



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CRISTIANE DE OLIVEIRA PEREIRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA SECAGEM ARTIFICIAL DE  
SOJA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA**

LUÍS EDUARDO MAGALHÃES - BA

2025

CRISTIANE DE OLIVEIRA PEREIRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA SECAGEM ARTIFICIAL DE  
SOJA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Oeste da Bahia, Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Armando Dias Duarte

LUÍS EDUARDO MAGALHÃES - BA

2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

P436 Pereira, Cristiane de Oliveira.

Controle estatístico de processo na secagem artificial de soja: estudo de caso na indústria./  
Cristiane de Oliveira Pereira. - 2025.

65 f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Armando Dias Duarte.

Trabalho de Conclusão de Curso: (Graduação em Engenharia de Produção) –  
Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães,  
Luís Eduardo Magalhães, BA, 2025.

1. Controle estatístico de processos. 2. Controle da qualidade. 3. Secagem de grãos.

I. Duarte, Armando Dias. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro  
Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães. III. Título.

---

CDD: 658.562

BIBLIOTECAS UFOB - Biblioteca Universitária de Luís Eduardo Magalhães

CRISTIANE DE OLIVEIRA PEREIRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA SECAGEM ARTIFICIAL DE  
SOJA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Oeste da Bahia, Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Armando Dias Duarte

Aprovada em: 01/08/2025

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Armando Dias Duarte  
(Orientador)

---

Prof. Me. Eder Costa Cassettari  
(Universidade Federal de São Paulo - USP)

---

Prof. Dr. Adriano David Monteiro de Barros  
(Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB)

(A versão assinada deste documento encontra-se com a coordenação de curso)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me sustentar com confiança, coragem, resiliência e sabedoria ao longo desta jornada acadêmica, marcada por desafios, tropeços e valiosos aprendizados que levarei para a vida.

À minha família, em especial ao meu pai Miguel, à minha mãe Maria Amélia e às minhas irmãs Milene e Vitória, que sempre confiaram em meu potencial e se empenharam para que eu tivesse condições de permanecer na universidade.

Às minhas amigas e companheiras de caminhada na graduação, Ana Beatriz, Francisca Filomena e Paula Luiza, por dividirem os pesos e multiplicarem as alegrias. Com a presença e o apoio de vocês, tudo tornou-se mais fácil.

Aos demais colegas de curso, agradeço pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento e pelos momentos de descontração. De modo singular, agradeço ao colega Alan Gomes, que me incentivou a realizar a inscrição no SISU e a confiar na minha aprovação.

Ao meu orientador, Professor Dr. Armando Duarte, à coordenação do curso de Engenharia de Produção e a todos os profissionais do campus UFOB CMLEM, agradeço pela dedicação, apoio e disponibilidade demonstrados durante esses anos.

Aos meus gestores profissionais, pelo respeito e compreensão, que foram fundamentais para que eu pudesse conciliar as responsabilidades acadêmicas com o trabalho, deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, expresso minha mais profunda e genuína gratidão.

## RESUMO

O trabalho apresenta um estudo de caso sobre a aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP) no processo de secagem artificial de soja em uma indústria do oeste da Bahia. A pesquisa justifica-se pela importância da secagem como etapa crítica na preservação da qualidade dos grãos e na competitividade da cadeia produtiva da soja. Foram analisados dois secadores (A e B) durante a safra de 2025, com 90 medições para cada variável: temperatura de secagem, temperatura do grão pós-secagem e umidade do grão pós-secagem. Utilizando cartas de controle X-MR, o estudo identificou instabilidades em algumas variáveis, principalmente relacionadas à temperatura de secagem que necessita de estabilização do processo nos secadores A e B para aplicação do CEP, enquanto a umidade pós-secagem apresentou comportamento estatisticamente mais estável no secador B sendo favorável a aplicação da ferramenta. As causas especiais de variação foram associadas a ajustes operacionais e falhas pontuais de padronização. Além disso, verificou-se que os ajustes no processo de secagem podem ser influenciados por fatores externos, como as estratégias de armazenagem adotadas durante a safra, o que demanda atualização dos limites de controle em intervalos mais frequentes para evitar perdas de estabilidade. Como resultado, o trabalho recomenda manutenção preventiva do sistema de secagem, melhorias na automação, monitoramento contínuo, padronização de procedimentos e capacitação da equipe, contribuindo para maior previsibilidade, confiabilidade do processo e qualidade do produto final. Sugere-se, ainda, ampliar o estudo para outros tipos de secadores, integrar tecnologias de monitoramento em tempo real, essa abordagem viabilizará a implementação de outras cartas de controle, como  $\bar{x}$  e S, e fomentará o desenvolvimento de modelos matemáticos que apoiem a tomada de decisão com foco na otimização da eficiência do processo de secagem.

**Palavras-chaves:** Controle estatístico da Qualidade; Amplitude Móvel; Soja.

## ABSTRACT

The study presents a case study on the application of Statistical Process Control (SPC) in the artificial drying process of soybeans in an industry located in western Bahia. The research is justified by the importance of drying as a critical step in preserving grain quality and enhancing the competitiveness of the soybean production chain. Two dryers (A and B) were analyzed during the 2025 harvest, with 90 measurements for each variable: drying temperature, post-drying grain temperature, and post-drying grain moisture. Using X-MR control charts, the study identified instabilities in some variables, mainly related to drying temperature, which requires process stabilization in dryers A and B for effective SPC application, whereas post-drying moisture showed statistically more stable behavior in dryer B, favoring the use of the tool. Special causes of variation were associated with operational adjustments and occasional standardization failures. Furthermore, it was found that adjustments in the drying process may be influenced by external factors, such as storage strategies adopted during the harvest, which requires updating control limits more frequently to prevent stability losses. As a result, the study recommends preventive maintenance of the drying system, improvements in automation, continuous monitoring, standardized procedures, and staff training, contributing to greater predictability, process reliability, and final product quality. It is also suggested to expand the study to other types of dryers and integrate real-time monitoring technologies, enabling the implementation of other control charts, such as  $\bar{x}$  and S, and fostering the development of mathematical models that support decision-making focused on optimizing drying process efficiency.

**Keywords:** Statistical Quality Control; Moving Range; Soybeans.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fluxograma operacional .....	15
<b>Figura 2:</b> Processo de secagem.....	17
<b>Figura 3:</b> Secador de fluxo misto .....	20
<b>Figura 4:</b> Exemplo de gráfico de controle.....	23
<b>Figura 5:</b> Gráfico de controle com padrão aleatório .....	24
<b>Figura 6:</b> Gráfico de controle com padrão cíclico, não aleatório .....	24
<b>Figura 7:</b> Diagrama de Ishikawa .....	28
<b>Figura 8:</b> Modelo de pesquisa .....	32
<b>Figura 9:</b> Amostra 89 para temperatura de secagem (SCB).....	33
<b>Figura 10:</b> Amostra 89 para umidade e temperatura do grão pós-secagem (SCB).....	34
<b>Figura 11:</b> Fluxograma do processo de armazenamento na planta industrial .....	36
<b>Figura 12:</b> Procedimento operacional padrão da secagem artificial de soja .....	38
<b>Figura 13:</b> Carta de Controle X-MR da temperatura de Secagem (SCA).....	40
<b>Figura 14:</b> Carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCA) .....	42
<b>Figura 15:</b> Ajuste da carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCA)..	43
<b>Figura 16:</b> Carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCA).....	44
<b>Figura 17:</b> Ajuste da carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCA) .....	45
<b>Figura 18:</b> Carta de controle X-MR da temperatura de secagem (SCB).....	46
<b>Figura 19:</b> Carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCB) .....	47
<b>Figura 20:</b> Ajuste da carta de Controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCB) .	48
<b>Figura 21:</b> Carta de Controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCB).....	49
<b>Figura 22:</b> Ajuste da carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCB) .....	50
<b>Figura 23:</b> Instabilidade na temperatura de secagem (SCA).....	51
<b>Figura 24:</b> Instabilidade na temperatura do grão pós-secagem (SCA) .....	52
<b>Figura 25:</b> Instabilidade na umidade do grão pós-secagem (SCA).....	53
<b>Figura 26:</b> Instabilidade na temperatura de secagem (SCB) .....	54

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Instabilidade na temperatura de secagem (SCA).....	52
<b>Quadro 2:</b> Instabilidade na do grão pós-secagem (SCA).....	53
<b>Quadro 3:</b> Instabilidade na umidade do grão pós-secagem (SCA).....	54
<b>Quadro 4:</b> Instabilidade da temperatura de secagem (SCB).....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivo Geral.....	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 Justificativa .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 O processo de armazenagem dos grãos.....	13
2.2 O processo de Secagem de grãos .....	16
2.3 Controle da Qualidade total .....	21
2.4 Controle Estatístico de Processos .....	23
2.5 Trabalhos que abordam à gestão da qualidade no contexto da soja.....	28
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1 Tipo de Pesquisa .....	30
3.2 Procedimento de Pesquisa.....	31
3.3 Objeto de análise .....	34
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....</b>	<b>35</b>
4.1 Mapeamento do processo.....	35
4.2 Gráficos de controle .....	39
4.2.1 Gráficos de controle – Secador A .....	40
4.2.2 Gráficos de controle – Secador B.....	45
4.3 Identificação das causas especiais.....	50
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A - DADOS COLETADOS - SECADOR A .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B - DADOS COLETADOS - SECADOR B.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja no Brasil tem registros históricos desde 1882, quando D'utra realizou os primeiros testes com variedades da leguminosa no estado da Bahia. A partir dessa iniciativa, diversos estudos foram desenvolvidos em diferentes regiões do país, contribuindo significativamente para o fortalecimento da cultura no cenário agrícola nacional (Bonato; Bonato, 1987).

O Brasil apresentou um ambiente favorável para o crescimento da cultura da soja. Diversos fatores contribuíram para essa expansão, entre os quais destacam-se a adaptação eficiente de variedades e técnicas de cultivo oriundas do sul dos Estados Unidos; a prática do cultivo em sucessão ao trigo; o desenvolvimento de tecnologias adaptadas às diferentes regiões do país; a possibilidade de mecanização completa da cultura; condições de mercado favoráveis; a crescente demanda por óleos vegetais como substitutos das gorduras animais; a expansão acelerada do parque industrial de processamento da soja; e a atuação das cooperativas na produção e comercialização (Bonato; Bonato, 1987).

No cenário global, o Brasil se destaca como um grande produtor de commodities agrícolas. Os grãos, em especial o café, o milho e a soja, estão entre os principais tipos de commodities com forte impacto na economia nacional. Para o agronegócio brasileiro, a cadeia produtiva do complexo da soja, que engloba o grão, o óleo e o farelo, tem se tornado uma das mais relevantes (Reis; Neto, 2022).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024), a produção de soja no Brasil alcançou aproximadamente 152 milhões de toneladas em 2023. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2025), o volume exportado no mesmo ano foi de 101,8 milhões de toneladas, superior ao registrado em 2024, que totalizou 98,8 milhões de toneladas. Apesar da queda nas exportações da oleaginosa em 2024, o país manteve sua posição como o maior exportador global. Essa redução é atribuída à quebra de safra e à acentuada queda nos preços internacionais da soja. Em relação ao farelo de soja, as exportações cresceram 3,1% em 2024, totalizando 23,1 milhões de toneladas, em comparação às 22,4 milhões registradas em 2023.

A Confederação da Agricultura e Pecuária (2023), destaca que a armazenagem de grãos exerce um papel fundamental na cadeia produtiva do agronegócio brasileiro, ao mitigar os impactos causados pelas variações no fluxo de escoamento das commodities. Além disso, ressalta que a armazenagem é estratégica para a logística e a competitividade do setor, pois contribui para o equilíbrio entre oferta e demanda, tanto no aspecto espacial, relacionado à

distância entre as regiões produtoras e consumidoras, quanto no aspecto temporal, que diz respeito ao descompasso entre os períodos de colheita e consumo.

A relevância da cultura da soja para a economia brasileira e sua posição de destaque no cenário internacional evidenciam a necessidade de processos pós-colheita eficientes, capazes de preservar a qualidade do produto e reduzir perdas. A etapa de secagem artificial se apresenta como uma etapa crítica do pré-processamento, sobretudo quando se pretende armazenar grandes volumes de grãos (Lacerda et al., 2023).

Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar a estabilização do processo de secagem por meio da aplicação de metodologias estatísticas, com foco na identificação de pontos de instabilidade e na proposição de melhorias que promovam a padronização, eficiência, confiabilidade e o monitoramento contínuo dessa etapa essencial da cadeia logística. Assim, a questão central que orienta esta pesquisa será: O processo atual de secagem artificial da soja está estável e apresenta condições para ser monitorado por meio do Controle Estatístico de Processo, considerando as variáveis críticas envolvidas?

## **1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a estabilidade do processo de secagem artificial da soja, por meio da aplicação exploratória do Controle Estatístico de Processo (CEP) durante a safra de 2025.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Descrever o processo de secagem artificial da soja, identificando os parâmetros operacionais e as variáveis críticas que influenciam a qualidade final do grão;
- ✓ Coletar dados experimentais das variáveis do processo, com ênfase na temperatura de secagem, temperatura do grão e teor de umidade após a secagem;
- ✓ Desenvolver gráficos de controle do tipo Shewhart para medidas individuais, a fim de avaliar a variabilidade e identificar possíveis instabilidades no processo de secagem;
- ✓ Interpretar os resultados obtidos com base na teoria do Controle Estatístico de Processo, propondo ações de melhoria contínua quando aplicável.

## **1.3 Justificativa**

A preservação da qualidade dos grãos de soja durante o armazenamento, seja em silos ou armazéns, é fundamental para reduzir perdas pós-colheita e aumentar o valor comercial do produto. Para tanto, a gestão eficiente do armazenamento busca minimizar as perdas

quantitativas e qualitativas por meio da utilização de tecnologias como secagem, aeração e controle de pragas, essenciais para evitar danos decorrentes de condições inadequadas (Krzyzanowski et al., 2023).

No contexto brasileiro, Elias, Oliveira e Vanier (2018) ressaltam que, apesar do elevado potencial agrícola, a produção enfrenta perdas significativas devido à insuficiência ou inadequação tecnológica nas infraestruturas de secagem e armazenamento. Nesse cenário, as ferramentas de Controle Estatístico de Processo (CEP) surgem como importantes instrumentos para o monitoramento das variáveis que impactam a qualidade dos processos, garantindo a manutenção de padrões constantes ao longo do tempo (Louzada; Diniz; Ferreira, 2013).

Dessa forma, este trabalho justifica-se pela relevância da aplicação de ferramentas analíticas que permitam avaliar e aprimorar a estabilidade operacional dos secadores utilizados no armazenamento de soja, considerando a importância da secagem como etapa crítica para a preservação da qualidade dos grãos e para a competitividade da cadeia produtiva.

Adicionalmente, o estudo oferece subsídios técnicos que possibilitam uma gestão mais estratégica, com foco na identificação e no tratamento das causas raiz das instabilidades operacionais. No campo científico, a pesquisa também contribui ao explorar a aplicação do CEP em uma etapa crítica da cadeia agroindustrial, a secagem, ainda pouco investigada pela literatura acadêmica.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O processo de armazenagem dos grãos**

De acordo com estudo conduzido pela Confederação da Agricultura e Pecuária (2023), o Brasil enfrenta desafios estruturais significativos no que se refere à capacidade de armazenagem de grãos, essas limitações se manifestam por meio de acentuadas desigualdades regionais, que podem resultar em perdas comerciais expressivas e contribuem para o aumento da volatilidade nos preços do frete rodoviário, especialmente durante os períodos de colheita. Ademais, a atividade de armazenagem cumpre funções sociais importantes, como garantir a segurança alimentar ao oferecer espaço adequado para o armazenamento de estoques, principalmente em cenários de crise econômica ou produtiva.

Ressalta-se que o processo de armazenagem não é capaz de melhorar a qualidade do grão, mas sim, de apenas manter a conservação das características já existentes. Deste modo, não é possível melhorar a qualidade dos grãos durante o armazenamento, se os grãos forem colhidos

e secos de maneira inadequada, permanecerão de baixa qualidade, independentemente de quão bem sejam armazenados (Silva, 1995).

No armazenamento de grãos, o próprio grão é o elemento crucial, pois mesmo em estado de dormência temporária, ele preserva todas as características de um organismo vivo (SENAR, 2018). O objetivo do armazenamento racional consiste em preservar as propriedades qualitativas e quantitativas dos grãos ao longo do período de estocagem, isso ocorre porque os grãos, embora respirem em taxas reduzidas durante o armazenamento, são considerados seres vivos e seus valores nutritivos podem ser afetados por fatores de deterioração, como aspectos físicos, químicos ou biológicos (Borges, 2015).

As perdas no processo de armazenamento de grãos configuram-se como um aspecto crítico que demanda atenção, uma vez que podem decorrer de diversos fatores operacionais. Entre os principais, destacam-se: a descarga inadequada do produto, causando danos mecânicos como quebras e trincas; a presença excessiva de impurezas na massa de grãos; variações nos teores de água da massa do grão; processo de secagem inadequado; e insuficiência na circulação de ar no ambiente de armazenamento (SENAR, 2018).

Outro aspecto relevante e que demanda cuidado no processo de armazenagem é o teor de umidade presente na massa do grão, pois, com baixos teores de umidade, torna-se mais viável o controle de as outras variações nocivas à qualidade do grão. Sendo assim, para um armazenamento seguro de até um ano, após a secagem do grão, o teor de água da soja, por exemplo, necessita estar entre 11% a 12% de umidade (SENAR, 2018).

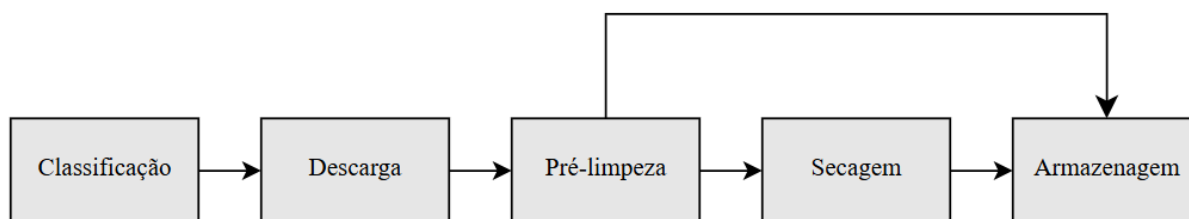
A combinação de altos níveis de umidade com temperaturas elevadas acelera a degradação dos grãos de soja durante o armazenamento. Para que a soja seja considerada adequada para comercialização, é possível armazenar grãos com até 14,8% de umidade por um período de até 180 dias, desde que a temperatura seja mantida entre 20°C e 30°C. Contudo, a 40°C, somente grãos com umidade igual ou inferior a 11,0% podem ser armazenados por esse mesmo período (Alencar *et al.*, 2009).

Entre os fatores que de maior impacto para a conservação dos grãos durante o armazenamento, sobressaem a umidade e a temperatura. Esses elementos, de natureza física, são responsáveis por criar condições favoráveis ao desenvolvimento de agentes de deterioração, como insetos, mofo, bactérias, leveduras e reações químicas, dos quais alguns também dependem da quantidade de oxigênio e do estado de conservação do grão no momento do armazenamento. Outrossim, o processo respiratório dos grãos tende a se intensificar com o aumento da umidade e da temperatura, e quando essas variáveis atingem níveis inadequados,

podem comprometer significativamente a conservação do produto durante o armazenamento (Borges, 2015).

