953
<b>Quilos</b>	81.125,00	134.750,00	197.750,00	179.350,00	225.000,00	225.000,00	1.042.975,00	173.829
<b>Toneladas</b>	81,125	134,75	197,75	179,35	225	225	1.042,975	174

**Fonte:** Próprio autor, 2023

Durante o período do 1º semestre de 2022, os dados foram coletados à mão e analisados através do sistema Minitab 2019. Essa análise inclui informações sobre a produtividade da empresa, a eficiência do processo produtivo e a qualidade do produto.

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises de dados e os resultados obtidos foram desenvolvidos com a utilização do aplicativo estatístico Minitab 2016 e Microsoft Excel 2019.

**Tabelaz:** Produção de limão (Caixas) — março a agosto – 2022

Dias	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	80	100	200	250	300	300
2	80	100	220	255	300	300
3	95	110	220	240	300	300
4	98	102	220	247	300	300
5	82	115	215	280	300	300
6	100	128	230	260	300	300
7	105	125	232	300	300	300
8	100	133	235	290	300	300
9	98	127	300	295	300	300
10	102	150	300	295	300	300
11	100	150	300	300	300	300
12	109	150	300	228	300	300
13	110	120	300	260	300	300
14	114	180	300	290	300	300
15	116	162	300	300	300	300
16	119	190	290	200	300	300
17	115	190	258	220	300	300
18	90	190	270	210	300	300
19	95	186	275	212	300	300
20	92	204	270	200	300	300
21	89	227	280	190	300	300
22	97	210	250	196	300	300
23	100	248	290	190	300	300
24	120	237	230	200	300	300
25	129	215	240	180	300	300
26	138	200	280	198	300	300
27	140	260	300	194	300	300
28	140	291	270	214	300	300
29	142	290	265	230	300	300
30	150	300	270	250	300	300

**Fonte:** Próprio autor, 2023

Em conformidade com a Tabela 2, que demonstra a produção de limão (Caixas) — março a agosto – 2022, nota-se que de março a abril de 2022, a quantidade de caixas



apresenta valores oscilantes, porém, nos meses de julho a agosto de 2022, se apresentam os mesmos valores, respectivamente 300 caixas de limão. Este valor fixo, se justifica pela determinação de uma demanda de mercado.

**Tabela3:** Média de Produção/Desvio Padrão - Produção de limão (Caixas) — março a agosto – 2022

Dias	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Média	Desvio Padrão
1	80	100	200	250	300	300	231,72	75,7038
2	80	100	220	255	300	300	231,72	75,7038
3	95	110	220	240	300	300	231,72	75,7038
4	98	102	220	247	300	300	231,72	75,7038
5	82	115	215	280	300	300	231,72	75,7038
6	100	128	230	260	300	300	231,72	75,7038
7	105	125	232	300	300	300	231,72	75,7038
8	100	133	235	290	300	300	231,72	75,7038
9	98	127	300	295	300	300	231,72	75,7038
10	102	150	300	295	300	300	231,72	75,7038
11	100	150	300	300	300	300	231,72	75,7038
12	109	150	300	228	300	300	231,72	75,7038
13	110	120	300	260	300	300	231,72	75,7038
14	114	180	300	290	300	300	231,72	75,7038
15	116	162	300	300	300	300	231,72	75,7038
16	119	190	290	200	300	300	231,72	75,7038
17	115	190	258	220	300	300	231,72	75,7038
18	90	190	270	210	300	300	231,72	75,7038
19	95	186	275	212	300	300	231,72	75,7038
20	92	204	270	200	300	300	231,72	75,7038
21	89	227	280	190	300	300	231,72	75,7038
22	97	210	250	196	300	300	231,72	75,7038
23	100	248	290	190	300	300	231,72	75,7038
24	120	237	230	200	300	300	231,72	75,7038
25	129	215	240	180	300	300	231,72	75,7038
26	138	200	280	198	300	300	231,72	75,7038
27	140	260	300	194	300	300	231,72	75,7038
28	140	291	270	214	300	300	231,72	75,7038
29	142	290	265	230	300	300	231,72	75,7038
30	150	300	270	250	300	300	231,72	75,7038

**Fonte:** Próprio autor, 2023

De acordo com a Tabela3, Média de Produção/Desvio Padrão - Produção de limão (Caixas) — março a agosto – 2022, é possível notar que , a média de produção no período de estudo (6 meses), foi de 231,72 e um Desvio padrão de 75,7038 de oscilação para mais e menos em relação a esta média.

