



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FERNANDO LOURRAN DE MELO OLIVEIRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NO DESPERDÍCIO DE
BANANAS EM UMA EMPRESA DE IPANGUAÇU (RN)**

ANGICOS / RN
2025

FERNANDO LOURRAN DE MELO OLIVEIRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NO DESPERDÍCIO DE
BANANAS EM UMA EMPRESA DE IPANGUAÇU (RN)**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Dr. Prof. André Luiz Sena da Rocha

Defendida em: 27/ 03 / 2025

BANCA EXAMINADORA

André Luiz Sena da Rocha, Dr. (UFERSA)
Presidente

Anderson Carlos de Oliveira, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Lívia Mariana Lopes de Souza Torres, Dr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048c Oliveira, Fernando Lourran de Melo.
Controle estatístico de qualidade no desperdício
de bananas em uma empresa de Ipanguaçu (RN) /
Fernando Lourran de Melo Oliveira. - 2025.
77 f. : il.

Orientador: André Luiz Sena da Rocha.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Produção, 2025.

1. Engenharia de Qualidade. 2. Controle
Estatístico de Processos. 3. Gráfico p. 4.
Diagrama de causa-e-efeito. 5. Gráfico de Pareto.
I. Rocha, André Luiz Sena da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RESUMO

Este trabalho tem como tema o Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) aplicado à redução do desperdício de bananas em uma empresa do setor alimentício localizada em Ipanguaçu - RN. A pesquisa busca identificar as principais causas do desperdício nas bananas e propor melhorias no processo produtivo, com o objetivo de reduzir as perdas e garantir que o produto final atenda aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado. O estudo demonstra como a aplicação do CEQ pode contribuir para a redução de defeitos nas bananas, utilizando ferramentas estatísticas para diagnosticar falhas no processo e sugerir ações corretivas. A metodologia adotada envolveu uma análise de caso, com a coleta e análise de dados históricos da empresa, abrangendo um período de três anos de colheita (2022 a 2024). Para diagnosticar as falhas no processo, foram utilizados gráficos de controle da fração não-conforme, diagrama de causa e efeito (Ishikawa) e gráfico de Pareto. A partir dessa análise, foram identificadas as causas dos defeitos, como bananas riscadas, amassadas e com espessura insuficiente, que impactavam diretamente a qualidade e a rentabilidade da produção. Além disso, foi elaborado um plano de ação 5W2H, com ações específicas para minimizar as causas dos desperdícios, como treinamentos para os trabalhadores, melhorias nos equipamentos de colheita e ajustes no armazenamento e manejo das áreas de cultivo. Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação do CEQ foi eficaz na identificação das falhas e, por meio da ferramenta 5W2H, na proposição de soluções para a redução de perdas. A pesquisa conclui que a adoção de ferramentas de qualidade, como o gráfico de controle e o diagrama de Pareto, pode melhorar significativamente a eficiência do processo produtivo, resultando em benefícios econômicos e na melhoria da qualidade do produto final.

Palavras-chave: Engenharia de Qualidade. Controle Estatístico de Processos. Gráfico *p*. Diagrama de causa-e-efeito. Gráfico de Pareto.

ABSTRACT

This study focuses on Statistical Quality Control (SQC) applied to reducing banana waste in a food industry company located in Ipanguaçu, RN. The research aims to identify the main causes of banana waste and propose improvements in the production process to reduce losses and ensure that the final product meets the quality standards required by the market. The study demonstrates how the application of SQC can contribute to defect reduction in bananas by using statistical tools to diagnose process failures and suggest corrective actions. The adopted methodology involved a case study with the collection and analysis of the company's historical data, covering a three-year harvest period (2022 - 2024). To diagnose process failures, control charts for the nonconforming fraction, a cause-and-effect diagram (Ishikawa), and a Pareto chart were used. From this analysis, the causes of defects were identified, such as scratched, bruised bananas and those with insufficient thickness, which directly impacted the quality and profitability of production. Additionally, a 5W2H action plan was developed with specific actions to minimize waste causes, including worker training, improvements in harvesting equipment, and adjustments in storage and field management practices. The results obtained demonstrated that the application of SQC was effective in identifying failures and, through the 5W2H tool, in proposing solutions to reduce losses. The research concludes that adopting quality tools, such as control charts and the Pareto diagram, can significantly improve the efficiency of the production process, resulting in economic benefits and enhanced final product quality.

Keywords: Quality Engineering. Statistical Process Control. p-chart. Cause-and-effect diagram. Pareto chart.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização do Tema	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Problema	4
1.4 Justificativa	5
1.5 Estrutura do Trabalho	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 Qualidade e sua evolução	7
2.2 Controle Estatístico dos Processos	8
2.2.1 Causas aleatórias e atribuíveis da variação da qualidade	9
2.2.2 Base estatística do gráfico de controle	11
2.2.3 Escolha entre gráficos de controle de atributos e de variáveis	12
2.2.4 Diretrizes para a implementação dos gráficos de controle	14
2.2.5 Gráfico de controle da fração não-conforme	16
2.3 Diagrama de Ishikawa	20
2.4 Diagrama de Pareto	22
2.5 5W2H	24
3 METODOLOGIA	26
3.1 Classificação da pesquisa	26
3.2 Coleta de dados	28
3.3 Estimativa do percentual de perdas	29
3.4 Recursos computacionais utilizados	29
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1 Processo de produção	31
4.2 Gráfico de controle da fração não-conforme	33
4.2.1 Colheita de 2022	33
4.2.2 Colheita de 2023	44
4.2.3 Colheita de 2024	53
4.3 Análise das causas especiais	58
4.4 Proposição de melhorias	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo, serão apresentadas informações sobre o tema referido, explorando a produção e o comércio de bananas no Brasil, a importância do controle de qualidade em frutas e a existência de perdas durante a produção.

1.1 Contextualização do Tema

Observando o cenário de produção de frutas, pode-se encontrar a banana em evidência, sendo a fruta mais produzida mundialmente, com sua cultivação difundida em mais de 125 países (Sebrae, 2023). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Brasil se destaca como o maior consumidor de banana do mundo, e também como o quarto maior produtor mundial, com uma produção de 6,6 milhões de toneladas em 455 mil hectares, ficando atrás apenas da Índia, China e Indonésia (Embrapa, 2023a).

O Nordeste do Brasil atua como uma peça fundamental na produção de bananas, tendo destaque como a região que mais contribui para o quadro nacional em termos quantitativos. No ano de 2022, a região nordeste produziu cerca de 2.408.775 toneladas de bananas, equivalente a 35,1% da produção brasileira neste ano (Embrapa, 2023b).

No contexto específico do estado do Rio Grande do Norte (RN), a produção de bananas destaca-se como um pilar sólido na economia agrícola regional. No ano de 2022, o estado teve uma produção de 238.553 toneladas em uma área colhida de 8.584 hectares. Considerando o rendimento nacional de 14,97 toneladas por hectare e dados dos rendimentos dos demais estados brasileiros, o rendimento estadual de 27,79 toneladas por hectare caracteriza o Rio Grande do Norte como o estado brasileiro com maior rendimento por hectare na produção de bananas do ano 2022. Comparando o rendimento do estado com o rendimento nacional, é possível analisar que o desempenho do RN na produção de bananas do Brasil faz com que o estado se torne um componente primordial nessa prática agrícola (Embrapa, 2023b).

A cidade de Ipanguaçu, situada no Rio Grande do Norte, possui uma área territorial de 374,245 km² e uma população de 14.131 habitantes (IBGE, 2023). De acordo com pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade conhecida como capital nacional da banana possui um número de 502 estabelecimentos agropecuários,

ocupando uma área de 18.909 hectares. São 1.355 pés de banana existentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés ou mais, e a quantidade produzida é equivalente a 23.205 toneladas (IBGE, 2017).

No que diz respeito à importância da banana, Ranieri e Delani (2014) afirmam que a fruta possui um alto valor nutricional e uma boa fonte energética, pois possui minerais como potássio, manganês, iodo e zinco e vitaminas do complexo B, vitamina C e ácido fólico. Por se tratar de um produto de alto valor nutricional e de baixo valor agregado, a banana torna-se uma fruta bastante acessível e muito presente na maior parte das famílias brasileiras. Além disso, o amido resistente presente no fruto da banana verde, é altamente benéfico à saúde, servindo como fonte de fibras, proporcionando uma menor resposta glicêmica (auxiliando no tratamento de diabetes do tipo 2) e ajudando na prevenção do câncer de cólon intestinal.

A importância da qualidade em alimentos, especialmente em frutas, como a banana, é essencial para garantir segurança e satisfação ao consumidor. A qualidade da fruta está associada à preservação das características nutricionais que garantirão que a fruta siga o padrão estabelecido. Contudo, é essencial compreender que, mesmo com os esforços para garantir a qualidade dos alimentos, encontra-se um desafio preocupante: o desperdício de alimentos.

As perdas de alimentos representam um desafio global, impactando a segurança alimentar, a economia e o meio ambiente. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), aproximadamente um terço dos alimentos produzidos globalmente é desperdiçado ou perdido a cada ano. Essas perdas acontecem em diferentes fases da cadeia de suprimentos e são influenciadas por diversos fatores, como adversidades climáticas e práticas ineficazes de manejo (FAO, 2011).

Falando especificamente da banana, sua grande produção pode ocasionar em perdas que podem acontecer em vários períodos, que vão desde o cultivo da fruta até o seu transporte e armazenamento. Clima desfavorável, manejo inadequado, falta de controle de qualidade e presença de pragas ou fungos nas plantações são alguns dos fatores que podem levar à perda na produção de bananas.

O controle de qualidade em alimentos, incluindo frutas, é essencial para garantir a segurança alimentar e a satisfação do consumidor. Como destacado por Berti e Santos (2016), o controle de qualidade desempenha um papel crucial na prevenção de riscos à saúde pública, assegurando que os alimentos estejam livres de contaminantes e atendam aos padrões regulatórios estabelecidos. Na produção de frutas, o controle de qualidade envolve a adoção

de práticas agrícolas adequadas, técnicas de cultivo e monitoramento rigoroso da aplicação de produtos químicos. Além disso, também são necessários procedimentos precisos de colheita, seleção, embalagem e armazenamento. Garantindo a integridade e qualidade dos alimentos, o controle de qualidade protege a saúde do consumidor e fortalece a confiança no setor alimentício.

Uma maneira de efetuar o controle da qualidade é através do Controle Estatístico de Processos (CEP), uma metodologia que emprega ferramentas estatísticas para supervisionar e gerenciar a qualidade nos processos produtivos. O controle de qualidade é feito por meio de gráficos, que permitem visualizar a variação dos processos ao longo do tempo e detectar desvios indesejados. Os gráficos auxiliam na tomada de decisão para manter os processos dentro dos limites estabelecidos, garantindo a qualidade desejada para o produto final (Ramos, 2000).

Na área de alimentos, é comum realizar o controle de qualidade dos produtos estragados ou perdidos durante o processo de produção. Uma ferramenta muito utilizada para realizar esse controle das perdas é o gráfico de controle da fração não-conforme, ou gráfico p . Esse gráfico é utilizado para monitorar a quantidade de perdas ou produtos defeituosos em uma amostra, fazendo com que seja possível identificar os problemas nos processos produtivos. No setor alimentício onde as perdas trazem grande impacto nos custos e na produtividade, o gráfico p é fundamental para garantir o controle da qualidade e minimizar esses desperdícios (Rocha et al., 2020). Posto isso, este trabalho realizará o controle estatístico de qualidade no desperdício de bananas em uma empresa do ramo alimentício situada em Ipanguaçu, no Rio Grande do Norte.

1.2 Objetivos

O presente trabalho será desenvolvido no intuito de alcançar os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar o Controle Estatístico de Qualidade na produção de bananas em uma empresa situada no Rio Grande do Norte, com o intuito de identificar os desperdícios e propor soluções que possam amenizar ou eliminar esses fatores que causam as perdas na produção.

1.2.2 Objetivos Específicos

Com o intuito de alcançar o objetivo geral, são necessários os seguintes objetivos específicos:

- a) Construir um fluxograma mapeando as etapas do processo de produção da banana;
- b) Averiguar se a fração não-conforme da perda de bananas está sob controle estatístico;
- c) Diagnosticar as causas especiais, por meio do diagrama de Ishikawa, caso o processo esteja fora de controle;
- d) Construir um diagrama de Pareto para elencar um *ranking* das causas especiais de maior frequência;
- e) Sugerir melhorias e um plano de ação 5W2H para que possa reduzir as perdas de banana no processo de produção.

1.3 Problema

O desperdício de bananas na indústria alimentícia é um problema que resulta de uma combinação de diversos fatores interligados. Desde as etapas iniciais do processo de produção, várias circunstâncias contribuem para o surgimento desse problema. Da seleção inadequada das frutas durante a colheita até questões logísticas no transporte e armazenamento, diversas oportunidades para perdas surgem ao longo de toda a cadeia de suprimentos (Gorayeb et al., 2019).

Adicionalmente, a questão do desperdício é agravada pelas exigências do mercado e padrões impostos aos produtos. Frutas que não atendem a critérios de aparência muitas vezes são descartadas, apesar de estarem em perfeitas condições para consumo. Essa prática, muito comum na indústria de alimentos, contribui significativamente para o desperdício de frutas e de outros alimentos (Bonfá, 2017).

Uma vez que o desperdício de bananas resulta em custos significativos para as empresas do setor alimentício, essa situação se torna preocupante. Para a empresa, além das

perdas do produto final, os custos também são desperdiçados, visto que foi realizado um investimento em mão de obra, insumos, energia e outros processos realizados no cultivo da fruta. Esses custos desperdiçados podem comprometer a economia da empresa no longo prazo.

Consequentemente, esse aumento dos custos para a empresa pode ocasionar o aumento do preço de venda do produto, afetando diretamente os clientes. Considerando que a banana é um alimento de alto valor nutritivo e uma opção acessível para muitas famílias, esse aumento de preço devido ao desperdício torna a banana menos acessível, e contribui para a insegurança alimentar e dificulta o acesso a alimentos saudáveis (Embrapa, 2024).

Diante desse contexto, este trabalho traz como problemática: **Como o controle estatístico de qualidade pode identificar e mitigar os impactos negativos do desperdício de bananas em uma empresa do ramo alimentício?**

1.4 Justificativa

Reduzir o desperdício de bananas na indústria alimentícia é uma medida crucial que traz benefícios para as empresas, os consumidores e o meio ambiente. A adoção de práticas de controle de qualidade, permite as empresas mitigar as perdas durante o processo de produção, dessa forma, seus recursos naturais e financeiros são melhores utilizados. Além de melhorar a rentabilidade das empresas, isso também colabora com a estabilidade financeira do setor como um todo (Jesus; Pires, 2018).

Outrossim, a redução desse desperdício resulta em uma oferta mais consistente de alimentos frescos e saudáveis para o consumidor. Como destacado pela Embrapa (2024), alimentos frescos e seguros são essenciais para garantir a segurança alimentar da população, reduzindo o risco de doenças relacionadas à ingestão de produtos deteriorados ou contaminados. Dessa forma, investir em controle de qualidade para minimizar o desperdício garante alimentos de qualidade para os consumidores, além de promover a saúde pública.

Ademais, reduzir os desperdícios também impacta positivamente no meio ambiente. O descarte inadequado de alimentos contribui significativamente para o desperdício de recursos naturais, emissões de gases de efeito estufa e poluição do solo e da água. Portanto, reduzindo o desperdício de bananas, as empresas minimizam esses impactos e promovem uma produção e consumo mais sustentáveis (Embrapa, 2024).

Em suma, investir em estratégias de controle de qualidade para reduzir o desperdício de bananas é uma escolha inteligente e responsável, que beneficia as empresas do setor, os consumidores e o meio ambiente. Essa abordagem se alinha com os princípios de responsabilidade social e ambiental, proporcionando produtos de qualidade e um futuro mais sustentável para todos.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho desenvolvido será estruturado em cinco capítulos. O **primeiro capítulo** apresenta a introdução ao tema, trazendo uma contextualização sobre a produção de bananas no Brasil e a importância do controle de qualidade em frutas, além da definição dos objetivos, do problema de pesquisa e da justificativa do estudo.

O **segundo capítulo** refere-se à fundamentação teórica, abordando os conceitos e ferramentas utilizadas para embasar a pesquisa.

O **terceiro capítulo** descreve a metodologia adotada, detalhando o tipo de pesquisa, as etapas do estudo e os métodos de coleta e análise de dados.

O **quarto capítulo** trata da análise dos resultados, apresentando os dados coletados, sua interpretação e a aplicação das ferramentas estatísticas para avaliar o desperdício de bananas.

O **quinto capítulo** contém as considerações finais, onde são discutidas as principais conclusões do estudo, as limitações encontradas e sugestões para pesquisas futuras. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas ao longo do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão apresentadas as ferramentas da qualidade e os conceitos fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Inicialmente, será abordada a evolução do conceito de qualidade ao longo do tempo (2.1), destacando sua importância na gestão dos processos produtivos. Em seguida, será explorado o Controle Estatístico dos Processos (2.2), incluindo a análise das causas aleatórias e atribuíveis da variação da qualidade (2.2.1), a base estatística dos gráficos de controle (2.2.2) e os critérios para a escolha entre gráficos de controle de atributos e de variáveis (2.2.3). Também serão discutidas as diretrizes para a implementação dos gráficos de controle (2.2.4) e, com base nesses fundamentos, será realizada uma análise detalhada do gráfico de controle da fração não-conforme (2.2.5), incluindo sua versão com limite variável (2.2.5.1). Além disso, será apresentado o diagrama de Ishikawa (2.3), uma ferramenta essencial para a identificação das causas raízes de problemas no processo produtivo. Na sequência, o diagrama de Pareto (2.4) será explorado como método de priorização das principais fontes de desperdício. Por fim, será discutida a metodologia 5W2H (2.5), utilizada para estruturar e implementar ações corretivas eficazes na redução do desperdício de bananas na empresa analisada.

2.1 Qualidade e sua evolução

A qualidade é um princípio essencial que permeia uma ampla gama de setores e disciplinas, desempenhando um papel fundamental em áreas que vão desde os negócios e a produção até os serviços e a gestão. Carpinetti (2012) conceitua qualidade como a “totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas”. Essa definição enfatiza a ideia de que a qualidade não se limita apenas às características físicas de um produto ou serviço, mas também engloba aspectos relacionados à satisfação do cliente e ao atendimento de suas necessidades.

Outra visão sobre o conceito de qualidade foi apresentada pelo guru da qualidade Joseph Juran. De acordo com Juran, a qualidade está intrinsecamente relacionada à adaptação do produto ao seu propósito. Segundo Corrêa (2019), Juran enfatizou a importância de “escutar a voz do cliente”, ressaltando que a qualidade não se resume apenas à ausência de falhas ou à conformidade com as especificações, mas sim à capacidade do produto de satisfazer as necessidades e desejos dos consumidores. Essa abordagem destaca a importância

de conciliar a conformidade com as especificações com a adequação ao uso, assegurando que os produtos atendam às expectativas dos clientes enquanto são produzidos de maneira eficiente e sem desperdícios.

Além disso, a contribuição de W. Edwards Deming foi marcante, destacando a importância da melhoria contínua, do foco no cliente e da gestão por processos. Para Deming (1990), qualidade envolvia a minimização da variação nos processos e a busca incessante pela satisfação do cliente, estabelecendo uma abordagem sistêmica para a gestão da qualidade.

Ao longo dos anos, a qualidade passou por muitas transformações, influenciadas por diferentes aspectos da sociedade, tecnologia e economia. No começo, a ideia de qualidade estava muito ligada à inspeção, focando apenas em encontrar defeitos nos produtos finais. Porém, com o tempo, especialmente com o surgimento da Gestão da Qualidade Total (TQM), percebe-se que qualidade vai muito além disso. De acordo com Carpinetti (2012), hoje se entende que qualidade não é só sobre eliminar defeitos, mas também sobre satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes.

Os padrões de qualidade não são algo estático, eles mudam conforme o tempo passa. Como apontado por Paladini (2012), o que era considerado aceitável em termos de qualidade no passado pode não ser mais suficiente para os consumidores de hoje. Isso porque as exigências dos clientes e as demandas do mercado estão sempre evoluindo. Essa dinâmica mostra que a qualidade precisa se adaptar constantemente às mudanças nas preferências do mercado, avanços tecnológicos e novas tendências. É como se a qualidade estivesse em constante transformação, onde as empresas precisam acompanhar o ritmo para se manterem relevantes e competitivas.

2.2 Controle Estatístico dos Processos

O Controle Estatístico de Processos é uma estratégia fundamental na administração da qualidade, exercendo um papel crucial na manutenção da estabilidade e uniformidade dos processos produtivos ao longo do tempo. Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), o CEP constitui uma metodologia sistematizada que aplica diversas técnicas estatísticas para analisar a variabilidade natural dos processos e detectar possíveis irregularidades que possam comprometer a qualidade de produtos ou serviços.

Uma das bases fundamentais do CEP, conforme elucidado por Montgomery e Runger (2003), é entender que a variação é uma propriedade inerente aos processos industriais e pode

ser monitorada e administrada de forma eficaz através de abordagens estatísticas. Assim, o CEP emprega uma gama diversificada de ferramentas, incluindo gráficos de controle, histogramas e análises de capacidade do processo, para monitorar de perto a variação dos processos e identificar rapidamente quaisquer sinais de que um processo está saindo de controle.