No estágio de maturação fisiológica, os grãos apresentam elevados teores de umidade, o que os torna inadequados tanto para a colheita quanto para o armazenamento. Nessa fase também é comum a contaminação por sementes de outras plantas verdes, como espécies invasoras ou remanescentes de cultivos anteriores. Para garantir a qualidade do produto, é necessário realizar processos de pré-limpeza, limpeza e secagem antes da armazenagem, levando-se em consideração as condições específicas da colheita (SENAR, 2018). Este fluxo operacional pode ser visualizado na Figura 1:

**Figura 1:** Fluxograma operacional



**Fonte:** Adaptado de Borges (2015)

A classificação de grãos foi instituída pela Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, a qual estabelece a obrigatoriedade da classificação dos produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos com valor econômico em todo o território nacional. Tal obrigatoriedade aplica-se, em especial, aos produtos destinados à alimentação humana, às transações realizadas pelo Poder Público e às operações de importação realizadas em portos, aeroportos e postos de fronteira. Conforme o disposto no art. 3º da referida lei, a classificação consiste no processo de identificação das qualidades intrínsecas e extrínsecas de um produto vegetal, com base em padrões oficiais de natureza física ou descritiva.

A classificação de grãos ocorre, preferencialmente, nos momentos de recebimento e expedição, mediante a análise de uma amostra representativa do lote, com o objetivo de avaliar as condições do produto. Tais etapas configuram pontos críticos no processo de comercialização, tanto para os produtores quanto para as empresas receptoras, exigindo, portanto, a adoção de procedimentos adequados de amostragem e classificação (SENAR, 2017).

Na etapa de descarga, as moegas são estruturas destinadas à recepção de produtos a granel. O número dessas estruturas, bem como a capacidade estática da unidade armazenadora, deve ser dimensionado com base em fatores operacionais, tais como os tipos de produtos a

serem recebidos simultaneamente, a expectativa de recebimento por hora, o horário de funcionamento do setor de recepção, o tamanho estimado da fila de caminhões e o tempo de retenção, este último condicionado ao fluxo horário do setor de secagem (Silva, 2010).

A limpeza dos grãos é essencial no processamento pós-colheita, uma vez que os grãos provenientes da lavoura geralmente apresentam elevada quantidade de impurezas, o que compromete sua adequação às etapas subsequentes de secagem, transporte, armazenagem e comercialização. Essas impurezas podem comprometer o desempenho dos sistemas, ocasionando desde uma secagem desuniforme e ineficiente até falhas operacionais severas, como incêndios nos secadores, além de contribuírem para embuchamentos, vazamentos e desgaste precoce dos equipamentos de transporte. Durante a armazenagem, favorecem a formação de bolsões e o acúmulo de resíduos, acelerando a deterioração da massa de grãos. Para evitar esses prejuízos, são utilizadas máquinas de limpeza que possibilitam a redução das impurezas a níveis aceitáveis, conforme a finalidade do produto (Heming, 2016).

A secagem é um processo fundamental no pós-colheita, utilizado para reduzir o teor de umidade dos produtos agrícolas, limitando a disponibilidade de água e, conseqüentemente, prevenindo o desenvolvimento de microrganismos como fungos e bactérias, principais responsáveis por causar grãos ardidos e a produção de micotoxinas. Além disso, a redução da umidade inibe a respiração dos grãos, que leva à perda de massa e geração de calor, e desacelera reações bioquímicas associadas à auto-degradação do produto (Silva, 2005).

As atividades relacionadas ao armazenamento e à manutenção da qualidade dos grãos variam conforme o sistema de conservação adotado, podendo envolver práticas como a movimentação e o acondicionamento da massa, bem como procedimentos técnicos de aeração, transilagem, intra-silagem, expurgo, e retificações em processos anteriores, como secagem e limpeza. Além disso, incluem-se ações voltadas ao controle biológico, como o combate a roedores e a proteção contra o ataque de pássaros (Elias; Oliveira; Vanier, 2018).

## **2.2 O processo de Secagem de grãos**

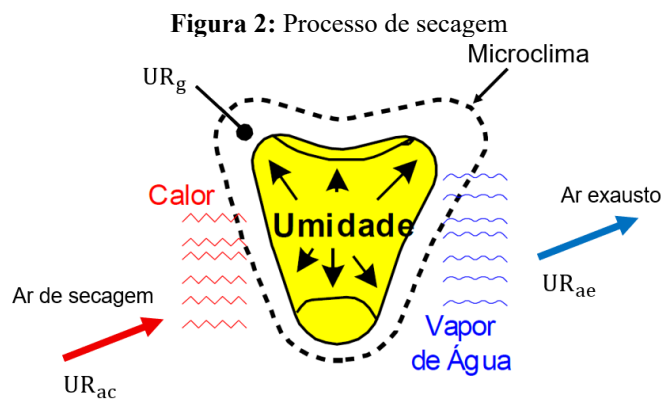
A importância da secagem de produtos agrícolas cresce à medida que aumenta a produção, visto que ela oferece diversas vantagens, como antecipar a colheita, para permitir o uso da área para novos cultivos, redução das perdas do produto no campo, possibilita a armazenagem por períodos mais longos sem risco de deterioração, mantém o poder germinativo por mais tempo e impede o desenvolvimento de microrganismos e insetos (Silva; Afonso; Donzelles, 2008).

Sendo assim é fundamental que os grãos oleaginosos sejam armazenados com baixa umidade, pois isso inibe a atividade enzimática e o crescimento de fungos e bactérias. Quando a umidade é excessiva, é necessário utilizar secadores para garantir que os grãos atinjam o nível de umidade ideal para o armazenamento. Caso a umidade ultrapasse o limite crítico, ocorre a deterioração, que leva à degradação de proteínas, carboidratos e fosfolípidos, resultando na formação de compostos lipossolúveis que contaminam o óleo, alterando suas características de cor, odor e sabor (Oliveira, 2008).

A secagem tem como objetivo reduzir o teor de umidade do produto, tornando-o adequado para uma estocagem prolongada, esse processo envolve a transferência simultânea de calor e massa, onde a remoção da umidade ocorre devido à diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do grão e o ar ao seu redor (Domingues; Caneppele; Caneppele, 2005).

Para que um produto seja submetido ao processo de secagem, é necessário que a pressão de vapor sobre a sua superfície seja superior à pressão de vapor d'água no ar utilizado para a secagem (Silva; Afonso; Donzelles, 2008).

O processo de secagem de grãos depende do gradiente de umidade relativa estabelecido entre o microclima que envolve os grãos ( $UR_g$ ) e o ar circunvizinho ao grão ( $UR_{ac}$ ). A secagem ocorre em três etapas: inicialmente, o ar aquecido por fontes naturais ou artificiais transfere calor aos grãos, estimulando a migração da umidade interna para a superfície, à qual é denominada de microclima. Em seguida, essa umidade é transferida do microclima para o ar de secagem devido à diferença de umidade relativa. Por fim, o ar de secagem, após receber vapor de água e perder calor, transforma-se em ar de exaustão ( $UR_{ae}$ ), conforme apresentado na Figura 2. A eficiência do processo está associada à elevação da  $UR_{ae}$ , sendo que valores próximos a 100% indicam maior capacidade de remoção de umidade pelo ar (Silva, 2005).



Fonte: Silva (2005, p.02)

A velocidade da secagem é influenciada pelas características físicas dos grãos e pela espécie, e a taxa de secagem pode ser elevada por meio do aumento da temperatura do ar ou da quantidade de ar que passa pelo produto (Domingues; Caneppele; Caneppele, 2005).

A secagem pode ser classificada em natural e artificial. A secagem natural ocorre no campo, na planta, sem a intervenção humana, enquanto a secagem artificial envolve o uso de processos manuais ou mecânicos, tanto para o manejo do produto quanto para a circulação do ar pelos grãos. Embora, com o tempo, o produto atinja um teor de umidade adequado para armazenamento, ele permanece vulnerável ao ataque de pragas, tombamento das plantas e às intempéries, o que pode resultar em perdas significativas e comprometimento da qualidade do produto. Além disso, uma desvantagem considerável da secagem natural no campo é o longo período que o produto fica exposto na lavoura, retardando as operações de preparo do solo para o próximo plantio (Silva; Afonso; Donzelles, 2008).

Na secagem artificial, ocorre a intervenção humana para acelerar e melhorar o processo, que pode ser realizada por meio de ventilação natural, ventilação forçada ou convecção natural (Silva; Afonso; Donzelles, 2008). Envolvendo processos manuais ou mecânicos, tanto no manejo do produto quanto no controle do fluxo de ar através dos grãos (SENAR, 2018).

A secagem artificial por ventilação natural difere da secagem natural principalmente pelo fato de que o produto é retirado da planta e espalhado em camadas finas, em um pátio preparado, e a energia usada para remover a umidade provém da radiação solar (Silva; Afonso; Donzelles, 2008). Em locais como terreiros e paióis, a secagem normalmente ocorre por ventilação natural, embora, em muitos casos, o ar seja forçado (SENAR, 2018).

A secagem com ventilação forçada pode ser efetuada utilizando ar de baixa temperatura, alta temperatura ou ainda por meio de um processo combinado. A secagem em baixa temperatura é um processo artificial que emprega ar natural ou aquecido levemente, com uma temperatura até 10°C acima da temperatura ambiente, quando a temperatura ultrapassa esse valor, o processo é denominado secagem de alta temperatura. Por outro lado, a secagem combinada utiliza secadores com alta temperatura para reduzir a umidade inicial do produto, e, após atingir um nível de umidade pré-determinado, o produto é transferido para um sistema de baixa temperatura para completar a secagem (SENAR, 2018).

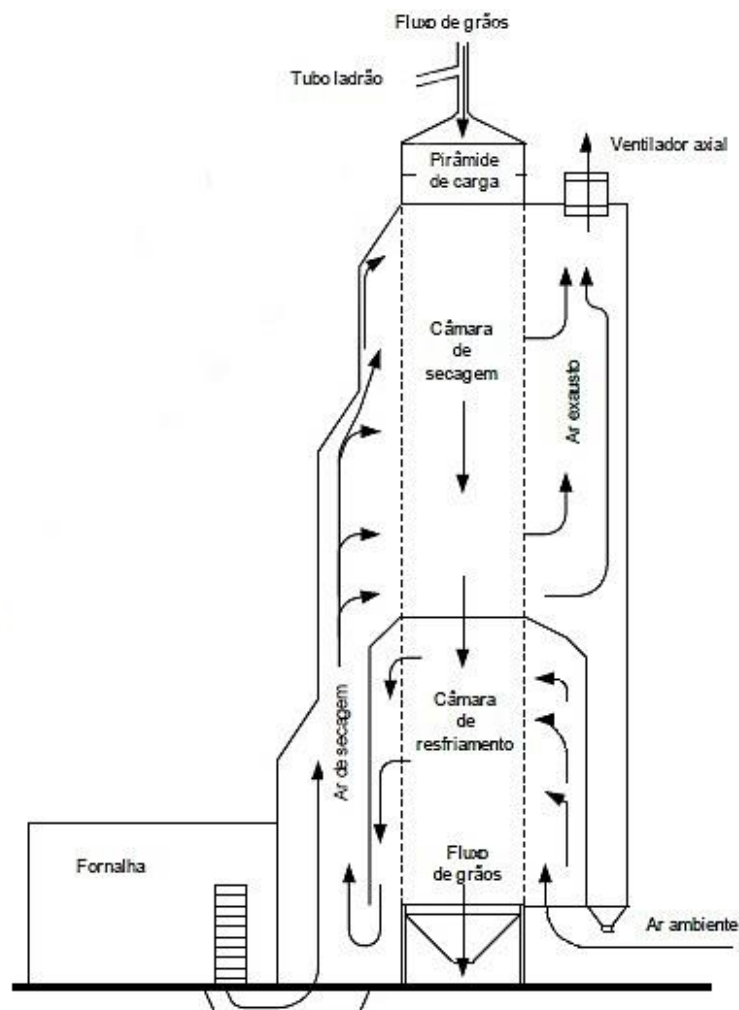
A secagem artificial com ventilação forçada em baixa temperatura utiliza o ar natural ou levemente aquecido, para ser introduzido na massa de grãos, o que torna o processo de secagem mais lento. Isso ocorre devido à pequena quantidade de ar insuflado na massa de grãos e à dependência da capacidade de secagem do ar em seu estado natural. Como é realizada em silos,

essa técnica também é considerada uma secagem durante o armazenamento, permitindo que o produto seja mantido no mesmo silo após a secagem (Silva; Afonso; Donzelles, 2008).

A secagem com altas temperaturas baseia-se na redução da umidade relativa do ar ao aumentar sua temperatura, o que resulta em uma maior capacidade do ar para absorver umidade. Normalmente, o ar é forçado a passar pelo secador utilizando um ventilador, onde tem contato com o produto, após esse contato, o ar sai do secador com temperatura mais baixa e umidade relativa mais alta. A secagem artificial com altas temperaturas é amplamente empregada em fazendas, indústrias de transformação e unidades armazenadoras em todo o mundo. No entanto, o uso de secadores mecânicos a altas temperaturas tem se limitado às regiões com maior desenvolvimento agrícola, pois o investimento inicial necessário para a aquisição desses equipamentos é elevado, o que dificulta seu acesso para pequenos produtores (Silva; Afonso; Donzelles, 2008).

Os secadores mais utilizados incluem os modelos de tipo cascata, fluxo cruzado e leito fixo. Os secadores de fluxos mistos ou do tipo cascata são amplamente utilizados em grandes unidades armazenadoras devido à sua alta capacidade de secagem, que varia de 10 a 120 toneladas de grãos secos por hora. Esses secadores permitem a secagem contínua, mas esse fluxo depende do tipo de grão e teor de umidade inicial. O processo é eficiente, pois o produto é seco em uma única passagem e pode ser ensacado imediatamente após a descarga, graças à presença de uma câmara de resfriamento (SENAR, 2018).

**Figura 3:** Secador de fluxo misto



**Fonte:** Silva (2005, p.07)

Os secadores de fluxo cruzado, amplamente utilizados em propriedades rurais, têm capacidade para secar entre 2 a 10 toneladas de grãos por hora. Nesse tipo de secador, os grãos circulam repetidamente pela câmara de secagem até alcançarem a umidade desejada para o armazenamento. Entre as passagens pela câmara, os grãos são mantidos em uma câmara de repouso por um período determinado, o que facilita o equilíbrio da umidade interna (SENAR, 2018).

Os secadores de leito fixo são responsáveis pela remoção da umidade dos grãos, forçando a passagem de ar aquecido através de fornalhas, enquanto os grãos permanecem em uma camada estacionária. Esse modelo é comumente utilizado em pequenas e médias unidades armazenadoras, devido à sua capacidade de secagem, que varia de 0,25 a 5 toneladas de grãos secos por hora. A temperatura do ar, ajustada conforme o tipo de grão e sua finalidade, seja

para consumo ou produção de sementes, é controlada durante o processo para otimizar os resultados de secagem (SENAR, 2018).

Os secadores podem operar de duas maneiras: em sistema contínuo ou intermitente. No sistema contínuo, o produto entra no secador úmido e sai seco e relativamente frio, passando apenas uma vez pelo processo. Enquanto que no sistema intermitente é utilizado quando os teores de umidade inicial são elevados, geralmente acima de 18%, sendo necessário que o produto passe várias vezes pelo secador para atingir a secagem completa. O operador do equipamento deve estar sempre atento ao nível de umidade na descarga, garantindo que esteja dentro dos parâmetros desejados (Borges, 2015).

As principais não conformidades no processo de secagem envolvem produtos que não foram adequadamente secos, e massas de grãos com temperatura excessiva devido à falha no processo de resfriamento após a secagem. Sempre que forem identificadas essas não conformidades no processo, é necessário adotar medidas corretivas, como reiniciar a secagem de produtos inadequadamente secos, realizar aeração em grãos com temperatura elevada devido à falha no resfriamento ou, quando não houver outra alternativa, realizar a transilagem (Borges, 2015).

### **2.3 Controle da Qualidade total**

A evolução da qualidade pode ser entendida em três fases principais: a era da inspeção, a era do controle estatístico e a era da qualidade total. Na era da inspeção, que ocorreu antes da Revolução Industrial, a verificação dos produtos era realizada tanto pelos produtores quanto pelos clientes, com os artesãos sendo os principais responsáveis por esse processo. O foco dessa fase estava em identificar defeitos de fabricação, mas sem a utilização de uma metodologia formalizada para conduzir a inspeção (Oliveira, 2012).

Na fase seguinte, denominada controle estatístico, a inspeção foi aprimorada com o uso de técnicas estatísticas. Devido ao aumento da demanda mundial por produtos manufaturados, tornou-se inviável a inspeção de produto por produto, como ocorria na era anterior. Em vez disso, passou-se a adotar a amostragem, na qual uma seleção aleatória de produtos representava todo o lote. Inicialmente, o foco ainda era no produto, mas com o tempo, o controle passou a se concentrar no processo de produção, o que possibilitou o surgimento das condições para o início da era da qualidade total (Oliveira, 2012).

Na era da qualidade total, que caracteriza o período atual, o foco das organizações se desloca para o cliente, tornando-o o centro das atenções. As empresas direcionam seus esforços

para atender às necessidades e expectativas dos clientes. A principal característica dessa fase é que todos os setores e funcionários da empresa são responsáveis pela garantia da qualidade dos produtos e serviços. Para isso, é fundamental adotar uma abordagem sistêmica, considerando os inter-relacionamentos e as interdependências entre os diferentes níveis da organização (Oliveira, 2012).

Segundo a visão da gestão contemporânea, a qualidade é entendida como um conceito subjetivo que estabelece uma conexão entre os processos internos das empresas, que produzem bens e serviços de forma planejada, e os clientes finais, que são os principais avaliadores da competência e do esforço das empresas (Britto, 2015).

A qualidade exerce um impacto significativo nos custos, sendo definida pela ausência de problemas relacionados a erros administrativos, defeitos de fabricação, falhas no campo, entre outros. Quanto maior a qualidade, menores serão os erros, defeitos e falhas. Quando os clientes percebem um produto ou serviço como de baixa qualidade, eles frequentemente associam isso a falhas, defeitos e tempos de resposta insatisfatórios (Juran; Defeo, 2015).

Para as empresas, adotar critérios de qualidade se torna uma prioridade. Esse processo de priorização da qualidade como estratégia não se encerra com a implementação do planejamento estratégico. Após essa fase, o próximo passo é o controle da qualidade, momento em que se verifica se tudo o que foi planejado foi efetivamente realizado, questionando, por exemplo, se a qualidade foi de fato incorporada ao produto, se houve redução nos custos de produção e pós-venda e se a produtividade teve aumento significativo (Britto, 2015).

De acordo com a gestão da qualidade, é importante compreender as variações nos processos, que nem sempre correspondem ao planejamento inicial. Essas variações são classificadas em dois tipos: as comuns ou aleatórias, e as casuais. As variações comuns são inerentes ao processo, e decorrem de fatores como o desgaste de materiais ou falhas imprevistas em máquinas, e, portanto, são inevitáveis. Já as variações causais, possuem causas identificáveis e podem ser gerenciadas, permitindo a intervenção para melhorias, como a troca de equipamentos ou o treinamento de funcionários. Ambas, no entanto, podem gerar variações nos processos que precisam ser analisadas pelo gestor (Britto, 2015).

A relação entre qualidade e variabilidade é de natureza inversa, ou seja, quanto menor a variabilidade nas características críticas de um produto, maior será seu nível de qualidade. Nesse sentido, a redução das flutuações nos processos produtivos constitui um fator essencial para a melhoria da qualidade, uma vez que a variabilidade excessiva tende a gerar desperdícios e ineficiências operacionais. Assim, o aprimoramento da qualidade está fundamentado na

capacidade de controlar e minimizar as variações tanto nos processos quanto nos produtos (Montgomery, 2016).

