revista principia

ISSN 2447-9187

https://doi.org/10.18265/2447-9187a2024id8549

ARTIGO ORIGINAL

SUBMETIDO 03/06/2024

APROVADO 30/07/2024

PUBLICADO ON-LINE 08/09/2024

VERSÃO FINAL DIAGRAMADA 03/10/2025

EDITORA ASSOCIADA
Profa. Dra. Poliana Sousa Epaminondas Lima

Aplicação do controle estatístico de processo para análise de peso líquido e atributos de qualidade na fabricação de biscoitos *wafer*

Gustavo Alves Leite [1]

Gustavo Henrique Daniel Santos Silva [2]

Elisandra Rabêlo da Silva [3]

Romero Luiz Mendonça Sales Filho [4]

Suzana Pedroza da Silva [5] *

[1] gustavu.alves@hotmail.com

[2] gustavo.danielsantos@ufape.edu.br

[3] rabeloelisandra1@gmail.com

[4] romero.filho@ufape.edu.br

[5] suzana.pedroza@ufape.edu.br

Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), Garanhuns, Pernambuco, Brasil

* *Autor para correspondência.*

RESUMO: O biscoito, um produto alimentício amplamente consumido, enfrenta crescente competitividade no mercado, o que torna a qualidade um fator crucial para o sucesso. O Controle Estatístico de Processo (CEP), metodologia que utiliza ferramentas de qualidade e técnicas estatísticas para monitorar e melhorar processos, busca detectar e reduzir variabilidades por meio de representações gráficas. Este estudo investigou a variação no peso líquido e em outros parâmetros de qualidade em uma linha de produção de biscoito *wafer*. A coleta de dados e a aplicação de gráficos de controle indicaram que o processo estava sob controle estatístico, de acordo com os padrões estabelecidos pela empresa. O Diagrama de Causa e Efeito permitiu uma análise detalhada das variáveis envolvidas e sugeriu possíveis melhorias. O produto estudado, com peso nominal de 107 g, possui uma tolerância de 4,5%, o que permite um peso líquido mínimo de 102 g. A análise dos gráficos de controle, que atendem aos critérios do Inmetro, identificou defeitos, mas dentro dos limites aceitáveis. O CEP demonstrou ser uma ferramenta valiosa, com potencial para expansão para outras linhas de produção, promovendo a otimização contínua dos processos e facilitando a manutenção do controle de qualidade.

Palavras-chave: análise de causa e efeito; controle estatístico de processo; gráficos de controle; melhoria da qualidade.

Application of statistical process control for analyzing net weight and quality attributes in wafer biscuit manufacturing

ABSTRACT: *A widely consumed food product, biscuits face increasing competition in the market, making quality a crucial factor for success. Statistical Process Control (SPC), a methodology that utilizes quality tools and statistical techniques to monitor and improve processes, aims to detect and reduce variabilities through graphical representations. This study investigated the variation in net weight and other quality parameters in a wafer biscuit*

CC BY

OPEN ACCESS

production line. Data collection and the application of control charts indicated that the process was under statistical control according to the company's standards. The Cause and Effect Diagram enabled a detailed analysis of the variables involved and suggested potential improvements. The product studied, with a nominal weight of 107 g, has a tolerance of 4.5%, allowing a minimum net weight of 102 g. The analysis of control charts, which comply with Inmetro criteria, identified defects, but within acceptable limits. SPC proved to be a valuable tool, with potential for expansion to other production lines, promoting continuous process optimization and facilitating quality control maintenance.

Keywords: *cause-and-effect analysis; control charts; quality improvement; statistical process control.*

1 Introdução

O biscoito consolidou-se como um alimento essencial devido à sua versatilidade, valor nutritivo, longa vida útil, estabilidade microbiológica, sabor e variedade de texturas (Arepally *et al*., 2020). De acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005), biscoitos ou bolachas são produtos obtidos pela mistura de farinha, amido e/ou fécula, combinados com diversos ingredientes e processos de fabricação. Em 2023, o Brasil produziu aproximadamente 1,5 milhão de toneladas de biscoitos (ABIMAPI, 2024), abrangendo uma variedade de tipos, como recheado doce, água e sal/cream cracker, secos/doces especiais, maria/maisena, rosquinha, *wafer*, salgado e *cookie*.

A crescente competição e o perfil exigente dos consumidores tornaram a qualidade um fator essencial. Consequentemente, o controle e a gestão da qualidade são requisitos básicos na fabricação de produtos alimentícios, visando atender às expectativas dos consumidores, além de reduzir desperdícios e custos. O monitoramento da qualidade é fundamental para garantir que os produtos atendam às especificações e expectativas dos consumidores, o que pode ser alcançado por meio de índices de capacidade de processo, gráficos de controle e diagramas de causa e efeito (Oliveira, 2013).

O Controle Estatístico de Processos (CEP) utiliza ferramentas de qualidade e técnicas estatísticas para monitorar e aprimorar processos, detectando e reduzindo variabilidades por meio de representações gráficas. O CEP é um método preventivo que fornece diagnósticos para comparar resultados com especificações, reduzindo a necessidade de inspeção, os custos e a incidência de produtos defeituosos, além de melhorar a qualidade (Piazzetta, 2020; Rodrigues; Moraes Filho, 2016; Soares, 2017).

O objetivo deste trabalho foi aplicar o CEP para verificar a estabilidade e monitorar uma linha de produção de biscoitos *wafer* de 107 g em uma indústria alimentícia. A metodologia envolveu a coleta de dados e a aplicação de gráficos de controle para diagnosticar variabilidades, identificar causas e propor melhorias, garantindo a qualidade do processo e do produto final. Por meio de uma abordagem descritiva e quantitativa, as análises foram realizadas com gráficos de controle e outros métodos estatísticos, visando otimizar a produção e minimizar ou evitar prejuízos.

A pesquisa, de caráter exploratório, qualitativo e quantitativo, foi conduzida em parceria com uma empresa de grande porte da região, com atuação em âmbito nacional.

CC BY OPEN ACCESS

Nas demais seções deste artigo, tem-se a Fundamentação Teórica (seção 2), destacando a aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) em diferentes contextos industriais. Na sequência, a seção de Materiais e Métodos (seção 3) descreve os procedimentos adotados para a coleta e análise dos dados, incluindo a utilização de gráficos de controle e do Diagrama de Causa e Efeito. A seção de Resultados e Discussão (seção 4) apresenta uma análise detalhada dos dados relacionados ao controle estatístico do peso dos biscoitos e de outros parâmetros de qualidade, discutindo as implicações desses resultados em relação aos padrões estabelecidos e sugerindo melhorias. Finalmente, a seção de Conclusão (seção 5) sintetiza as principais considerações e oferece recomendações para a aplicação do CEP em outras linhas de produção.