Ramos, Almeida e Reis Araújo (2013) enfatizam que o CEP não só exerce uma função essencial na identificação antecipada de irregularidades nos processos, mas também contribui para impulsionar a melhoria contínua em toda a empresa. Ao reconhecer variações não desejadas nos processos, as organizações têm a possibilidade de adotar ações corretivas e preventivas de forma antecipada, evitando assim a produção de produtos não conformes e, conseqüentemente, economizando tempo, recursos e preservando a reputação da empresa.

Dessa forma, é possível deduzir que o Controle Estatístico de Processos surge como uma ferramenta eficaz para garantir a qualidade e eficiência dos processos produtivos. Por meio da aplicação de técnicas estatísticas, o CEP capacita as organizações a manterem-se competitivas e a atenderem consistentemente às expectativas dos clientes, promovendo uma cultura de excelência e confiança no mercado em que atuam.

2.2.1 Causas aleatórias e atribuíveis da variação da qualidade

A variabilidade é um fenômeno intrínseco a todos os processos produtivos. Conforme Montgomery e Runger (2003), a variabilidade pode ser categorizada em causas aleatórias e causas atribuíveis, sendo essa distinção fundamental para o entendimento e aplicação eficaz do CEP. Essa classificação permite às organizações não apenas monitorar, mas também atuar proativamente na melhoria contínua de seus processos.

As causas aleatórias, também denominadas causas comuns, representam variações naturais ou inerentes aos processos. Segundo Montgomery e Runger (2003), essas variações são pequenas, inevitáveis e consistem em fatores que estão dentro dos limites normais de operação de um sistema produtivo. Elas ocorrem devido a múltiplas fontes menores que, isoladamente, têm impacto desprezível, mas, em conjunto, contribuem para a dispersão dos resultados.

Por exemplo, fatores como flutuações mínimas na temperatura ambiente, pequenas diferenças nas matérias-primas ou desgaste natural dos equipamentos ao longo do tempo são

considerados causas aleatórias. Tais variações possuem um comportamento estatisticamente previsível e podem ser monitoradas e gerenciadas através do uso de gráficos de controle.

A presença de variações aleatórias é aceitável, desde que estejam dentro dos limites de controle estabelecidos. Como ressaltam Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), não é viável ou economicamente justificado eliminá-las completamente. O objetivo principal do CEP, nesse caso, é garantir que o processo permaneça estável e que essas variações não ultrapassem os limites aceitáveis.

Por outro lado, as causas atribuíveis, também conhecidas como causas especiais, representam variações anormais ou fora do padrão esperado. Essas variações são causadas por fatores específicos e identificáveis que interferem diretamente no desempenho do processo. Exemplos incluem:

- Falhas em equipamentos;
- Mudanças na mão de obra (exemplo: operadores não treinados);
- Alterações significativas no método de produção;
- Uso de matéria-prima fora da especificação.

Montgomery e Runger (2003) destacam que essas causas provocam variações imprevisíveis do ponto de vista estatístico, resultando em um processo instável ou considerado “fora de controle”. A detecção e eliminação dessas causas é essencial para restaurar a estabilidade do processo.

De acordo com Ramos, Almeida e Reis Araújo (2013), uma das maiores vantagens do CEP é sua habilidade de identificar rapidamente as causas atribuíveis, possibilitando a implementação de ações corretivas. Nesse cenário, os gráficos de controle têm um papel fundamental, pois oferecem um método visual e estatístico para distinguir as causas aleatórias das atribuíveis.

A distinção entre causas aleatórias e atribuíveis é essencial para a implementação eficaz do CEP. Enquanto as causas aleatórias exigem que o processo seja mantido sob controle para minimizar seus impactos, as causas atribuíveis requerem investigação e intervenção imediatas. Como afirmam Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), a incapacidade de identificar e corrigir as causas atribuíveis pode levar à produção de itens não conformes, aumento de custos e perda de competitividade.

2.2.2 Base estatística do gráfico de controle

Os gráficos de controle são ferramentas essenciais no CEP e têm uma base estatística robusta que permite acompanhar a variabilidade de processos e identificar desvios que comprometam a qualidade. Segundo Montgomery e Runger (2003), os gráficos de controle se baseiam nos conceitos de estatística inferencial, utilizando amostras representativas para tirar conclusões sobre o comportamento do processo.

A base estatística dos gráficos de controle se fundamenta na diferenciação entre variabilidade natural e variabilidade anormal de um processo. De acordo com Montgomery e Runger (2003), a variabilidade natural, ou causas comuns, é inerente a qualquer processo que esteja sob controle e resulta de fatores previsíveis, mas aleatórios. Já as causas especiais de variação são atribuídas a fatores externos ou específicos que devem ser identificados e eliminados para melhorar o processo.

Os gráficos de controle operam utilizando estatísticas amostrais, como médias, proporções ou desvios-padrão, para monitorar o comportamento do processo. Com base nessas estatísticas, são definidos os limites de controle, que representam intervalos de variação esperados para o processo quando este está sob controle estatístico. Esses limites são calculados levando em consideração as distribuições probabilísticas, geralmente com base na distribuição normal.

A escolha dos limites de controle é crucial para a efetividade dos gráficos de controle. Conforme Montgomery e Runger (2003) e Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), os limites de controle são normalmente definidos com uma margem de três desvios-padrão acima e abaixo da média do processo. Esta abordagem garante uma boa margem de segurança para detectar variações anormais, minimizando ao mesmo tempo alarmes falsos.

Apesar dessa configuração padrão de três desvios-padrão, Montgomery e Runger (2003) observa que, em alguns casos, pode ser necessário ajustar os limites de controle de acordo com a natureza do processo e os riscos aceitáveis. A definição dos limites precisa equilibrar a necessidade de sensibilidade na detecção de desvios e a capacidade de evitar reações desnecessárias a variações normais.

A amostra e a frequência com que ela é coletada são elementos chave para o êxito na utilização dos gráficos de controle. Segundo Montgomery e Runger (2003) e Ramos, Almeida e Reis Araújo (2013), o tamanho da amostra deve ser grande o suficiente para fornecer estimativas precisas sobre o comportamento do processo, mas sem gerar custos excessivos ou

tornar o monitoramento muito oneroso. Amostras maiores permitem uma melhor identificação das variações do processo, mas também exigem mais tempo e recursos.

A frequência de amostragem deve ser adequada para que se capturem as mudanças no processo de forma oportuna. A escolha de quando e com que regularidade as amostras serão coletadas depende da dinâmica do processo e dos custos envolvidos, conforme apontado por Ramos et al. (2013). O monitoramento constante e a coleta de amostras em intervalos adequados garantem que variações anormais sejam detectadas antes que elas resultem em problemas significativos.

A formação de subgrupos racionais é outro aspecto essencial no uso dos gráficos de controle. De acordo com Montgomery e Runger (2003), um subgrupo racional consiste em um conjunto de amostras que são coletadas sob condições semelhantes, de forma que representem a variabilidade natural do processo em um período curto de tempo. A ideia é que, ao formar subgrupos com amostras homogêneas, os gráficos de controle possam detectar mais facilmente desvios causados por fatores especiais, sem interferência de variabilidades comuns.

Ramos et al. (2013) enfatizam que a formação de subgrupos deve permitir a comparação eficaz entre os subgrupos (para detectar causas especiais) e, ao mesmo tempo, minimizar a variabilidade dentro de cada subgrupo (para controlar causas comuns). Quando a coleta e a análise das amostras são feitas de forma racional, torna-se mais fácil identificar falhas no processo e corrigir eventuais problemas.

A correta definição dos limites de controle, o tamanho adequado das amostras, a frequência de amostragem e a formação de subgrupos racionais são elementos cruciais para garantir que os gráficos sejam eficazes na detecção de variações anormais e no controle contínuo da qualidade.

2.2.3 Escolha entre gráficos de controle de atributos e de variáveis

A escolha entre gráficos de controle de atributos e de variáveis é uma decisão fundamental no processo de controle estatístico de qualidade. Ambos os tipos de gráficos desempenham papéis essenciais na monitoração e melhoria contínua dos processos, mas são aplicáveis a diferentes tipos de dados. A decisão de qual gráfico usar depende das características dos dados disponíveis e do tipo de variabilidade que se deseja monitorar.

Os gráficos de controle de atributos são empregados para acompanhar características qualitativas, isto é, aquelas que não podem ser quantificadas em termos numéricos, mas são classificadas em diferentes categorias. De acordo com Montgomery e Runger (2003), os atributos referem-se a qualidades do produto ou processo que são observadas e classificadas em duas ou mais categorias, como “conforme” ou “não conforme”. Exemplos de gráficos de atributos incluem os gráficos p (fração de unidades defeituosas), np (número de defeituosos em uma amostra de tamanho fixo), c (número de defeitos por unidade) e u (número de defeitos por unidade de medida).

Esses gráficos são particularmente úteis quando o processo envolve inspeções em que se verificam características binárias (presença ou ausência de defeito), como “bom” ou “ruim”. Montgomery e Runger (2003) explicam que, ao utilizar gráficos de controle de atributos, a principal preocupação é a contagem de defeitos ou falhas, sendo ideal para situações em que o processo envolve inspeção visual ou avaliação qualitativa. Contudo, esse tipo de gráfico não fornece informações detalhadas sobre a natureza ou a gravidade dos defeitos, limitando-se à sua existência ou ausência.

Por outro lado, os gráficos de controle de variáveis são aplicados a características quantitativas, ou seja, aquelas que podem ser medidas numericamente. Exemplos típicos de gráficos de controle de variáveis incluem o gráfico $\bar{X}$ -barra (média das amostras) e o gráfico R (amplitude da amostra), que monitoram as variáveis contínuas do processo, como a altura, peso ou tempo de ciclo de produção. Esses gráficos são mais indicados quando a característica monitorada pode ser medida em uma escala numérica precisa, fornecendo uma avaliação detalhada da variação do processo.

Montgomery e Runger (2003) destacam que, enquanto os gráficos de atributos são limitados a classificar uma unidade como boa ou defeituosa, os gráficos de variáveis permitem uma análise mais detalhada da distribuição e da variabilidade das medições do processo. Com esses gráficos, é possível identificar não apenas se o processo está fora de controle, mas também a magnitude da variação e a natureza dos desvios. Isso é particularmente útil quando se deseja otimizar a produção, diminuir a variabilidade e melhorar a qualidade geral do produto.

A escolha entre gráficos de atributos e de variáveis depende de diversos fatores, como o tipo de dados coletados, o custo e a natureza do processo. Montgomery e Runger (2003) sugerem que, ao escolher o gráfico de controle adequado, os seguintes aspectos devem ser avaliados:

1. Tipo de dados disponíveis: Se o dado é contínuo e pode ser medido com precisão, um gráfico de controle de variáveis é mais adequado. Caso contrário, se os dados forem categóricos (por exemplo, “defeito” ou “sem defeito”), os gráficos de controle de atributos serão mais apropriados.
2. Custo de medição: Medir variáveis contínuas geralmente exige equipamentos mais sofisticados e custos mais elevados. Portanto, em processos onde a medição precisa é difícil ou cara, os gráficos de atributos podem ser preferidos, pois eles exigem menos recursos.
3. Precisão da informação necessária: Os gráficos de controle de variáveis fornecem informações mais detalhadas sobre o processo, permitindo detectar variações mais sutis. Em situações onde a precisão e a análise detalhada da variação são importantes, os gráficos de variáveis são mais eficazes.
4. Objetivos do controle: Se o objetivo principal for monitorar a qualidade em termos de conformidade com os requisitos mínimos (por exemplo, um processo de fabricação que não pode permitir defeitos), os gráficos de atributos podem ser mais simples e diretos. Por outro lado, se o objetivo for controlar a variação de um processo e garantir consistência nos resultados, os gráficos de variáveis são mais vantajosos.

A escolha entre gráficos de controle de atributos e de variáveis deve ser feita com base nas características do processo, nos dados disponíveis e nos objetivos de controle de qualidade. Enquanto os gráficos de atributos são simples e úteis para avaliar conformidade, os gráficos de variáveis oferecem uma visão mais detalhada e precisa sobre a variação do processo.

2.2.4 Diretrizes para a implementação dos gráficos de controle

A aplicação eficaz dos gráficos de controle no ambiente de produção é um passo crucial para assegurar o controle da qualidade e promover a melhoria contínua dos processos. Para que os gráficos de controle sejam corretamente implementados, é necessário seguir algumas diretrizes. Essas orientações são fundamentais para assegurar a confiabilidade dos dados coletados, a precisão na interpretação dos gráficos e a eficácia nas decisões tomadas com base neles.

Antes de iniciar a implementação dos gráficos de controle, é crucial definir os objetivos específicos que se deseja alcançar com o controle do processo. Estes objetivos podem incluir a redução da variabilidade do processo, a detecção precoce de desvios ou falhas e a garantia de conformidade com os requisitos do cliente. A definição clara dos objetivos permitirá a escolha do gráfico de controle mais adequado e ajudará a focar nas áreas críticas do processo.

Montgomery e Runger (2003) destacam que, ao definir os objetivos, é importante entender a natureza do processo, os parâmetros a serem monitorados e os resultados esperados. Um objetivo claro direciona a coleta de dados e a interpretação dos resultados dos gráficos.

A escolha do gráfico de controle adequado depende do tipo de dado a ser monitorado, da natureza do processo e dos objetivos de controle. Como discutido no subtópico anterior, existem dois tipos principais de gráficos de controle: gráficos de atributos e gráficos de variáveis. De acordo com Costa et al. (2012), a escolha deve ser feita com base na característica que está sendo medida (quantitativa ou qualitativa) e na forma como os dados estão sendo coletados.

Gráficos de atributos são ideais para situações em que os dados são categóricos, como “defeito” ou “não defeito”. Gráficos de variáveis são mais adequados para processos em que as características podem ser medidas com precisão, como peso, altura ou tempo de ciclo. A escolha correta do gráfico de controle garante que as análises sejam mais precisas e que as decisões tomadas com base nos resultados sejam mais eficazes.

A coleta de dados desempenha um papel crucial na implementação dos gráficos de controle. É essencial que os dados sejam obtidos de maneira sistemática e representativa, alinhando-se aos requisitos do processo. Ramos et al. (2013) enfatizam que, para garantir a confiabilidade dos gráficos de controle, a amostragem deve ser feita de maneira aleatória e sem viés, e as amostras devem ser retiradas de diferentes momentos do processo.

A consistência e a precisão na coleta de dados são essenciais para a interpretação correta dos gráficos e para detectar eventuais problemas no processo. A amostragem também deve ser suficientemente grande para refletir a variabilidade do processo, mas sem ser excessivamente dispendiosa em termos de tempo e recursos.

Uma vez coletados os dados, os limites de controle são estabelecidos com base nas características do processo e nos objetivos de controle. Segundo Montgomery e Runger (2003), os limites de controle representam as fronteiras dentro das quais o processo é

considerado “sob controle”. Se os dados excedem esses limites, isso indica que o processo está fora de controle e que ações corretivas são necessárias.

A determinação dos limites de controle precisa ser realizada com atenção, levando em conta o nível de variabilidade normal do processo. Em determinadas situações, pode ser necessário ajustar esses limites para refletir alterações no processo ou para otimizar os custos de produção.

Após a implementação dos gráficos de controle, é essencial monitorar continuamente os resultados e interpretar as variações observadas. Como menciona Costa et al. (2012), um gráfico de controle não deve ser interpretado apenas como uma ferramenta de detecção de falhas, mas também como uma ferramenta para análise contínua do processo. Isso implica que, além de identificar quando o processo está fora de controle, o gráfico também pode indicar oportunidades para melhorar o desempenho do processo.

Caso um gráfico de controle mostre que o processo está fora de controle, é necessário investigar as origens da variação. Segundo Ramos et al. (2013), é importante utilizar ferramentas adicionais, como o Diagrama de Ishikawa ou análise de Pareto, para identificar as causas principais dos desvios e planejar ações corretivas apropriadas.

Montgomery e Runger (2003) afirmam que, ao utilizar gráficos de controle, é essencial garantir que os subgrupos de amostras sejam racionais, ou seja, que as amostras sejam retiradas de uma maneira que reflita a verdadeira variabilidade do processo. Subgrupos racionais são amostras retiradas de um processo em funcionamento contínuo e que, portanto, representam o comportamento natural da variabilidade do processo.

Para garantir a eficácia dos gráficos de controle, a coleta de dados deve ser feita de maneira a refletir adequadamente o comportamento do processo ao longo do tempo, evitando amostras que possam ser influenciadas por eventos pontuais ou condições anormais.

2.2.5 Gráfico de controle da fração não-conforme

O gráfico de controle da fração não-conforme, também conhecido como gráfico p , é uma ferramenta utilizada no CEP para monitorar a proporção de itens defeituosos em um processo de produção. Esse gráfico é particularmente útil quando se lida com dados de atributos, ou seja, quando se classifica os itens em duas categorias: “conforme” ou “não conforme” (defeito ou não defeito). O gráfico p fornece uma maneira visual de verificar se a

fração de itens não conformes está sob controle ao longo do tempo, o que é fundamental para a manutenção da qualidade e a identificação precoce de problemas no processo.

O gráfico de controle da fração não-conforme é aplicado quando a característica de qualidade de interesse pode ser classificada em uma categoria binária, como defeituoso ou não defeituoso, aprovado ou reprovado, com base em um critério de aceitação. É utilizado principalmente em situações em que se trabalha com amostras de tamanhos fixos, ou seja, uma amostra com um número determinado de itens é retirada do processo em intervalos de tempo regulares.

Como enfatizam Costa et al. (2012), o gráfico p é particularmente útil em setores em que os defeitos não podem ser medidos quantitativamente, como na indústria alimentícia, onde a presença de defeitos em alimentos pode ser registrada de forma binária (sim/não). Em um gráfico de controle da fração não-conforme, cada ponto do gráfico representa a fração de itens defeituosos em uma amostra específica, em que esta pode ser estimada pela Equação (1):

$$p = \frac{d}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que p é a fração de itens defeituosos (não conformes), d é o número de itens defeituosos na amostra, n é o número total de itens na amostra.

Os limites de controle em um gráfico p são definidos para indicar quando o processo está fora de controle. Para calcular os limites de controle, é necessário conhecer a fração não-conforme média ($\bar{p}$), que é a média da fração de defeituosos ao longo de várias amostras. De acordo com Montgomery e Runger (2003), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) para um gráfico de controle da fração não-conforme são calculados de acordo com as Equações (2) e (3), respectivamente:

$$LSC = \bar{p} + Z\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (\text{Equação 02})$$

$$LIC = \bar{p} - Z\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (\text{Equação 03})$$

Em que $\bar{p}$ é a média da fração não-conforme nas amostras, Z é o valor crítico correspondente ao nível de confiança desejado (normalmente $Z = 3$ para 99,74% de confiança), n é o tamanho da amostra.

O valor $\bar{p}$ é calculado a partir de várias amostras e é uma média ponderada das frações de itens não conformes observadas nas amostras. O cálculo dos limites de controle permite identificar quando a fração não-conforme ultrapassa limites considerados aceitáveis, sinalizando a necessidade de ação corretiva.

Em algumas situações, o limite inferior (LIC) pode ser negativo, o que não faz sentido no contexto de uma fração não-conforme (pois uma fração negativa de defeituosos não é possível). Nestes casos, o limite inferior é ajustado para zero, pois a fração de defeituosos não pode ser menor que zero.

Após a construção do gráfico de controle da fração não-conforme, é necessário interpretá-lo adequadamente. Como destacado por Ramos et al. (2013), existem algumas diretrizes para a interpretação de um gráfico de controle p :

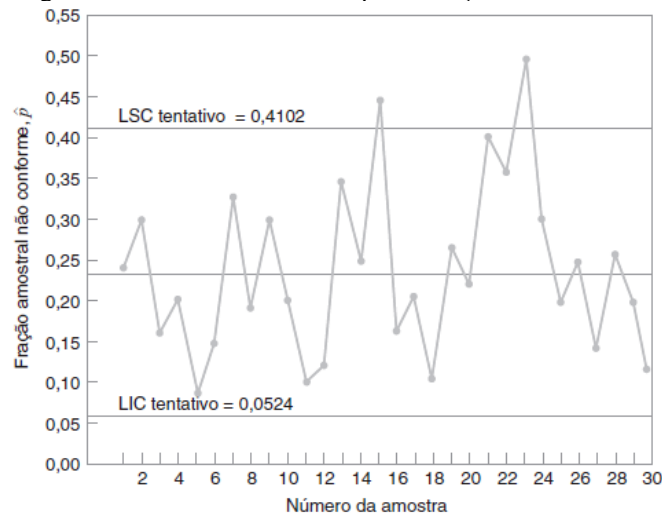
- Processo sob controle: Se os pontos do gráfico permanecem dentro dos limites de controle e não apresentam padrões ou tendências, isso indica que o processo está sob controle estatístico. Ou seja, as variações observadas no processo são devidas a causas comuns, ou aleatórias.
- Processo fora de controle: Se um ponto ultrapassa os limites superior de controle (LSC) ou inferior de controle (LIC), ou se existe um padrão de pontos que indica uma tendência ou agrupamento fora dos limites, isso sugere que o processo está fora de controle e que causas especiais devem ser investigadas.
- Tendências e padrões: Mesmo que os pontos estejam dentro dos limites de controle, padrões sistemáticos (como aumento ou diminuição gradual) podem indicar problemas no processo que ainda precisam ser corrigidos, mas que não são suficientemente graves para ultrapassar os limites de controle.