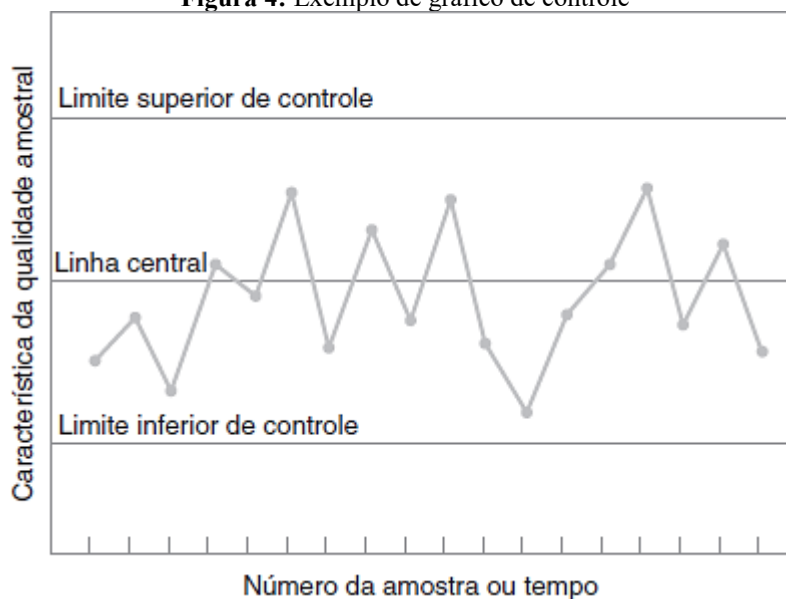
O monitoramento contínuo dos processos é essencial para identificar causas especiais que elevam a dispersão dos resultados ou provocam o desvio da média em relação ao valor alvo. Quando essas causas são detectadas, é necessário investigá-las e adotar ações corretivas para eliminá-las. Nesse contexto, os gráficos de controle constituem a principal ferramenta utilizada para esse tipo de monitoramento e para sinalizar a presença dessas anomalias no processo (Costa; Epprecht; Carpinetti, 2005).

## 2.4 Controle Estatístico de Processos

Para que um produto atenda ou supere as expectativas do cliente, é necessário que seja produzido por um processo estável e replicável, com baixa variabilidade em torno das características de qualidade desejadas. O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta eficaz na obtenção dessa estabilidade, ajudando na melhoria da capacidade do processo ao reduzir sua variabilidade (Montgomery, 2016).

O gráfico de controle é composto por uma linha central, que representa o valor médio da característica de qualidade quando o processo está sob controle, ou seja, quando apenas causas aleatórias estão presentes. Além disso, o gráfico inclui duas linhas horizontais, chamadas de limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC). Esses limites são definidos de forma que, se o processo estiver sob controle, a grande maioria dos pontos amostrais se localizará entre eles (Montgomery, 2016).

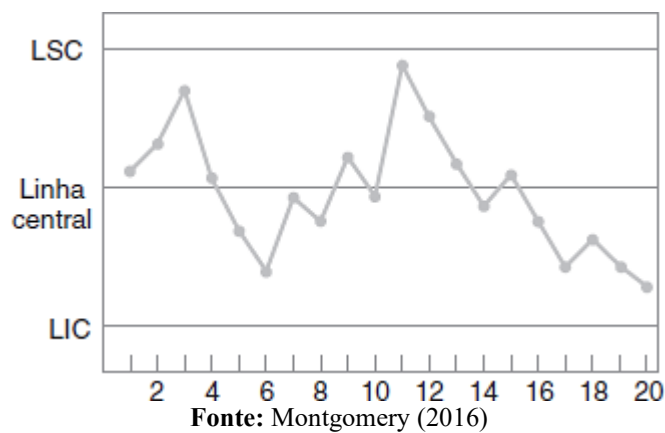
**Figura 4:** Exemplo de gráfico de controle



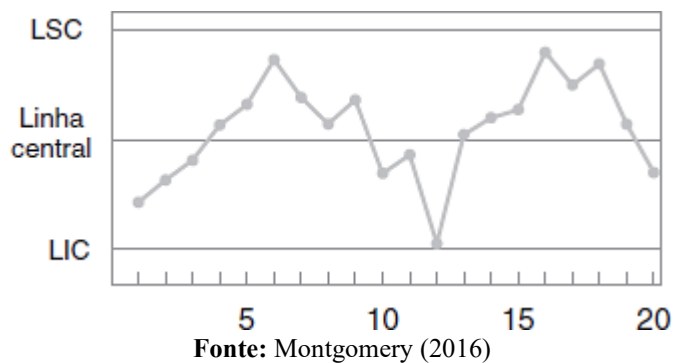
Fonte: Montgomery (2016)

Vários critérios podem ser aplicados simultaneamente a um gráfico de controle para determinar se um processo está fora de controle, sendo que o critério mais básico consiste na presença de um ou mais pontos fora dos limites de controle. No entanto, mesmo que os dados do processo estejam dentro desses limites, a presença de padrões sistemáticos ou comportamentos não aleatórios pode indicar instabilidade. Para que um processo seja considerado estatisticamente estável, é essencial que suas variações apresentem um comportamento predominantemente aleatório (Montgomery, 2016).

**Figura 5:** Gráfico de controle com padrão aleatório



**Figura 6:** Gráfico de controle com padrão cíclico, não aleatório



Os gráficos de controle são classificados de acordo com o tipo de característica de qualidade monitorada, sendo divididos em gráficos para atributos e gráficos para variáveis (Ramos; Almeida; Araújo, 2012).

Quando os dados consistem em valores numéricos obtidos em escalas contínuas como medidas de comprimento, peso, temperatura, diâmetro, entre outras características mensuráveis, eles são classificados como variáveis. Para esses casos, é recomendável utilizar

indicadores estatísticos que representem tanto a tendência central quanto a dispersão da característica de qualidade analisada (Louzada; Diniz; Ferreira, 2013).

Nos casos em que os dados obtidos não se enquadram em uma escala contínua ou quantitativa, eles são classificados como atributos. Nessa situação, a análise consiste, geralmente, em verificar a presença ou ausência de defeitos em cada unidade produzida ou em contabilizar o número de defeitos por unidade. Para o acompanhamento dessas características, empregam-se gráficos de controle especificamente desenvolvidos para atributos (Louzada; Diniz; Ferreira, 2013).

De acordo com Montgomery (2016), a aplicação eficaz dos gráficos de controle estatístico exige que os dados amostrais sejam organizados com base no princípio do subgrupo racional, conforme proposto por Shewhart. Esse princípio orienta que as amostras sejam formadas de modo a ampliar a possibilidade de detecção de variações entre os subgrupos, caso existam causas especiais de variação, e, simultaneamente, a reduzir a ocorrência dessas variações dentro dos próprios subgrupos.

O conceito de subgrupos racionais fundamenta-se na seleção de pequenas amostras coletadas em intervalos temporais regulares, de modo que cada subgrupo seja formado por unidades produzidas em um período muito próximo entre si. Essa abordagem visa garantir a homogeneidade dentro dos subgrupos para facilitar a detecção de variações atribuíveis ao processo (Costa; Epprecht; Carpinetti, 2005).

O conjunto de gráficos de controle  $\bar{x}$  e R é recomendado para o monitoramento de processos em que o tamanho das amostras varia entre duas e dez observações. Embora o gráfico R seja amplamente utilizado para avaliar a variabilidade em amostras pequenas, sua sensibilidade a variações no desvio-padrão torna-se limitada nesse intervalo. À medida que o tamanho amostral cresce, o método baseado na amplitude para estimar a variabilidade perde eficiência considerável. Por essa razão, quando o número de observações por amostra ultrapassa aproximadamente 10 a 12 unidades, é indicado substituir o gráfico R por alternativas mais robustas, como os gráficos fundamentados no desvio padrão ou na variância amostral (Montgomery, 2016).

Além disso, Montgomery (2016) destaca que em diversas circunstâncias, o monitoramento do processo é realizado por meio de amostras unitárias, compostas por uma única observação. Essa condição pode ocorrer, por exemplo, quando os dados são disponibilizados de forma lenta, o que inviabiliza a formação de amostras maiores para análise, ou quando intervalos prolongados entre as observações dificultam a constituição de subgrupos

homogêneos. Nesses contextos, é comum a utilização de gráficos de controle para medidas individuais, nos quais a variabilidade do processo é estimada por meio da amplitude móvel calculada entre duas observações consecutivas.

De acordo com Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), o princípio dos subgrupos racionais indica que não é recomendável agrupar em um mesmo subgrupo observações que estejam muito distantes no tempo. Quando as amostras possuem tamanho unitário ( $n = 1$ ), os tradicionais gráficos de médias e amplitudes ( $\bar{x}$  e  $R$ ) são substituídos pelos gráficos de observações individuais e amplitude móvel, conhecidos também como gráficos de  $x$  e  $MR$ , que permitem monitorar o processo a partir de medidas periódicas isoladas da característica de qualidade.

Sendo assim, quando o processo é monitorado por meio de amostras compostas por uma única observação, torna-se apropriada a aplicação dos gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais. Nessas situações, faz-se necessário utilizar estimadores mais sofisticados para a avaliação da variabilidade, sendo a amplitude móvel um dos métodos comumente empregados para esse fim (Louzada; Diniz; Ferreira, 2013).

Conforme exposto por Montgomery (2016), no que se refere ao gráfico de controle  $x$  de medidas individuais, os parâmetros estabelecidos são

$$LSC = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (1)$$

$$LC = \bar{x} \quad (2)$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (3)$$

Utilizando-se uma amplitude móvel de duas observações, o fator  $d_2$  assume o valor de 1,128.

A amplitude móvel de duas observações consecutivas é obtida por

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (4)$$

Os limites de controle do gráfico de amplitude móvel ( $MR$ ), considerando o tamanho da amplitude igual a dois, podem ser determinados por meio das seguintes equações:

$$LSC = D_4 \overline{MR} \quad (5)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (6)$$

$$LIC = D_3 \overline{MR} \quad (7)$$

Onde  $D_3 = 0,000$  e  $D_4 = 3,267$  para  $h = 2$  ( $n = 2$ ).

Ademais, Montgomery (2016) ressalta que, a análise do gráfico de controle para observações individuais é realizada de forma análoga aos gráficos tradicionais, nos quais a ocorrência de um ou mais pontos fora dos limites de controle indica um possível desvio na

média do processo. Frequentemente, pontos que excedem esses limites podem ser identificados tanto no gráfico de observações individuais quanto no gráfico de amplitude móvel, resultado de valores elevados em observações específicas que afetam diretamente a amplitude móvel. Esse comportamento tipicamente sugere que a média do processo se encontra fora de controle, sem necessariamente indicar alterações simultâneas na variância.

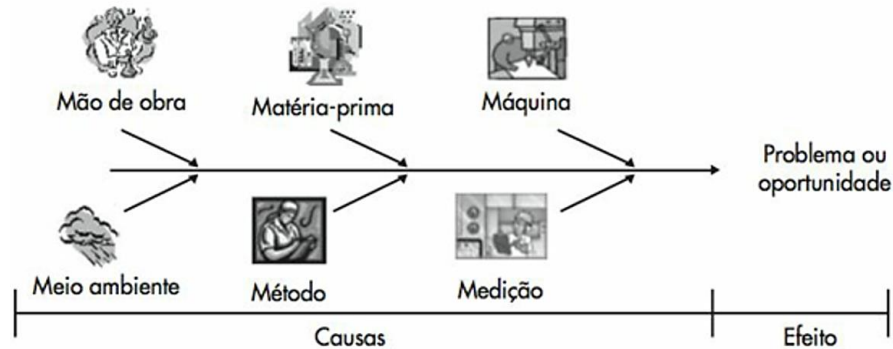
O uso convencional dos gráficos de controle é dividido em duas fases com finalidades distintas. Na Fase I, realiza-se uma análise retrospectiva a partir de um conjunto de dados previamente coletados do processo, com o objetivo de avaliar se o processo esteve sob controle durante esse intervalo. A partir dessa análise, são definidos limites de controle preliminares, que servirão como base para o monitoramento das próximas etapas de produção (Montgomery, 2016). De acordo com o autor, a Fase II tem início quando já se dispõe de um conjunto de dados estáveis e representativos do processo. A partir desse ponto, os gráficos de controle passam a ser utilizados para o monitoramento contínuo, permitindo a comparação das estatísticas amostrais de cada nova amostra com os limites de controle previamente definidos.

Ainda segundo Montgomery (2016), na Fase I do uso dos gráficos de controle, os pontos fora dos limites são identificados e removidos, permitindo o cálculo de novos limites revisados. Esse processo pode exigir várias iterações, nas quais causas especiais são investigadas e corrigidas, os limites são atualizados e o plano de ação é ajustado. Esse ciclo contínuo de análise visa estabilizar o processo, até que se obtenha um conjunto de dados confiável e representativo para ser utilizado na Fase II.

Segundo Montgomery (2016), durante a implementação de um programa de Controle Estatístico de Processo (CEP), além dos gráficos de controle, é comum a utilização das sete ferramentas da qualidade. Embora o gráfico de controle seja uma ferramenta extremamente eficaz na identificação de problemas e na promoção da melhoria contínua, outras ferramentas como o histograma, a folha de verificação, o gráfico de Pareto, o diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa, o diagrama de concentração de defeitos e o diagrama de dispersão também desempenham papéis importantes nesse contexto.

De acordo com Machado (2012), o diagrama de causa-e-efeito constitui uma ferramenta amplamente utilizada na análise e identificação de causas potenciais associadas a efeitos indesejados, como defeitos, falhas ou problemas previamente identificados no processo. Dentre os principais fatores que contribuem para a ocorrência de variações em processos produtivos, destacam-se: mão de obra, método, materiais, meio ambiente, medição e máquinas, conhecidos coletivamente como os 6 Ms.

**Figura 7:** Diagrama de Ishikawa



Fonte: Machado (2012)

Sob essa perspectiva, compreende-se que o problema representa o efeito indesejado do processo, enquanto as variações são interpretadas como suas causas, sendo os 6 Ms os principais elementos a serem analisados no diagnóstico e na resolução de não conformidades (Machado, 2012).

## 2.5 Trabalhos que abordam à gestão da qualidade no contexto da soja

Diversos estudos vêm investigando a gestão da qualidade no contexto da soja, evidenciando tanto avanços metodológicos significativos quanto desafios persistentes ao longo da cadeia produtiva. Esses achados reforçam a importância de aprofundar continuamente as pesquisas nessa área, a fim de promover melhorias sustentáveis e ampliar a eficiência dos processos envolvidos.

Em consonância com a necessidade de mapear processos para a melhoria operacional, Toda *et al.* (2024) conduziram uma pesquisa exploratória e explicativa em uma unidade armazenadora de soja e milho no Mato Grosso do Sul, focando no mapeamento dos processos de recebimento e expedição. Utilizando o software *Bizagi Modeler*, os autores identificaram falhas e desperdícios, aplicando também o Diagrama de Espinha de Peixe e a técnica 5W1H para análise das causas e planejamento de ações corretivas. Os resultados evidenciaram melhorias práticas, embora a ausência de acompanhamento longitudinal dos efeitos das intervenções limite a avaliação da sustentabilidade das mudanças propostas.

No âmbito da gestão integrada, Pereira Junior *et al.* (2023) propuseram melhorias em processos críticos de uma cooperativa de armazenagem, especialmente nos setores de secagem e armazenagem de grãos. Por meio de estudo de caso exploratório, mapearam indicadores de desempenho e delinearam planos de ação que promoveram integração da gestão, melhoria no atendimento e aumento da satisfação dos clientes. O estudo enfatiza a importância da

capacitação dos colaboradores e a flexibilidade metodológica para diferentes contextos organizacionais, destacando, contudo, a necessidade de investigações futuras para mensurar impactos quantitativos a médio e longo prazo.

De modo similar, Leitão, Oppelt e Silva (2020) identificaram, em cooperativa de armazenagem em Unaí (MG), quatro pontos críticos do processo que geram perdas significativas. Por meio de revisão bibliográfica e estudo exploratório, os autores concluíram que ineficiências estruturais, como infraestrutura inadequada e ausência de documentação técnica, que limitam a redução de desperdícios. Essa constatação aponta para lacunas importantes na gestão da qualidade, indicando a necessidade de pesquisas que explorem soluções técnicas e gerenciais mais aprofundadas.

Quanto ao aprimoramento dos métodos de gestão, Pereira Junior, Santos e Valiati (2025) desenvolveram um estudo em unidade do oeste do Paraná, pertencente a uma empresa com mais de 50 unidades na região, para otimizar o método de gestão de processos no setor de secagem e armazenagem. Baseada em revisão bibliográfica, observação direta e entrevistas, a pesquisa aplicou fluxogramas, diagramas de causa e efeito e indicadores de desempenho, resultando na redução e balanceamento das etapas do processo, identificação de pontos críticos, como estrutura física e tempo de espera, impactando nas melhorias operacionais e na satisfação dos clientes. Destaca-se a aplicabilidade flexível do método, embora sejam necessárias análises comparativas com outras metodologias para consolidar sua eficácia.

Por fim, Nascimento *et al.* (2024), em pesquisa bibliográfica sobre a cadeia produtiva da soja no Brasil, destacaram práticas essenciais para o armazenamento eficaz que preserva a qualidade e o valor nutricional dos grãos. A manutenção da qualidade depende do manejo adequado de fatores como escolha do local, controle da umidade e temperatura, manejo de pragas, monitoramento constante, rotatividade do estoque e uso apropriado de embalagens. Falhas nesses aspectos comprometem qualidade, segurança e viabilidade comercial. Os autores ressaltam que o armazenamento adequado, aliado a práticas integradas, é fundamental para reduzir perdas pós-colheita, garantir segurança alimentar e maximizar a rentabilidade e sustentabilidade da produção, embora reconheçam que a implementação plena dessas práticas ainda enfrenta desafios operacionais significativos.

Em síntese, os estudos apresentados sobre a gestão da qualidade no contexto da soja destacam a importância estratégica desse tema para a cadeia produtiva, evidenciando avanços metodológicos significativos, assim como desafios operacionais que ainda precisam ser superados. A diversidade de abordagens, que vai do mapeamento detalhado dos processos à

implementação de métodos integrados de controle e gestão, demonstra a complexidade do assunto e a necessidade de soluções flexíveis e adaptáveis aos diferentes contextos organizacionais. Portanto, a continuidade e o aprofundamento das pesquisas nessa área são essenciais para promover a inovação, fortalecer a competitividade do setor e garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da produção de soja.

### **3 METODOLOGIA**

A construção do conhecimento científico exige o uso de instrumentos e práticas tecnológicas específicas, que devem ser organizados e orientados por métodos compatíveis com o objeto de estudo. O sofisticado conjunto de técnicas utilizado não é empregado de maneira aleatória, mas sim de forma planejada, seguindo um roteiro preciso, com base em um método de pesquisa específico. A aplicação do instrumental tecnológico está, portanto, vinculada a um processo metodológico, refletindo a prática do método de pesquisa em questão (Severino, 2017).

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

A classificação tradicional das pesquisas por sua finalidade divide-as em duas grandes categorias: a pesquisa básica, visa preencher lacunas no conhecimento, e a pesquisa aplicada, busca solucionar problemas práticos nas sociedades em que os pesquisadores atuam. Embora com objetivos distintos, as pesquisas básicas podem ser utilizadas para resolver problemas práticos, enquanto as pesquisas aplicadas também podem contribuir para o avanço do conhecimento científico e levantar novas questões para investigação (Gil, 2022).