2 Fundamentação teórica

O CEP é amplamente utilizado para otimizar a eficiência e garantir a qualidade em processos produtivos e industriais. Suas ferramentas, conhecidas como ferramentas da qualidade, são aplicadas para identificar defeitos, minimizar desperdícios e melhorar a eficácia dos processos (Santos *et al*., 2020). Embora essas técnicas desempenhem um papel central no CEP, seu sucesso depende do engajamento de todos os níveis organizacionais para alcançar melhorias significativas na qualidade e na produtividade (Montgomery, 2019; Piazzetta, 2020; Soares, 2017).

Entre as principais ferramentas do CEP estão o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto, que, quando usados em conjunto, proporcionam uma análise abrangente das causas de ineficiências e defeitos. O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, classifica potenciais causas de problemas em categorias como materiais, máquinas, métodos, meio ambiente, mão de obra e medição, facilitando a identificação da sua origem (Montgomery, 2019; Seleme; Stadler, 2010). O Diagrama de Pareto, por sua vez, auxilia na priorização dessas causas com base em sua frequência e impacto, permitindo que os esforços sejam concentrados nas questões mais críticas (Montgomery, 2019).

Outras ferramentas essenciais incluem o histograma, que exibe a distribuição de frequências dos dados e fornece informações sobre a forma, dispersão e tendência central dos dados amostrais (Montgomery, 2019; Piazzetta, 2020). Já a folha de controle é uma ferramenta valiosa para a coleta de dados ao longo do tempo, permitindo a identificação de padrões e tendências significativas no processo (Montgomery, 2019).

O gráfico de controle, desenvolvido por Shewhart, é outra ferramenta gráfica crucial para monitorar o desempenho do processo ao longo do tempo, verificando se ele se mantém dentro dos limites de controle estabelecidos. Essa ferramenta é particularmente útil para detectar variações no processo e determinar se medidas corretivas são necessárias (Piazzetta, 2020; Seleme; Stadler, 2010).

O diagrama de dispersão complementa essas ferramentas ao representar graficamente a relação entre duas variáveis, facilitando a identificação de possíveis correlações e desvios que possam impactar o processo (Montgomery, 2019; Piazzetta, 2020). O diagrama de concentração de defeitos, por sua vez, ilustra a distribuição de falhas em uma peça ou unidade de produção, ajudando a localizar áreas críticas que demandam intervenções corretivas (Montgomery, 2019).

Essas ferramentas, quando aplicadas de forma integrada, permitem uma análise sistemática e baseada em evidências dos fatores que afetam a qualidade e a eficiência dos processos industriais. Estudos recentes reforçam a eficácia dessas abordagens em

CC BY OPEN ACCESS

diferentes contextos industriais. Por exemplo, Bernardo *et al*. (2023) monitoraram uma estação de tratamento de água em uma indústria de laticínios e, ao aplicar o CEP, identificaram que as principais causas de ineficiência estavam relacionadas à mão de obra. Da mesma forma, Azevedo *et al*. (2023) aplicaram gráficos de controle em uma linha de processamento de leite condensado, identificando variações na viscosidade e na umidade como as principais causas de problemas. Em outro estudo, Souza Júnior *et al*. (2017) utilizaram gráficos de controle e o diagrama de causa e efeito para investigar a variabilidade no peso de biscoitos recheados, concluindo que as variações observadas não estavam associadas a causas especiais.

Além de fornecer subsídios valiosos para a tomada de decisões informadas, essas ferramentas contribuem para a implementação de ações corretivas direcionadas, assegurando a conformidade com os parâmetros estabelecidos e promovendo a melhoria contínua dos processos (Montgomery, 2019; Oakland; Oakland; Turner, 2020).

3 Materiais e métodos

A pesquisa foi conduzida em uma empresa localizada no estado de Pernambuco, que oferece mais de 120 produtos no setor alimentício, incluindo massas (longas e curtas), biscoitos recheados, biscoitos *wafer*, bolachas Maria, cream cracker, bolachas Maisena, bolacha coquinho, bolinho de goma, rosquinhas, biscoitos cobertos com calda de chocolate, mistura para bolo, café (em grão e moído) e flocão de milho. A empresa atua principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil.

O biscoito *wafer* com recheio é obtido pelo amassamento e cozimento de massa preparada com farinha de trigo, açúcar, gordura vegetal, amido, açúcar invertido, lecitina de soja, extrato de malte, entre outros ingredientes. Os *wafers* são apresentados sob a forma de folhas prensadas superpostas em camadas, recheadas com creme de diversos sabores, como chocolate, morango, limão, napolitano, bem-casado e baunilha. O setor responsável pela produção de biscoito *wafer* na indústria estudada é composto por três linhas de produção: W01, W02 e W03. Todas as linhas são fornecidas pelo mesmo fabricante, mas vale ressaltar que as linhas W01 e W02 são iguais em todos os aspectos, enquanto a linha W03 é mais nova, moderna e de menor tamanho. Diferentemente da W03, que possui apenas um aplicador de recheio, as linhas W01 e W02 dispõem de dois aplicadores, permitindo a fabricação de *wafers* bicolores, como os sabores napolitano e bem-casado.

Através da observação e coleta de dados, foram identificadas variações no peso líquido dos biscoitos *wafer*. O objetivo deste trabalho foi aplicar o CEP em uma linha de produção do biscoito para monitorar e controlar a qualidade do processo, com foco na detecção de sobrepeso ou de peso inferior ao estipulado (107 g) nos produtos acabados, além de monitorar a qualidade dos atributos relacionados à embalagem primária, possibilitando correções imediatas.

Antes da amostragem, foi verificada a quantidade de biscoitos *wafer* de 107 g produzidos em 60 minutos. Calculou-se a razão entre a produção total em uma hora (1.500 unidades de biscoitos) e a quantidade de biscoitos analisados (150 unidades), conforme Souza (2018). Estabeleceu-se o número de 5 pacotes para compor uma amostra (Equação 1):

$$R = \frac{\text{População}}{\text{Amostra}} = \frac{\text{Total de biscoitos wafer produzidos}}{\text{Total de biscoitos wafer analisados}} = \frac{1500 \text{ biscoitos}}{150 \text{ biscoitos}} = 10 \qquad (1)$$

CC BY
OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

Após o cálculo, verificou-se que *R* é igual a 10. A partir desse valor, foi definida a sequência de retirada das unidades de biscoito *wafer* que compuseram as amostras de cada coleta. O primeiro número sorteado aleatoriamente foi 2, e a sequência de retirada das amostras foi feita da seguinte forma:

- Pacote 1: 2;
- Pacote 2: 2 + 10 = 12;
- Pacote 3: 12 + 10 = 22;
- Pacote 4: 22 + 10 = 32;
- Pacote 5: 32 + 10 = 42.