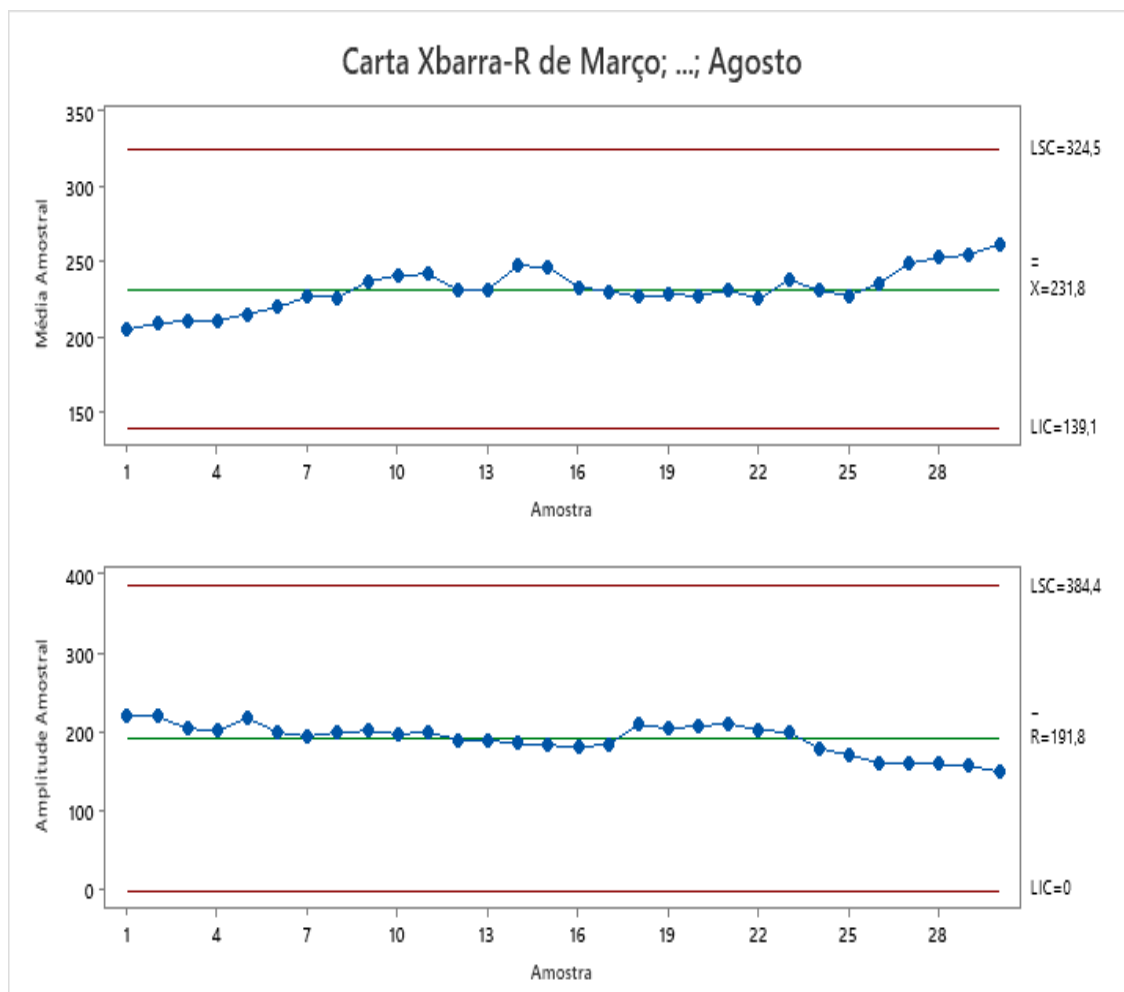
**Tabela4:** Cálculo do CEP — Controle Estatístico de Processos