A principal vantagem do gráfico p é sua simplicidade e capacidade de monitorar de forma eficiente a proporção de defeitos em processos em que se lida com dados binários. Ele permite que os operadores e gerentes identifiquem rapidamente problemas no processo e tomem ações corretivas. Além disso, é particularmente útil para monitorar processos com tamanhos de amostra fixos, como é comum na indústria alimentícia e de manufatura.

Porém, uma das limitações do gráfico p é que ele assume que o tamanho da amostra é constante ao longo do tempo. Quando o tamanho da amostra varia, outros tipos de gráficos de controle, como o gráfico np , podem ser mais adequados. Além disso, a precisão dos limites de controle depende da estabilidade do processo e da precisão na coleta dos dados. A Figura 01

ilustra um gráfico de controle para a fração não-conforme, mostrando alguns pontos dentro dos limites de controle e outros ultrapassando esses limites.

Figura 01 – Gráfico de controle para a fração não-conforme.



Fonte: Montgomery (2016, p. 214).

Foi visto nas Equações (2) e (3) que o tamanho da amostra (n) é o mesmo para toda a construção do gráfico, no entanto, nem sempre se tem tamanhos de amostra iguais. Dessa forma, quando as amostras são de tamanho diferentes e se objetiva realizar o controle de qualidade de uma fração não-conforme, pode-se utilizar o gráfico de controle p com limite variável.

O gráfico p com tamanho de amostra variável é uma adaptação do gráfico de controle p tradicional para situações em que o tamanho da amostra não é constante. Em muitos processos industriais, a coleta de dados pode ocorrer sob diferentes condições operacionais, resultando em tamanhos amostrais variados. Segundo Montgomery (2016), quando o tamanho da amostra varia, os limites de controle do gráfico p também devem ser ajustados para refletir essa variação.

Esse gráfico de controle monitora a proporção de itens defeituosos em amostras sucessivas de um processo. Quando o tamanho da amostra é constante, os limites de controle são fixos. No entanto, quando o tamanho da amostra varia, os limites de controle deixam de ser constantes e devem ser calculados para cada ponto da amostra.

O centro do gráfico p é definido pela fração média de itens não conformes, dada pela Equação (4):

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i n_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (\text{Equação 04})$$

Em que m é o número de amostras coletadas, n_i é o tamanho da i -ésima amostra, p_i é a fração de itens não-conformes na i -ésima amostra.

Os limites de controle variáveis são calculados de acordo com as Equações 05 e 06, em que $\bar{p}$ é a fração média não-conforme e n_i é o tamanho da amostra i :

$$LSC_i = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (\text{Equação 05})$$

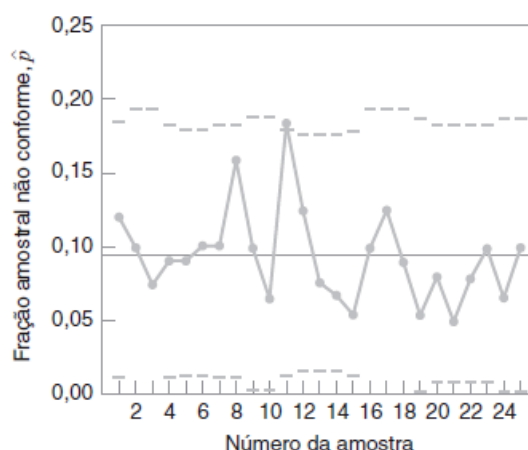
$$LIC_i = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (\text{Equação 06})$$

Se o tamanho da amostra n_i for grande, os limites de controle tornam-se mais estreitos, tornando o gráfico mais sensível a variações do processo. Se o n_i for pequeno, os limites se alargam, reduzindo a chance de alarmes falsos.

Montgomery (2016) destaca que o uso de tamanhos variáveis de amostra pode ser necessário devido a restrições operacionais ou logísticas. Além disso, a variação no tamanho das amostras influencia diretamente a eficácia da detecção de desvios do processo, pois quando tamanhos amostrais maiores são utilizados, a capacidade de detectar pequenas variações na fração não-conforme aumenta, tornando o controle estatístico mais eficiente.

Em contrapartida, tamanhos amostrais menores resultam em maior variabilidade nos limites de controle, podendo reduzir a sensibilidade do gráfico e aumentar a probabilidade de não detectar pequenas mudanças no processo. A Figura 02 ilustra um gráfico de controle da fração não-conforme com limites variáveis, adequado para amostras de tamanhos diferentes.

Figura 03 – Gráfico de controle para a fração não-conforme com tamanho variável de amostra.



Fonte: Montgomery (2016).

2.3 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, teve origem no Japão nos anos 60 e foi desenvolvido pelo professor Kaoru Ishikawa, um dos principais expoentes da gestão da qualidade. Ishikawa, ao perceber a importância de compreender as causas profundas dos problemas, desenvolveu essa ferramenta como parte do movimento japonês de gestão da qualidade. Segundo Campos (1992), essa técnica foi denominada diagrama de espinha de peixe devido à sua aparência visual, que lembra a estrutura de uma espinha de peixe. No diagrama, a linha principal representa o problema ou efeito que está sendo estudado. A partir dessa linha, ramificam-se espinhas, cada uma representando uma categoria de possíveis causas que podem contribuir para o problema.

O conceito por trás do diagrama de Ishikawa é que um problema não é apenas o resultado de uma única causa, mas sim o efeito de várias causas inter-relacionadas. Para facilitar a identificação e organização dessas causas, Ishikawa propôs o uso dos 6Ms: Mão de obra, Método, Material, Máquina, Medição e Meio ambiente (Campos, 1992). Essas categorias permitem uma análise abrangente de todas as possíveis causas de um problema.

O valor do diagrama está em sua habilidade de oferecer uma abordagem estruturada para a análise das causas. Ao agrupar as possíveis causas em categorias distintas, ele auxilia as equipes a investigar todas as áreas pertinentes e a considerar uma variedade de fatores que possam estar influenciando o problema. Além disso, o diagrama de causa e efeito promove a colaboração e o engajamento das equipes na resolução de problemas. Ao criar uma

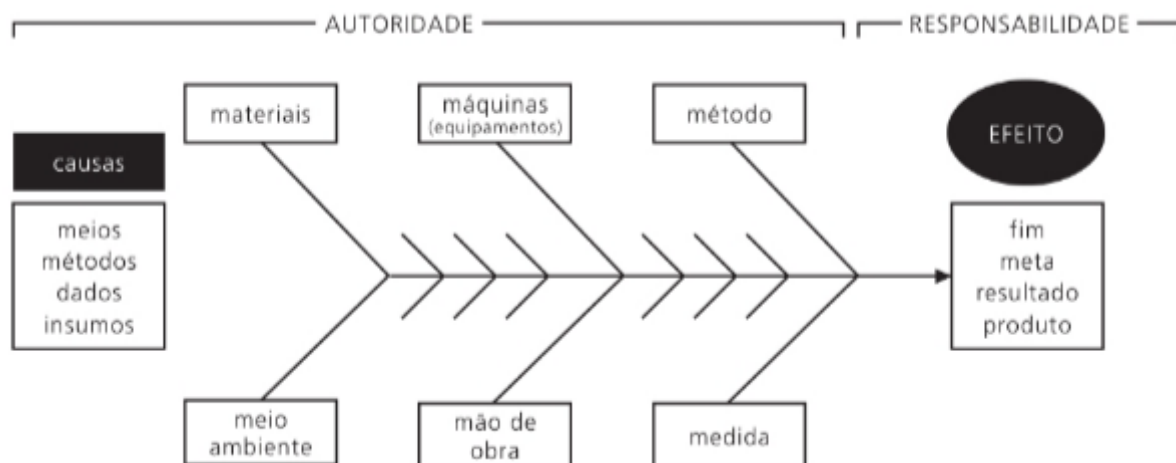
representação visual das causas potenciais, ele facilita a comunicação e o compartilhamento de conhecimento entre os membros da equipe, promovendo uma compreensão comum do problema e das possíveis soluções (Werkema, 1995).

De acordo com Werkema (1995), para a execução eficaz do diagrama de Ishikawa, é crucial que as seguintes etapas sejam seguidas:

1. Primeiramente, é essencial definir de forma clara o problema que precisa ser compreendido e os resultados desejados que se espera alcançar.
2. Em seguida, é importante compreender o processo envolvido, observando-o atentamente, documentando cada etapa e trocando ideias com todas as pessoas envolvidas.
3. Promover uma reunião com todos os participantes, criando um espaço para que cada um possa compartilhar suas perspectivas e contribuir com ideias durante uma sessão de *brainstorming*.
4. Depois de reunir todas as informações necessárias, é hora de organizá-las, identificando e classificando as causas principais, secundárias e terciárias, eliminando aquelas que não são relevantes para o problema em questão.
5. Com base nas informações coletadas e organizadas, é possível criar o diagrama, garantindo que todos os envolvidos revisem e validem a representação da situação atual.
6. Por fim, é fundamental identificar os aspectos mais importantes que precisam ser abordados para alcançar os objetivos estabelecidos, priorizando-os para orientar as ações futuras.

A Figura 04 apresenta um exemplo básico da estrutura do diagrama de Ishikawa, ou diagrama de causa-efeito.

Figura 04 – Diagrama básico de Ishikawa ou causa-efeito.



Fonte: Seleme e Stadler (2012, p. 91).

O diagrama segue um formato semelhante a uma espinha de peixe, onde a linha principal representa o problema ou efeito a ser estudado, enquanto as ramificações ilustram as categorias de causas que podem influenciá-lo.

2.4 Diagrama de Pareto

De acordo com Machado (2012), o diagrama de Pareto (ou gráfico de Pareto), uma ferramenta da gestão da qualidade, teve sua origem associada ao economista italiano Vilfredo Pareto, que formulou a conhecida “Regra 80/20” ou princípio de Pareto no início do século XX. Pareto observou que, em diversas situações, aproximadamente 80% dos efeitos eram causados por cerca de 20% das causas. Essa observação foi inicialmente aplicada na análise da distribuição de renda, mas logo foi adotada em outras áreas, incluindo a gestão e a qualidade. A ferramenta foi posteriormente desenvolvida e popularizada pelo guru da qualidade Joseph Juran.

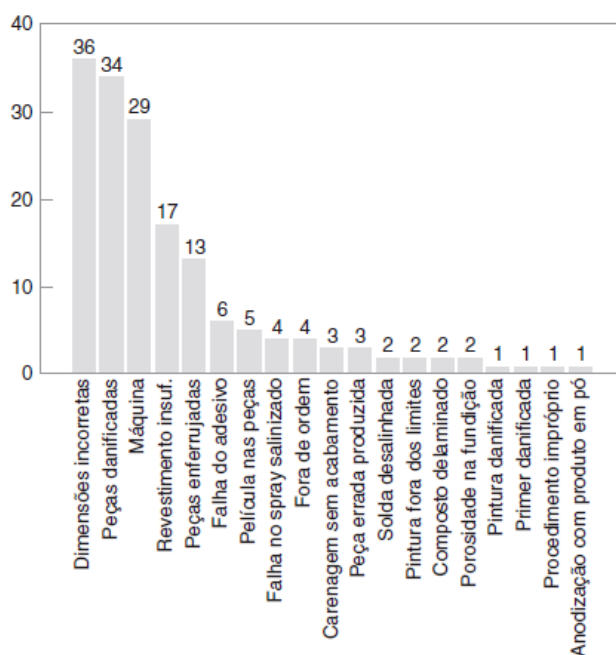
Em conformidade com Lins (1993), essa ferramenta gráfica é representada por um gráfico de barras verticais, onde as causas são listadas em ordem decrescente de importância, da esquerda para a direita, e as barras indicam a frequência ou impacto de cada causa. O gráfico de Pareto ressalta as causas mais relevantes, possibilitando que as equipes direcionem seus esforços para as áreas que terão o maior efeito na melhoria do processo ou na solução do problema.

Segundo Silva et al. (2019), a aplicação do diagrama de Pareto segue alguns passos essenciais:

1. Identificação do problema: é necessário definir o problema abordado e os dados que serão coletados.
2. Coleta de dados: posteriormente, os dados são coletados e classificados de acordo com as categorias referentes ao problema.
3. Análise e cálculo: os dados são analisados para determinar a frequência ou impacto de cada causa e calcular a porcentagem acumulada.
4. Construção do diagrama: utilizando como base os dados analisados, o diagrama é construído, apresentando as causas em ordem decrescente de importância e destacando aquelas que contribuem significativamente para o problema.
5. Identificação das causas principais: o objetivo do diagrama é focar nas causas que representam a maior porcentagem acumulada, priorizando-as para intervenção e resolução.

A Figura 05 mostra um gráfico de Pareto elaborado com os dados dos defeitos de um tanque de uma fábrica. O gráfico permite visualizar quais defeitos acontecem com maior frequência e, conseqüentemente, precisa ser sanado com certa prioridade.

Figura 05 – Gráfico de Pareto para os dados dos defeitos de um tanque.



Fonte: Montgomery (2016, p. 144).

2.5 5W2H

A ferramenta 5W2H é um método de planejamento e gestão, amplamente utilizado para estruturar ações e resolver problemas organizacionais de forma eficiente. Seu nome deriva das iniciais de sete perguntas em inglês: *What* (o que será feito?), *Why* (por que será feito?), *Where* (onde será feito?), *When* (quando será feito?), *Who* (quem fará?), *How* (como será feito?) e *How much* (quanto custará?) (Santos; Lima, 2022). A aplicabilidade dessa ferramenta no contexto do controle estatístico de qualidade permite a formulação de um plano de ação estruturado para reduzir desperdícios e melhorar processos produtivos.

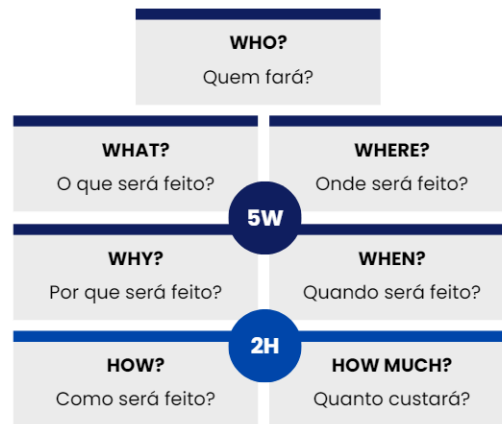
No setor alimentício, a utilização do 5W2H tem grande relevância, pois possibilita a organização e o direcionamento de esforços para minimizar perdas e otimizar a produção. Segundo Lucinda (2016), essa metodologia auxilia na definição clara das responsabilidades e no monitoramento eficaz das ações, tornando-se essencial na implementação de melhorias contínuas. Em empresas que trabalham com produtos perecíveis, como as do ramo da banana, a aplicação do 5W2H pode reduzir significativamente o desperdício ao identificar as principais causas do problema e estabelecer medidas corretivas assertivas (Santos; Lima, 2022).

A metodologia também se mostra eficaz quando combinada com outras ferramentas da qualidade, como o diagrama de Ishikawa e o diagrama de Pareto, permitindo a priorização dos fatores que mais impactam o processo produtivo (Melônio, 2023). No contexto do controle de qualidade do desperdício de bananas, o 5W2H pode ser utilizado para desenvolver planos de ação que eliminem as principais causas de perdas identificadas pelo diagrama de Ishikawa.

Outrossim, o uso dessa abordagem proporciona maior clareza na tomada de decisão, permitindo que gestores avaliem os impactos de cada ação antes de sua implementação (Lucinda, 2016). Com a definição precisa dos elementos necessários para cada etapa do processo, a ferramenta contribui para um controle mais eficiente dos recursos e redução dos custos operacionais, aspectos cruciais para empresas do setor alimentício (Santos; Lima, 2022).

A Figura 06 permite uma melhor visualização de como funciona a metodologia 5W2H, exemplificando a estrutura das sete perguntas e sua aplicabilidade em um plano de ação.

Figura 06 – 5W2H.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A representação gráfica da Figura 6 facilita o entendimento sobre como cada elemento contribui para a organização e execução de estratégias voltadas à melhoria contínua dos processos produtivos.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada para a realização deste estudo, detalhando as etapas e procedimentos adotados para a coleta, análise e interpretação dos dados relacionados ao desperdício de bananas na empresa X. Inicialmente, será feita a classificação da pesquisa (3.1), explicando a concepção dedutivista, a natureza aplicada, a abordagem quanti-qualitativa, os objetivos descritivo e explicativo, e o método de pesquisa adotado, que é o estudo de caso. Em seguida, será explicado sobre como foi realizada a coleta de dados (3.2), incluindo as variáveis analisadas e a forma de organização das informações obtidas. A estimativa do percentual de perdas (3.3) será abordada, detalhando o cálculo realizado para identificar as perdas no processo produtivo. Na sequência, serão apresentados os recursos computacionais utilizados (3.4) para a análise e representação dos dados, com destaque para os softwares empregados, como o Bizagi para mapeamento de processos e o R com o pacote QCC para construção dos gráficos de controle e outros diagramas. Por fim, serão discutidos os métodos e ferramentas utilizadas para analisar o desperdício de bananas e propor melhorias no processo de produção.

3.1 Classificação da pesquisa

O fluxograma da estrutura metodológica é ilustrado na Figura 07, sendo utilizado para demonstrar a classificação da pesquisa. Esta pesquisa foi classificada quanto à sua concepção, dedutivista, sua natureza, uma pesquisa aplicada, sua abordagem, que é quantitativa e qualitativa, seu objetivo (descritivo e explicativo), e seu método de pesquisa, que trata de um estudo de caso.

De acordo com Marconi e Lakatos (2022), a concepção dedutivista caracteriza-se por uma abordagem metodológica em que as teorias são formuladas com base em hipóteses gerais, que posteriormente são testadas através de observação e experimentação. Visto que este trabalho parte de hipóteses e conceitos já existentes, ele é considerado dedutivista.

A pesquisa de natureza aplicada visa produzir conhecimento direcionado para resolver problemas específicos e aplicá-los na prática. Ela aborda questões locais e busca atender às necessidades e interesses imediatos, envolvendo a aplicação de verdades contextualizadas

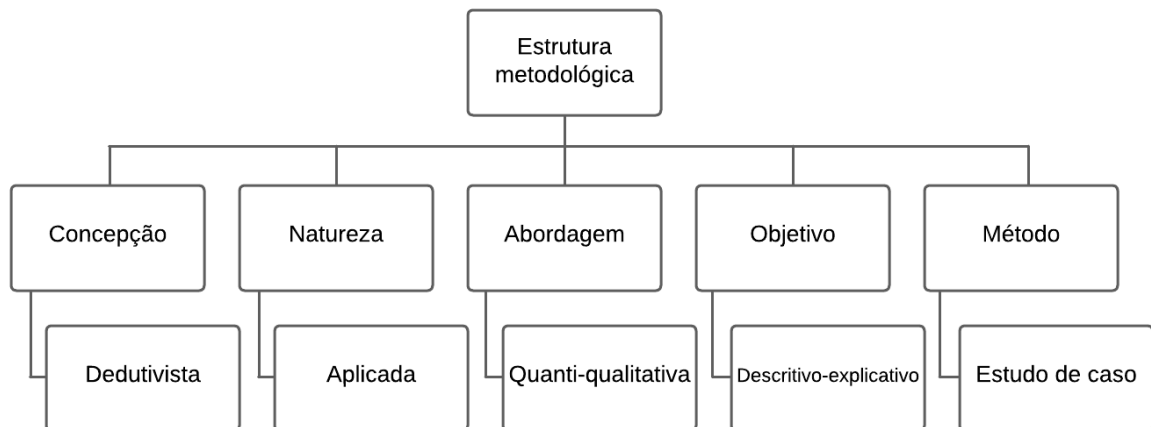
(Prodanov e Freitas, 2013). O trabalho em questão intenta aplicar o controle de qualidade para resolver problemas relacionados a desperdício, enquadrando-se como pesquisa aplicada.

Ainda de acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa quanti-qualitativa é uma abordagem metodológica que combina elementos da pesquisa quantitativa e qualitativa. Nessa perspectiva, busca-se uma compreensão abrangente do fenômeno estudado, utilizando tanto métodos quantitativos quanto qualitativos. Isso permite uma análise mais completa, explorando tanto as relações causais e padrões objetivos por meio de dados numéricos e análises estatísticas, quanto a profundidade e a complexidade do fenômeno por meio de interpretações subjetivas, observações detalhadas e análise de conteúdo. A parte quantitativa entra no trabalho por meio dos dados coletados e analisados, enquanto a parte qualitativa envolve a sugestão de um plano de ação.

O objetivo descritivo-explicativo refere-se a uma abordagem de pesquisa que tem como propósito tanto descrever fenômenos ou eventos quanto explicar as relações entre variáveis ou os mecanismos que os regem. Nesse tipo de objetivo, busca-se apresentar uma descrição detalhada do objeto de estudo, investigando suas características e comportamentos, ao mesmo tempo em que se procura compreender as razões por trás dessas características e comportamentos, explorando suas causas e efeitos (Lakatos, 2021). Este trabalho já possui uma natureza descritiva ao focar na aplicação de técnicas de CEP para identificar desperdícios na produção de bananas. Além disso, ao propor soluções para amenizar ou eliminar esses desperdícios, o objetivo se torna explicativo, pois busca entender as causas dos desperdícios e como elas afetam a produção.