Essa sequência foi utilizada em 30 coletas, com a mesma metodologia. As amostras foram pesadas individualmente em uma balança semianalítica de precisão. As 30 coletas, cada uma composta por cinco pacotes de biscoitos *wafer*, foram utilizadas para a construção dos gráficos de controle. Posteriormente, mais cinco coletas, também compostas por cinco pacotes cada, foram realizadas para o monitoramento do processo. Os gráficos de controle são empregados para monitorar processos cuja característica de qualidade é expressa em uma escala contínua de medidas, detectando variabilidades no processo. Essas variações podem ser causadas por fatores comuns ou especiais, permitindo intervenções corretivas imediatas.

Gráficos para média ($\overline{X}$) e amplitude (R) foram desenvolvidos para a variável peso líquido dos biscoitos *wafer*, e gráficos para atributos (C) foram criados para o número de defeitos relacionados à embalagem. Esses gráficos foram elaborados utilizando o software Excel (versão Microsoft 365).

Com base nas análises das pesagens e em observações dos atributos de embalagem, foram aplicadas ferramentas do controle estatístico de qualidade, como o diagrama de causa e efeito, por meio do software Minitab, e os gráficos de controle, utilizando o Excel (versão Microsoft 365). Essas ferramentas auxiliaram na identificação das variações no peso dos *wafers* de 107 g e das não conformidades relacionadas aos atributos de embalagem.

Para a aprovação de um lote, dois critérios são criados. O critério para a média de um lote é definido pela Equação 2:

$$X = Q_n - (K \times S) \tag{2}$$

onde X representa a média aritmética das amostras, Q_n é o peso líquido indicado na embalagem, K é um fator que depende do tamanho da amostra obtida na Tabela1, e S é o desvio padrão da amostra.

Tabela 1 ▼
Plano de amostragem para definição do critério de aceitação.
Fonte: Inmetro (2008)

Tamanho do lote	Tamanho da amostra	Critério para aceitação da média	Critério para aceitação individual (c)
9 a 25	5	$X \geq Q_n - 2{,}059 \times S$	0
26 a 50	13	$X \geq Q_n - 2{,}847 \times S$	1
51 a 149	20	$X \geq Q_n - 2{,}640 \times S$	1
150 a 4000	32	$X \geq Q_n - 2{,}485 \times S$	2
4001 a 10000	80	$X \geq Q_n - 0.295 \times S$	5

CC BY OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

Para a construção do gráfico de controle para atributos, foram avaliados quatro atributos:

- O pacote está selado corretamente?
- As informações de data, validade, lote e demais dados estão impressas de forma legível?
- A embalagem apresenta alguma não conformidade relacionada à impressão?
- A embalagem sofreu algum dano durante o processo de selagem?

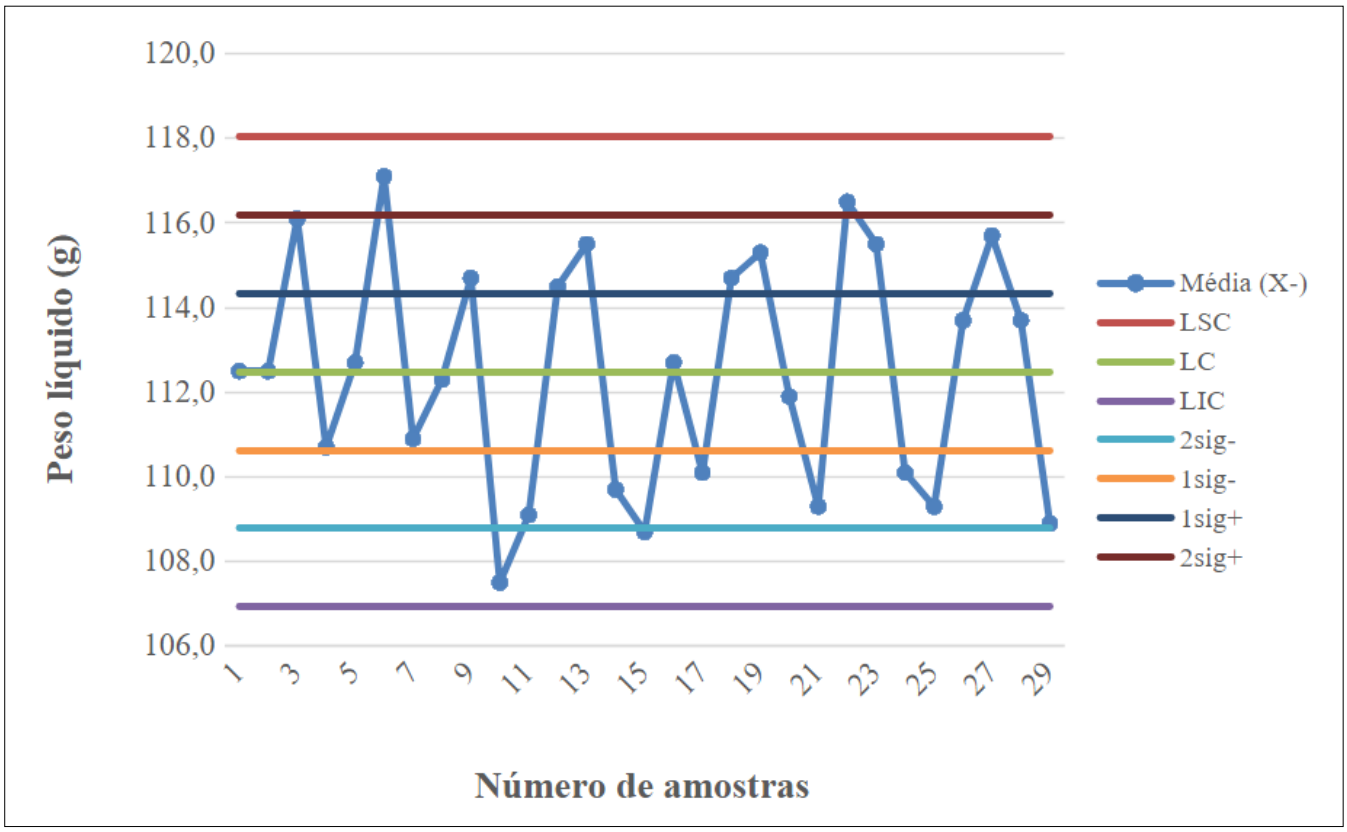
4 Resultados e discussão

A análise dos gráficos de controle para as variáveis foi realizada em pares, utilizando gráficos de controle de média ($\overline{X}$) e amplitude (R). O objetivo foi verificar se o processo estava sendo conduzido de maneira aleatória, sem a presença de variações especiais.