Dias	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	MÉD	DESVPAD	LCON	LCON_1	LCON_2	LCON_3
1	80	100	200	250	300	300	231,7722	75,70376	139,054	324,49	0	384,4237
2	80	100	220	255	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
3	95	110	220	240	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
4	98	102	220	247	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
5	82	115	215	280	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
6	100	128	230	260	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
7	105	125	232	300	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
8	100	133	235	290	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
9	98	127	300	295	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
10	102	150	300	295	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
11	100	150	300	300	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
12	109	150	300	228	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
13	110	120	300	260	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
14	114	180	300	290	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
15	116	162	300	300	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
16	119	190	290	200	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
17	115	190	258	220	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
18	90	190	270	210	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
19	95	186	275	212	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
20	92	204	270	200	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
21	89	227	280	190	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
22	97	210	250	196	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
23	100	248	290	190	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
24	120	237	230	200	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
25	129	215	240	180	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
26	138	200	280	198	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
27	140	260	300	194	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
28	140	291	270	214	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
29	142	290	265	230	300	300			139,054	324,49	0	384,4237
30	150	300	270	250	300	300			139,054	324,49	0	384,4237

**Fonte:** Próprio autor, 2023

Segundo a Tabela4, Cálculo do CEP — Controle Estatístico de Processos, demonstra o processo de cálculo do Controle Estatístico de Processo. Nele é evidenciada a Média, Desvio Padrão, bem como, os Limites Superiores e Inferiores de Controle.

Gráfico: Cartas X-barra — R — Médias e Amplitudes



1812

Gráfico: Cartas X-barra — R — Médias e Amplitudes

Fonte: Próprio autor, 2023

Consoante o Gráfico1, é possível notar os seguintes resultados referentes a Carta X-barra-R (Média Amostral), onde se obteve como LSC = 324,50, média = 231,80 e LIC = 139,1. Desta forma, o processo se encontra controlado estatisticamente, haja vista, a inexistência de nenhum ponto fora dos LSC e LIC.

Ainda, conforme o Gráfico1, é possível observar os seguintes resultados referentes a Carta R (Amplitude Amostral), onde se obteve como LSC = 384,40, média = 191,80 e LIC = 0. Desta forma, o processo se encontra controlado estatisticamente, haja vista, a inexistência de nenhum ponto fora dos LSC e LIC.

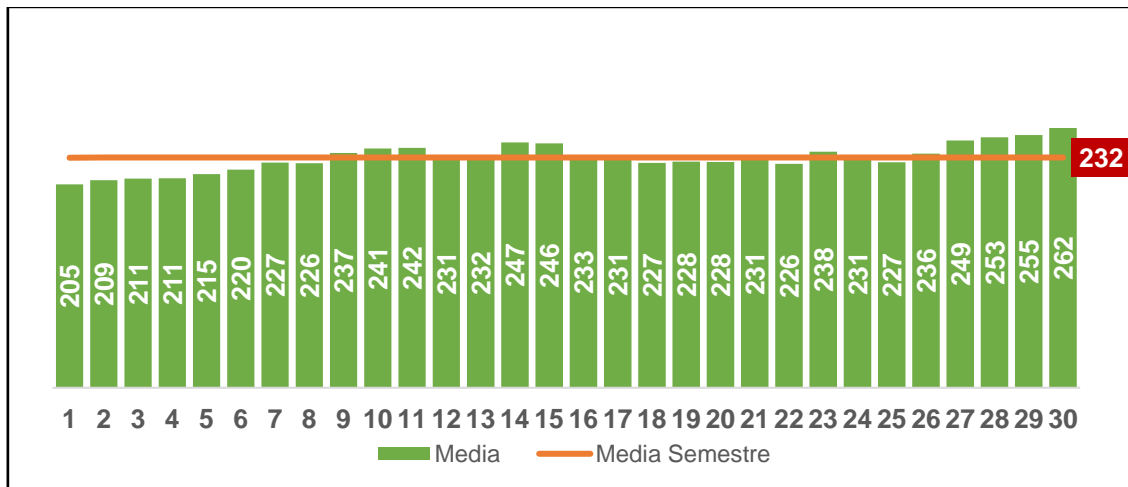
**Tabelas:** Médias Mensais x Média do semestre