Conforme Yin (2015), o estudo de caso é uma abordagem de pesquisa que se concentra na análise aprofundada de um fenômeno atual, levando em consideração seu contexto real de aplicação, especialmente quando não há uma distinção clara entre o fenômeno e o contexto. Ele enfatiza a coleta de dados múltiplos e variados, a fim de fornecer uma compreensão abrangente e aprofundada do fenômeno em estudo. Neste trabalho, o fenômeno investigado é o desperdício de bananas, com a empresa X sendo o objeto de estudo.

Figura 07 – Estrutura metodológica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados utilizada neste estudo foi disponibilizada pela empresa X, que opera no setor alimentício e possui uma fazenda produtora de bananas. Os dados foram fornecidos por meio de planilhas eletrônicas contendo registros das colheitas realizadas nos anos de 2022, 2023 e 2024. Essas informações detalham a produção ao longo desse período, permitindo uma análise mais ampla e consistente do desperdício de bananas.

Para a organização e análise das informações, foram consideradas as seguintes variáveis: data da colheita (dia, mês e ano), lote (em unidades), quantidade de bananas conformes (em unidades), quantidade de bananas não conformes (em unidades) e os motivos das não conformidades. A partir dessa coleta, as perdas foram contabilizadas e foi possível calcular uma nova variável: o percentual de perdas.

A inspeção das bananas é realizada por trabalhadores designados para essa função, seguindo critérios preestabelecidos para a classificação dos frutos. Os parâmetros utilizados para definir as não conformidades incluem:

- *Espessura insuficiente*: Avaliação baseada em padrões internos da empresa, considerando o diâmetro mínimo aceitável das bananas conforme especificado nas normas de qualidade adotadas.

- *Espessura excessiva*: Frutas que apresentem um calibre acima do padrão estabelecido, o que pode comprometer sua aceitação no mercado por questões de embalagem e estética.
- *Riscos na casca*: Medição do comprimento e profundidade dos riscos. Pequenos arranhões superficiais podem ser aceitos, enquanto cortes mais profundos que comprometam a integridade do fruto são classificados como não conformes.
- *Bananas amassadas*: Observação de deformações causadas por pressão excessiva no armazenamento e transporte. Frutas com danos estruturais visíveis, que possam acelerar o processo de deterioração, são classificadas como descartáveis.
- *Bananas pintadas*: Frutas que apresentam manchas escuras ou sinais de infecção fúngica, que afetam a qualidade visual e a durabilidade do produto.

Esses critérios garantem uma padronização na avaliação das bananas, permitindo maior precisão na identificação das causas das perdas e no desenvolvimento de ações corretivas.

3.3 Estimativa do percentual de perdas

O percentual de perdas foi calculado pela divisão da quantidade de bananas não-conformes (em unidades) pelo tamanho do lote (em unidades). Estimar esse percentual é fundamental para avaliar se os desperdícios da empresa estão dentro de um nível estatístico aceitável e para identificar oportunidades de melhoria no processo produtivo.

Após o cálculo do percentual de perdas, os resultados foram comparados com padrões de referência da indústria ou com metas estabelecidas pela empresa. Essa análise permitirá avaliar o desempenho atual da empresa em relação ao desperdício de bananas e identificar áreas que necessitam de maior atenção.

3.4 Recursos computacionais utilizados

Para a realização deste estudo, diversos recursos computacionais foram empregados visando à eficiência na análise e representação dos dados coletados.

O mapeamento de processos foi realizado utilizando o *software* Bizagi (2024) – versão 4.0. O Bizagi é uma ferramenta de modelagem de processos de negócios (*Business Process*

Management - BPM) que permite criar, documentar, otimizar e comunicar processos de forma visual e colaborativa.

O Bizagi é amplamente utilizado por profissionais de BPM e gestores de processos para melhorar a eficiência operacional e a tomada de decisões estratégicas. O *software* possui uma versão gratuita e está disponível para *download* no site oficial da empresa (www.bizagi.com).

Os diagramas de causa e efeito, assim como a estrutura metodológica deste estudo, foram desenvolvidos com o auxílio do software Lucidchart. Essa ferramenta de diagramação, baseada na *web*, é projetada para criar fluxogramas, diagramas de processos e outras representações gráficas de forma colaborativa e intuitiva. O Lucidchart facilita a organização visual de informações complexas, permitindo uma melhor compreensão das inter-relações entre diversos elementos. Sua utilização neste estudo foi fundamental para apresentar as etapas metodológicas de maneira clara, além de ilustrar as causas e efeitos no desperdício de bananas (Lucidchart, 2025).

Os gráficos de controle e o diagrama de Pareto foram construídos utilizando o software estatístico R Core Team (2024) - versão 4.3.2, com o pacote QCC (*Quality Control Charts*) desenvolvido por Scrucca (2004).

O R é uma linguagem de programação e ambiente de software estatístico amplamente utilizado para análise de dados, visualização e modelagem estatística. Ele oferece uma vasta gama de ferramentas e pacotes que permitem realizar análises complexas e produzir gráficos de alta qualidade.

O pacote QCC é específico para a criação de gráficos de controle de qualidade, permitindo a construção de diversos tipos de gráficos de controle estatístico, como gráficos X-barra, gráficos R e gráficos *p*. Este pacote é uma extensão do R que facilita a aplicação de técnicas de controle estatístico de qualidade.

O R é um *software* estatístico gratuito e de código aberto, o que significa que qualquer pessoa pode baixar, usar, modificar e distribuir o software sem custos. O *software* está gratuitamente disponível para *download* na plataforma oficial www.r-project.org.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos dados fornecidos pela empresa, visando avaliar o controle estatístico da fração não-conforme associada ao desperdício de bananas em diferentes períodos de colheita. Os gráficos de controle foram elaborados a partir das informações armazenadas no banco de dados da empresa, permitindo identificar padrões e possíveis causas das não-conformidades ao longo do processo produtivo.

4.1 Processo de produção

O processo de produção de bananas na empresa X começa com a preparação do solo, onde são realizadas práticas essenciais para garantir uma boa plantação. Após essa preparação, inicia-se o sistema de irrigação, que tem como objetivo manter a umidade adequada no solo. Além disso, a aplicação de fertilizantes é realizada para fornecer os nutrientes necessários, garantindo que a plantação se desenvolva de forma saudável. O ciclo de cultivo das bananas leva, em média, de 9 a 12 meses, durante os quais são necessários cuidados contínuos para garantir a qualidade da fruta (Embrapa, 2022).

A primeira etapa do cultivo, após a preparação do solo, envolve o plantio do rizoma, que é um caule subterrâneo responsável pela formação da planta. O rizoma é colocado no solo, e a partir dele cresce o pé de banana. Esse desenvolvimento é monitorado de perto, uma vez que o crescimento adequado da planta é crucial para a produção de frutos de boa qualidade. Após aproximadamente 9 a 12 meses, o pé de banana começa a liberar a folhagem, e nesse mesmo período, o cacho (o início do fruto) começa a se formar. A partir desse momento, inicia-se o acompanhamento contínuo do desenvolvimento das frutas, com a monitorização do estágio de maturação e o controle de fatores que podem influenciar a qualidade da produção (Embrapa, 2022).

O ciclo do fruto é crucial, com um período de 13 semanas para garantir uma colheita bem-sucedida. Durante a segunda semana do ciclo, a empresa realiza o processo de marcação do cacho, que é identificado com uma fita de TNT (tecido não-tecido) de cores distintas, utilizadas para indicar o estágio de maturação. De acordo com a empresa, a parte que se encontra na extremidade da banana também é removida nessa fase, uma prática que contribui para o crescimento e amadurecimento da fruta, ajudando a tornar a banana mais atraente e de

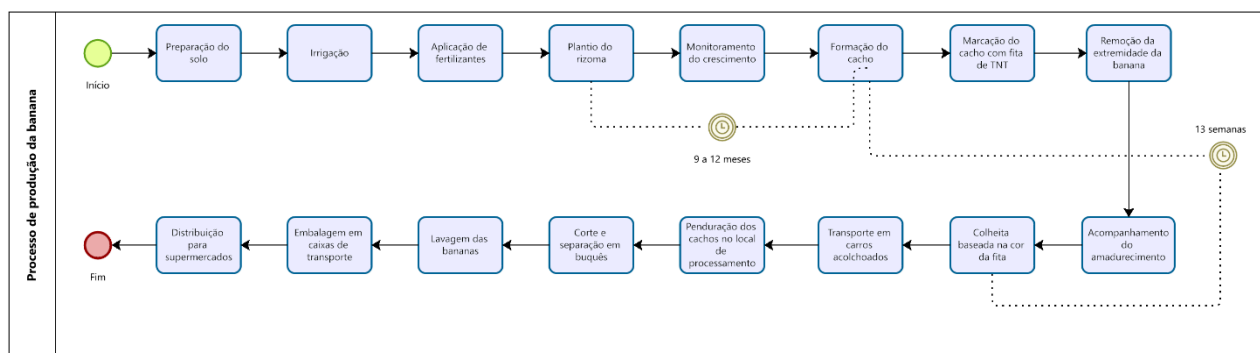
melhor qualidade. Essa marcação e os cuidados contínuos com as frutas são essenciais para garantir que elas cresçam saudáveis e atendam aos padrões desejados.

Quando o período de 13 semanas se completa, a colheita é realizada com base na cor da fita identificadora. Tanto as bananas quanto as fitas de TNT são colhidas para garantir o rastreamento da produção e a quantificação correta das frutas.

De acordo com informações fornecidas pela empresa, o transporte das bananas é feito da seguinte forma: os cachos são colocados em carros grandes e acomodados sobre colchões velhos para evitar o atrito entre os cachos, que poderia danificar as bananas. Ao chegar ao local de processamento, os cachos são pendurados para iniciar o processo de corte, separação e embalagem.

O processo de corte é realizado para a separação das bananas em “buquês”, que são agrupadas de acordo com as especificações do mercado. Segundo a empresa, os supermercados exigem que cada buquê deve ter de três a cinco bananas. Após o corte e a separação, as bananas são lavadas para remover resíduos e sujeiras. Finalmente, as bananas são embaladas em caixas específicas para transporte até os supermercados, onde serão distribuídas para o consumo. Esse processo de produção das bananas na empresa pode ser melhor visualizado no fluxograma da Figura 08.

Figura 08 – Fluxograma do processo de produção de bananas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2 Gráfico de controle da fração não-conforme

A fim de verificar a estabilidade do processo e identificar variações na fração não-conforme, foram desenvolvidos gráficos de controle p para as colheitas analisadas. Esses gráficos possibilitam a detecção de pontos fora de controle, permitindo a investigação das causas de desperdício e fornecendo subsídios para a implementação de ações corretivas.

Além da apresentação dos gráficos de controle p de cada tentativa, a análise dos resultados também inclui um quadro detalhado contendo os pontos fora de controle identificados. Esse quadro apresenta informações como: data da colheita, tamanho do lote, quantidade de bananas não-conformes e os motivos das não-conformidades. Os principais motivos das não-conformidades analisados neste estudo são:

- *Riscada*: Bananas que apresentam cortes ou arranhões na casca, resultantes de manuseio inadequado, atrito com outras frutas ou contato com objetos durante a colheita e transporte.
- *Amassada*: Bananas que sofreram deformações ou danos mecânicos devido a pressão excessiva durante o manuseio, armazenamento ou transporte, comprometendo sua qualidade e aparência.
- *Espessura excessiva*: Frutos com diâmetro maior do que o padrão aceito pela empresa, tornando-os inadequados para comercialização.
- *Espessura insuficiente*: Bananas com diâmetro menor do que o especificado como ideal, resultando em uma aparência inferior e possível rejeição pelo mercado.
- *Pintada*: Frutos que apresentam manchas ou pontos escuros na casca, frequentemente associados a doenças fúngicas, reduzindo sua qualidade comercial.

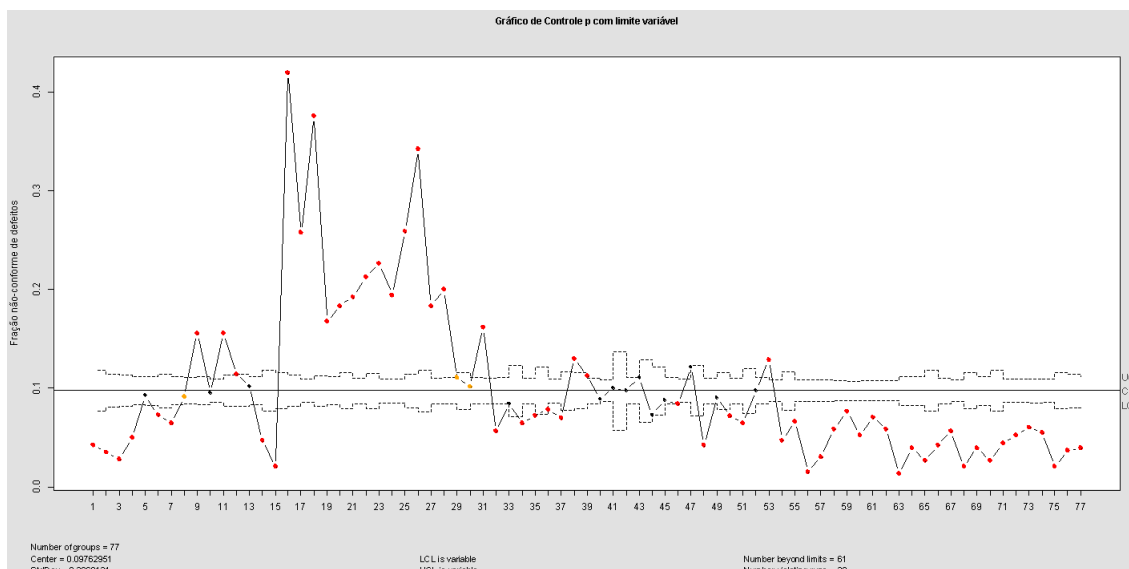
Nos subitens 4.2.1 a 4.2.3, são apresentados os resultados obtidos para as colheitas de 2022, 2023 e 2024.

4.2.1 Colheita de 2022

Na colheita de 2022, foram analisados 77 pontos (referente à quantidade de colheitas de bananas que a empresa teve no ano), que serviram como base para a primeira tentativa de

aplicação do gráfico de controle p para o CEP. A Figura 09 ilustra o comportamento da fração não-conforme das bananas desperdiçadas, por meio do gráfico p .

Figura 09 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 1 (77 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No gráfico de controle da primeira tentativa, exibido na Figura 08, é possível observar diversos pontos vermelhos. Esses pontos são os pontos fora de controle que devem ser excluídos na próxima tentativa para que seja feito um novo gráfico de controle p , uma vez que todos os pontos foram diagnosticados, portanto, sendo possível a retirada dos mesmos e o recálculo dos limites de controle, em um novo gráfico. Vale salientar que os pontos vermelhos que estão abaixo do limite inferior de controle, não são considerados pontos causas especiais, pois essa posição significa que são colheitas que possuem pouquíssimas bananas não-conformes, e isso para a empresa é um fato positivo.

Na tentativa 1, dos 77 pontos analisados, 18 pontos estão fora de controle. Esses pontos que estão fora de controle podem ser observados no Quadro 01, que mostra a data em que foi realizada a colheita das bananas, o tamanho do lote coletado, a quantidade de bananas não-conformes e os motivos das não-conformidades.

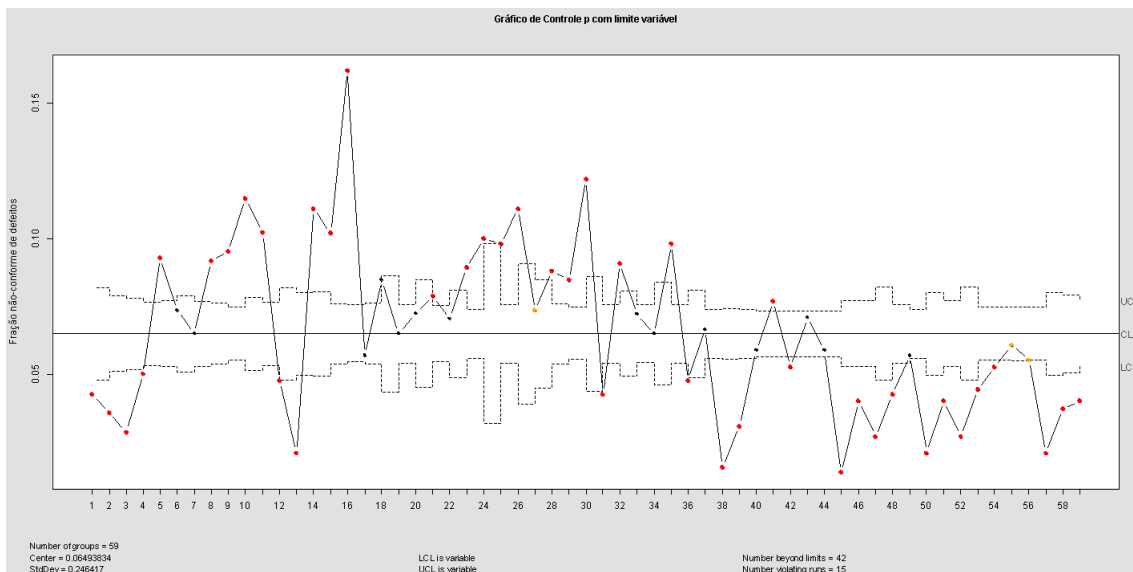
Quadro 01 – Pontos fora de controle: Tentativa 1.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
04/03/2022	3840	600	Riscada
14/03/2022	3200	500	Amassada
08/04/2022	3100	1300	Riscada
16/04/2022	5820	1500	Riscada
22/04/2022	3460	1300	Riscada
26/04/2022	3870	650	Amassada
28/04/2022	2450	450	Espessura excessiva
29/04/2022	4680	900	Amassada
05/05/2022	2540	540	Amassada
06/05/2022	5120	1160	Riscada
07/05/2022	5140	1000	Riscada
12/05/2022	2700	700	Espessura insuficiente
13/05/2022	1752	600	Espessura insuficiente
19/05/2022	4900	900	Riscada
20/05/2022	4500	900	Amassada
30/06/2022	2300	300	Amassada
01/07/2022	4870	550	Riscada
26/08/2022	6200	800	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a identificação dos pontos fora de controle da primeira tentativa, estes foram removidos do gráfico e, então, realizada uma segunda tentativa (podendo ser chamada de tentativa 2) com os 59 pontos restantes, permitindo construir um novo gráfico de controle p .

Figura 10 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 2 (59 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 2, apresentada na Figura 10, dos 59 pontos avaliados, 19 foram identificados como estando fora de controle. Esses pontos fora de controle estão listados no Quadro 02, bem como os motivos das não-conformidades.

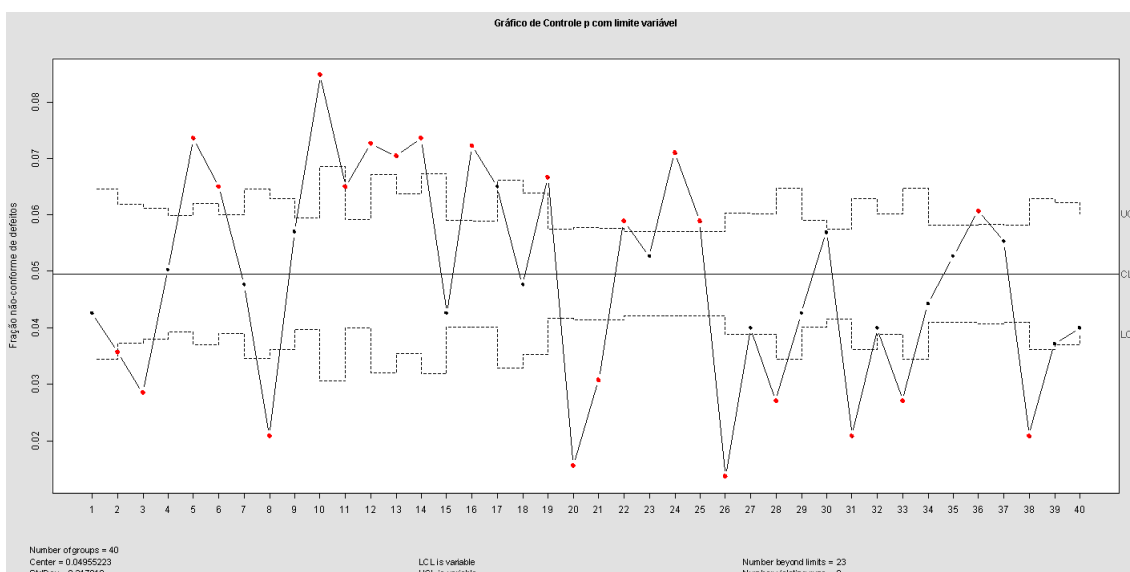
Quadro 02 – Pontos fora de controle: Tentativa 2.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
04/02/2022	3770	350	Riscada
22/02/2022	4360	400	Riscada
11/03/2022	5770	550	Riscada
18/03/2022	3050	350	Espessura insuficiente
25/03/2022	4010	410	Espessura insuficiente
26/05/2022	2250	250	Espessura insuficiente
27/05/2022	4410	450	Amassada
31/05/2022	4940	800	Riscada
24/06/2022	5080	400	Amassada
08/07/2022	6720	600	Riscada
12/07/2022	500	50	Espessura excessiva
15/07/2022	4590	450	Espessura excessiva
15/07/2022	810	90	Espessura excessiva
22/07/2022	4540	400	Amassada
29/07/2022	5900	500	Riscada
02/08/2022	1230	150	Espessura insuficiente
12/08/2022	2200	200	Espessura excessiva
19/08/2022	4590	450	Riscada
30/09/2022	7800	600	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao remover os 19 pontos fora de controle da segunda tentativa, é criado um novo gráfico de controle com os 40 pontos restantes, pertencentes à tentativa 3.