4.1 Gráficos de controle para o peso líquido

Os gráficos de controle foram elaborados com base nos dados coletados durante a produção de biscoitos *wafer* de 107 g. Os gráficos de média ($\overline{X}$) e amplitude (R) foram utilizados para verificar o comportamento aleatório do processo. Para o gráfico de média, os limites de controle estabelecidos foram: 112,48 g (médio), 118,03 g (superior) e 106,93 g (inferior). Os resultados indicaram que o processo permaneceu dentro dos limites de controle, com variações ocorrendo apenas dentro dos sublimites (Sigmas) (Figura 1).

Figura 1 ▼
Gráfico de controle de média para o peso líquido de biscoitos *wafer*.
Fonte: dados da pesquisa

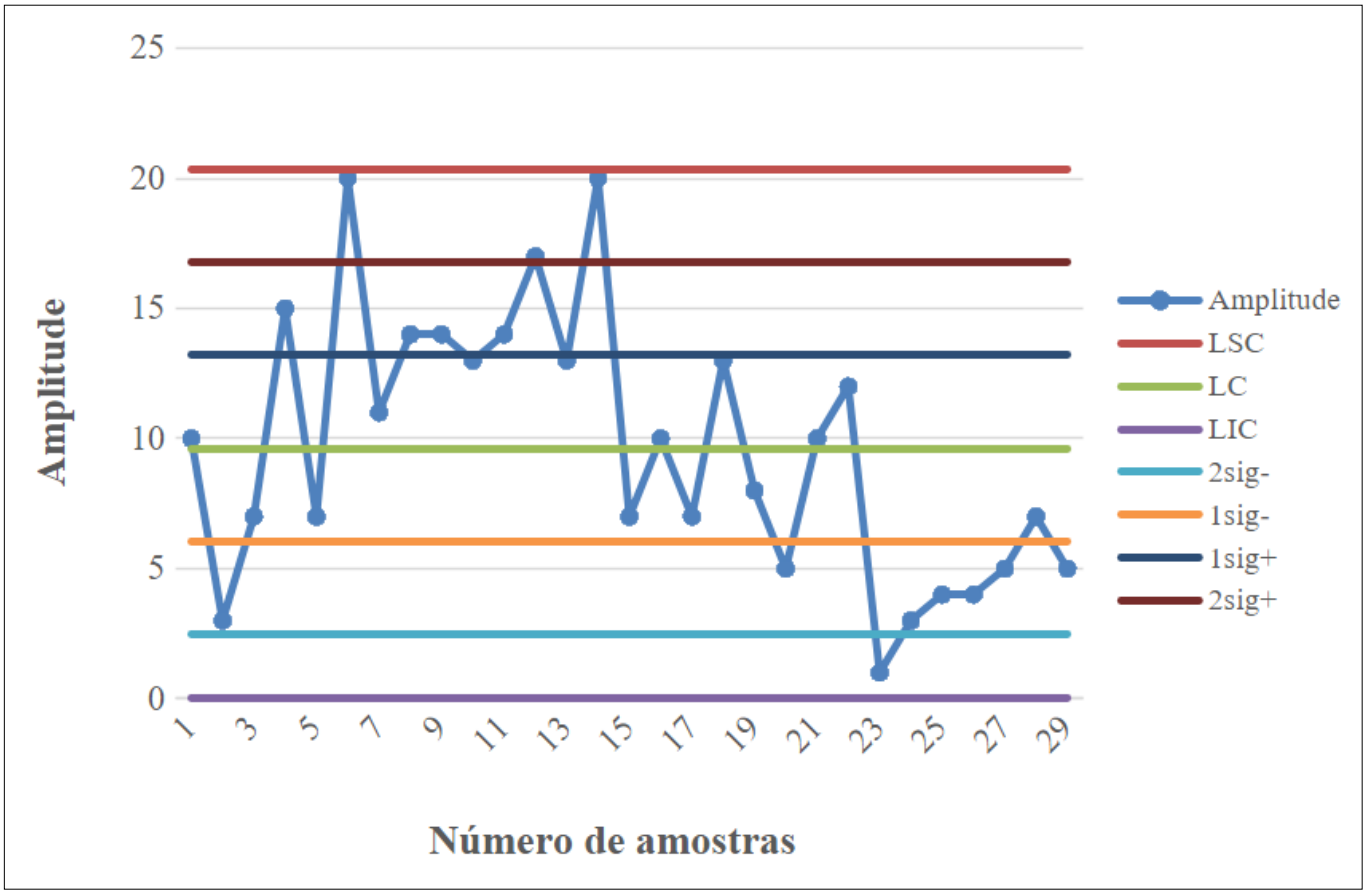


CC BY OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

Figura 2 ▼
Gráfico de controle de amplitude para o peso líquido de biscoitos *wafer*.
Fonte: dados da pesquisa

No gráfico de amplitude (Figura 2), os limites médio, superior e inferior foram 9,62; 20,34 e 0, respectivamente. Embora o processo tenha se mostrado estatisticamente estável, apenas uma unidade (ponto 10) aproximou-se do peso líquido nominal de 107 g.



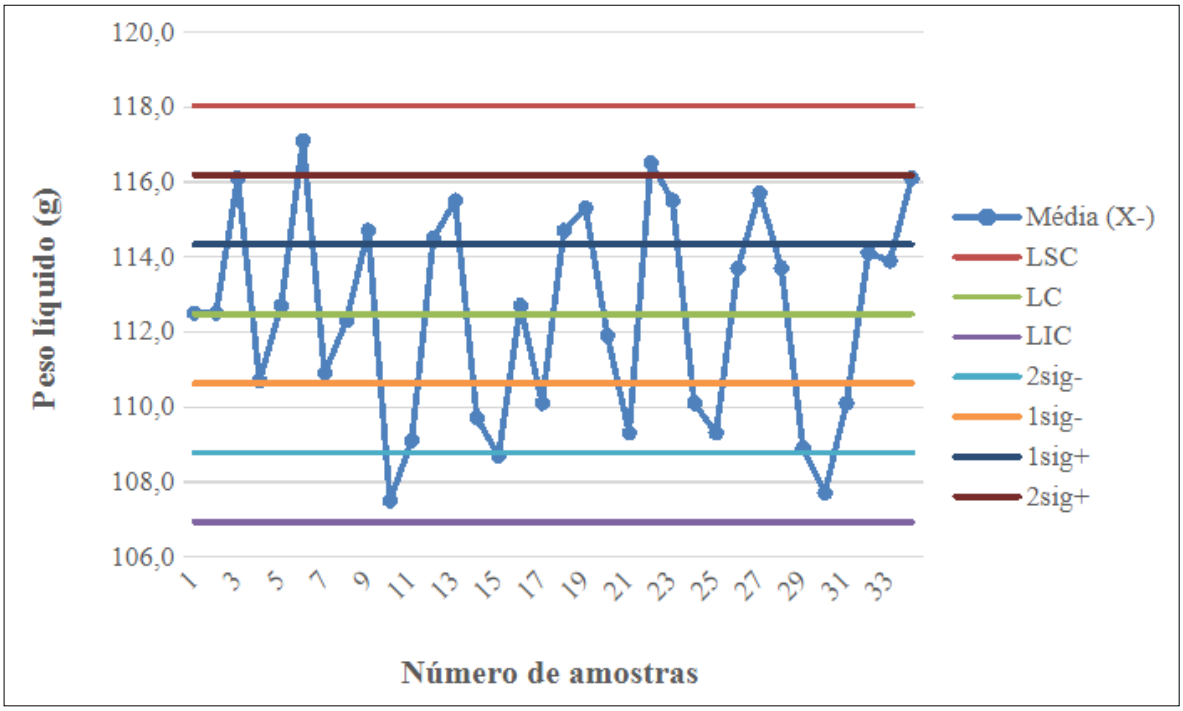
Os gráficos indicam que o processo está sob controle estatístico, com todos os pontos dentro dos limites especificados. No entanto, foi observada uma variabilidade considerável. Um processo é considerado sob controle quando todos os pontos estão dentro dos limites inferior e superior, e quanto mais próximos à linha central, mais confiável é o processo (Backes; Pacheco, 2017).