Em relação à forma de abordagem do problema por ser classificada em quantitativa e qualitativa. Sendo assim, a pesquisa quantitativa se fundamenta na ideia de que tudo pode ser medido numericamente, transformando dados, opiniões e informações em números que podem ser classificados e analisados por meio de técnicas estatísticas, como média, percentagem e análise de regressão. Já a pesquisa qualitativa reconhece a relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, enfatizando que a subjetividade não pode ser traduzida em números, nesse tipo de pesquisa, a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são centrais, sem o uso de métodos estatísticos (Matias-Pereira, 2016).

As pesquisas podem ser classificadas em três categorias principais, de acordo com seus objetivos gerais: exploratórias, descritivas e explicativas. As pesquisas exploratórias buscam familiarizar o pesquisador com o problema, com um planejamento flexível para considerar

diversos aspectos do fenômeno, sendo assim mais difícil de ser caracterizada. Por outro lado, as pesquisas descritivas têm o objetivo de descrever características de populações ou fenômenos e identificar relações entre variáveis, sendo comuns em estudos profissionais. As pesquisas explicativas, por sua vez, visam identificar fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos e são as mais complexas, pois aprofundam o conhecimento da realidade, uma pesquisa explicativa pode dar continuidade a uma pesquisa descritiva, já que a identificação dos fatores que influenciam um fenômeno requer que ele seja adequadamente descrito e detalhado (Gil, 2022).

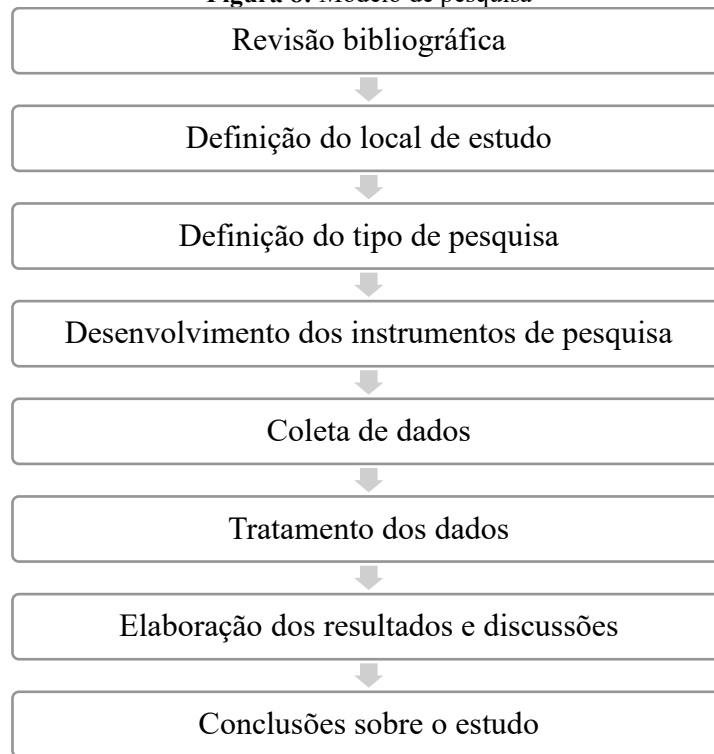
Oriundo dos procedimentos técnicos, é importante elencar o estudo de caso e a pesquisa bibliográfica bem frequentes em objetos de pesquisa. A pesquisa bibliográfica é usada para conhecer as contribuições científicas sobre um determinado tema tem como objetivo recolher, selecionar, analisar e interpretar as contribuições teóricas já existentes sobre o assunto (Matias-Pereira, 2016). Enquanto o estudo de caso é uma abordagem de pesquisa muito comum nas ciências sociais, caracterizando-se pelo estudo profundo e detalhado de um ou poucos casos, algo difícil de ser alcançado por meio de outras metodologias, pois permite uma exploração de situações da vida real com limites não claramente definidos, a preservação do caráter unitário do objeto de estudo, a descrição do contexto da investigação, a formulação de hipóteses ou desenvolvimento de teorias, e a explicação das variáveis causais de fenômenos complexos, em situações em que levantamentos e experimentos não são viáveis. (Gil, 2022).

### **3.2 Procedimento de Pesquisa**

O presente trabalho consiste em um estudo de caso, por envolver a investigação aprofundada de um fenômeno técnico operacional em um ambiente específico e real de produção. Trata-se de um estudo de natureza descritiva, ao se dedicar à caracterização sistemática dos elementos operacionais e das condições do processo, e exploratória, ao buscar identificar padrões, anomalias e potenciais de melhoria ainda não plenamente mapeados.

Sendo assim, o procedimento metodológico de pesquisa seguiu os passos apresentados na Figura 8:

**Figura 8:** Modelo de pesquisa



**Fonte:** Autora (2025)

A presente pesquisa teve início com uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de consolidar a base teórica necessária ao desenvolvimento do estudo. Foram analisadas publicações científicas e técnicas relacionadas ao armazenamento e secagem de grãos, bem como à aplicação de ferramentas da gestão da qualidade no contexto da cadeia produtiva da soja.

Na sequência, realizou-se a definição do local de estudo, com a correspondente delimitação do processo analisado e a identificação das variáveis críticas de interesse, que serviram de base para as etapas subsequentes. A seguir, foi estabelecido o tipo de pesquisa, considerando os objetivos da investigação, a abordagem metodológica e os procedimentos técnicos mais adequados à natureza do estudo.

Com as variáveis definidas, foi elaborada uma planilha estruturada para a coleta de dados, de forma a viabilizar o registro sistemático e confiável das informações durante a etapa de campo. Em seguida, procedeu-se à solicitação formal da autorização para a execução da pesquisa no ambiente operacional selecionado.

Após a autorização, foram preparados os materiais e instrumentos necessários para a coleta, incluindo sacos para amostras, peneira para remoção de impurezas, coletor, e determinador de umidade. Também foi realizada uma verificação em campo nos secadores SCA

(Secador A) e SCB (Secador B), com o objetivo de localizar as telas de monitoramento da temperatura de secagem, que serviram de base para a obtenção de dados.

Considerando que o processo de secagem depende da alimentação contínua de soja, oriunda da descarga ou do silo pulmão, e que o tempo médio de residência no secador varia entre 1h e 1h30, foi estabelecida uma estratégia de coleta destinada a minimizar o risco de detecção de estabilidades falsas, causadas por interrupções ou variações momentâneas no fluxo. Para isso, foram coletadas cinco amostras distribuídas aleatoriamente ao longo do dia, respeitando intervalos mínimos de 30 minutos entre as coletas realizadas no mesmo dia, bem como um intervalo de 24 horas entre as coletas realizadas em dias consecutivos.

Para cada um dos secadores avaliados, foram coletadas 90 amostras referentes a três variáveis críticas do processo: temperatura de secagem, temperatura dos grãos pós-secagem e umidade dos grãos pós-secagem.

**Figura 9:** Amostra 89 para temperatura de secagem (SCB)



**Fonte:** Autora (2025)

**Figura 10:** Amostra 89 para umidade e temperatura do grão pós-secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

Concluída a coleta de dados, procedeu-se com o tratamento estatístico das informações, fundamentado nos princípios do Controle Estatístico de Processos, e construção e análise das cartas de controle da média ( $\bar{X}$ ) e da amplitude móvel (MR).

Com a definição da estratégia analítica, os dados foram processados no software Minitab, amplamente utilizado em aplicações industriais de controle estatístico. A partir disso, foi construída uma carta X-MR específica para cada variável de cada secador, permitindo uma análise diagnóstica da variabilidade e contribuindo para uma compreensão mais precisa da estabilidade do processo, além de fornecer subsídios para futuras ações de controle e melhoria contínua.

### 3.3 Objeto de análise

O estudo de caso foi conduzido no setor de armazenagem, com foco no processo de secagem artificial da soja, em uma indústria multinacional voltada ao esmagamento do grão para a produção de farelo, óleo refinado e demais derivados. A planta industrial está situada na região oeste da Bahia, onde opera há mais de 25 anos.

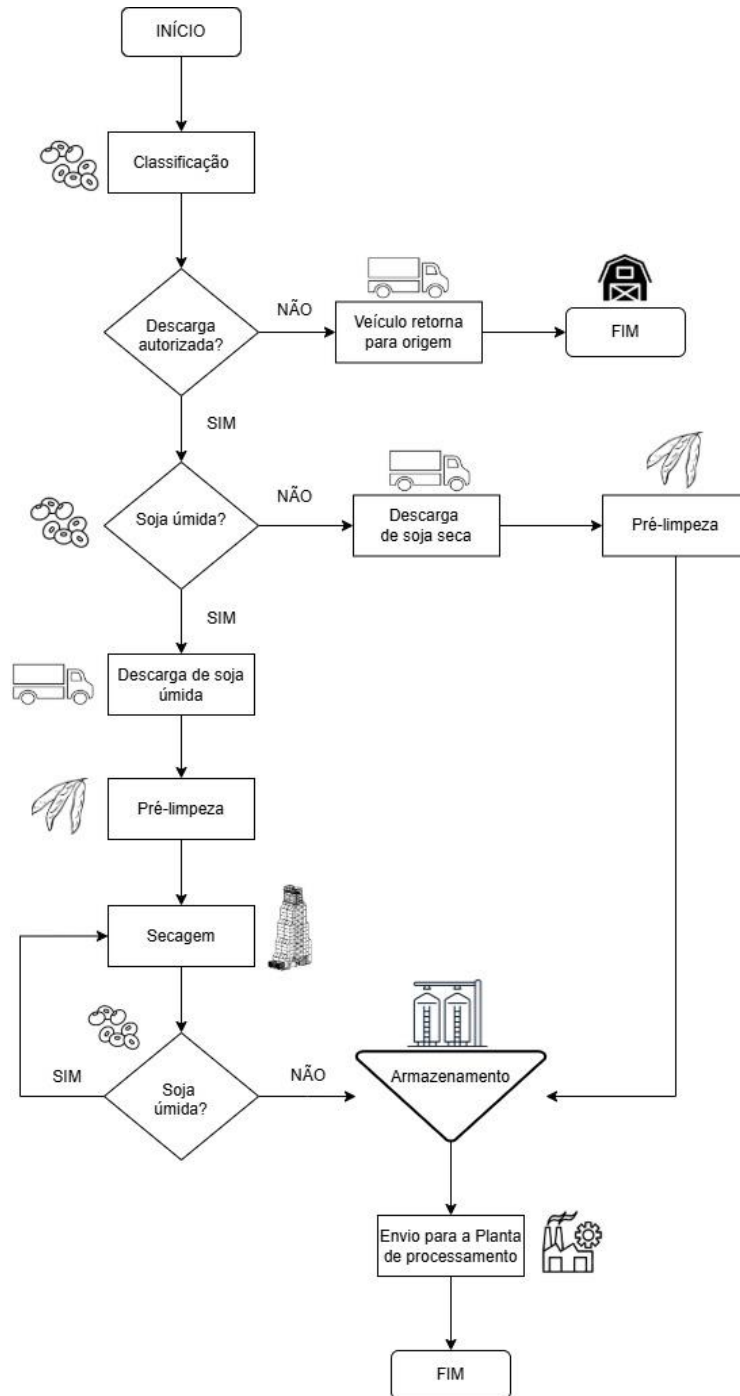
## **4 RESULTADO E DISCUSSÕES**

### **4.1 Mapeamento do processo**

O setor de armazenagem de grãos é responsável pelas etapas de classificação, recepção e estocagem de toda a soja recebida pela fábrica, assegurando que a matéria-prima atenda aos padrões de qualidade exigidos para o processamento industrial. Embora a recepção de soja ocorra ao longo de todo o ano, o processo de secagem, foco central deste estudo de caso, é realizado exclusivamente durante o período da safra, quando o volume de grãos úmidos é significativamente maior. Dessa forma, o presente estudo foi conduzido durante a safra de 2025, abrangendo o intervalo entre os dias 4 de fevereiro e 10 de abril de 2025.

O mapeamento do fluxo do processo de armazenagem na unidade está representado na Figura 11:

**Figura 11:** Fluxograma do processo de armazenamento na planta industrial



**Fonte:** Autora (2025)

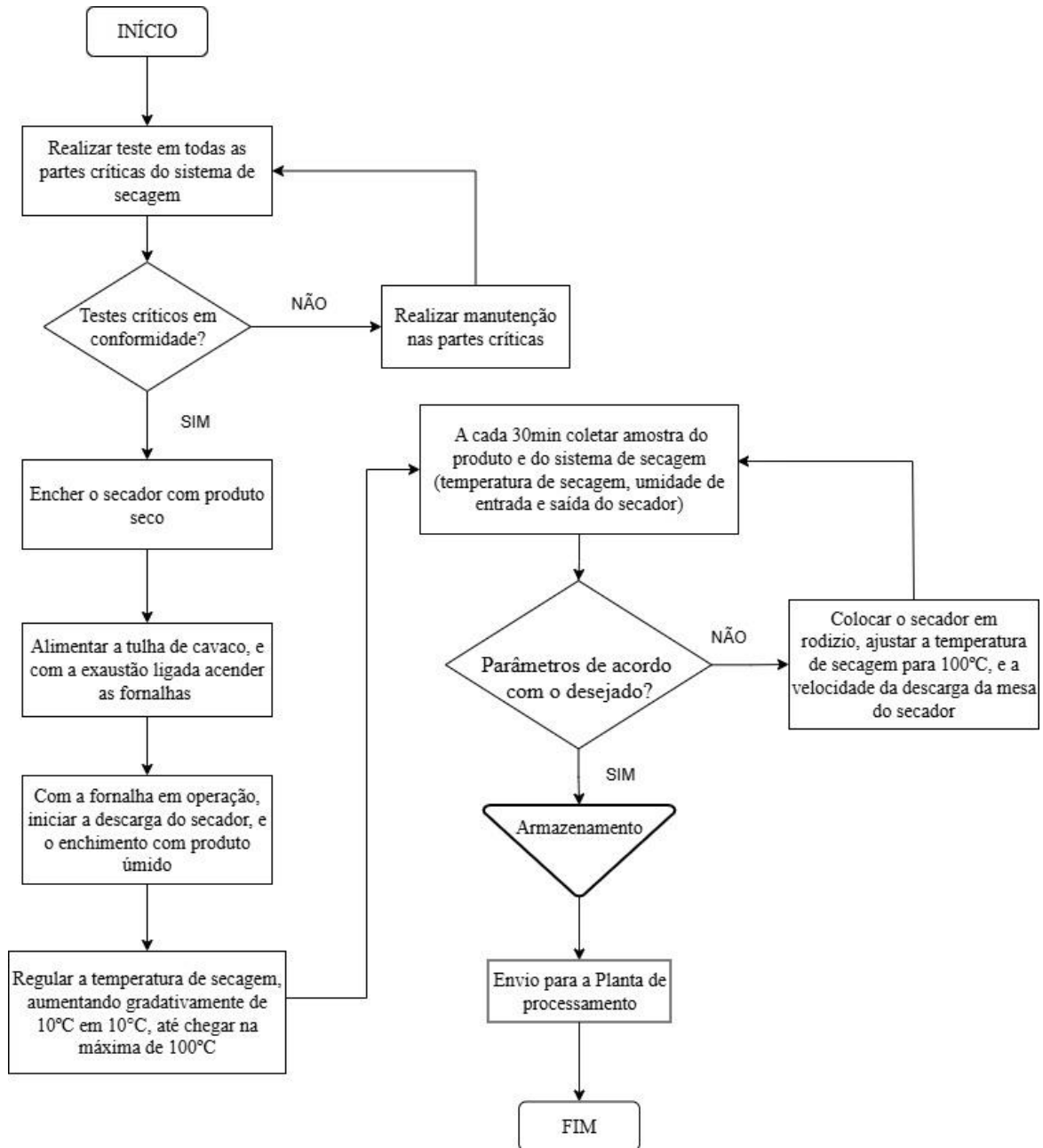
- a) **Classificação:** O processo de armazenagem tem início com a classificação dos grãos, na qual a carga passa por inspeção conforme os critérios estabelecidos pelo MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. Durante essa análise, são verificados o teor de umidade, a presença de matérias estranhas e impurezas, grãos avariados e esverdeados, além da possível contaminação por óleos lubrificantes, pragas, sementes tóxicas e tratadas.

Se a carga estiver dentro dos padrões exigidos, ela é liberada para descarga imediata. Caso contrário, a carga é submetida a uma avaliação conjunta da Gestão de Qualidade local e da equipe comercial. Após essa análise, a carga pode ser aprovada para descarga e direcionada para o tombador de acordo com a sua umidade, ou recusada, retornando ao seu ponto de origem.

- b) Descarga da soja: Após a classificação da carga, o motorista é encaminhado ao tombador apropriado, conforme as estratégias de recebimento estabelecidas para o dia, para seguir com a descarga. A descarga representa o último controle no processo de recebimento da matéria-prima. Caso ocorra algum erro na classificação ou na orientação do motorista para o tombador correto, essa falha deve ser detectada pelo operador durante a descarga e corrigida antes da aceitação do produto. Por exemplo, um caminhão transportando carga úmida que se posiciona no tombador destinado à soja seca é uma situação que deve ser evitada pelo operador antes do início da descarga, pois caso ocorra, não haverá possibilidade de segregar o produto, e ele será armazenado de forma incorreta.
- c) Pré-limpeza: Na sequência, a soja passa pelo processo de pré-limpeza, em que cada tombador possui na sequência do fluxo, uma máquina destinada a remover impurezas e matérias estranhas presentes na carga. Essa etapa de pré-limpeza é fundamental, pois diminui a quantidade de impurezas na massa de grãos, contribuindo para uma secagem mais uniforme do produto úmido, além de reduzir os riscos de incêndio dentro do secador. Portanto, a limpeza do produto permite a circulação adequada de ar entre os grãos, melhorando a aeração e o controle de temperatura dentro dos armazéns.
- d) Secagem: Quando a soja apresenta um teor de umidade superior ao desejado ela é submetida após a etapa de pré-limpeza, ao processo de secagem, cujo objetivo é remover parte da água contida nos grãos por meio da transferência de calor proporcionada pelo ar aquecido no interior do secador. O teor de umidade acima dos níveis recomendados compromete a qualidade nutricional, a aparência e a viabilidade do uso do grão. Dessa forma, torna-se imprescindível que a equipe responsável pelo armazenamento evite a guarda de grãos com alto teor de umidade, incluindo-se, portanto, no fluxo operacional a etapa de secagem artificial. A secagem consiste em um processo simultâneo de transferência de calor e massa (umidade) entre os grãos e o ar de secagem, fundamentado em três parâmetros básicos: a temperatura do ar de secagem, o volume de ar no sistema e o movimento da massa de grãos.

O secador utilizado na operação é do tipo cascata, em que realiza uma secagem contínua dos grãos. O procedimento operacional utilizado está organizado no fluxograma a seguir (Figura 12):

**Figura 12:** Procedimento operacional padrão da secagem artificial de soja



Fonte: Autora (2025)

- e) Armazenamento: A soja com teor de umidade apropriado para armazenamento é estocada em armazéns e/ou silos, conforme as estratégias definidas pela Gestão de armazenagem. O volume total de soja é distribuído em armazéns graneleiros e silos, contando ainda com silos pulmões que funcionam como suporte para manobras operacionais excepcionais.

O armazenamento consiste no processo de preservação do produto recebido, visando a manutenção de suas propriedades físicas e químicas para posterior utilização no processo de beneficiamento dos grãos. Durante essa fase, são realizadas inspeções nas estruturas dos armazéns, avaliações da qualidade da soja enviada para a planta, aplicação do FIFO (First In, First Out), além do monitoramento diário da temperatura da massa de grãos, procedimento conhecido como termometria. Como visto até aqui, o armazenamento dos grãos ocorre posterior as etapas de classificação, descarga, pré-limpeza e secagem, ou seja, para a etapa de armazenamento ter sucesso e preservar a qualidade dos grãos as boas práticas devem estar presentes em todo o fluxo da operação de recebimento, garantindo que o volume armazenado esteja dentro dos padrões adequados, reduzindo os riscos de contaminações e preservando a qualidade do grão por longos períodos.