Figura 11 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 3 (40 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Conforme ilustrado na Figura 11, durante a terceira tentativa, foram avaliados 40 pontos, dos quais 13 foram classificados como fora de controle. O Quadro 03 reúne esses pontos e descreve as razões associadas às não-conformidades observadas.

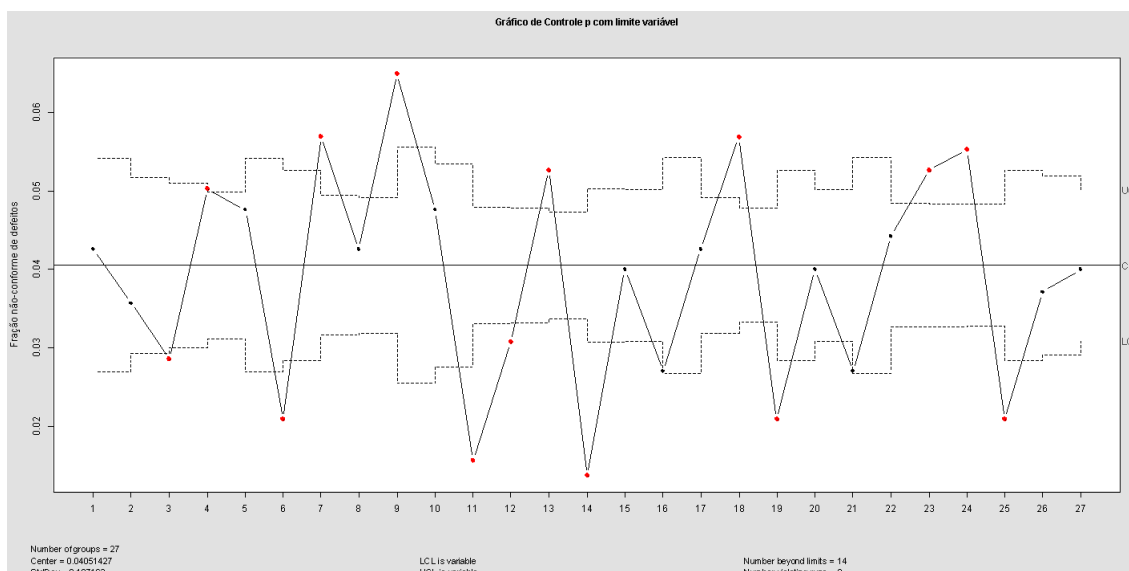
Quadro 03 – Pontos fora de controle: Tentativa 3.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
08/02/2022	2720	200	Riscada
15/02/2022	3850	250	Riscada
14/06/2022	1180	100	Espessura insuficiente
17/06/2022	4620	300	Espessura insuficiente
21/06/2022	1378	100	Espessura excessiva
28/06/2022	2130	150	Amassada
19/07/2022	1360	100	Espessura excessiva
12/08/2022	4850	350	Amassada
02/09/2022	6750	450	Amassada
23/09/2022	7650	450	Riscada
14/10/2022	7750	550	Espessura insuficiente
21/10/2022	7650	450	Espessura insuficiente
09/12/2022	5442	330	Amassada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Eliminando os 13 pontos identificados como fora de controle na terceira tentativa, um novo gráfico de controle é gerado com os 27 pontos restantes, correspondentes à tentativa 4.

Figura 12 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 4 (27 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na quarta tentativa, apresentada na Figura 12, foram analisados 27 pontos, dos quais 7 foram identificados como estando fora de controle. O Quadro 04 lista esses pontos e detalha os motivos das não-conformidades detectadas.

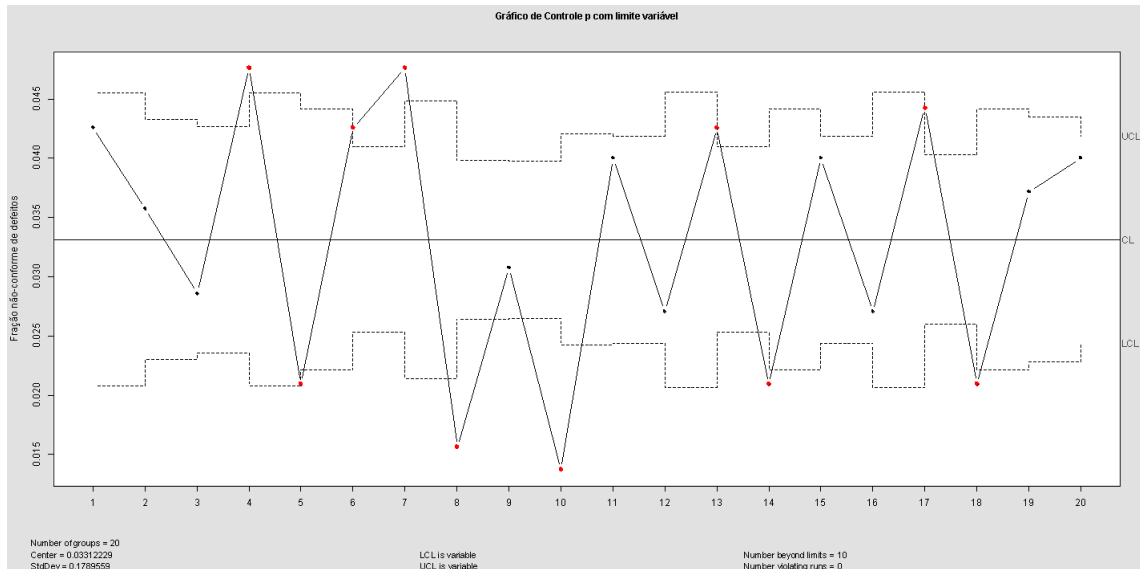
Quadro 04 – Pontos fora de controle: Tentativa 4.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
28/01/2022	3980	200	Riscada
10/06/2022	4390	250	Espessura insuficiente
16/08/2022	1540	100	Espessura insuficiente
07/10/2022	7600	400	Riscada
11/11/2022	6680	380	Riscada
02/12/2022	5700	300	Riscada
16/12/2022	5792	320	Amassada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a exclusão dos 7 pontos fora de controle identificados na quarta tentativa, foi criado um novo gráfico de controle utilizando os 20 pontos restantes, referentes à tentativa 5.

Figura 13 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 5 (20 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na quinta tentativa, dessa vez com 20 pontos, é possível analisar que apenas 5 pontos estão fora de controle. O Quadro 05 mostra esses pontos e identifica os motivos das não-conformidades de cada um dos pontos.

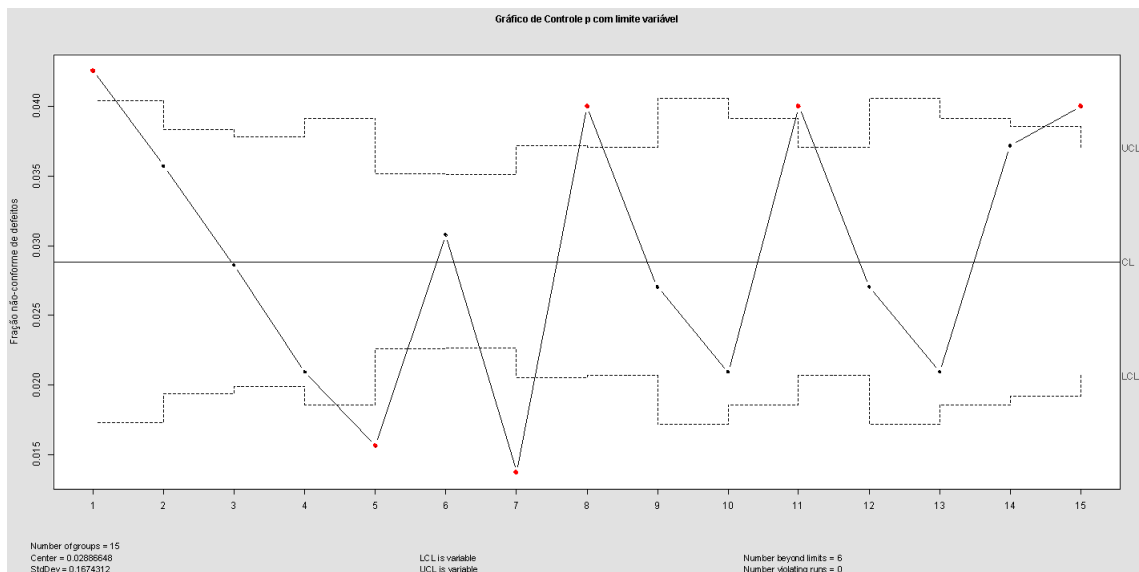
Quadro 05 – Pontos fora de controle: Tentativa 5.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
29/03/2022	1890	90	Pintada
05/08/2022	4700	200	Amassada
01/09/2022	2100	100	Espessura excessiva
04/11/2022	4700	200	Amassada
25/11/2022	5650	250	Espessura excessiva

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com a remoção dos 5 pontos fora de controle detectados na quinta tentativa, um novo gráfico de controle foi construído, abrangendo os 15 pontos restantes da tentativa 6.

Figura 14 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 6 (15 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 6, foram identificados 4 pontos fora de controle. Esses pontos são demonstrados no Quadro 06.

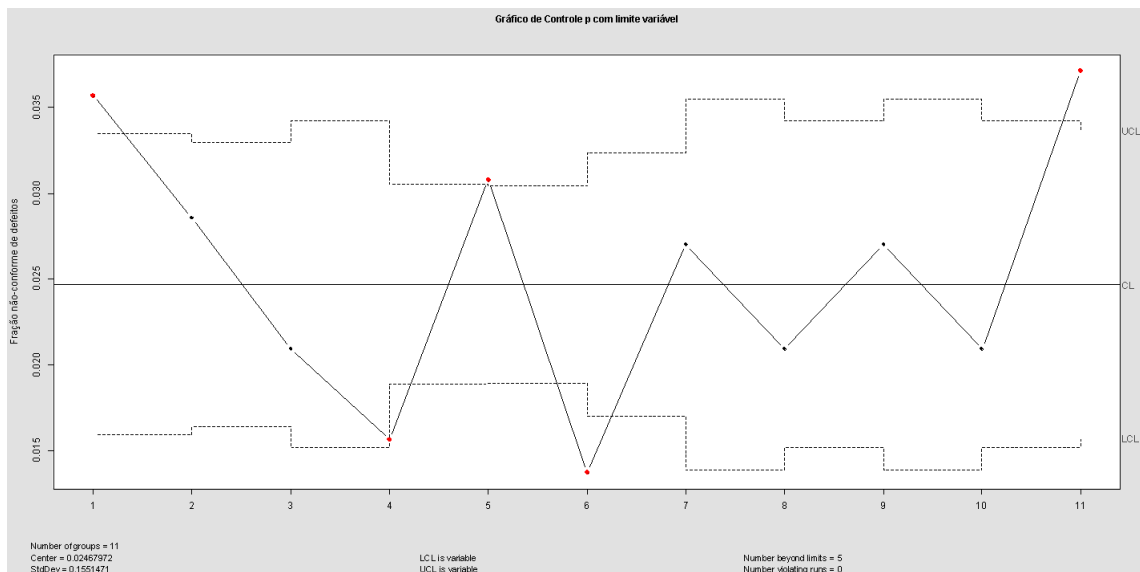
Quadro 06 – Pontos fora de controle: Tentativa 6.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
04/01/2022	1880	80	Riscada
28/10/2022	3750	150	Espessura insuficiente
18/11/2022	3750	150	Espessura excessiva
30/12/2022	3750	150	Espessura excessiva

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após retirar os 4 pontos fora de controle, foi gerado um novo gráfico de controle contendo os 11 pontos restantes.

Figura 15 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 7 (11 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na sétima tentativa, ainda foram encontrados 3 pontos fora de controle, que podem ser analisados no Quadro 07.

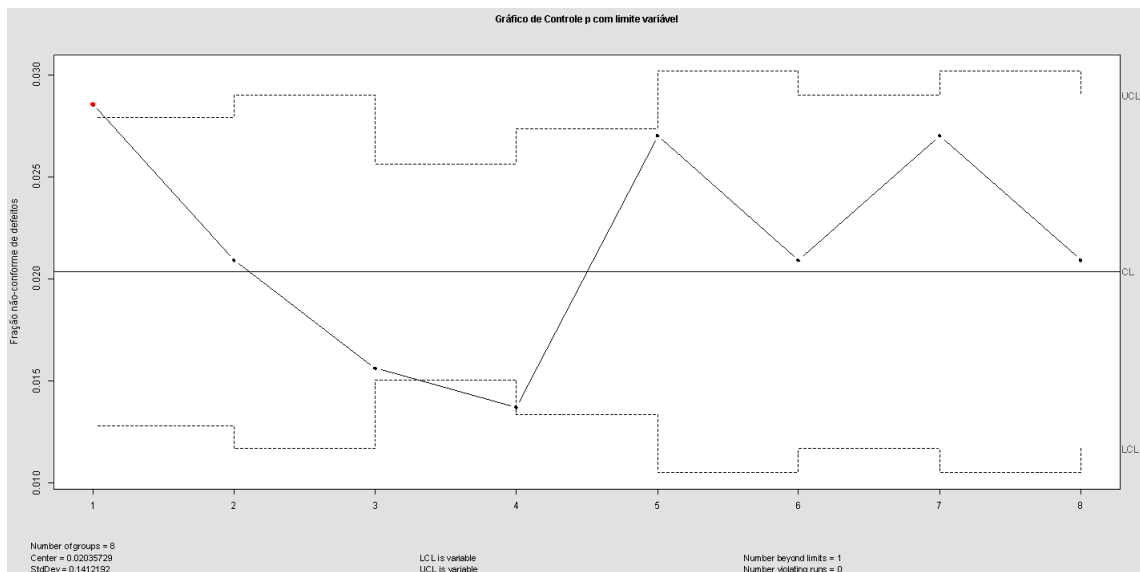
Quadro 07 – Pontos fora de controle: Tentativa 7.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
14/01/2022	2800	100	Riscada
16/09/2022	6500	200	Amassada
23/12/2022	2692	100	Amassada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Excluindo os pontos fora de controle da tentativa 7, é criado um gráfico de controle com 8 pontos, como é possível observar na Figura 16.

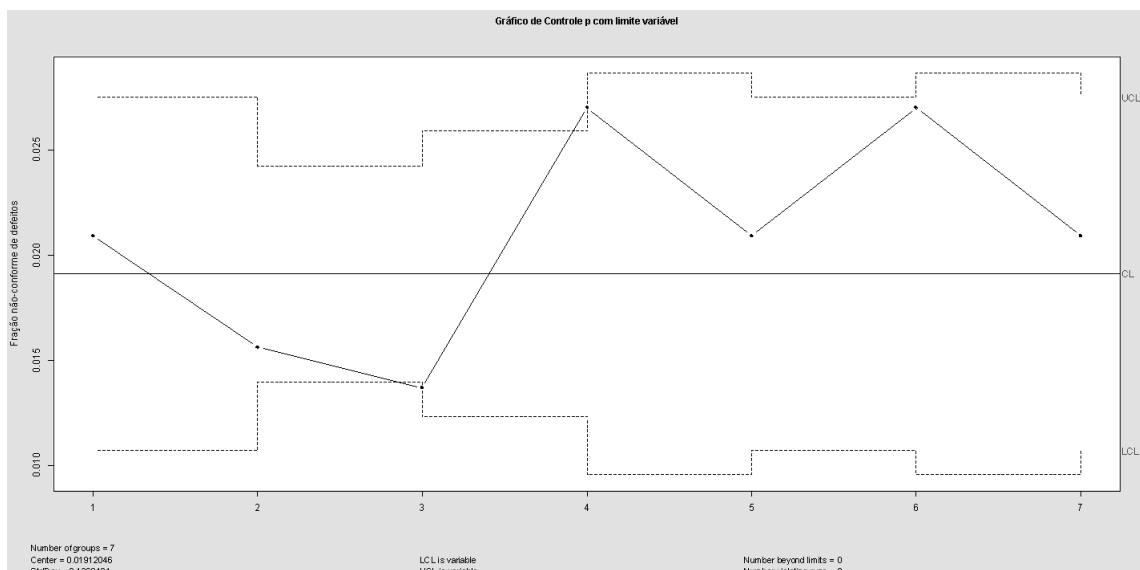
Figura 16 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 8 (8 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na oitava tentativa, apenas um ponto está fora de controle. Esse ponto se refere à colheita do dia 18 de janeiro de 2022, um lote de 3150 bananas onde 90 unidades estavam amassadas e foram consideradas não-conformes. Removendo esse único ponto fora de controle, tem-se o gráfico de controle da tentativa 9. Nesse último gráfico, nenhum ponto está fora de controle, como é possível observar na Figura 17.

Figura 17 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 9 (7 pontos).

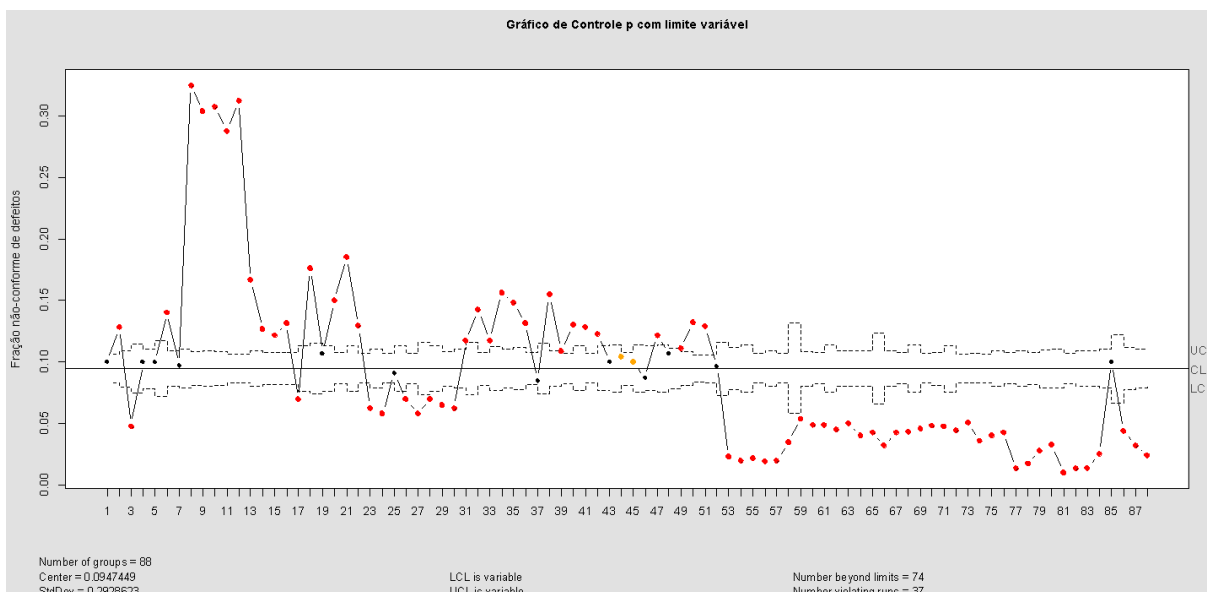


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.2 Colheita de 2023

Na colheita do ano seguinte, foram analisados 88 pontos (11 pontos a mais do que no ano anterior). Esses dados embasaram a primeira tentativa de controle de qualidade. A Figura 18 representa a variação da fração não-conforme das bananas descartadas.

Figura 18 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 1 (88 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 1, dos 88 pontos analisados, 30 foram identificados como fora de controle. Esses pontos estão listados no Quadro 08, permitindo uma análise detalhada das ocorrências e auxiliando na identificação de padrões e possíveis causas das não-conformidades.