4.2 Monitoramento do processo

O monitoramento do processo foi realizado ao longo de cinco dias, utilizando gráficos de controle das médias do peso líquido (Figura 3). Observou-se que a amostra do dia 30, com peso líquido de 107,70 g, foi a que mais se aproximou do valor especificado pela indústria. Entretanto, o processo apresentou irregularidades desde o início da coleta de dados, evidenciando uma tendência de sobrepeso durante grande parte da produção.

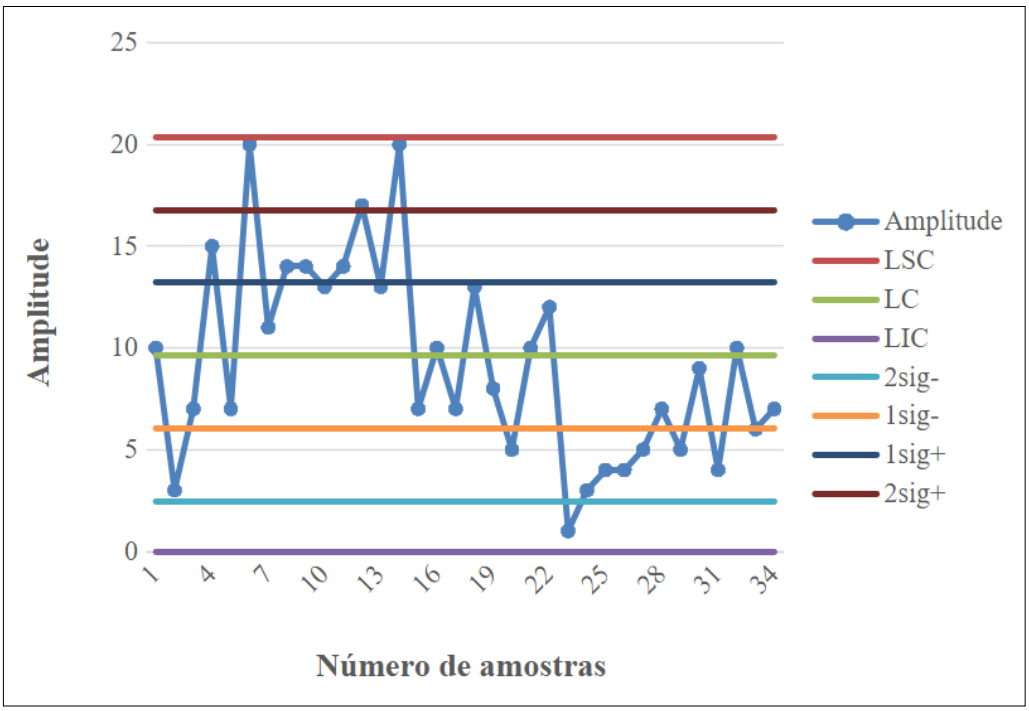
CC BY OPEN ACCESS

Figura 3 ▼
Gráfico de controle das médias para o monitoramento do peso líquido (g) de biscoitos *wafer*.
Fonte: dados da pesquisa



O gráfico de amplitude (Figura 4) confirmou que o processo estava sob controle estatístico, apresentando um padrão aleatório dentro dos limites de controle, apesar da variabilidade significativa identificada.

Figura 4 ▶
Gráfico de amplitude para o monitoramento do peso líquido (g) de biscoitos *wafer*.
Fonte: dados da pesquisa



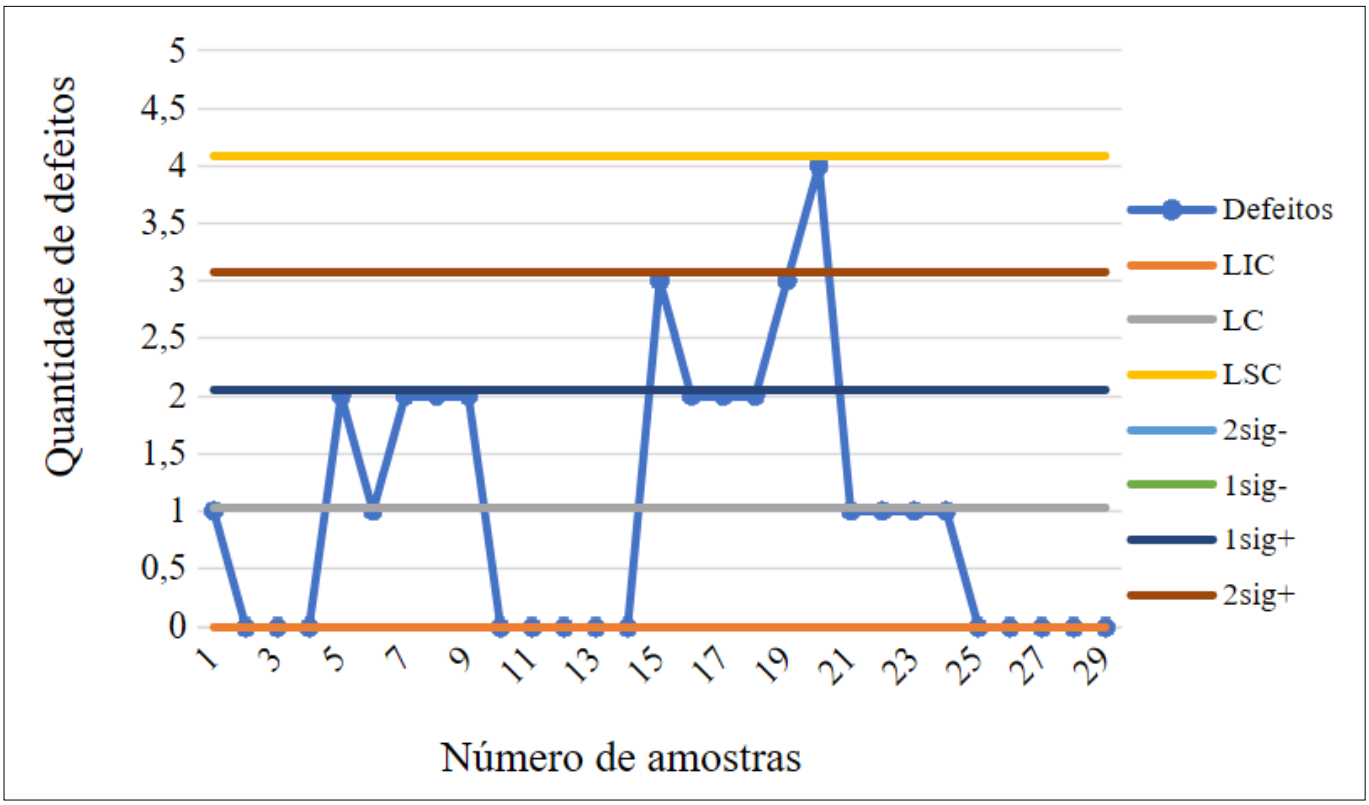
CC BY
OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