- f) Alimentação da Planta: Após o armazenamento, a soja é encaminhada para a alimentação da planta de processamento, onde será submetida aos processos de esmagamento e extração do óleo, encerrando assim as etapas relativas ao processo de armazenagem dos grãos. Em uma análise macro do processo, observa-se que, após o esmagamento, o óleo bruto é destinado ao refino e posterior envase, enquanto os derivados da soja, como as cascas e o farelo, são direcionados ao sistema de armazenagem de produtos a granel. Na etapa final, todos os produtos são expedidos para os centros de distribuição, de onde seguem até o consumidor final, completando o ciclo produtivo de forma ampla e integrada.

## **4.2 Gráficos de controle**

Após a coleta dos dados, visando compreender o comportamento do processo de secagem artificial da soja e identificar possíveis variações atribuídas a causas especiais, adotou-se a carta de controle X-MR como ferramenta de análise estatística. A escolha dessa metodologia justifica-se pela natureza das medições realizadas de forma individual e em fluxo contínuo, sem a formação de subgrupos amostrais, condição que torna a carta de controle X-MR a ferramenta estatística mais adequada para esse tipo de análise.

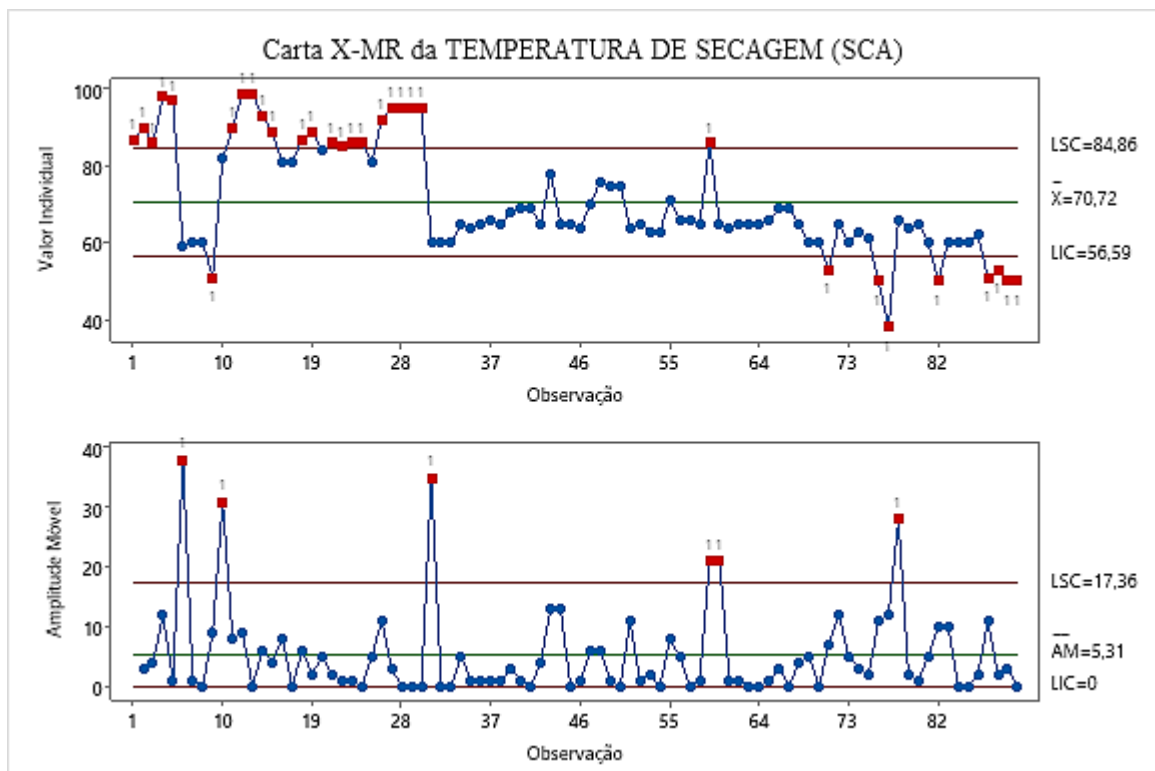
A seguir, apresentam-se os resultados da análise das cartas de controle X-MR referentes ao Secador A e Secador B, com o objetivo de diagnosticar o comportamento do processo de secagem a partir das variáveis monitoradas: temperatura de secagem, temperatura dos grãos pós-secagem e umidade dos grãos pós-secagem. Cada carta foi construída com base em 90 medições individuais, permitindo avaliar a estabilidade do processo e a presença de possíveis variações associadas a causas especiais durante a safra 2025.

#### 4.2.1 Gráficos de controle – Secador A

Os dados obtidos por meio da coleta em campo, das variáveis de temperatura de secagem, temperatura do grão pós-secagem e umidade do grão pós-secagem para o Secador A, estão dispostos no Apêndice A. Utilizou-se das equações (1), (2) e (3) para a definição do limite superior, limite central e limite inferior da carta de controle para medições individuais, e as equações (4), (5), (6) e (7) para a definição do limite superior, limite central e limite inferior da carta de controle para amplitude móvel.

A figura 13 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da temperatura de secagem no Secador A.

**Figura 13:** Carta de Controle X-MR da temperatura de Secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

A análise da Carta X-MR da Temperatura de Secagem revela um processo estatisticamente instável. A média da temperatura observada ao longo da série é de 70,72 °C, com limites de controle estabelecidos em 56,59 °C (LIC) e 84,86 °C (LSC). No gráfico de valores individuais (X), observa-se um número expressivo de pontos acima do limite superior de controle, concentrados no início das observações, e pontos abaixo do limite inferior ao final da sequência de observações, entendendo-se que uma única média não é suficiente para representar todo intervalo.

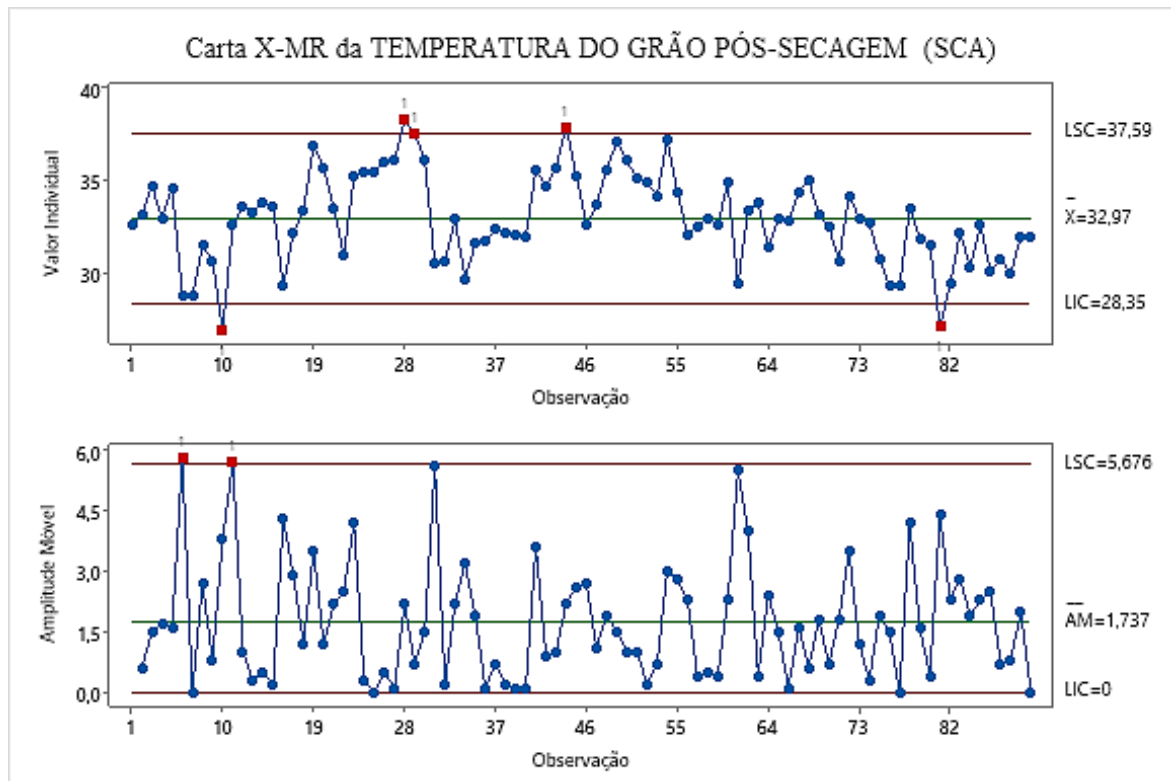
Além disso, ocorrem variações abruptas e padrões de repetição que reforçam a presença de instabilidades no processo. Esse comportamento evidencia a ocorrência de causas especiais de variação, refletindo uma condição de não conformidade com os pressupostos de controle estatístico de processo.

Um aspecto que merece destaque é a grande dispersão nos dados iniciais, com amplitude muito superior àquela observada na região central da série. Essa diferença sugere que o sistema pode ter passado por ajustes operacionais ou alterações nas condições de secagem ao longo do tempo, sem que essas intervenções tenham sido suficientemente padronizadas ou documentadas. A presença de *outliers* tanto no início quanto no fim do período monitorado reforça a hipótese de atuação de variáveis externas ou operacionais não controladas.

No gráfico de Amplitude Móvel (MR), a instabilidade do processo torna-se ainda mais evidente. A amplitude média observada foi de 5,31, com um limite superior de controle (LSC) de 17,36. Ao todo, seis pontos ultrapassaram esse limite, o que, à primeira vista, poderia sugerir variações significativas entre medições consecutivas. Diante desse cenário, conclui-se que o processo da temperatura de secagem para o Secador A se encontra fora de controle estatístico. A identificação e eliminação das causas especiais de variação são etapas essenciais para a estabilização do processo, bem como uma nova coleta de dados após estabilização para definir os parâmetros de controle.

A Figura 14 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da temperatura do grão pós-secagem no Secador A.

**Figura 14:** Carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCA)

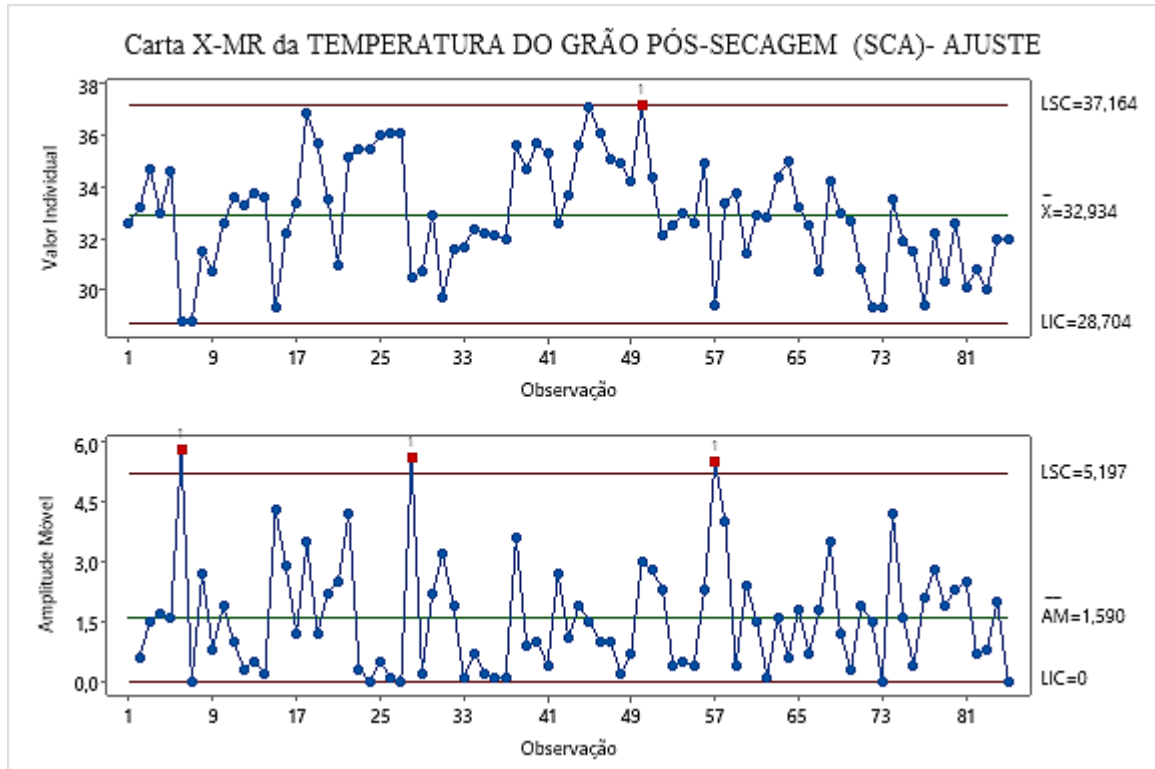


Fonte: Autora (2025)

A análise da Carta X-MR da Temperatura do Grão Pós-Secagem indica um processo relativamente mais estável em comparação à temperatura de secagem, embora ainda sejam observadas ocorrências pontuais de instabilidade. A média da variável foi de 32,97 °C, com os limites de controle inferior (LIC) e superior (LSC) definidos em 28,35 °C e 37,59 °C, respectivamente. No gráfico de valores individuais (X), observa-se que a maioria dos pontos está dentro dos limites de controle, o que sugere um comportamento mais próximo da média.

Contudo, entre as 90 amostras analisadas, há algumas exceções notáveis, como nas observações 10, 28, 29, 44 e 81, que ultrapassaram os limites de controle. Esses pontos podem indicar episódios esporádicos de variações fora do controle, possivelmente associados a causas específicas. Diante disso, uma nova carta de controle foi elaborada, desconsiderando essas observações, com o objetivo de verificar se a instabilidade observada comprometeu o comportamento das demais amostras e se o processo pode ser, de fato, considerado sob controle.

**Figura 15:** Ajuste da carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

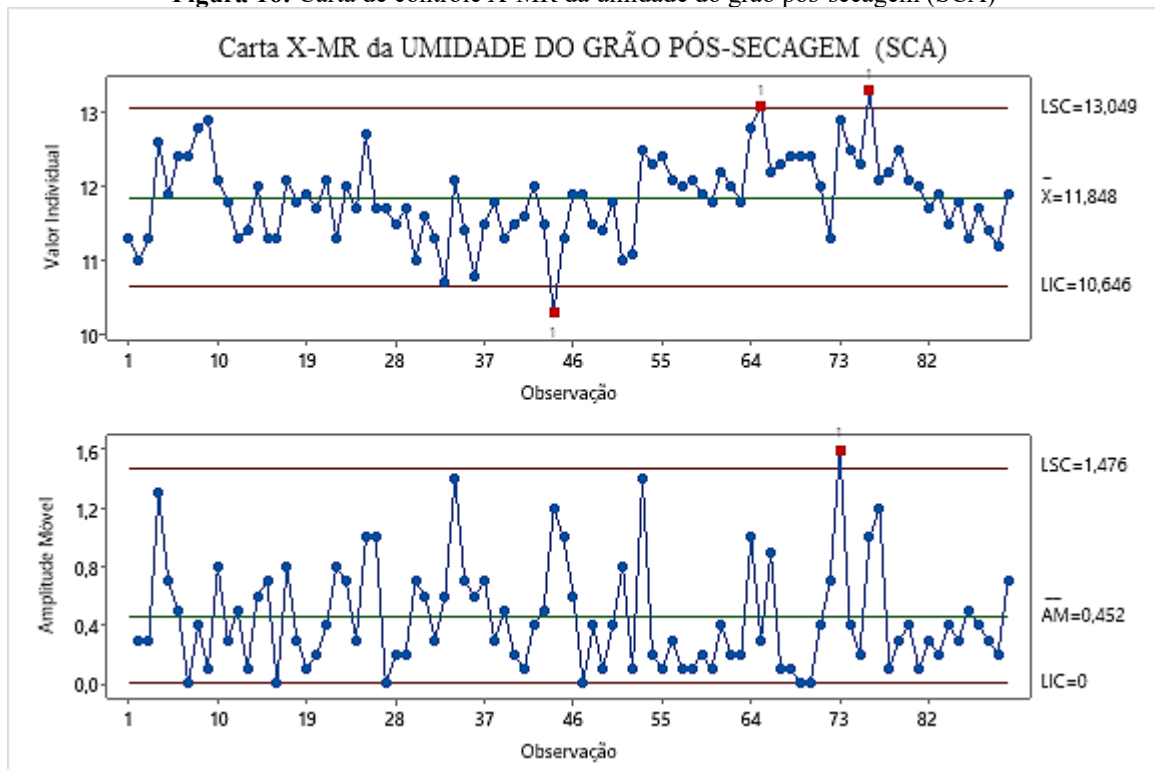
Embora o processo, de forma geral, esteja dentro dos limites de controle, esses desvios não devem ser negligenciados, pois podem comprometer a qualidade final do produto ou indicar o início de uma tendência de instabilidade. É observado que apesar de eliminar as observações pontuais que estava fora de controle, o processo não permanece estável estatisticamente, com pontos fora do controle no gráfico das medidas individuais e no gráfico da amplitude móvel.

Além disso o processo segmenta padrões de médias diferentes para alguns intervalos da amostra, como entre o intervalo das observações 38 a 50 que os pontos se concentram acima da média, e das observações 72 a 85 que os pontos de concentram abaixo da média.

Portanto, embora o processo de controle da temperatura do grão após a secagem esteja, em grande parte, dentro dos limites de controle, o gráfico evidencia padrões cíclicos e não aleatórios, corroborando para um processo fora do controle estatístico.

A Figura 16 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da umidade do grão pós-secagem no Secador A.

**Figura 16:** Carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCA)

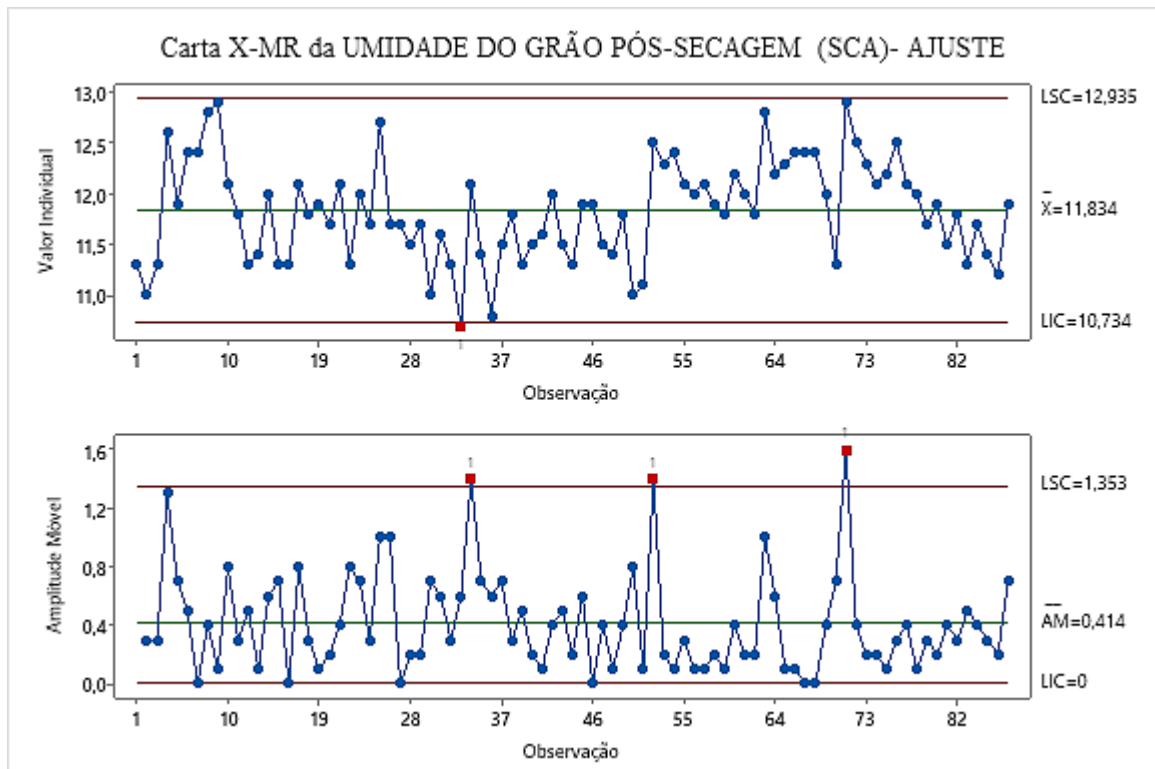


Fonte: Autora (2025)

A Carta X-MR da Umidade do Grão Pós-Secagem revela um processo com desempenho estatístico satisfatório, caracterizado por baixa variabilidade e poucas ocorrências fora dos limites de controle. A média do processo foi de 11,848%, com os limites inferior (LIC) e superior (LSC) estabelecidos em 10,646% e 13,049%, respectivamente. O gráfico de valores individuais (X) indica uma concentração da maioria das medições dentro desses limites, com exceção de poucas observações, como as que ocorrem em torno dos pontos 44, 65 e 76. Essas exceções, embora esporádicas, requerem atenção, pois podem sinalizar falhas pontuais na operação de secagem.