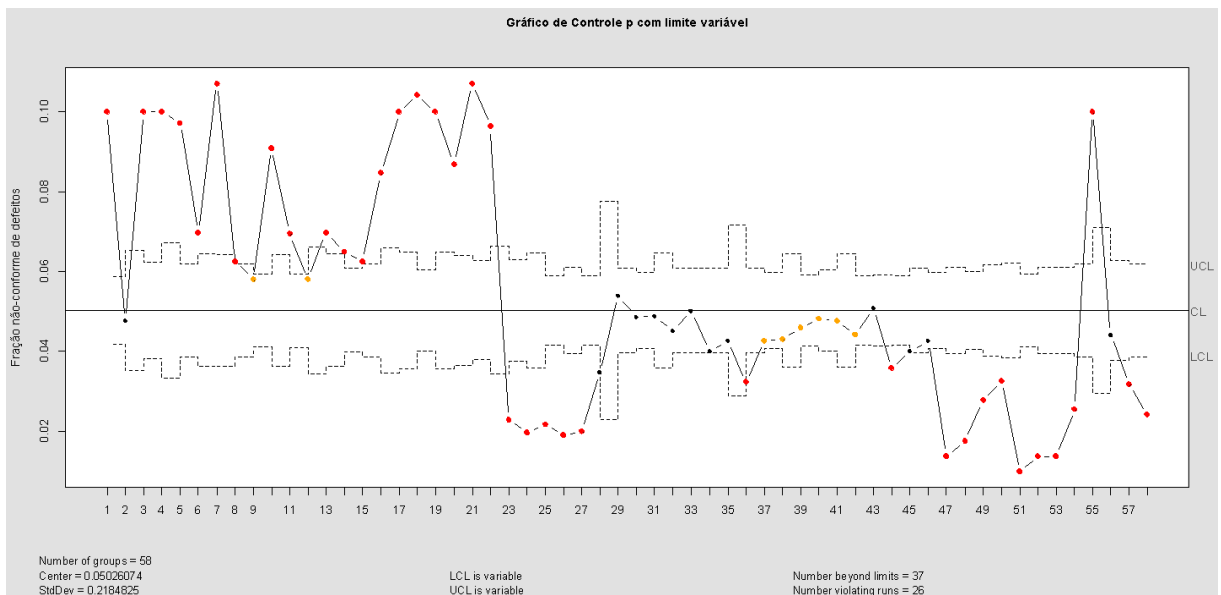
Quadro 08 – Pontos fora de controle: Tentativa 1.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
14/01/2023	3510	450	Riscada
27/01/2023	3560	500	Riscada
03/02/2023	4000	1300	Riscada
10/02/2023	3620	1100	Riscada
17/02/2023	3900	1200	Riscada
24/02/2023	5560	1600	Riscada
03/03/2023	5760	1800	Riscada
03/03/2023	3600	600	Riscada
11/03/2023	4580	580	Riscada
11/03/2023	4510	550	Riscada
16/03/2023	4560	600	Riscada
21/03/2023	1820	320	Amassada
24/03/2023	4870	730	Espessura excessiva
28/03/2023	2210	410	Espessura excessiva
31/03/2023	5170	670	Amassada
05/05/2023	1700	200	Riscada
05/05/2023	4200	600	Riscada
11/05/2023	2550	300	Riscada
12/05/2023	3200	500	Riscada
18/05/2023	2700	400	Riscada
19/05/2023	4560	600	Riscada
26/05/2023	3550	550	Amassada
29/05/2023	5050	550	Amassada
01/06/2023	2300	300	Amassada
09/06/2023	5452	700	Amassada
09/06/2023	2280	280	Amassada
19/06/2023	2050	250	Riscada
23/06/2023	4050	450	Riscada
23/06/2023	6430	850	Riscada
30/06/2023	6200	800	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após detectar os pontos fora de controle na primeira tentativa, esses valores são removidos do gráfico, e uma nova análise é conduzida com os 58 pontos restantes (Figura 19). Essa segunda tentativa possibilita a construção de um novo gráfico de controle p .

Figura 19 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 2 (58 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 19 mostra que, dos 58 pontos avaliados, 20 foram identificados como fora de controle. Esses pontos estão listados no Quadro 09, bem como os motivos das não-conformidades.

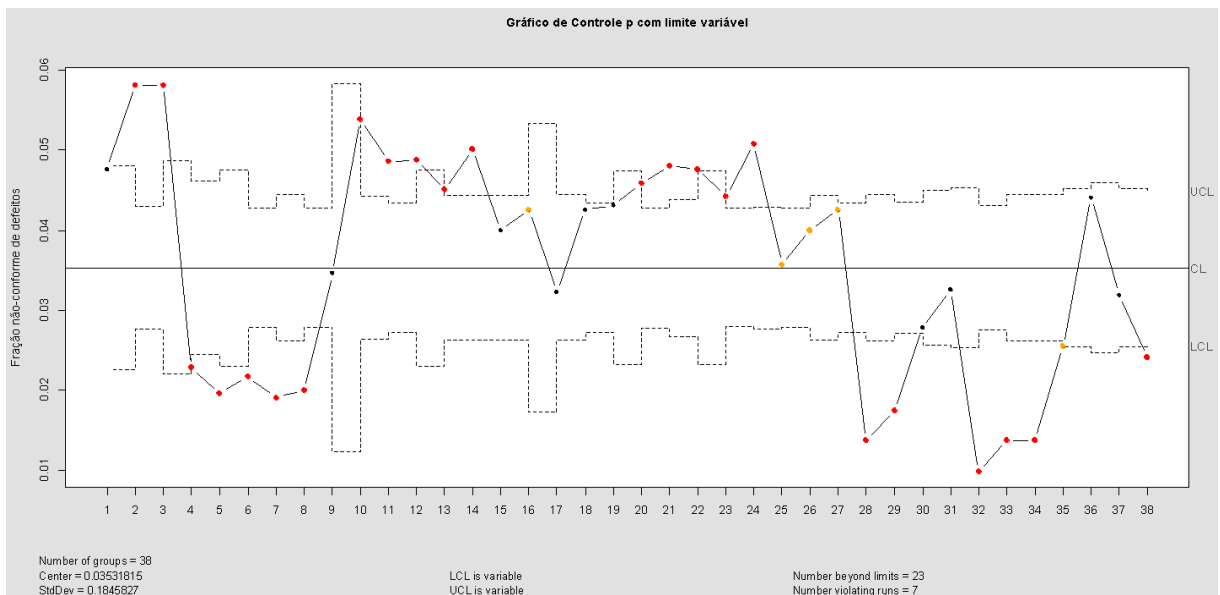
Quadro 09 – Pontos fora de controle: Tentativa 2.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
06/01/2023	6000	600	Riscada
20/01/2023	3000	300	Riscada
23/01/2023	1500	150	Riscada
31/01/2023	3190	310	Amassada
20/03/2023	2150	150	Riscada
23/03/2023	2240	240	Amassada
06/04/2023	3200	200	Pintada
13/04/2023	2200	200	Riscada
14/04/2023	5030	350	Riscada
20/04/2023	2150	150	Riscada
21/04/2023	3850	250	Riscada
27/04/2023	3200	200	Riscada
26/05/2023	1770	150	Amassada
12/06/2023	2000	200	Espessura excessiva
15/06/2023	4220	440	Espessura excessiva
16/06/2023	2000	200	Riscada
16/06/2023	2300	200	Riscada
22/06/2023	2800	300	Riscada
30/06/2023	1660	160	Riscada
16/12/2023	1000	100	Amassada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Retirando os 20 pontos fora de controle da tentativa 2, um novo gráfico de controle é criado com os 38 pontos restantes, fazendo parte da terceira tentativa (Figura 20).

Figura 20 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 3 (38 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Como foi exibido na Figura 20, a tentativa 3 apresentou 38 pontos, onde 12 foram classificados como fora de controle. O Quadro 10 mostra esses pontos e descreve as razões associadas às não-conformidades.

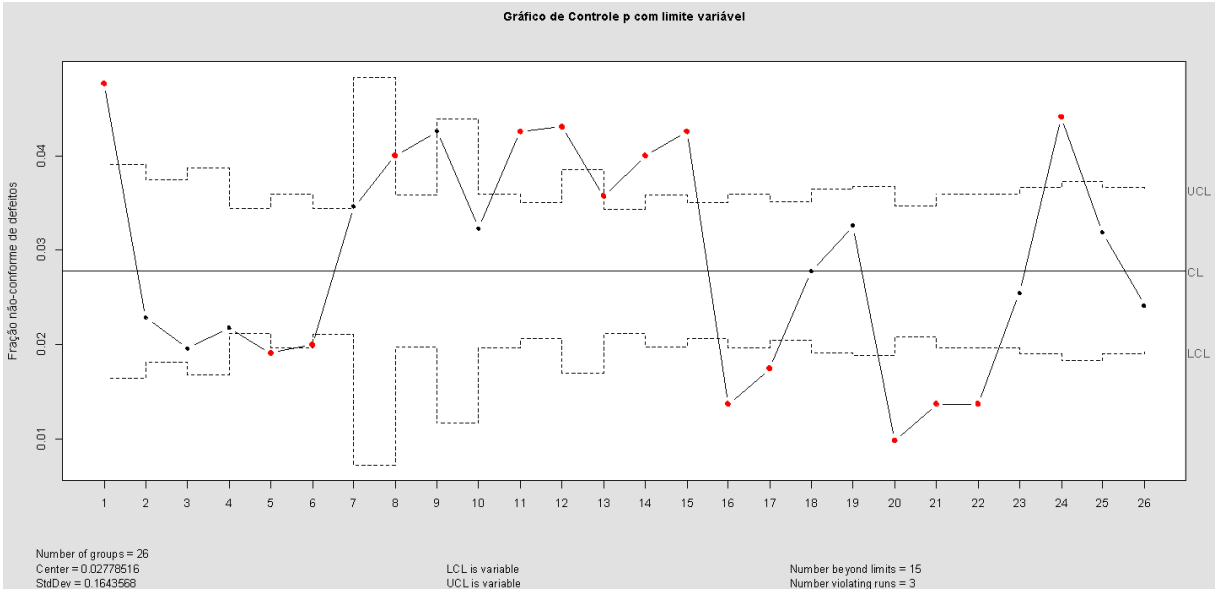
Quadro 10 – Pontos fora de controle: Tentativa 3.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
08/04/2023	5160	300	Riscada
18/04/2023	1720	100	Riscada
28/07/2023	3805	205	Riscada
04/08/2023	4730	230	Espessura insuficiente
10/08/2023	2050	100	Amassada
11/08/2023	3770	170	Amassada
18/08/2023	3790	190	Riscada
22/09/2023	5450	250	Amassada
29/09/2023	4160	200	Amassada
06/10/2023	2100	100	Espessura excessiva
06/10/2023	5650	250	Espessura excessiva
13/10/2023	5310	270	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Excluindo os 12 pontos identificados como fora de controle na terceira tentativa, um gráfico de controle é gerado com os 26 pontos restantes, equivalentes à tentativa 4 (Figura 21).

Figura 21 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 4 (26 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A tentativa 4, observada na Figura 21, trouxe 26 pontos, dos quais 8 foram identificados como fora de controle. O Quadro 11 apresenta esses pontos e detalha os motivos das não-conformidades observadas.

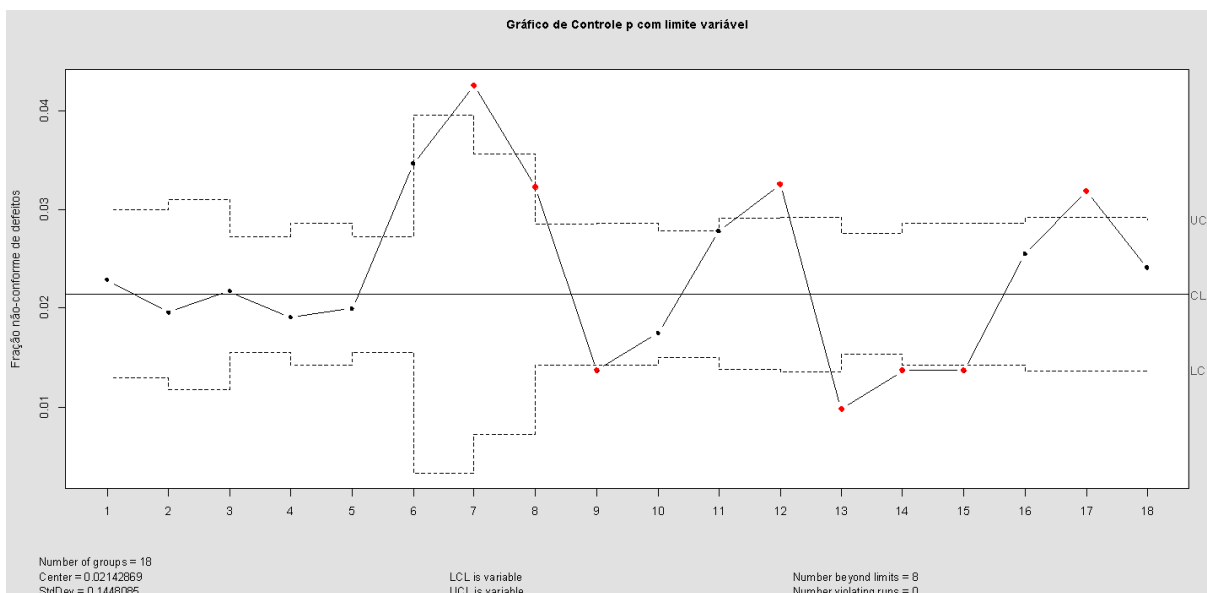
Quadro 11 – Pontos fora de controle: Tentativa 4.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
17/01/2023	1890	90	Amassada
25/08/2023	3750	150	Riscada
15/09/2023	4700	200	Amassada
21/09/2023	2090	90	Amassada
20/10/2023	5600	200	Riscada
27/10/2023	3750	150	Riscada
30/10/2023	4700	200	Riscada
18/12/2023	2723	120	Amassada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após remover os 8 pontos fora de controle identificados na quarta tentativa, foi criado um novo gráfico de controle utilizando os 18 pontos restantes, relacionados à tentativa 5 (Figura 22).

Figura 22 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 5 (18 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A quinta tentativa, criada a partir dos 18 pontos restantes, mostra que apenas 4 pontos estão fora de controle. O Quadro 12 apresenta esses pontos e identifica os motivos das não-conformidades de cada um dos pontos.

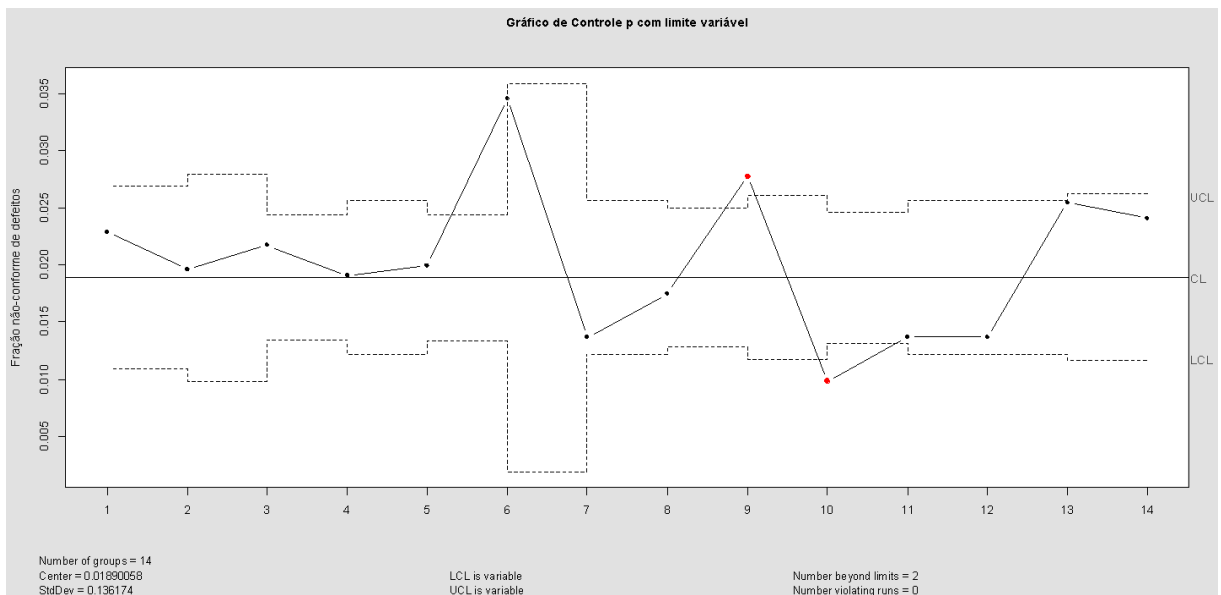
Quadro 12 – Pontos fora de controle: Tentativa 5.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
05/09/2023	940	40	Riscada
08/09/2023	3720	120	Amassada
17/11/2023	3070	100	Espessura excessiva
18/12/2023	3140	100	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após retirar os 4 pontos fora de controle detectados na quinta tentativa, um novo gráfico de controle foi construído, referentes aos 14 pontos restantes da tentativa 6 (Figura 23).

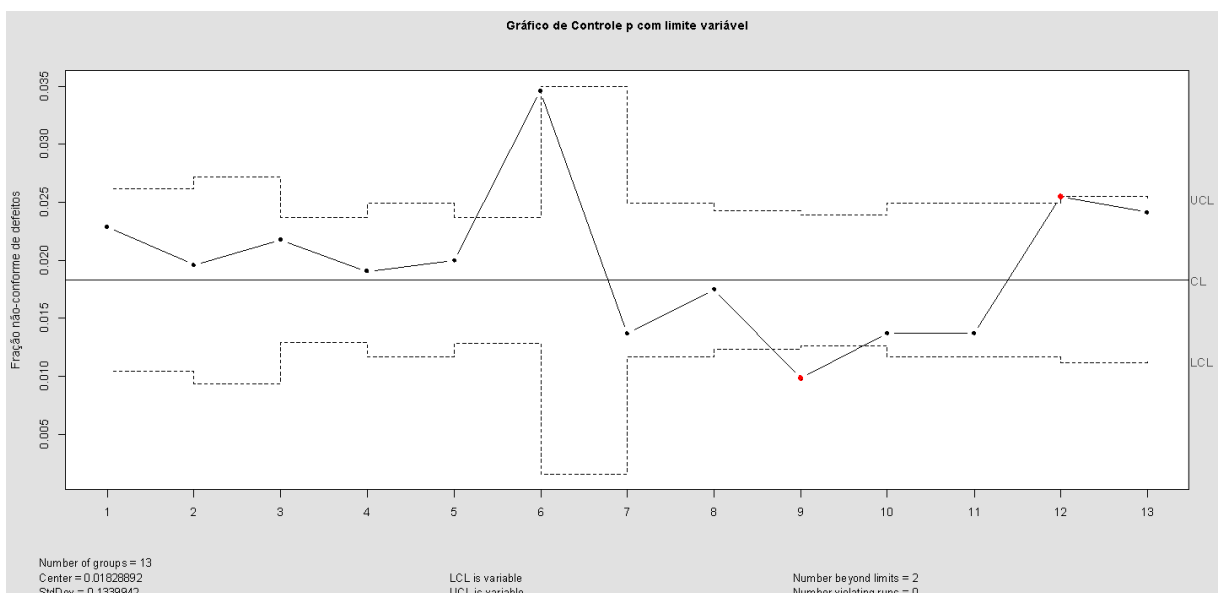
Figura 23 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 6 (14 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 6, apenas um ponto foi identificado como fora de controle. Esse ponto se refere à colheita realizada no dia 13 de novembro de 2023, em um lote de 3.240 unidades, das quais 90 foram classificadas como não conformes devido ao fato de as bananas apresentarem riscos na casca (riscada). Ao remover esse ponto fora de controle, chegamos na sétima tentativa com 13 pontos, que pode ser analisada na Figura 24.

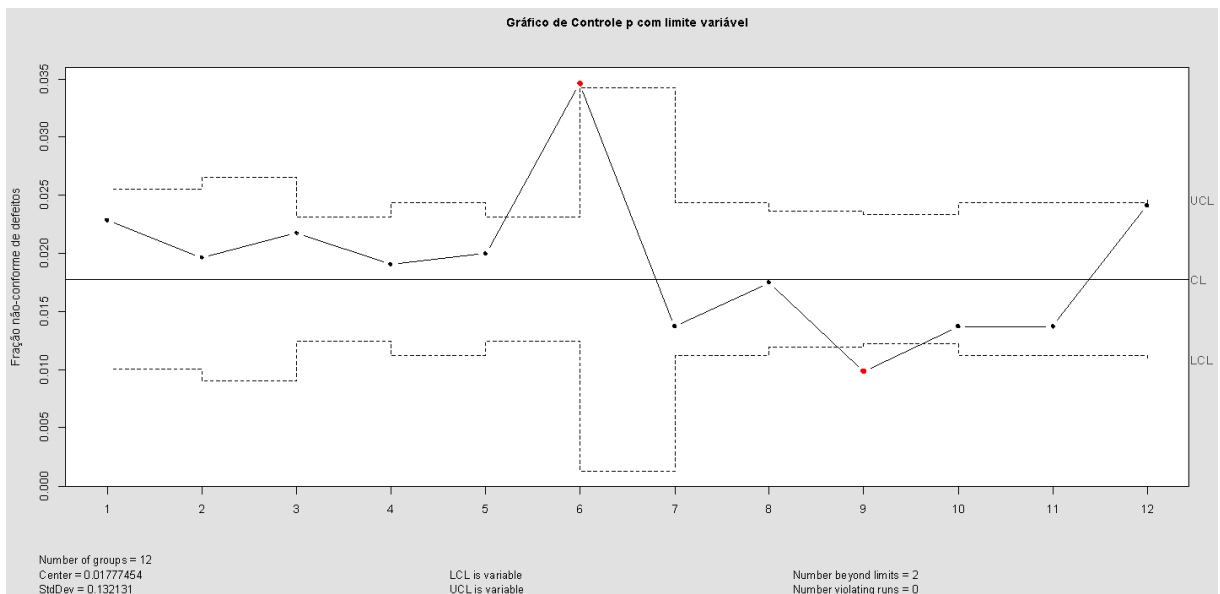
Figura 24 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 7 (13 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 7, foi encontrado, mais uma vez, um único ponto fora de controle. Esse ponto equivale à colheita do dia 8 de dezembro de 2023, onde em um lote de 3140 bananas, 80 unidades foram encontradas amassadas e, conseqüentemente, fora do padrão. Retirando esse ponto fora de controle, tem-se o gráfico de controle p da oitava tentativa, demonstrado na Figura 25.