4.3 Controle de atributos

Figura 5 ▼
Gráfico de controle do número de defeitos na amostra utilizado para o monitoramento do processo.
Fonte: dados da pesquisa

Para o controle de atributos, foram avaliados quatro aspectos da embalagem: selagem correta, impressão legível, falhas de impressão e danos causados durante o processo de selagem. O gráfico de controle de atributos (Figura 5) apresentou uma distribuição aleatória, com limites de 1,26 (médio), 4,64 (superior) e 0 (inferior). A média de defeitos por amostra foi de 1,03, sendo o defeito mais recorrente relacionado à falha na selagem da embalagem, impactando a qualidade visual do produto.



A análise do gráfico de controle de atributos revelou uma média de 1,03 defeito por amostra. O mais frequente foi relacionado à selagem da embalagem; embora esse defeito não comprometa a integridade do produto, ele afeta negativamente sua qualidade visual e apresentação, conforme ilustrado na Figura 6. Estudos anteriores que aplicaram o Controle Estatístico de Processos (CEP) também identificaram problemas semelhantes, sendo imprescindível atender às necessidades específicas do processo estabelecidas para fins de melhoria contínua e às necessidades dos clientes (Gonçalez; Werner, 2009).

Figura 6 ▶
Embalagem com defeito mais recorrente.
Fonte: dados da pesquisa

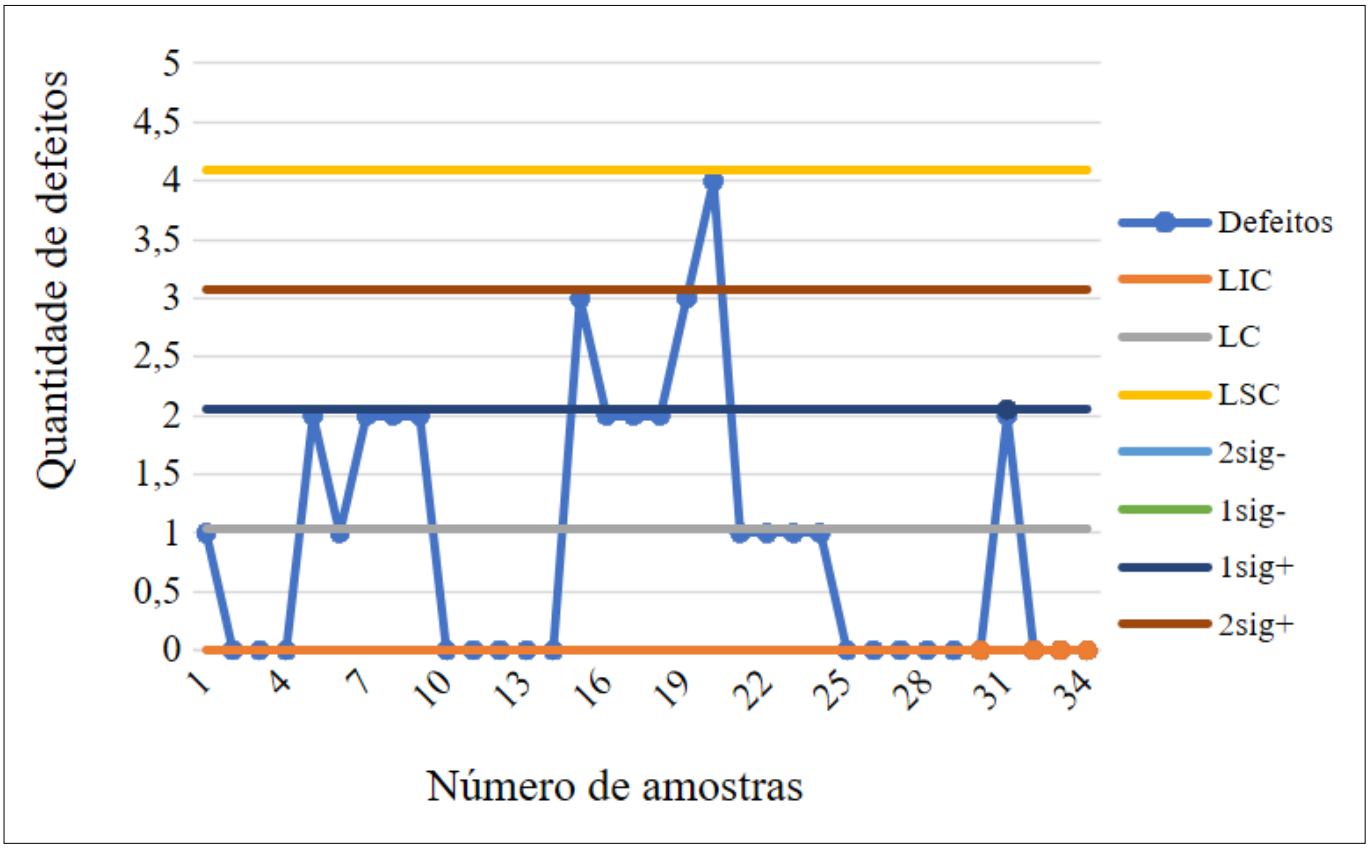


CC BY
OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

Figura 7 ▼
Gráfico de monitoramento do número de defeitos nas amostras (C).
Fonte: dados da pesquisa

Os defeitos relacionados à selagem podem estar associados a variações na temperatura do processo de selagem. Para mitigar esses problemas e melhorar a qualidade da embalagem, recomenda-se a realização de estudos adicionais para identificar a causa raiz e implementar as correções necessárias. Durante o monitoramento dos cinco dias de coleta de dados (Figura 7), a média de defeitos por amostra permaneceu em 1,03, sendo a falha na selagem o defeito mais recorrente, presente em todas as amostras monitoradas.