Construindo um novo gráfico desconsiderando os pontos 44, 65 e 76, tem-se um processo mais próximo do controle, porém com deslocamento em torno da média que foge das causas aleatórias nas observações entre 12 e 51, e entre 52 e 77.

**Figura 17:** Ajuste da carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

O gráfico de Amplitude Móvel (MR) sugere a estabilidade do processo na primeira carta apresentada na Figura 16, com a amplitude média em 0,452 e limite superior de controle (LSC) de 1,476. Apenas a observação 73 que ultrapassa esse limite, sendo o restante distribuído de forma concentrada em torno da média. Porém, quando é plotado o gráfico desconsiderando as variáveis pontuais, isso reflete negativamente no gráfico da amplitude, aumentando para 3 pontos fora dos limites de controle.

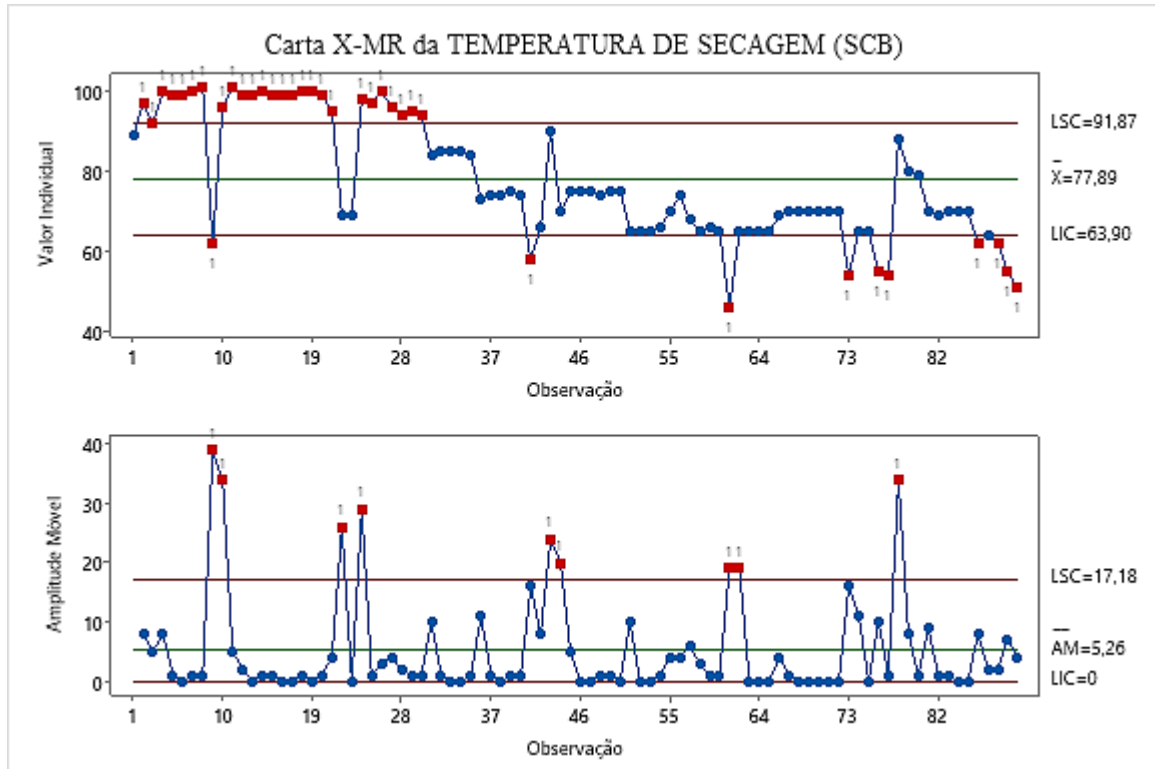
Em síntese, apesar da umidade do grão após secagem estar dentro do padrão de qualidade desejado, não é indicado usar a média do teor de umidade obtida por meio do gráfico como parâmetro para o controle estatístico devido a evidência de padrões cíclicos e não aleatórios.

#### 4.2.2 Gráficos de controle – Secador B

A mesma metodologia aplicada ao Secador A foi utilizada no Secador B, com a construção de cartas de controle X-MR para as variáveis temperatura de secagem, temperatura dos grãos pós-secagem e umidade dos grãos pós-secagem.

A Figura 18 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da temperatura de secagem no Secador B.

**Figura 18:** Carta de controle X-MR da temperatura de secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

A análise da Carta X-MR da Temperatura de Secagem (SCB) evidencia um processo fora de controle estatístico, marcado por significativa instabilidade ao longo da série de observações. A média da variável foi de  $77,89^{\circ}\text{C}$ , com limites de controle estabelecidos em  $63,90^{\circ}\text{C}$  (LIC) e  $91,87^{\circ}\text{C}$  (LSC). O gráfico de valores individuais (X) mostra uma grande quantidade de pontos acima do limite superior de controle, principalmente nas observações iniciais, revelando a presença de variações sistemáticas e persistentes. Além disso, há pontos abaixo do limite inferior (LIC), com destaque para as observações 9, 41, 61, 73, 76, 77, 86, 88, 89 e 90, o que indica oscilações extremas, ao longo do tempo.

A presença de *outliers* distribuídos em diferentes momentos da série, especialmente concentrados no início e fim, sugere que o processo está sujeito a causas especiais significativas. A queda brusca de temperatura entre as observações 30 e 35, bem como os valores mínimos registrados nas observações 61 e 90, apontam para possíveis falhas não padronizadas no sistema de secagem.

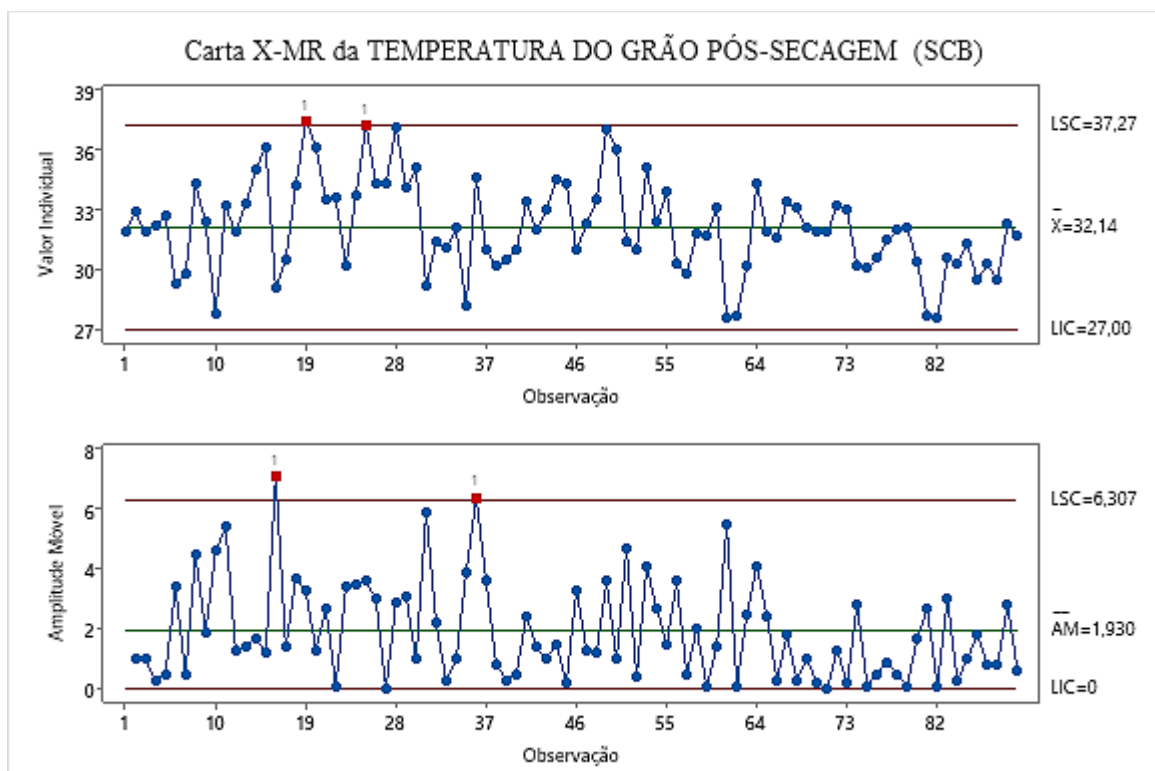
O gráfico de MR reforça a condição de instabilidade em alguns momentos, apresentando nove picos que ultrapassam o limite superior de controle (LSC = 17,18), com uma amplitude média de 5,26. Destaca-se que, após as primeiras 30 observações, a variabilidade diminui

ligeiramente, mas ainda se observam episódios pontuais de instabilidade que impactam negativamente o controle do processo.

Diante desse cenário, conclui-se que a temperatura de secagem no sistema SCB apresenta forte instabilidade e está fora dos limites aceitáveis de controle estatístico. A elevada variabilidade e a presença recorrente de pontos fora dos limites indicam a necessidade da identificação e eliminação das causas especiais de variação.

A Figura 19 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da temperatura do grão pós-secagem no Secador B.

**Figura 19:** Carta de controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

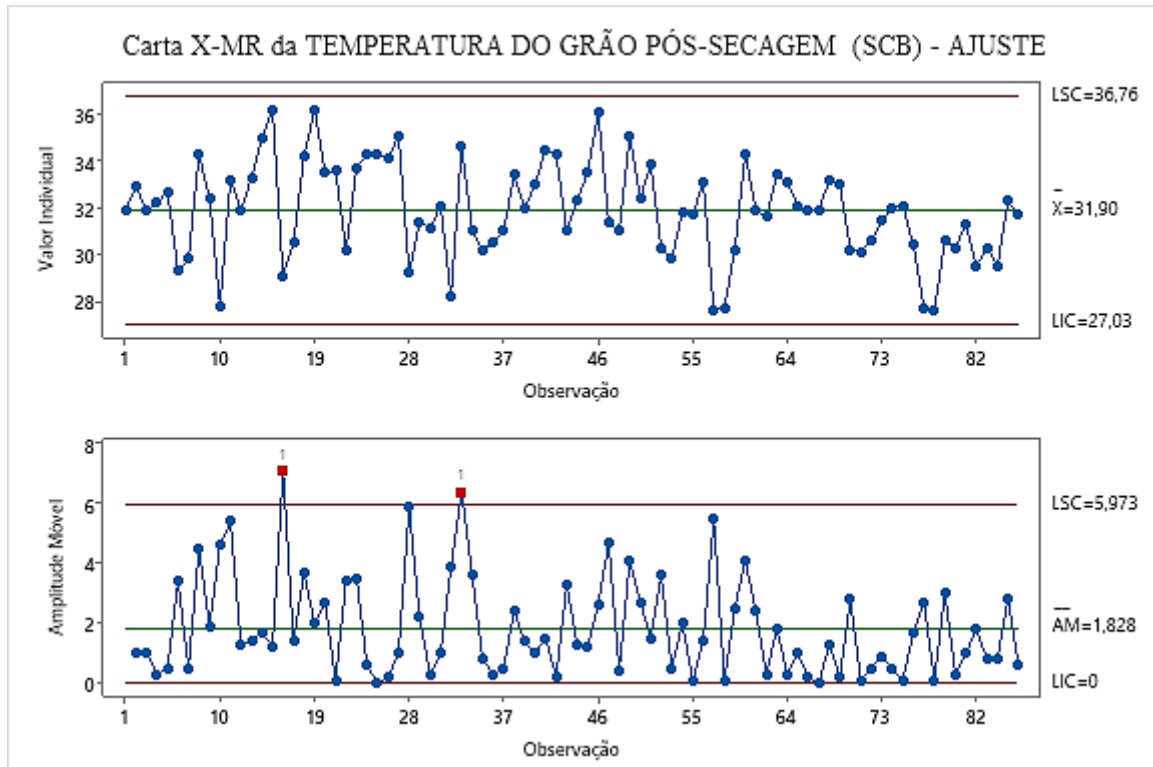
A temperatura do grão pós-secagem no Secador B apresenta comportamento estatístico predominantemente estável, embora com registros pontuais de instabilidade. A média do processo é de 32,14 °C, com os limites de controle inferior (LIC) e superior (LSC) estabelecidos em 27,00 °C e 37,27 °C, respectivamente. O gráfico de valores individuais (X) revela que a maioria das observações está compreendida dentro dos limites de controle, com exceção de três pontos que ultrapassam o LSC, localizados nas proximidades das observações 19, 25, 28 e 49.

O gráfico de MR, por sua vez, revela uma amplitude média de 1,93, com limite superior de controle (LSC) de 6,307. Embora a maior parte das amplitudes esteja bem distribuída abaixo

desse limite, os pontos 16 e 36 ultrapassam o LSC, coincidindo com as variações identificadas no gráfico de valores individuais.

Uma nova carta de controle foi construída, para verificar se foram causas pontuais ou sistemáticas.

**Figura 20:** Ajuste da carta de Controle X-MR da temperatura do grão pós-secagem (SCB)



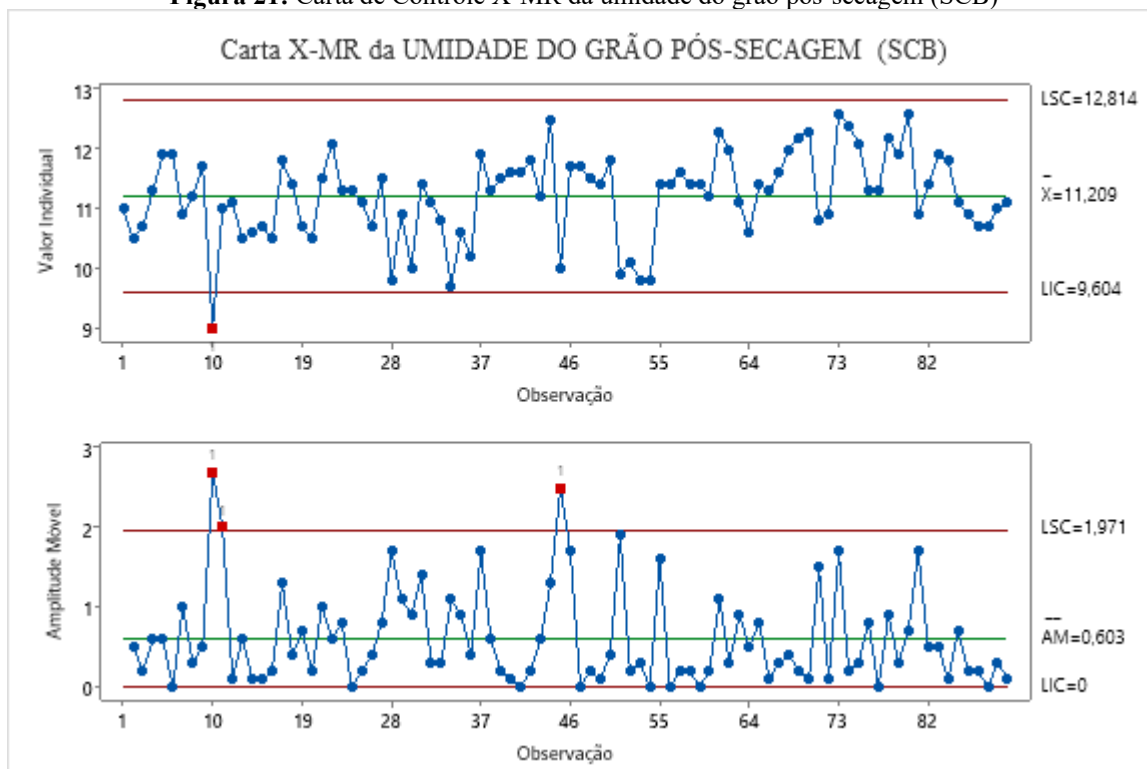
Fonte: Autora (2025)

De maneira geral, o comportamento da série sugere que o processo apresenta tendência de centralização em torno da média, com dispersões relativamente equilibradas entre os limites. É importante destacar que a distribuição dos pontos ao longo do tempo não demonstra uma tendência contínua de crescimento ou queda, o que reforça a ideia de que as causas de variação identificadas são esporádicas e não sistemáticas.

Em síntese, a temperatura do grão pós-secagem no sistema Secador B está majoritariamente sob controle estatístico, apresentando apenas desvios esporádicos.

A Figura 21 representa o Gráfico de Controle X-MR para a variável da umidade do grão pós-secagem no Secador B.

**Figura 21:** Carta de Controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

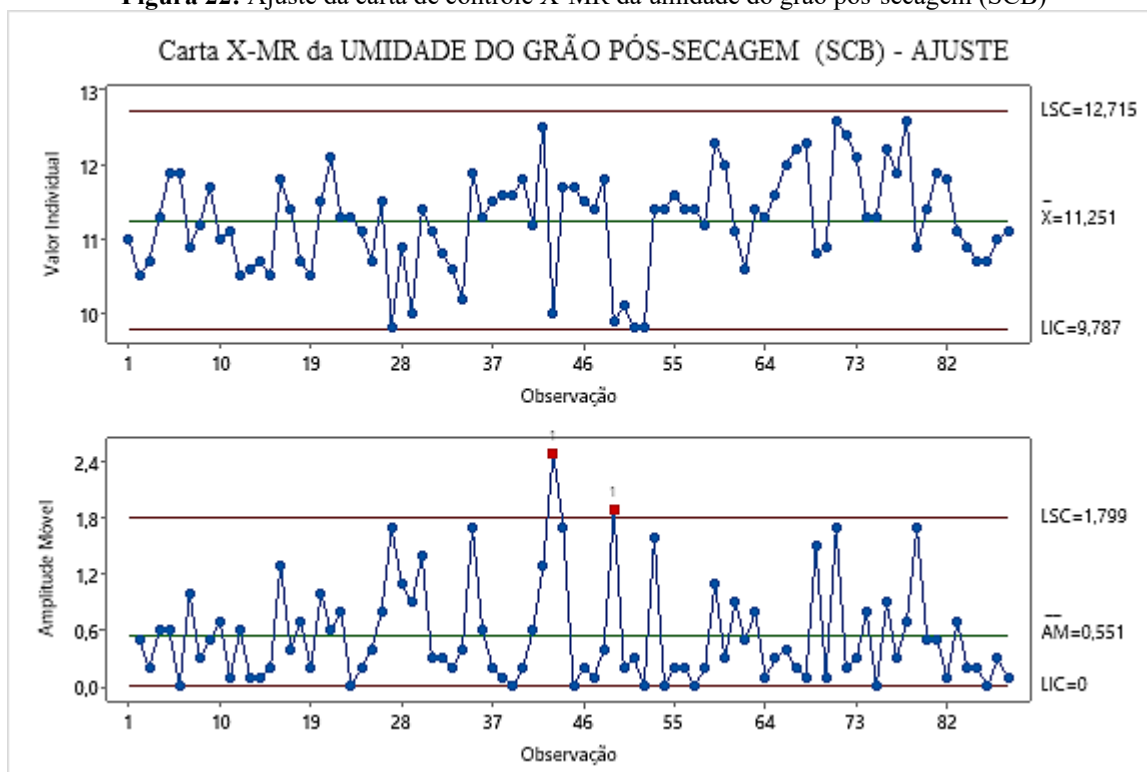
A análise da carta de controle das medidas individuais para a variável umidade do grão pós-secagem, revela que a média do processo está situada em 11,209%, com limites de controle inferior (LIC) de 9,604% e superior (LSC) de 12,814%. Embora a maioria dos pontos se concentre dentro da faixa de controle estatístico, observa-se apenas a observação 10 fora do limite inferior, localizado na região inicial da série. Essas ocorrências indicam presença de causas especiais de variação, que podem estar associadas a eventos pontuais, como oscilações bruscas na temperatura, falhas momentâneas na operação do secador ou erro no fluxo de recebimento.