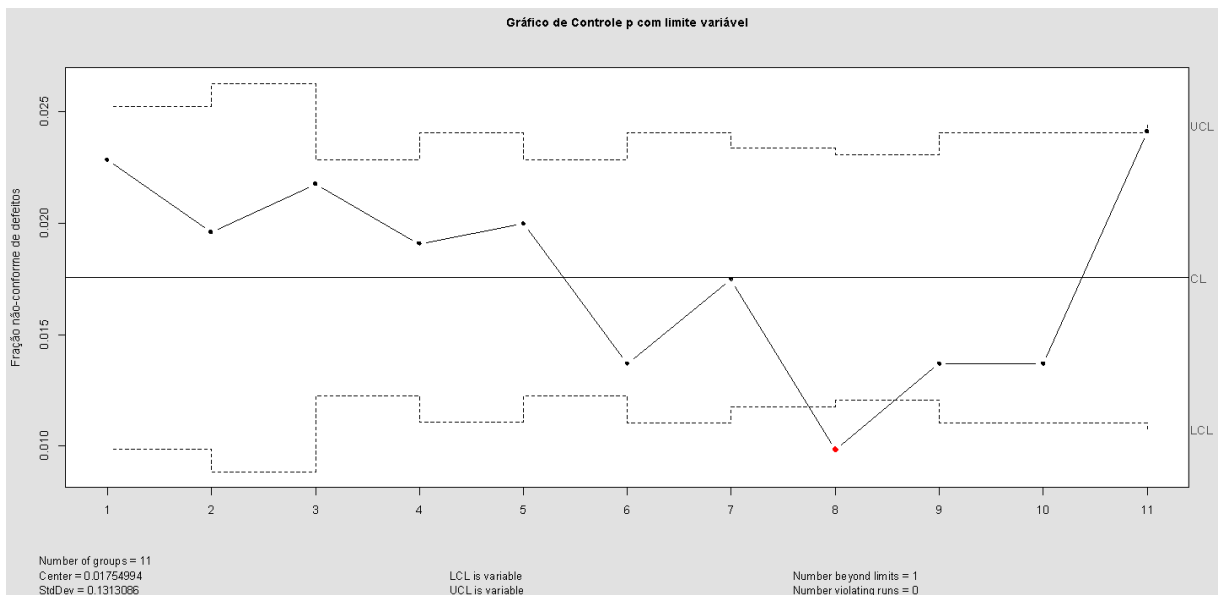
Figura 25 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 8 (12 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Outra vez, um ponto fora de controle foi encontrado na tentativa 8. O ponto em questão se trata da colheita realizada dia 21 de julho de 2023, onde 20 bananas, num lote de 578 unidades, estavam riscadas. Excluindo o ponto fora de controle, cria-se um novo gráfico de controle referente à nona tentativa, como é possível observar na Figura 26. Na nona e última tentativa, contendo 11 pontos, todos eles estão sob controle estatístico, uma vez que só foram consideradas causas especiais, os pontos acima do limite superior de controle.

Figura 26 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 9 (11 pontos).

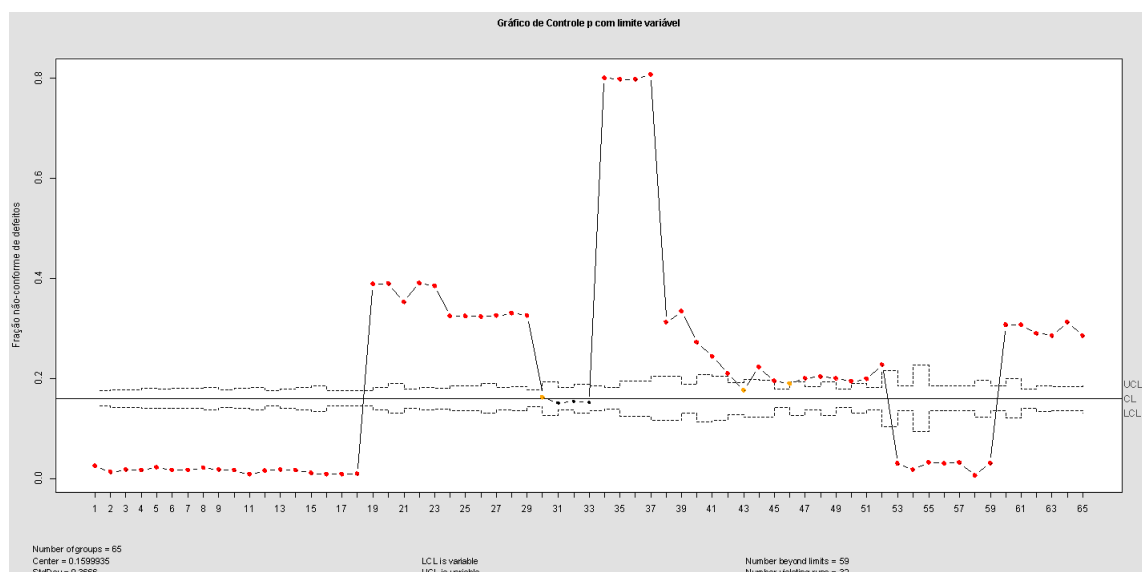


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.3 Colheita de 2024

O terceiro ano de colheita apresentou uma amostra menor que os outros dois anos: 65 colheitas realizadas no ano de 2024. Com base nesses dados, é elaborado o primeiro gráfico de controle p com os 65 pontos coletados, apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 1 (65 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A primeira tentativa apresentou 34 pontos fora de controle. Esses pontos, assim como os motivos das não-conformidades, podem ser analisados no Quadro 13.

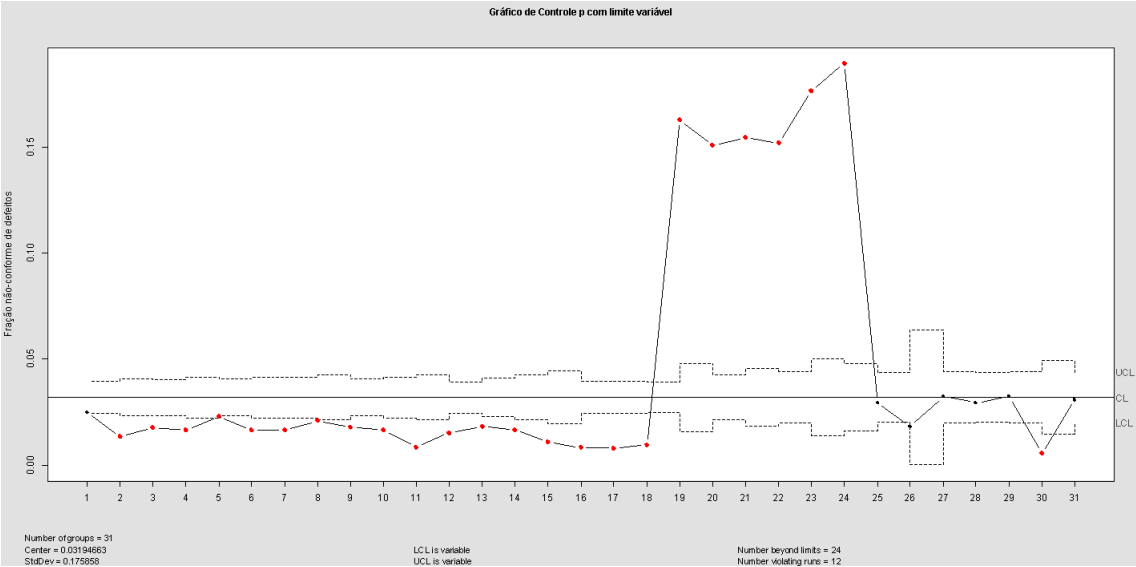
Quadro 13 – Pontos fora de controle: Tentativa 1.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
01/04/2024	2322	900	Espessura insuficiente
09/04/2024	1414	550	Espessura insuficiente
11/04/2024	3400	1200	Espessura insuficiente
15/04/2024	2304	900	Espessura insuficiente
19/04/2024	2600	1000	Espessura insuficiente
02/05/2024	1865	605	Espessura insuficiente
09/05/2024	1865	605	Espessura insuficiente
15/05/2024	1330	430	Espessura insuficiente
15/05/2024	2370	770	Espessura insuficiente
31/05/2024	2240	740	Espessura insuficiente
31/05/2024	4150	1350	Espessura insuficiente
06/07/2024	2500	2000	Espessura insuficiente
10/07/2024	940	750	Espessura insuficiente
12/07/2024	940	750	Espessura insuficiente
19/07/2024	620	500	Espessura insuficiente
02/08/2024	640	200	Espessura insuficiente
13/08/2024	1500	500	Espessura insuficiente
14/08/2024	550	150	Espessura insuficiente
23/08/2024	614	150	Espessura insuficiente
06/09/2024	1190	250	Espessura insuficiente
15/09/2024	900	200	Espessura insuficiente
04/10/2024	3580	700	Riscada
11/10/2024	2250	450	Riscada
15/10/2024	1130	230	Espessura insuficiente
18/10/2024	3600	720	Riscada
23/10/2024	1340	260	Amassada
25/10/2024	2470	490	Amassada
29/10/2024	396	90	Amassada
02/12/2024	784	240	Amassada
03/12/2024	3530	1080	Amassada
06/12/2024	1725	500	Amassada
12/12/2024	2100	600	Riscada
19/12/2024	2180	680	Riscada
20/12/2024	1400	400	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O Quadro 13, referente à primeira tentativa, mostra uma grande quantidade de pontos fora de controle (34 pontos) e um motivo bastante frequente entre as não-conformidades: grande parte das bananas apresentaram espessura insuficiente. Após a remoção dos 34 pontos fora de controle, é gerado um novo gráfico de controle p , com 31 pontos, conforme apresentado na Figura 28.

Figura 28 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 2 (31 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na segunda tentativa, foram identificados 6 pontos fora de controle, os quais estão listados no Quadro 14, acompanhados dos defeitos encontrados em cada lote.

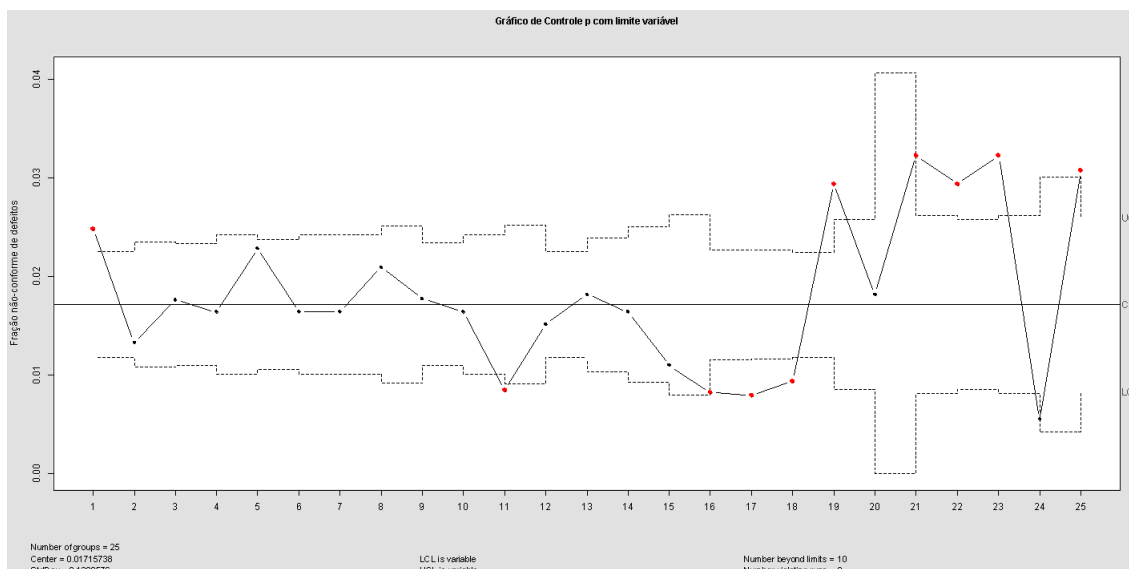
Quadro 14 – Pontos fora de controle: Tentativa 2.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
03/06/2024	1075	175	Espessura insuficiente
06/06/2024	2355	355	Espessura insuficiente
12/06/2024	1490	230	Espessura insuficiente
28/06/2024	1910	290	Espessura insuficiente
14/09/2024	850	150	Espessura insuficiente
08/10/2024	1110	210	Riscada

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Excluindo esses pontos fora de controle, a partir do diagnóstico das causas especiais, foi criado um novo gráfico de controle equivalente à terceira tentativa, ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 3 (25 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na terceira tentativa, 6 pontos encontram-se fora de controle. Esses pontos são diagnosticados no Quadro 15.

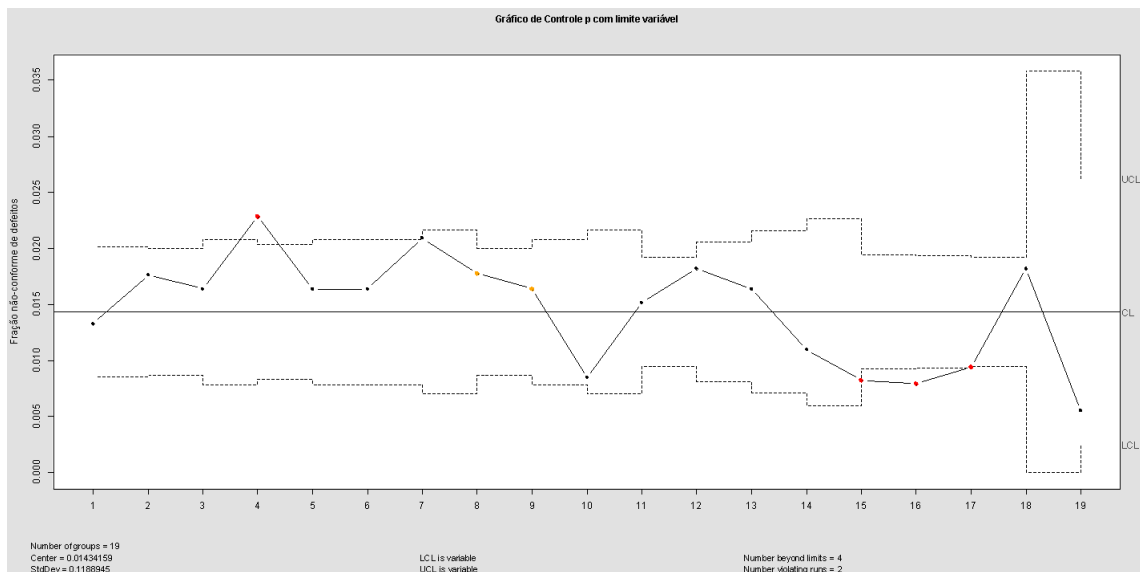
Quadro 15 – Pontos fora de controle: Tentativa 3.

DATA	Lote (unid.)	Bananas não-conformes (unid.)	Motivos das não-conformidades
05/01/2024	5242	130	Riscada
01/11/2024	2040	60	Espessura insuficiente
08/11/2024	1860	60	Riscada
15/11/2024	2040	60	Amassada
22/11/2024	1860	60	Riscada
29/11/2024	1950	60	Espessura insuficiente

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após a remoção desses pontos fora de controle, chega-se à quarta tentativa. O gráfico resultante dessa tentativa, contendo 19 pontos, pode ser verificado na Figura 30.

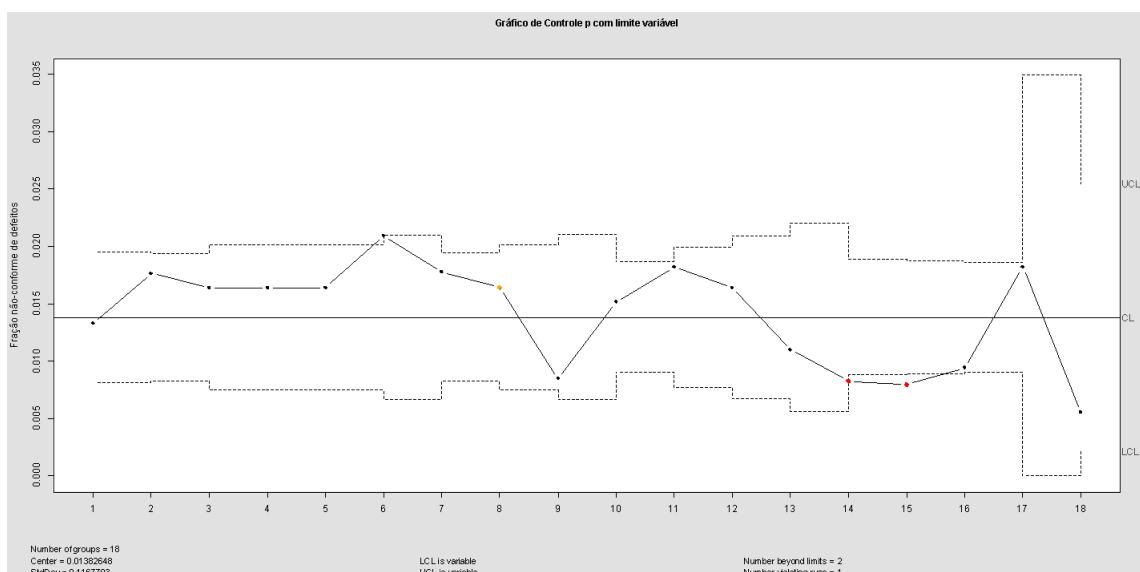
Figura 30 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 4 (19 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na tentativa 4, identificou-se apenas um ponto fora de controle. Esse ponto corresponde à colheita realizada em 26 de janeiro de 2024, onde foram detectadas 80 bananas riscadas em um lote de 3500 unidades. Retirando esse ponto fora de controle, foi gerado um novo gráfico de controle p para a quinta tentativa, que pode ser visualizado na Figura 31. Na quinta e última tentativa, observa-se que todos os pontos estão sob controle estatístico e nenhuma tentativa adicional é necessária.

Figura 31 – Gráfico de controle da fração não-conforme: Tentativa 5 (18 pontos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.3 Análise das causas especiais

Analisando os gráficos de controle p das colheitas de 2022, 2023 e 2024, assim como os Quadros 01 ao 15, foi possível identificar as principais causas especiais responsáveis pelas não-conformidades e desperdícios de bananas. Os pontos fora de controle foram utilizados para elaborar um *ranking* mostrando as causas especiais de todo o período de colheita analisado (2022 a 2024) de acordo com sua frequência, como mostra o Quadro 16.

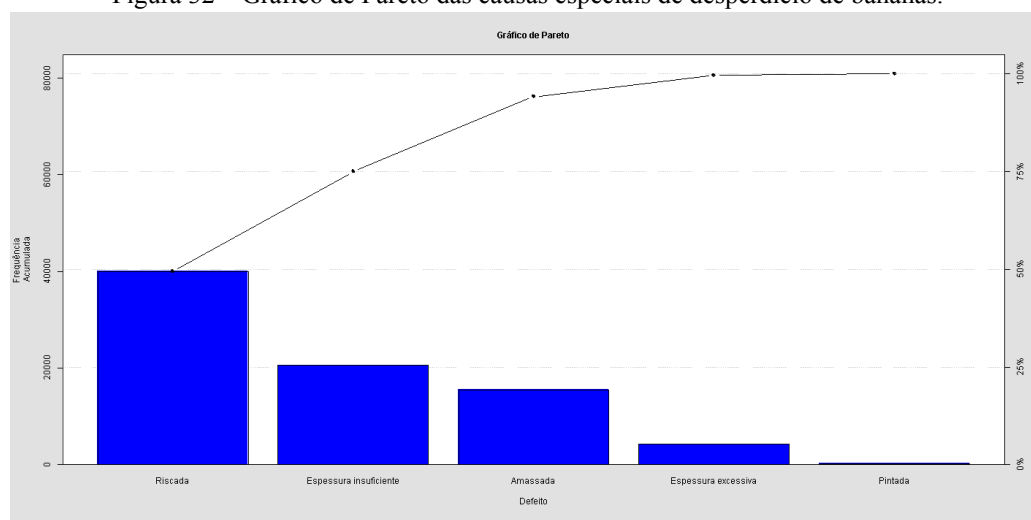
Quadro 16 – *Ranking* das causas especiais.

Causa especial	Unidades	%	% acumulado
Riscada	40.075	49,5%	49,5%
Espessura insuficiente	20.640	25,5%	75,1%
Amassada	15.570	19,2%	94,3%
Espessura excessiva	4.320	5,3%	99,6%
Pintada	290	0,4%	100,0%
Total	80.895	100,0%	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Interpretando o Quadro 16, observa-se que três causas especiais (riscada, espessura insuficiente e amassada) são responsáveis por 94,3% das incidências. Por esse motivo, essas são as três causas analisadas neste trabalho, visto que as demais, apresentam menor frequência de ocorrência. A partir desses dados, foi construído um gráfico de Pareto com o objetivo de evidenciar as causas especiais que mais impactam o desperdício de bananas na empresa. A Figura 32 reforça que as três causas mencionadas são responsáveis pela maior parte das perdas.