Embora o processo esteja sob controle estatístico, conforme demonstrado pelos gráficos, a ocorrência persistente de defeitos relacionados à selagem indica a necessidade de melhorias adicionais. A manutenção da qualidade visual da embalagem é essencial para a aceitação do produto no mercado. Esforços contínuos para reduzir esses defeitos podem contribuir para uma maior satisfação dos clientes e um melhor posicionamento da marca.

4.4 Causas da variação

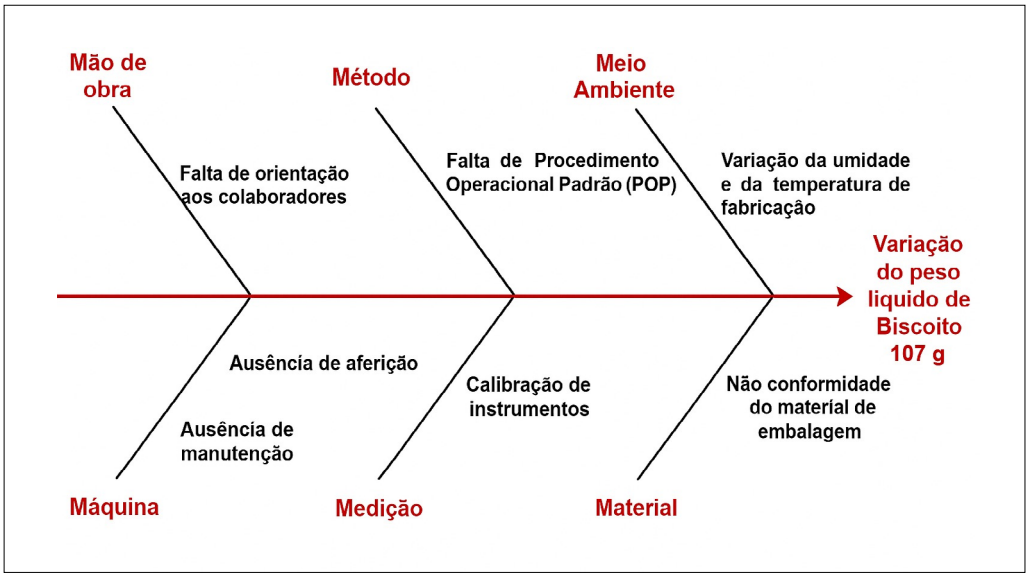
A análise do diagrama de causa e efeito (Figura 8) identificou diversas causas potenciais para a variação no peso líquido dos biscoitos *wafer*. Entre elas, destacam-se:

- Mão de obra: ausência de conhecimento técnico específico e treinamento inadequado para a pesagem;
- Material: gramatura da embalagem, que pode influenciar o peso final do produto;
- Medição: procedimentos manuais que dependem da precisão dos operadores;

CC BY OPEN ACCESS

- Método: inexistência de Procedimento Operacional Padrão (POP) para a verificação do peso líquido;
- Meio ambiente: variações de umidade e temperatura durante a produção;
- Máquina: necessidade de calibração periódica das balanças e manutenção da cremeadora para evitar subdosagem ou sobredosagem.

Figura 8 ▶
Diagrama de causa e efeito para o estudo da variação do peso líquido de biscoito *wafer* 107 g.
Fonte: dados da pesquisa



Além das causas mencionadas, outros fatores – como a falta de treinamento adequado para os operadores, as variações na umidade e na temperatura do ambiente de produção, a aferição insuficiente das balanças e a regulagem inadequada das máquinas, especialmente a cremeadora – também influenciaram a variação do peso líquido dos biscoitos. Esses resultados corroboram as conclusões obtidas e reforçam a necessidade de abordar essas variáveis para garantir a estabilidade do processo. A formação apropriada dos operadores, bem como o controle rigoroso das condições ambientais e dos equipamentos, é fundamental para aumentar a consistência e a qualidade do produto final.

4.5 Análise dos critérios de aceitação e conformidade

De acordo com a Portaria do Inmetro nº 248/2008 (INMETRO, 2008), a tolerância permitida para produtos com peso líquido de 107 g é de 4,5%. A análise dos dados indicou que todos os produtos estavam dentro dos limites permitidos, não havendo nenhum produto abaixo de 102 g. Portanto, os critérios estabelecidos pelo Inmetro foram integralmente atendidos, confirmando que o processo de produção está em conformidade com os padrões regulatórios.

Além do critério para a média do lote, é relevante considerar o critério individual por amostragem de lote, que define a quantidade máxima de produtos que podem estar abaixo do peso líquido mínimo. Esse valor está apresentado na Tabela 2.

CC BY
OPEN ACCESS

ISSN 2447-9187

Tabela 2 ▶
Tolerância individual permitida.
Fonte: Inmetro (2008)

Conteúdo nominal (g ou mL)	Tolerância (T)	
	Percentual de Q_n	g ou mL
0 a 50	9	–
50 a 100	–	4,5
100 a 200	4,5	–
200 a 300	–	9
300 a 500	3	–
500 a 1.000	–	15
1.000 a 10.000	1,5	–
10.000 a 15.000	–	150
Maior ou igual a 15.000	1	–

Considerando que a empresa produz lotes contendo entre 4.001 e 10.000 unidades, o tamanho da amostra foi de 80 pacotes de biscoitos *wafer*. Conforme a fiscalização realizada pelo Inmetro, apenas cinco produtos poderiam estar abaixo do peso líquido mínimo de 102 g. Com base na Tabela 2, que define a tolerância permitida de 4,5% para o peso líquido de 107 g, os produtos analisados estavam em conformidade, sendo que nenhum deles apresentou peso inferior a 102 g, e todos os lotes cumpriram os critérios de aceitação estabelecidos.

A análise revelou que as variações encontradas no processo eram, em sua maioria, atribuídas a causas comuns, identificadas através dos gráficos de controle e ocorrendo dentro dos limites esperados. Causas especiais foram detectadas apenas quando as variações ultrapassaram esses limites. Para as não conformidades nas embalagens, foi implementado um plano de ação que incluiu a revisão dos processos de selagem e impressão, além de um controle de qualidade mais rigoroso para prevenir recorrências.

Além do CEP, outras ferramentas de qualidade, como a Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) e a Análise de Variância (ANOVA), poderiam ser utilizadas para aprimorar o processo de melhoria contínua. A FMEA auxiliaria na identificação e priorização de falhas potenciais, enquanto a ANOVA permitiria uma análise mais detalhada das variáveis que afetam o processo.

As ações corretivas, baseadas nas causas identificadas, podem incluir treinamento adicional para os operadores, ajustes na calibração dos equipamentos e revisão dos procedimentos operacionais. A implementação de um programa de manutenção preventiva e a realização de análises de causa raiz também seriam recomendadas.