Além disso, o gráfico sugere flutuações leves, mas frequentes, ao redor da média, com uma tendência de maior dispersão a partir da observação 65. Essa mudança de padrão pode refletir variações na estratégia operacional ou alteração nas características do lote de grãos.

O gráfico MR evidencia uma amplitude média de 0,603, com um limite superior de controle (LSC) de 1,971. Nota-se a ocorrência de três picos que ultrapassam o LSC, mas apesar de serem pontos consecutivos, são amostras coletadas em dias diferentes, indicando interferências ambientais ou oscilações rápidas no desempenho do sistema de secagem. Esses picos não ocorrem de forma sistemática, mas em momentos espaçados da série, o que reforça a hipótese de que as instabilidades são episódicas e não inerentes ao processo em si.

Desse modo, construiu-se uma nova carta de controle eliminando a observação 10 e 34, para verificar o comportamento das demais medidas.

**Figura 22:** Ajuste da carta de controle X-MR da umidade do grão pós-secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

Diante disso, a maior parte das observações se mantém dentro dos limites esperados, com variações suaves, o que pode ser interpretado como um sinal positivo de estabilidade relativa, especialmente na última parte da série, onde a amplitude se reduz consideravelmente, indicando maior consistência do processo.

Sendo assim, o processo que controla a variável da umidade pós-secagem no Secador B pode ser considerado estável.

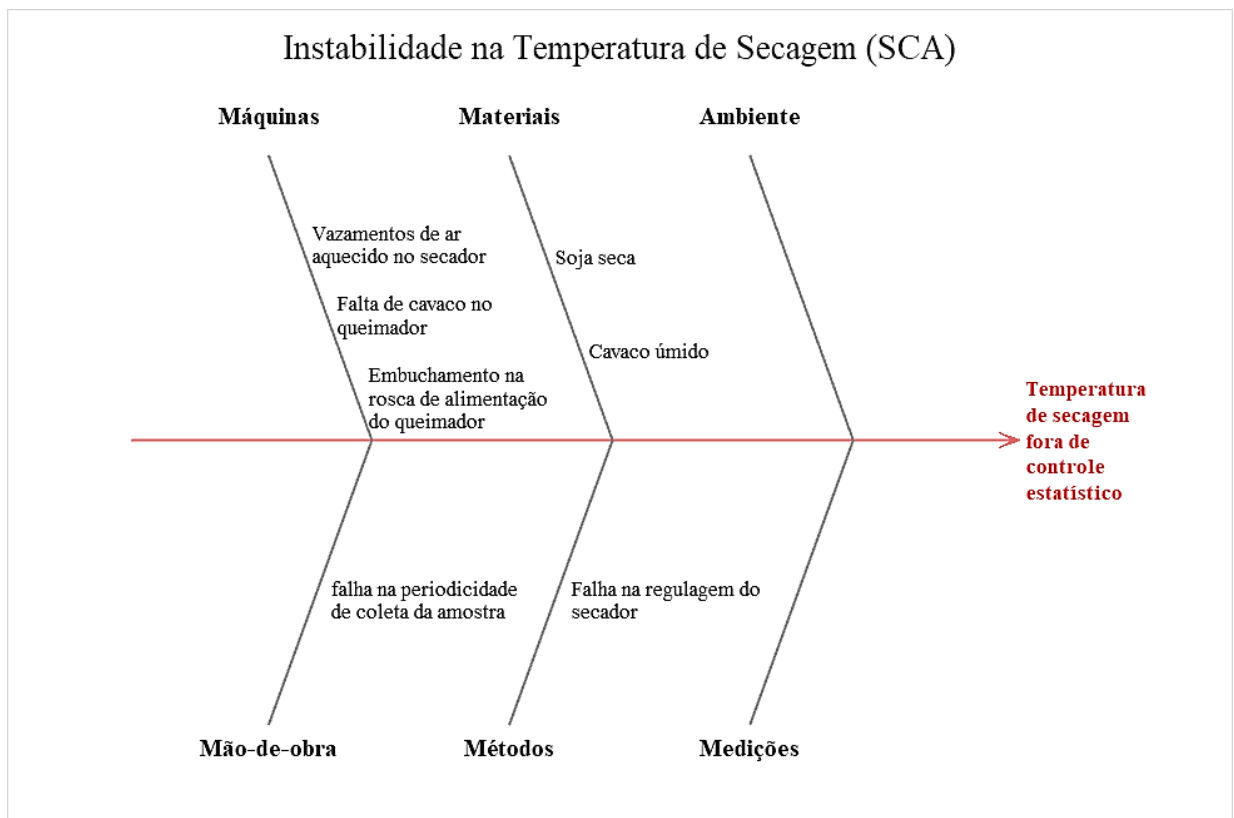
### 4.3 Identificação das causas especiais

Com base na análise das cartas de controle apresentadas na seção anterior, é observado que a variável de temperatura do secador B, assim como todas as variáveis monitoradas no processo de secagem do secador A, encontram-se fora dos limites estatísticos de controle, o que evidencia a atuação de causas especiais de variação. A presença de pontos que ultrapassem os limites de controle e a manifestação de padrões irregulares ao longo das observações sugerem a existência de instabilidades estruturais no processo, cuja natureza não pode ser atribuída ao mero acaso.

Diante desse contexto, foi conduzida uma investigação sistemática por meio da aplicação do Diagrama de Ishikawa (ou diagrama de causa e efeito), estruturado individualmente para cada variável analisada. Tal abordagem teve como finalidade identificar possíveis causas raiz associadas às anomalias observadas, de modo a subsidiar a proposição de ações corretivas fundamentadas que promovam o restabelecimento da estabilidade e da capacidade do processo produtivo.

Com o apoio dos operadores, foi realizado o mapeamento das possíveis causas das instabilidades do processo estudado, conforme apresentados no diagrama de causa-e-efeito a seguir (Figura 23).

**Figura 23:** Instabilidade na temperatura de secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

O Quadro 1 apresenta as causas prioritárias relacionadas ao problema da temperatura de secagem fora de controle estatístico, assim como a causa raiz identificada e o plano de ação definido.

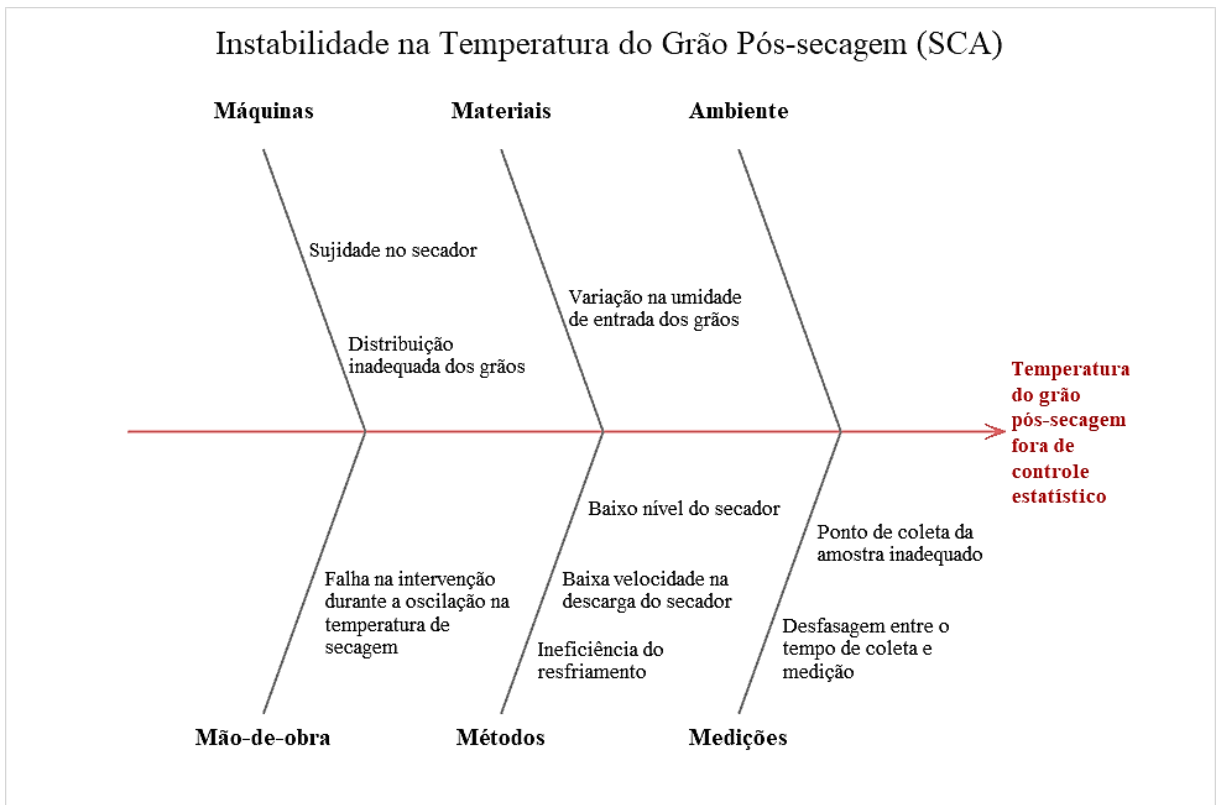
**Quadro 1:** Instabilidade na temperatura de secagem (SCA)

Principais causas de instabilidade na temperatura de secagem (SCA)								
5 Porquês?					Plano de Ação			
Causa	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	O que?	Quem?	Prazo
Vazamento de ar aquecido no secador	falta de vedação nas emendas da estrutura	corrosão	vida útil do equipamento			Realizar manutenção das vedações na estrutura do equipamento	Supervisor	dez/25
Falta de cavaco no queimador	Falta de alimentação por longos períodos	Sensor não identifica nível baixo da tulha	Falha na comunicação entre os sensores	Falha na passagem do feixe de luz	Falta de abertura na estrutura	Realizar abertura para passagem do feixe de luz do sensor de nível	Supervisor	Imediato
Falha na regulagem do secador	Desestabilização na pressão do secador	Passagem de ar falsa na estrutura	Vedações danificadas	vida útil do equipamento		Realizar manutenção das vedações na estrutura do equipamento	Supervisor	dez/25

Fonte: Autora (2025)

A Figura 24 apresenta as causas mapeadas para à temperatura do grão pós-secagem fora de controle estatístico no secador A.

**Figura 24:** Instabilidade na temperatura do grão pós-secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

O Quadro 2 sintetiza as principais causas associadas à instabilidade da temperatura do grão pós-secagem, destacando a causa raiz identificada e o respectivo plano de ação elaborado para sua correção.

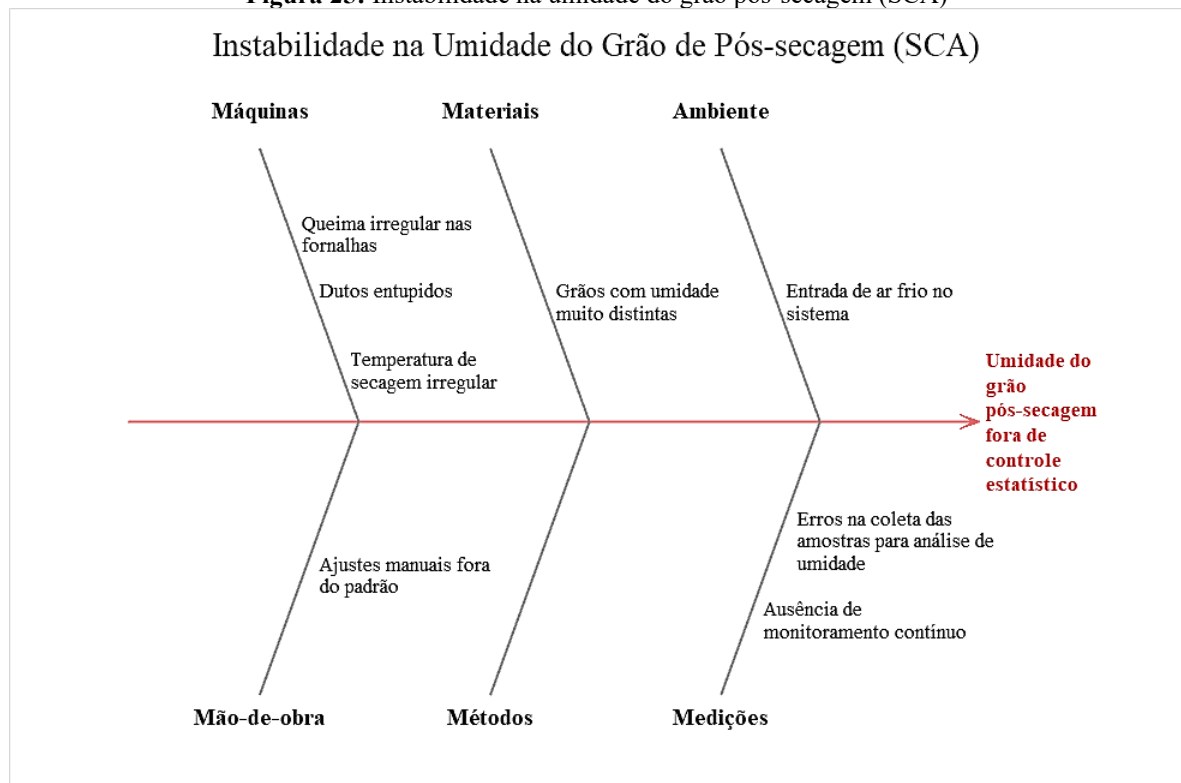
**Quadro 2:** Instabilidade na do grão pós-secagem (SCA)

Principais causas de instabilidade na temperatura do grão pós-secagem (SCA)								
Causa	5 Porquês?					Plano de Ação		
	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	O que?	Quem?	Prazo
Baixo nível do secador	Secador está recebendo menos grãos que o necessário	Redução de carga na alimentação do sistema	Etapa de descarga não consegue manter o volume	Operador em fase de curva de aprendizagem	Operador safrista	Alocar operador mais experiente na posição de descarga para o secador	Operador Líder	Imediato
Falha na intervenção durante a oscilação na temperatura de secagem	Operador não identificou as oscilações no prazo correto	Coleta de dados morosa	Monitoramento é realizado manualmente em campo	Variável não está no supervisorio	Não há sistema de aquisição automática de dados de temperatura	Avaliar a inclusão da variável de temperatura do secador no sistema supervisorio	Coordenador de Armazenagem	out/25
Ineficiência no resfriamento	Regulagem do ar de resfriamento inadequado	Vazão do ar de resfriamento reduzido	Aberturas para passagem de ar fechadas	Operador não tinha conhecimento	Falta instrução padrão para regulagem	Elaborar instrução operacional padrão para regulagem do secador	Analista	out/25

Fonte: Autora (2025)

A Figura 25 apresenta as causas mapeadas para a umidade grão pós-secagem estar fora de controle estatístico no secador A.

**Figura 25:** Instabilidade na umidade do grão pós-secagem (SCA)



Fonte: Autora (2025)

Em sequência, foi realizado um mapeamento das principais causas responsáveis pela variação da umidade dos grãos após a secagem, o que permitiu identificar a causa raiz e definir um plano de ação, conforme apresentado no Quadro 3.

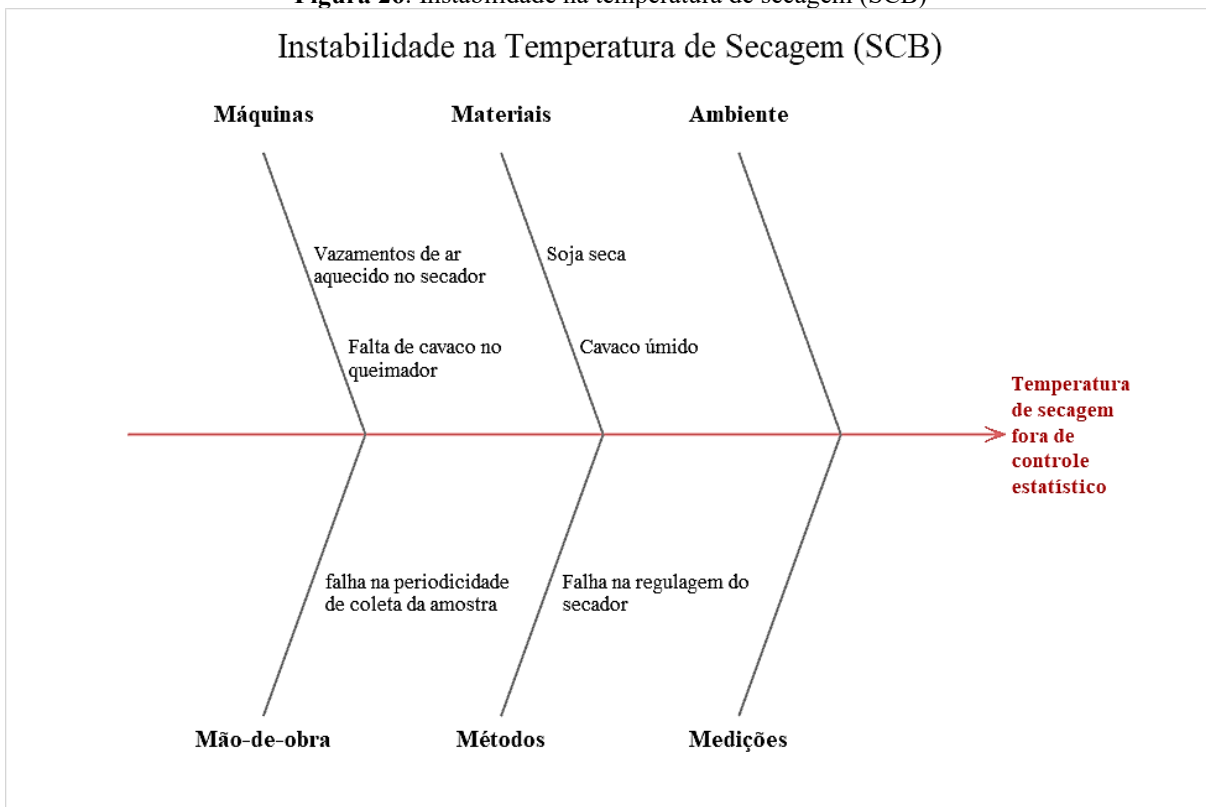
**Quadro 3:** Instabilidade na umidade do grão pós-secagem (SCA)

Principais causas de instabilidade na umidade do grão pós-secagem (SCA)								
Causa	5 Porquês?					Plano de Ação		
	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	O que?	Quem?	Prazo
Dutos entupidos	Excesso de impureza na entrada do secador	Deficiência na etapa de limpeza da soja	Passagem de impureza acima do permitido	Telas da peneira com ponto de fixação quebrado	Falha mecânica	Programar manutenção nas telas da pré-limpeza	Supervisor	Imediato
Grãos com umidade muito distintas	Falha na segregação de cargas com diferença de umidade	Falta de clareza na comunicação	Falta de treinamento operacional	Falta de instrução padrão		Elaborar instrução com os parâmetros de descarga a serem seguidos de acordo com o tombador	Analista	out/25

Fonte: Autora (2025)

Por fim, foi realizado o levantamento das principais causas responsáveis pela variação da temperatura de secagem no secador B, as quais podem ser visualizadas na Figura 26.