Figura 32 – Gráfico de Pareto das causas especiais de desperdício de bananas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Considerando as informações apresentadas no Quadro 16 e na Figura 32, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, apresentado na Figura 33, para analisar as três principais causas especiais do desperdício de bananas. Esse diagrama foi estruturado com base nas categorias de Mão de Obra, Método, Máquina, Matéria-prima, Meio Ambiente e Medição, com o objetivo de identificar de forma clara e visual as principais origens dos defeitos nas bananas.

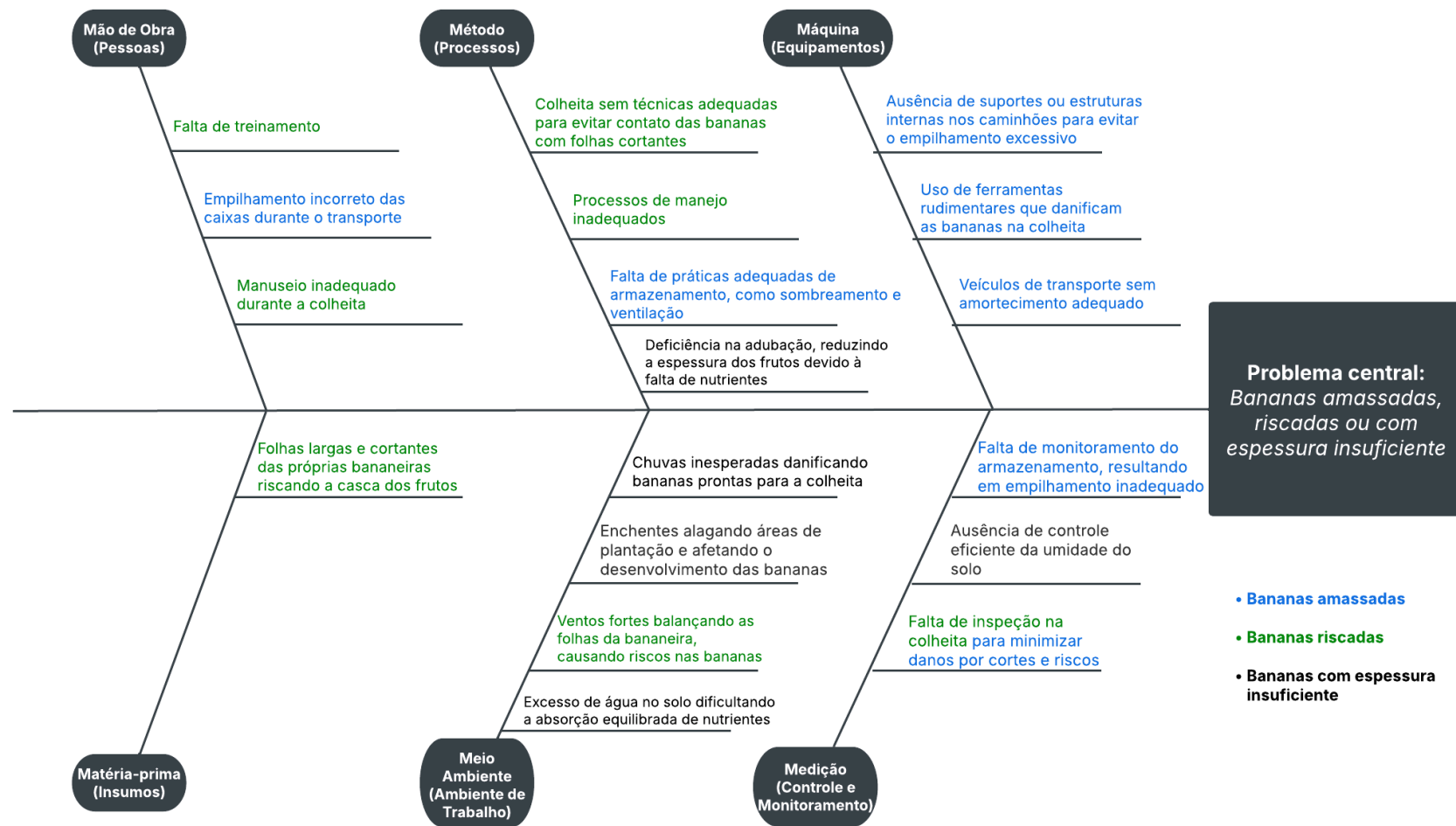
A partir dessa análise, é possível compreender melhor os fatores que contribuem para os desperdícios, facilitando a implementação de soluções direcionadas e eficazes para mitigar os problemas encontrados.

Pode-se analisar, de acordo com o Quadro 16 e a Figura 33, que as bananas classificadas como “riscadas” representam a principal causa de desperdício, totalizando 40.075 unidades. Esse tipo de defeito ocorre quando a casca do fruto sofre cortes ou arranhões, que podem ser causados pelo manuseio inadequado durante a colheita, pelo atrito entre os frutos ou pelo contato com objetos durante o transporte e armazenamento. Além disso, as próprias folhas da bananeira, por serem largas e cortantes, podem riscar ou danificar a casca das bananas, especialmente em períodos de ventos fortes ou quando há movimentação intensa das plantas no cultivo.

O segundo maior fator de desperdício identificado foram as bananas com espessura insuficiente, totalizando 20.640 unidades. Esse defeito ocorre quando os frutos apresentam diâmetro abaixo do padrão estabelecido pela empresa, comprometendo sua aceitação no mercado. Três fatores principais contribuíram para esse problema: as enchentes ocorridas nos primeiros meses de 2024, que alagaram partes da fazenda e afetaram o desenvolvimento das bananeiras; o excesso de chuvas ao longo do período de crescimento dos frutos, resultando em um acúmulo de água no solo e dificultando a absorção equilibrada de nutrientes; e a deficiência na adubação, que impactou diretamente o fornecimento de nutrientes essenciais para o crescimento adequado das bananas.

O terceiro principal motivo de desperdício foram as bananas “amassadas”, correspondendo a 15.570 unidades. Esse defeito ocorre quando os frutos sofrem impactos ou pressão excessiva, comprometendo sua aparência e qualidade. Os danos podem ser causados pelo empilhamento inadequado, pela manipulação incorreta ou pelo excesso de peso durante o armazenamento e transporte.

Figura 33 – Diagrama de Ishikawa das causas especiais de desperdício de bananas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Compreendendo as principais causas dos defeitos nas bananas, é possível propor melhorias para reduzir os impactos desses problemas. Com base nos fatores identificados, serão sugeridas ações que busquem otimizar os processos de produção, minimizar as perdas e garantir que as bananas atendam aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado.

4.4 Proposição de melhorias

Com base nas causas identificadas na análise apresentada na sessão 4.2, foram elaboradas ações para evitar/minimizar a repetição dos problemas destacados. O objetivo é propor melhorias que possam ser implementadas para prevenir a recorrência dessas situações, visando reduzir os desperdícios e otimizar os processos na empresa.

Uma das causas mais relevantes foi o defeito nas bananas riscadas, que pode ser minimizado com ações focadas no manuseio durante a colheita e o transporte. Para isso, é essencial investir em treinamentos para os trabalhadores, a fim de garantir que a colheita seja realizada de maneira cuidadosa, evitando o contato brusco entre os frutos e com outros objetos. A implementação de equipamentos de proteção, como luvas acolchoadas e cestas de colheita com revestimento interno macio, pode ajudar a reduzir o atrito e proteger as bananas.

Além disso, a melhoria dos equipamentos de colheita, como o uso de facões com lâminas mais finas e revestidas com material que minimize o risco de danos, pode reduzir consideravelmente o risco de cortes e arranhões nas cascas. Outro ponto importante é a utilização de embalagens adequadas durante o transporte e o armazenamento, como caixas plásticas com divisórias de espuma ou papelão ondulado, que previnem o atrito entre as bananas, diminuindo o risco de danos durante o manuseio.

O defeito de espessura insuficiente também representa uma preocupação significativa. A principal causa desse problema foi o impacto das enchentes de 2024, que afetaram diversas áreas da fazenda. Vale ressaltar que o município de Ipanguaçu declarou estado de calamidade pública em razão dos alagamentos e transbordamentos provocados pelas fortes chuvas (G1, 2024), o que impactou diretamente na produção. Como consequência, as bananas presentes nas áreas alagadas apresentaram diâmetro abaixo do padrão desejado. Para minimizar esse problema, é essencial implementar melhorias no sistema de drenagem das áreas de cultivo, como a construção de canais e bacias de retenção para evitar alagamentos e promover uma drenagem eficiente.

A adoção de técnicas de plantio em áreas mais elevadas ou a construção de canteiros elevados pode evitar o acúmulo de água nas raízes das bananeiras, melhorando o crescimento das plantas. Além disso, deve-se ajustar o manejo agrícola, adotando técnicas de irrigação controlada, como sistemas de gotejamento, que permitem o fornecimento adequado de água durante períodos de seca sem o risco de alagamentos.

O monitoramento constante das condições climáticas, por meio de estações meteorológicas locais, pode antecipar eventos climáticos adversos e permitir a adoção de medidas corretivas rápidas, como a proteção temporária das plantas contra chuvas excessivas.

Por fim, o desperdício de bananas amassadas, causado por impactos ou pressão excessiva durante o transporte e o armazenamento, pode ser reduzido com melhorias na forma como as bananas são armazenadas e manipuladas. É fundamental reorganizar o processo de armazenamento, utilizando prateleiras ou paletes que permitam uma distribuição adequada do peso e evitem o empilhamento excessivo.

A implementação de sistemas de transporte mais modernos, como caminhões com suspensão pneumática, pode reduzir os impactos durante o trajeto e garantir um transporte mais suave. Além disso, o uso de bandejas plásticas com gavetas separadoras, que evitam o contato direto entre as bananas, pode minimizar os danos causados por pressão excessiva.

O treinamento contínuo dos colaboradores sobre a importância do cuidado no manuseio das bananas, com foco na forma correta de empilhar e transportar os frutos, também é crucial para preservar a qualidade do produto.

Diante das informações analisadas, foi desenvolvido um plano de ação 5W2H para estruturar de forma clara as iniciativas necessárias para reduzir o desperdício de bananas. Esse plano é apresentado no Quadro 17.

Quadro 17 – Plano de ação 5W2H para redução do desperdício de bananas.

<i>What</i> (O quê?)	<i>Why</i> (Por quê?)	<i>Where</i> (Onde?)	<i>When</i> (Quando?)	<i>Who</i> (Quem?)	<i>How</i> (Como?)	<i>How Much</i> (Quanto custa?)
Treinamento dos trabalhadores para manuseio adequado das bananas	Reduzir danos causados pelo contato brusco e minimizar perdas na colheita e transporte	Área de colheita e transporte	Implementação imediata e reciclagem a cada 6 meses	Gestor de produção	Realização de treinamentos periódicos sobre boas práticas de colheita e manuseio	R\$ 5.000/ano
Fornecimento de EPIs adequados para os trabalhadores	Proteger as bananas contra arranhões e impactos	Setor de colheita	Assim que os equipamentos forem adquiridos	Gerente de compras	Implementação de luvas acolchoadas e cestas com revestimento macio	R\$ 3.500 (aquisição inicial)
Melhoria dos equipamentos de colheita (facões com lâminas finas e revestidas)	Reduzir cortes e arranhões na casca das bananas	Área de colheita	Curto prazo (até 3 meses)	Gerente de manutenção	Substituição gradual dos equipamentos antigos	R\$ 7.000
Uso de embalagens adequadas	Evitar atrito entre as bananas no transporte e armazenamento	Setor de transporte e armazenamento	Curto prazo (até 2 meses)	Gerente de logística	Compra de caixas plásticas com divisórias de espuma ou papelão ondulado e substituição das embalagens atuais	R\$ 12.000
Melhoria do sistema de drenagem na plantação	Evitar impactos das enchentes que afetam a qualidade das bananas	Áreas de cultivo	Implementação antes do próximo período chuvoso	Engenheiro agrônomo	Construção de canais, bacias de retenção e canteiros elevados	R\$ 25.000
Implementação de técnicas de irrigação controlada (gotejamento)	Evitar excesso ou falta de água para garantir o crescimento adequado das bananas	Plantações	Médio prazo (até 6 meses)	Engenheiro agrícola	Instalação de sistemas de irrigação por gotejamento	R\$ 30.000

<i>What</i> (O quê?)	<i>Why</i> (Por quê?)	<i>Where</i> (Onde?)	<i>When</i> (Quando?)	<i>Who</i> (Quem?)	<i>How</i> (Como?)	<i>How Much</i> (Quanto custa?)
Monitoramento climático com estações meteorológicas	Antecipar eventos adversos e permitir ações preventivas	Áreas de cultivo	Imediato e contínuo	Gestor agrícola	Instalação e uso de sensores meteorológicos locais	R\$ 15.000
Reorganização do armazenamento com prateleiras e paletes adequados	Reduzir pressão e impactos excessivos nas bananas	Setor de armazenamento	Curto prazo (até 2 meses)	Gerente de almoxarifado	Implementação de novas estruturas para distribuição de peso	R\$ 10.000
Uso de caminhões com suspensão pneumática	Reduzir impactos no transporte para minimizar amassamento das bananas	Setor de transporte	Médio prazo (até 6 meses)	Gerente de logística	Aquisição ou adaptação de veículos com suspensão adequada	R\$ 50.000
Implementação de bandejas plásticas com gavetas separadoras	Evitar contato direto entre as bananas, reduzindo danos por pressão	Transporte e armazenamento	Curto prazo (até 3 meses)	Gerente de logística	Substituição de embalagens convencionais por bandejas mais seguras	R\$ 8.000
Treinamento contínuo sobre o correto empilhamento e transporte das bananas	Garantir que os colaboradores entendam e apliquem boas práticas para minimizar perdas	Todas as etapas do processo	Treinamentos regulares (a cada 4 meses)	Gestor de produção	Aulas teóricas e práticas sobre manuseio correto	R\$ 6.000/ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou responder à seguinte questão: “Como o controle estatístico de qualidade pode identificar e mitigar os impactos negativos do desperdício de bananas em uma empresa do ramo alimentício?”. Com base na análise dos dados, concluiu-se que o Controle Estatístico de Qualidade é uma ferramenta eficaz para monitorar e minimizar perdas. O uso do gráfico de controle da fração não-conforme permitiu identificar variações no processo, enquanto o diagrama de Ishikawa e o diagrama de Pareto ajudaram a classificar e priorizar as principais causas do desperdício. Dessa forma, foi possível identificar os fatores que mais impactam a perda de bananas e propor soluções para reduzir esses desperdícios.

O objetivo geral do trabalho foi atingido, pois a pesquisa demonstrou que a aplicação do Controle Estatístico de Qualidade pode reduzir o desperdício de bananas. Quanto aos objetivos específicos, todos foram atendidos. Foi possível construir um fluxograma detalhado do processo produtivo, identificar que a fração não-conforme das bananas estava fora de controle estatístico, diagnosticar as causas especiais das perdas utilizando o diagrama de Ishikawa, classificar essas causas por meio do diagrama de Pareto e, por fim, propor melhorias e um plano de ação 5W2H para mitigar os principais problemas identificados.

Ao longo do estudo, foram destacadas informações relevantes sobre a produção de bananas no Brasil e, mais especificamente, no município de Ipanguaçu-RN. Também foi enfatizada a importância do Controle Estatístico de Processos para a redução de desperdícios na indústria alimentícia. A pesquisa demonstrou que as principais falhas no processo estavam associadas a defeitos como bananas riscadas, amassadas e com espessura insuficiente, permitindo uma compreensão mais detalhada dos problemas e embasando a proposição de soluções por meio das ferramentas da qualidade.

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a disponibilidade restrita de dados históricos da empresa, o que limitou uma análise mais aprofundada da evolução dos desperdícios ao longo dos anos. Além disso, a implementação das ações propostas demanda investimentos por parte da empresa, o que pode influenciar o ritmo de aplicação das melhorias sugeridas. A pesquisa também se limitou a uma análise específica dentro de uma única empresa, o que pode restringir a generalização dos resultados para outras realidades do setor. Outro fator que impactou os resultados foi o fenômeno natural das enchentes de 2024, que causou o alagamento de parte das plantações de banana. Esse evento resultou em um aumento

na produção de frutas não-conformes, uma vez que as condições adversas afetaram o desenvolvimento adequado das bananeiras, elevando a taxa de desperdício observada no estudo.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da pesquisa para outras empresas do setor, a fim de verificar se os padrões identificados se repetem em diferentes contextos produtivos. Considerando que a empresa possuía apenas um banco de dados com o histórico de três anos de colheita, futuros trabalhos podem buscar formas de expandir o período de análise, como utilizar tecnologias de monitoramento em tempo real para coletar dados continuamente. Além disso, seria interessante realizar um levantamento retroativo, coletando dados de registros manuais ou outros sistemas usados pela empresa no passado, a fim de ampliar o período de análise e obter uma visão mais ampla das tendências ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

BERTI, R. C.; SANTOS, D. C. **Importância do controle de qualidade na indústria alimentícia**: prováveis medidas para evitar contaminação por resíduos de limpeza em bebida UHT. São Paulo: Atas de Ciências da Saúde, 2016.

Bizagi Modeler. Versão 4.0, 2024. Disponível em: <<https://www.bizagi.com/pt/plataforma/modeler>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

BONFÁ, L. J. **O desperdício de frutas, verduras e legumes em supermercados**. Brasília, DF: [s. n.], 2017.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: QFCO, 1992.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade**: Conceitos e Técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, F. R. **Gestão da qualidade**. Volume Único. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2012.

DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Banana**. EMBRAPA, 2023a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana#:~:text=O%20Brasil%20é%20o%20quarto%20produtor%20mundial%20de%20banana%2C%20depois,e%20no%20Oeste%20do%20Pacífico>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **O cultivo da bananeira**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2022. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005043/1/LivroBanana.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Perdas e desperdícios de alimentos**. EMBRAPA, 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 10 fev. 2024

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Tabela – Produção brasileira de banana em 2022**. EMBRAPA, 2023b. Disponível em: <https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2024.

FAO. **Global food losses and food waste – extent, causes and prevention**. 2011. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

G1. **Ipanguaçu decreta calamidade pública em áreas afetadas por chuvas e transbordamentos de açudes**. G1, 2 abr. 2024. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2024/04/02/ipanguacu-decreta-calamidade-publica-em-areas-afetadas-por-chuvas-e-transbordamentos-de-acudes.ghtml>>. Acesso em: 22 mar. 2025.

GORAYEB, T. C. C. et al. **Estudo das perdas e desperdício de frutas no Brasil**. Ourinhos, SP: Anais Sintagro, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades – Rio Grande do Norte – Ipanguaçu – Panorama**. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/ipanguacu/panorama>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades – Rio Grande do Norte – Ipanguaçu – Censo Agropecuário**. IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/ipanguacu/pesquisa/24/27745>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

JESUS, C.; PIRES, I. “Fechar o ciclo”. **A contribuição da economia circular para o combate ao desperdício alimentar**. Revista Ecologias Humanas, vol. 4, 2018. ISSN: 2447-3170. Editora SABEH.

LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 9. ed. Grupo GEN, 2021. *E-book*. ISBN 9788597026559. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026559/>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

LINS, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade**. [S. l.]: Ciência da Informação, 1993.

Lucidchart. (2025). **Lucidchart: Diagramação e visualização de processos**. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com>>. Acesso em: 08 mar. 2025.

LUCINDA, M. A. **Análise e melhoria de processos: uma abordagem prática para micro e pequenas empresas**. Porto Alegre: Simplíssimo Livros, 2016.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade**. Inhumas, GO: Rede e-Tec Brasil, 2012.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 8. ed. [S. l.]: Grupo GEN, 2022. *E-book*. ISBN 9786559770670. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MELÔNIO, E. P. M. **Ferramenta 5W2H: a importância do plano de ação para tomadas de decisão no empreendedorismo**. 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/bitstream/177683/3480/1/Eula%20Pereira%20Moura%20Mel%C3%B4nio.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2025.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521631873/>>. Acesso em: 04 fev. 2025.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

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

Portal Sebrae. **Brasil é o 4º produtor mundial de banana**. Sebrae, 2023. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/brasil-e-o-4-produtor-mundial-de-banana,1f00286bf0837810VgnVCM1000001b00320aRCRD#:~:text=O%20cultivo%20da%20banana%20exige,entre%2020%20e%2030%20graus.>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

RAMOS, E.; DE ALMEIDA, S. S.; DOS REIS ARAÚJO, A. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RANIERI, L. M.; DELANI, T. C. de O. **Banana verde (*Musa spp*): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente**. Paraná: Revista UNINGÁ Review, 2014.

ROCHA, J. T. da et al. **Avaliação da qualidade do leite “in natura”**: um estudo de caso. Santa Maria, RS: Ciência e Natura, 2020.

SANTOS, M.; LIMA, J. **Planejamento Estratégico para Gestão Pública**. Biblioteca Virtual, 2022. Disponível em: <<https://www.bvirtual.com.br/NossoAcervo/Publicacao/186576>>. Acesso em: 24 fev. 2025.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2012. *E-book*. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

SILVA, S. B. et al. **Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes**. São Cristóvão, SE: Anais do XI SIMPROD, 2019.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Bookman, 2015.