Dias	Média Mensal	Média Semestral
1	↓ 205	231,83
2	↓ 209	231,83
3	↓ 211	231,83
4	↓ 211	231,83
5	↓ 215	231,83
6	↓ 220	231,83
7	→ 227	231,83
8	→ 226	231,83
9	→ 237	231,83
10	→ 241	231,83
11	→ 242	231,83
12	→ 231	231,83
13	→ 232	231,83
14	↑ 247	231,83
15	↑ 246	231,83
16	→ 233	231,83
17	→ 231	231,83
18	→ 227	231,83
19	→ 228	231,83
20	→ 228	231,83
21	→ 231	231,83
22	→ 226	231,83
23	→ 238	231,83
24	→ 231	231,83
25	→ 227	231,83
26	→ 236	231,83
27	↑ 249	231,83
28	↑ 253	231,83
29	↑ 255	231,83
30	↑ 262	231,83

**Fonte:** Próprio autor, 2023

De acordo com a Tabela 5, é possível que no período compreendido entre os dias 1 e 6, as quantidades se apresentaram abaixo da média. Dando continuidade, do dia 7 a 13 e dos dias 16 a 26, as quantidades se mantiveram ao redor da média. Porém, dias 14, 15, 27 a 30, as quantidades estavam acima da média, aproximadamente, em 18 caixas da fruta.