Explorar causas adicionais, como variações na umidade e na qualidade dos insumos, pode fornecer uma compreensão mais profunda da variabilidade observada. O CEP é uma ferramenta prática e aplicável, permitindo o monitoramento do processo e a detecção de variáveis potenciais a erros e auxiliando a empresa na redução da variabilidade na produção. Através da coleta de dados, é possível realizar a análise do comportamento do processo por meio dos gráficos de controle obtidos, identificando um ponto de alerta. Foi necessário eliminar esse ponto e recalcular o gráfico, ajustando-o aos limites de controle e definindo um padrão aleatório para o gráfico de média e amplitude.

Conclui-se que as causas da variação do peso líquido na linha de produção estudada requerem o recálculo dos limites de controle para que se obtenha um processo capaz e

CC BY OPEN ACCESS

com o mínimo de defeitos. A análise do diagrama de causa e efeito permitiu a identificação de correções necessárias e a sugestão de ações preventivas para evitar a recorrência dos problemas identificados.

5 Conclusão

A implementação do CEP proporcionou benefícios significativos para a linha de produção de biscoitos *wafer*, contribuindo para a maior estabilidade do processo e a consistência na qualidade dos produtos. A experiência adquirida com o uso dessas ferramentas pode ser aplicada em outras linhas de produção da indústria alimentícia, bem como em diversos setores industriais.

A análise das ferramentas utilizadas demonstrou que a combinação de gráficos de controle e do Diagrama de Causa e Efeito é altamente eficaz na identificação e resolução de problemas de qualidade. Recomenda-se que a empresa continue a empregar essas ferramentas e avalie a expansão da aplicação do CEP para outras áreas do processo produtivo.

Adicionalmente, estudos futuros devem investigar a aplicação do CEP em diferentes contextos, bem como a integração de novas ferramentas de controle, com o objetivo de aprimorar ainda mais a qualidade e a eficiência dos processos industriais.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos fomentadores de pesquisa em âmbito nacional (CNPq e CAPES) e a nível estadual (FACEPE) pelos auxílios fornecidos para as pesquisas.

Financiamento

Esta pesquisa recebeu financiamento de bolsas de estudos pelo CNPq, pela CAPES e pela FACEPE.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições ao artigo

LEITE, G. A.; SILVA, S. P.: concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. **SILVA, G. H. D. S.; SILVA, E. R.; SALES FILHO, R. L. M.:** análise e/ou interpretação dos dados; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

CC BY OPEN ACCESS

Referências

ABIMAPI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Estatística de Mercado**. São Paulo: ABIMAPI, 2024. Disponível em: https://abimapi.com.br/estatisticas-mercado. Acesso em: 4 ago. 2024.

ANVISA – AGÊNCIA VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução-RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 2 ago. 2024.

AREPALLY, D.; REDDY, R. S.; GOSWAMI, T. K.; DATTA, A. K. Biscuit baking: a review. **LWT**, v. 131, 109726, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726.

AZEVEDO, J. H.; SILVA, E. R.; SILVA, G. H. D. S.; CAMELO, M. C. S.; SALES FILHO, R. L. M.; SILVA, S. P. Aplicação do controle estatístico de processo em linha de processamento de leite condensado: estudo de caso. *In*: CARDOSO, R.; QUINTELA, J. B. (org.). **Open Science Research XII**. Guarujá: Científica Digital, 2023. p. 815-832. DOI: https://doi.org/10.37885/230613361.

BACKES, J. A.; PACHECO, D. A. J. Controle estatístico de processos: análise de um processo de extrusão. **Revista Espacios**, v. 38, n. 2, p. 21, 2017. Disponível em: https://www.revistaespacios.com/a17v38n02/a17v38n02p22.pdf. Acesso em: 2 ago. 2024.

BERNARDO, D. B. F.; SILVA, G. H. D. S.; SILVA, E. R.; CAMELO, M. C. S.; ROSAL, A. G. C.; SILVA, S. P. Aplicação do controle estatístico de processo no monitoramento da estação de tratamento de água de uma indústria de laticínios. **Revista Geama**, v. 9, n. 3, p. 39-49, 2023. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/download/6085/482485110/482512571. Acesso em: 5 ago. 2024.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008**. Regulamento Técnico Metrológico. Brasília, DF: INMETRO, 2008. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001339.pdf. Acesso em: 2 ago. 2024.

GONÇALEZ, P. U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. **Revista Gestão e Produção**, v. 16, n. 1, p 121-132, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/gp/a/cJGRz7YBW6kBZgSFdnzmYTS/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 25 set. 2025.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 6th. ed. New York: Wiley, 2019.

OAKLAND, J. S.; OAKLAND, R. J.; TURNER, M. A. **Total quality management and operational excellence**: text with cases. 5th. ed. London: Routledge, 2020.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organização e métodos**. São Paulo: Atlas, 2013.

CC BY
OPEN ACCESS

PIAZZETTA, G. R. Controle Estatístico de Processo (CEP) aplicado a máquinas de distribuição automáticas. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 51, p. 44-54, 2020. DOI: https://doi.org/10.18265/1517-0306a2020v1n51p44-54.

RODRIGUES, A. L. P.; MORAES FILHO, J. R. S. Proposta de implementação do Controle Estatístico de Processo (CEP) em uma indústria de pré-moldados. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: ABEPRO, 2016. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_325_28846.pdf. Acesso em: 2 ago. 2024.

SANTOS, A. P.; POZZETTI, J. V. T.; MORAES, P. A. V.; AVELINO, C. H. Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. **Revista UNISALESIANO**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo-Utilizacao-da-ferramenta-Diagrama-de-Pareto-para-auxiliar-na-identificacao-dos-principais-problemas-nas-empresas-Pronto.pdf. Acesso em: 2 ago. 2024.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade**: as ferramentas essenciais. 2. ed. Curitiba: IBPEX, 2010.

SOARES, G. B. Utilização de controle estatístico do processo para a análise de qualidade da água em um município adjacente ao Parque Nacional do Iguaçu. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 8, n. 18, e5102, 2017. DOI: https://doi.org/10.3895/recit.v8.n18.5102.

SOUZA, G. A. **Aplicação de gráficos de controle estatístico de processo para avaliação de desempenho de estações de tratamento de água**. 2018. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-B9EK3Y. Acesso em: 2 ago. 2024.

SOUZA JUNIOR, J. L.; GASPARIN, E.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Análise da capacidade do processo de fabricação de biscoitos recheados: um estudo de caso baseado no indicador cpk. **RETEC – Revista de Tecnologias**, v. 10, n. 3, p. 19-28, 2017. Disponível em: https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/275. Acesso em: 8 set. 2024.

CC BY
OPEN ACCESS