**Gráficooz:** Demanda x Média de Produção - Caixas

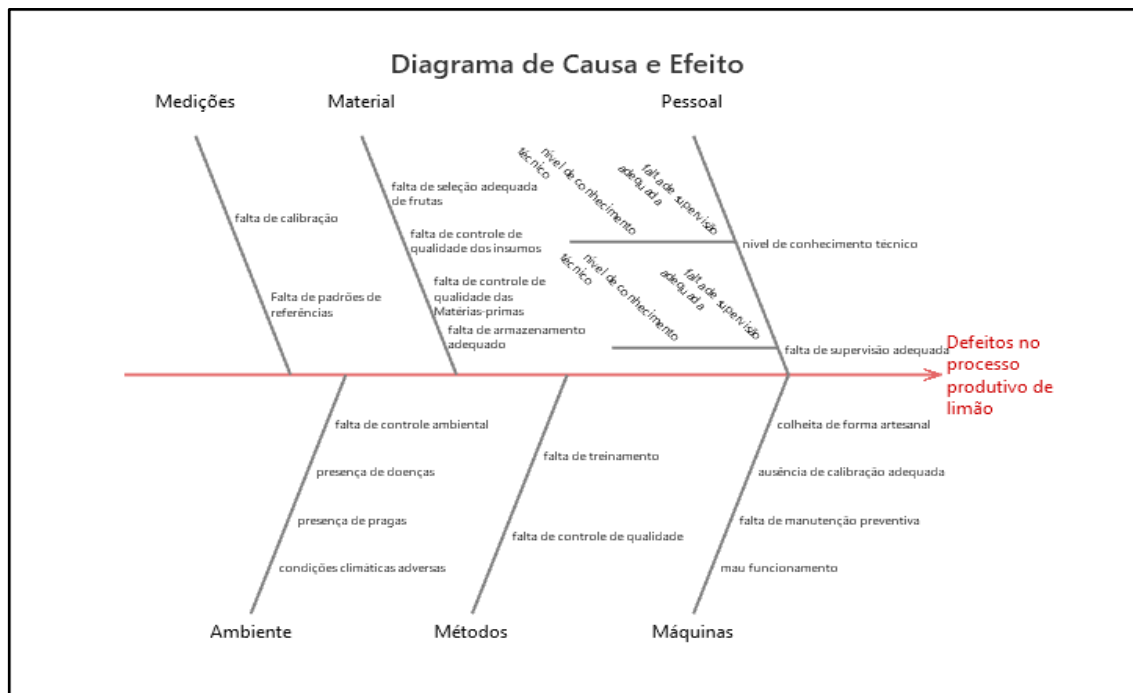


**Fonte:** Próprio autor, 2023

Em conformidade com o Gráficooz, que evidencia a Demanda x Média de Produção, corrobora com as informações da Tabela 4, em relação a média do período, ou seja, 232 caixas respectivamente.

**Gráficooz:** Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito

1814



**Fonte:** Próprio autor, 2023

Conforme o Gráfico3, que demonstra o Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito, Método 6M (Método, Máquinas, Materiais, Mão de obra, Medidas e Meio ambiente), apresentou-se os seguintes resultados:

### **Método**

- Falta de controle de qualidade;
- Falta de treinamento.

Em relação ao Método, é importante a correta determinação de um padrão ideal de fruto, bem como, o efetivo treinamento da equipe de colaboradores.

### **Máquinas**

- Mau funcionamento;
- Falta de manutenção preventiva;
- Ausência de calibração adequada;
- Colheita de forma artesanal.

Referente aos maquinários, verificar as máquinas que estejam com problemas técnicos, encaminhar para um profissional competente, e principalmente, estabelecer um plano de manutenção preventiva e preditiva.

1815

### **Materiais**

- Falta de seleção adequada de frutas;
- Falta de controle de qualidade dos insumos;
- Falta de controle de qualidade das Matérias-primas;
- Falta de armazenamento adequado.

No que tange ao Materiais, a efetiva aplicação de um controle de processos, com foco na qualidade das frutas, insumos, matérias-primas atrelado a um local de armazenamento adequado (câmara fria), é essencial para agregar qualidade em todo processo.

### **Mão-de-obra**

- Nível de conhecimento técnico;
- Falta de supervisão adequada.

Em relação a mão-de-obra, faz se necessário o desenvolvimento de treinamento específico em conformidade com a necessidade do mercado (demanda), bem como, o correto emprego de um supervisor, que irá controlar o processo, com vista a qualidade do produto.

### **Medidas**

- Falta de calibração;
- Falta de padrões de referências.

Em relação a Medidas, é necessário o efetivo emprego de instrumentos de medição (balanças, entre outros), que integrado a um padrão de referência, fará com que o produto se padronize, evitando assim inconsistências no processo produtivo. Esta padronização poderá ser obtida, mediante a consulta a órgãos de apoio ao agronegócio, tais como CATI, EMBRAPA, CEPEA, entre outros.

### **Meio ambiente**

- Condições climáticas adversas
- Presença de pragas
- Presença de doenças
- Falta de controle ambiental

1816

Sobre o Meio ambiente, faz se necessário, uma consultoria técnica de profissionais voltados para o Agronegócio, tais como CATI, EMBRAPA, CEPEA, entre outros, para poder orientar de forma técnica no que tange as Condições climáticas adversas, presença de pragas, presença de doenças e falta de controle ambiental. Porém, desenvolver um controle ambiental assertivo, é essencial para o desenvolvimento da atividade objeto da pesquisa.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho é aplicar o Controle Estatístico de Processo (CEP) em cultura de produção de limão recorrendo a métodos e ferramentas de controle de qualidade e na sequência, a aplicação do Diagrama de Ishikawa, método 6M. A pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso do processo produtivo de limão de uma empresa localizada no interior de São Paulo. Após a aplicação da Controle

Estatístico de Processos, onde se justificou que o referido processo se encontrava controlado estatisticamente. Posteriormente, aplicou-se o Diagrama de Ishikawa - método 6M, que permitiu identificar as inconsistências existentes. Neste sentido, as duas ferramentas de qualidade são utilizadas para investigar as inconsistências do processo de espessura variável do limão e propor medidas para melhorar o processo produtivo da empresa.

Após o desenvolvimento deste artigo, foi possível notar que o objetivo foi alcançado, pois, com a aplicação da ferramenta da qualidade Controle Estatístico de Processo (CEP), observou-se que o processo estava controlado estatisticamente.

Na sequência, aplicou-se o Diagrama de Ishikawa, método 6M, que mediante a aplicação de um brainstorming, evidenciou-se uma série de inconsistência no processo. Tais inconsistência, foram passadas aos responsáveis pela empresa, para que fossem resolvidas. Isso significa não haver informações precisas sobre a qualidade do produto, a eficiência do processo produtivo.

É importante que a empresa comece a utilizar ferramentas adequadas para coletar e analisar dados de produção, o que ajudará a empresa a identificar problemas no processo produtivo e tomar medidas para melhorar a qualidade do produto final.

Ao implementar ferramentas de controle de qualidade e estatísticos, a empresa poderá melhorar significativamente seu desempenho e se tornar mais competitiva no mercado. Com dados precisos e confiáveis sobre a qualidade do produto e o desempenho do processo produtivo, a empresa poderá tomar decisões mais informadas e estratégicas para melhorar sua eficiência e aumentar sua rentabilidade.

## REFERÊNCIAS

BRITO, Francisco O.; DACOL, Silvana. **A manufatura enxuta e a metodologia seis sigma em uma indústria de alimentos**. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, (Enegep) – Rio de Janeiro, 2008

CAMPOS, Vicente F. **TQC: Controle da Qualidade Total** (no estilo Japonês). Rio de Janeiro: Bloch Ed, 2004.

CORRÊA, Henrique L. et al. **Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2008.



COSTA, Adelino Amaro. **Criatividade na Escola. Relatório de Mesa redonda no âmbito do Programa de Trabalhos do CERI/CDE.** Lisboa: Gabinete de estudos e Planeamento da ação educativa, 1972.

COSTA, Antônio Fernando Branco. et al. **Controle estatístico da qualidade.** São Paulo: Atlas, 2010.

DEAN, J.; BOWEN, D. (1994). **Management Theory and Total Quality: Improving Research and Practice Through Theory Development.** Academy of Management Review, 19(3), 392- 418.

FALCÃO, A. S. G. **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** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2001.

FERREIRA, G.L.; MORGADO, T.S.V. **Melhoria dos processos produtivos através da aplicação das ferramentas de gestão de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo de navegação.** In: BrazilianJournalofDevelopment. Curitiba, 2019.

FILHO, D. M e Fogliatto, F.S. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção,** Salvador: 2001.

GÓES, João. **Curso de Estatística Básica – Apostila de estatística.** [2003?]

ISHIKAWA, Kaoru. Publicado em 01/04/2015  
<http://www.blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidadekaoru-ishikawa/> - Acesso em 14/11/2022.

1818

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas.** São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MIGUEL, Paulo. **Qualidade: Enfoques e Ferramentas.** 1. Ed. Artliber,2001.

MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

OLIVEIRA, Camila C.; GRANATO, Daniel; CARUSO, Miriam S. F.; SAKUMA, Alice M. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio.** 1. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2013.

RIBEIRO, José Luís Duarte. CATEN, Carla Shwengber ten. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade).

ROSÁRIO, Marcelo B. **Controle estatístico de processo: Um estudo de caso em uma empresa da área de eletrodomésticos - Dissertação de Mestrado.** Programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da Qualidade: as ferramentas essenciais**, IBPEX, 2008.

SLACK,N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**; Revisão técnica Henrique Corrêia, Irineu Gialesi. São Paulo: Atlas, 2009.

SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria de Laticínios Lactoplasa: Um estudo de caso - Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

TOLEDO, J. C. e ALLIPRANDINI, D. H. **CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE**. São Carlos. 2004.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerencia, 2006.