**Figura 26:** Instabilidade na temperatura de secagem (SCB)



Fonte: Autora (2025)

Em continuidade, foi realizado o mapeamento das principais causas associadas à instabilidade da temperatura de secagem no secador B, sendo identificada a falta de cavaco no queimador como o fator de maior impacto, conforme apresentado no Quadro 4

**Quadro 4:** Instabilidade da temperatura de secagem (SCB)

Principais causas de instabilidade na temperatura de secagem (SCB)							
5 Porquês?					Plano de Ação		
Causa	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	O que?	Quem?	Prazo
Falta de cavaco no queimador	Falta de alimentação por longos períodos	Sensor não identifica nível baixo da tulha	Sujidade interrompendo a leitura do sensor	Falta de um sistema de auto-limpeza	Avaliar a instalação de um bico de ar comprimido com acionamento programado no sensor da tulha do queimador B	Supervisor	dez/25

**Fonte:** Autora (2025)

A identificação das causas das instabilidades no processo de secagem foi essencial para compreender o comportamento das variáveis críticas. A aplicação do Diagrama de Causa e Efeito evidenciou falhas operacionais, mecânicas e gerenciais, servindo de base para ações corretivas e ressaltando a importância da integração entre conhecimento técnico, monitoramento contínuo e atuação da equipe operacional na busca por estabilidade do processo.

## 5 CONCLUSÕES

A construção do conhecimento científico por meio do uso de instrumentos e metodologias, são capazes de garantir precisão e confiabilidade nos processos analisados. No presente estudo, a aplicação de cartas de controle X-MR mostrou-se uma ferramenta eficaz para monitoramento contínuo da estabilidade operacional dos secadores de grãos, possibilitando a identificação de pontos críticos e o comportamento das variáveis ao longo do processo.

Os resultados indicaram que, embora o controle da umidade e da temperatura dos grãos pós-secagem no secador B apresente desempenho estatístico satisfatório, permitindo o monitoramento contínuo por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), ainda ocorrem episódios pontuais de instabilidade que comprometem a robustez do sistema.

Em contrapartida, as variáveis analisadas no secador A encontram-se fora de controle estatístico, evidenciando a necessidade de uma nova coleta de dados para assegurar a estabilização do processo. Dessa forma, o processo deverá ser submetido novamente à Fase I da implementação do CEP.

No que tange ao processo metodológico, caso seja adotado outro modelo de carta de controle que exija a formação de subgrupos para monitorar a estabilidade do processo, será

necessário aumentar a quantidade de amostras e reduzir o intervalo entre as coletas. Tal modificação poderá elevar os custos do processo, especialmente na ausência de equipamentos que possibilitem a coleta de dados de forma instantânea.

Sendo assim, a padronização de procedimentos e a automação do monitoramento se mostram estratégias essenciais para reduzir a variabilidade, aumentar a confiabilidade do processo e garantir um produto final de qualidade superior. Assim, conclui-se que a utilização de ferramentas de controle estatístico de processos, aliada a práticas de gestão adequadas, contribui significativamente para a melhoria contínua e para a consolidação de processos mais estáveis e previsíveis no setor de pós-colheita de grãos.

Como trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do estudo para outros tipos de secadores e diferentes condições operacionais, permitindo avaliar a aplicabilidade dos métodos em cenários mais complexos. Essa ampliação também contribuirá para o desenvolvimento de futuros modelos matemáticos voltados à otimização da eficiência do processo de secagem, e apoio à tomada de decisão. Recomenda-se, ainda, a integração de tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de controle em tempo real, que possibilite a análise preditiva do processo de secagem e viabiliza a implementação de outras cartas de controle como  $\bar{x}$  e S.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. R. de *et al.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. **Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições**, Campina Grande, PB, v. 13, ed. 5, p. 606-613, 2009.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V.. **A SOJA NO BRASIL: História e Estatística**. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61 p. v. 21.
- BRITTO, E. **Qualidade Total**. Porto Alegre: +A Educação - Cengage Learning Brasil, 2015. *E-book*. p.51. ISBN 9788522123551. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522123551/>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- BORGES, J. C. A. **Sistema de Boas Práticas de Armazenagem da Casemg – SBPA**. Belo Horizonte, MG: COMPANHIA DE ARMAZÉNS E SILOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CASEMG, 2015. Disponível em: [https://www.ipem.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/migrados/File/producao\\_cientifica/seminario\\_graos\\_foz/2\\_LIVRO\\_SBPA\\_CASEMG.pdf](https://www.ipem.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/producao_cientifica/seminario_graos_foz/2_LIVRO_SBPA_CASEMG.pdf). Acesso em: 15 abr. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Soja. **Boletim logístico ano IX - janeiro 2025**, Brasil, p. 1-32, 30 jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/logistica/boletim-logistico/boletim-logistico-janeiro-2025.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Farelo de soja. **Boletim logístico ano IX - janeiro 2025**, Brasil, p. 1-32, 30 jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/logistica/boletim-logistico/boletim-logistico-janeiro-2025.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2005. *E-book*. p.27. ISBN 9786559773367. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559773367/>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- DOMINGUES, A. N.; CANEPPELE, C.; CANEPPELE, M. A. B. SENAR AR/MT 53 - Trabalhador na operação de secadores. **Operação de secadores de grãos**, Cuiabá - MT, 2005.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de; VANIER, N. L. LABORATÓRIO DE PÓS-COLHEITA, INDUSTRIALIZAÇÃO E QUALIDADE DE GRÃOS. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**, Capão do Leão, RS, 2018. Disponível em: <https://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. *E-book*. p.43. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/>. Acesso em: 02 fev. 2025.

[https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/Relato\\_rio-Armazenagem-\\_PARTE01\\_CAP-01-AO-05\\_compressed-1.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/Relato_rio-Armazenagem-_PARTE01_CAP-01-AO-05_compressed-1.pdf)

Confederação da Agricultura e Pecuária. Relatório de Armazenagem. **Diagnóstico da armazenagem agrícola no Brasil**, Brasil, p. 1-80, 10 ago. 2023. Disponível em: [https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/Relato\\_rio-Armazenagem-\\_PARTE01\\_CAP-01-AO-05\\_compressed-1.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/Relato_rio-Armazenagem-_PARTE01_CAP-01-AO-05_compressed-1.pdf). Acesso em: 18 mar. 2025.

HEMING, F. L. B. Armazenagem de grãos. **Armazenagem de grãos: Limpeza**, Paraná, v. 1, 2016. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2024/01/PR321-ArmazenagemdeGraosLimpeza-web.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **PAM 2023: Safra bate recorde, mas valor da produção cai**. Brasil: EMBRAPA-CNPSO, 12 set. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41296-pam-2023-safra-bate-recorde-mas-valor-da-producao-cai#:~:text=Soja%20tem%20ano%20de%20safra%20recorde%20e%20pre%20e%20m%20queda&text=rela%20a%20a%202022.-,Houve%20um%20salto%20de%2015%20C8%25%20no%20rendimento%20m%20A9dio%20nacional,R%24%20348%20bil%20B5es>. Acesso em: 23 fev. 2025.

JURAN, J. M.; DEFEO, J. A. **Fundamentos da qualidade para líderes**. Porto Alegre: Bookman, 2015. *E-book*. p.189. ISBN 9788582603468. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582603468/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

KRZYŻANOWSKI, F. C. *et al.* CIRCULAR TÉCNICA 196. **Armazenamento do grão de soja com qualidade: princípios importantes a serem observados**, Londrina, PR, 2023.

LACERDA, BRUNO DE OLIVEIRA *et al.* **Efeito da Temperatura de Secagem Sobre a Qualidade de Grãos de Milho.**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1161947/efeito-da-temperatura-de-secagem-sobre-a-qualidade-de-graos-de-milho>. Acesso em: 15 jul. 2025.

LEITÃO, F. O.; OPPELT, G. J.; SILVA, W. H. da. Revista de Gestão e Organizações Cooperativas - RGC. **Mapeamento das perdas da armazenagem da soja: um estudo de caso em uma cooperativa de armazenagem de grãos**, Santa Maria, RS, v. 7, n. 13, 2020.

LOUZADA, F.; DINIZ, C. A. R.; FERREIRA, P. H.; et al. **Controle Estatístico de Processos - Uma Abordagem Prática para Cursos de Engenharia e Administração**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. *E-book*. p.Capa1. ISBN 978-85-216-2323-6. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2323-6/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

MACHADO, J. F. **Método Estatístico : Gestão da qualidade para melhoria contínua**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2012. *E-book*. p.81. ISBN 9788502125315. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788502125315/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2016. *E-book*. p.84. ISBN 9788597008821. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597008821/>. Acesso em: 02 fev. 2025.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**, 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016. *E-book*. p.129. ISBN 9788521631873. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521631873/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

NASCIMENTO, F. D. do *et al.* Revista Contribuciones a las ciencias sociales. **Armazenamento de soja: práticas essenciais para a preservação da qualidade dos grãos**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 8, p. 01-14, 2024.

OLIVEIRA, O. J. **Gestão da Qualidade - Tópicos Avançados**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2012. *E-book*. p.4. ISBN 9788522113897. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522113897/>. Acesso em: 25 fev. 2025

PEREIRA JUNIOR, E. H. *et al.* Revista de gestão e secretariado. **Soluções para melhorar a gestão dos processos críticos de uma unidade de armazenagem de grãos**, São Paulo, SP, v. 14, n. 12, p. 21984-22013, 2023.

PEREIRA JUNIOR, E. H.; SANTOS, G. F. dos; VALIATI, N. T. Revista principia. **Proposta de melhoria no método de gestão de processos para o setor de secagem e armazenagem de grãos**, João Pessoa, v. 63, 2025.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. *E-book*. p.1. ISBN 9788565837453. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788565837453/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

REIS, J.G. M.; NETO, P. L. de O. C. **Engenharia de produção aplicada ao agronegócio**. São Paulo: Editora Blucher, 2018. *E-book*. p.1. ISBN 9788521212638. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521212638/>. Acesso em: 01 fev. 2025

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Coleção SENAR - 216. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**, Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/216-ARMAZENAMTOS-GR%C3%83OS.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Coleção SENAR - 178. **Grãos: classificação de soja e milho**, Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/178-GR%C3%83OS.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2017. *E-book*. p.134. ISBN 9788524925207. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788524925207/>. Acesso em: 02 fev. 2025.

SILVA, J. de S. e; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. **Secagem e Secadores**. In: SECAGEM e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Brasil: Aprenda fácil, 2008.

SILVA, J. S. [editor] Pré-processamento de produtos agrícolas. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, L. C. da. Departamento de Engenharia Alimentos. **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**, Espírito Santo, BR, ed. 02/10, 20 out. 2010. Disponível em: [https://www.agais.com/manuscript/ag0210\\_armazenagem\\_granel.pdf](https://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf). Acesso em: 5 abr. 2025.

SILVA, L. C. da. Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Ano III, nº XIV. **Secagem de grãos**, Espírito Santo, BR, ed. 04/05, 29 mar. 2005. Disponível em: [https://agais.com/manuscript/ag0405\\_secagem.pdf](https://agais.com/manuscript/ag0405_secagem.pdf). Acesso em: 02 jul. 2025.

TODA, L. T. K. *et al.* Revista de gestão e secretariado. **Estudo do processo produtivo de uma unidade beneficiadora de grãos em Dourados – MS**, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil, v. 15, n. 7, p. 01-23, 2024.

**APÊNDICE A - DADOS COLETADOS - SECADOR A**

<b>SECADOR A</b>				
<b>AMOSTRA</b>	<b>DATA</b>	<b>TEMPERATURA DE SECAGEM (SCA)</b>	<b>TEMPERATURA DO GRÃO PÓS-SECAGEM (SCA)</b>	<b>UMIDADE DO GRÃO PÓS-SECAGEM (SCA)</b>
		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
1	04-fev-25	87,0	32,6	11,3
2	04-fev-25	90,0	33,2	11,0
3	04-fev-25	86,0	34,7	11,3
4	04-fev-25	98,0	33,0	12,6
5	04-fev-25	97,0	34,6	11,9
6	05-fev-25	59,0	28,8	12,4
7	05-fev-25	60,0	28,8	12,4
8	05-fev-25	60,0	31,5	12,8
9	05-fev-25	51,0	30,7	12,9
10	05-fev-25	82,0	26,9	12,1
11	06-fev-25	90,0	32,6	11,8
12	06-fev-25	99,0	33,6	11,3
13	06-fev-25	99,0	33,3	11,4
14	06-fev-25	93,0	33,8	12,0
15	06-fev-25	89,0	33,6	11,3
16	12-fev-25	81,0	29,3	11,3
17	12-fev-25	81,0	32,2	12,1
18	12-fev-25	87,0	33,4	11,8
19	12-fev-25	89,0	36,9	11,9
20	12-fev-25	84,0	35,7	11,7
21	18-fev-25	86,0	33,5	12,1
22	18-fev-25	85,0	31,0	11,3
23	18-fev-25	86,0	35,2	12,0
24	18-fev-25	86,0	35,5	11,7
25	18-fev-25	81,0	35,5	12,7
26	19-fev-25	92,0	36,0	11,7
27	19-fev-25	95,0	36,1	11,7
28	19-fev-25	95,0	38,3	11,5
29	19-fev-25	95,0	37,6	11,7
30	19-fev-25	95,0	36,1	11,0
31	08-mar-25	60,0	30,5	11,6
32	08-mar-25	60,0	30,7	11,3
33	08-mar-25	60,0	32,9	10,7
34	08-mar-25	65,0	29,7	12,1

35	08-mar-25	64,0	31,6	11,4
36	11-mar-25	65,0	31,7	10,8
37	11-mar-25	66,0	32,4	11,5
38	11-mar-25	65,0	32,2	11,8
39	11-mar-25	68,0	32,1	11,3
40	11-mar-25	69,0	32,0	11,5
41	12-mar-25	69,0	35,6	11,6
42	12-mar-25	65,0	34,7	12,0
43	12-mar-25	78,0	35,7	11,5
44	12-mar-25	65,0	37,9	10,3
45	12-mar-25	65,0	35,3	11,3
46	13-mar-25	64,0	32,6	11,9
47	13-mar-25	70,0	33,7	11,9
48	13-mar-25	76,0	35,6	11,5
49	13-mar-25	75,0	37,1	11,4
50	13-mar-25	75,0	36,1	11,8
51	14-mar-25	64,0	35,1	11,0
52	14-mar-25	65,0	34,9	11,1
53	14-mar-25	63,0	34,2	12,5
54	14-mar-25	63,0	37,2	12,3
55	14-mar-25	71,0	34,4	12,4
56	18-mar-25	66,0	32,1	12,1
57	18-mar-25	66,0	32,5	12,0
58	18-mar-25	65,0	33,0	12,1
59	18-mar-25	86,0	32,6	11,9
60	18-mar-25	65,0	34,9	11,8
61	19-mar-25	64,0	29,4	12,2
62	19-mar-25	65,0	33,4	12,0
63	19-mar-25	65,0	33,8	11,8
64	19-mar-25	65,0	31,4	12,8
65	19-mar-25	66,0	32,9	13,1
66	24-mar-25	69,0	32,8	12,2
67	24-mar-25	69,0	34,4	12,3
68	24-mar-25	65,0	35,0	12,4
69	24-mar-25	60,0	33,2	12,4
70	24-mar-25	60,0	32,5	12,4
71	25-mar-25	53,0	30,7	12,0
72	25-mar-25	65,0	34,2	11,3
73	25-mar-25	60,0	33,0	12,9
74	25-mar-25	63,0	32,7	12,5
75	25-mar-25	61,0	30,8	12,3
76	27-mar-25	50,0	29,3	13,3

<b>77</b>	27-mar-25	38,0	29,3	12,1
<b>78</b>	27-mar-25	66,0	33,5	12,2
<b>79</b>	27-mar-25	64,0	31,9	12,5
<b>80</b>	27-mar-25	65,0	31,5	12,1
<b>81</b>	08-abr-25	60,0	27,1	12,0
<b>82</b>	08-abr-25	50,0	29,4	11,7
<b>83</b>	08-abr-25	60,0	32,2	11,9
<b>84</b>	08-abr-25	60,0	30,3	11,5
<b>85</b>	08-abr-25	60,0	32,6	11,8
<b>86</b>	10-abr-25	62,0	30,1	11,3
<b>87</b>	10-abr-25	51,0	30,8	11,7
<b>88</b>	10-abr-25	53,0	30,0	11,4
<b>89</b>	10-abr-25	50,0	32,0	11,2
<b>90</b>	10-abr-25	50,0	32,0	11,9

**APÊNDICE B - DADOS COLETADOS - SECADOR B**

<b>SECADOR B</b>				
<b>AMOSTRA</b>	<b>DATA</b>	<b>TEMPERATURA DE SECAGEM (SCB)</b>	<b>TEMPERATURA DO GRÃO PÓS-SECAGEM (SCB)</b>	<b>UMIDADE DO GRÃO PÓS-SECAGEM (SCB)</b>
		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
1	04-fev-25	89,0	31,9	11,0
2	04-fev-25	97,0	32,9	10,5
3	04-fev-25	92,0	31,9	10,7
4	04-fev-25	100,0	32,2	11,3
5	04-fev-25	99,0	32,7	11,9
6	05-fev-25	99,0	29,3	11,9
7	05-fev-25	100,0	29,8	10,9
8	05-fev-25	101,0	34,3	11,2
9	05-fev-25	62,0	32,4	11,7
10	05-fev-25	96,0	27,8	9,0
11	06-fev-25	101,0	33,2	11,0
12	06-fev-25	99,0	31,9	11,1
13	06-fev-25	99,0	33,3	10,5
14	06-fev-25	100,0	35,0	10,6
15	06-fev-25	99,0	36,2	10,7
16	12-fev-25	99,0	29,1	10,5
17	12-fev-25	99,0	30,5	11,8
18	12-fev-25	100,0	34,2	11,4
19	12-fev-25	100,0	37,5	10,7
20	12-fev-25	99,0	36,2	10,5
21	18-fev-25	95,0	33,5	11,5
22	18-fev-25	69,0	33,6	12,1
23	18-fev-25	69,0	30,2	11,3
24	18-fev-25	98,0	33,7	11,3
25	18-fev-25	97,0	37,3	11,1
26	19-fev-25	100,0	34,3	10,7
27	19-fev-25	96,0	34,3	11,5
28	19-fev-25	94,0	37,2	9,8
29	19-fev-25	95,0	34,1	10,9
30	19-fev-25	94,0	35,1	10,0
31	08-mar-25	84,0	29,2	11,4
32	08-mar-25	85,0	31,4	11,1
33	08-mar-25	85,0	31,1	10,8
34	08-mar-25	85,0	32,1	9,7

35	08-mar-25	84,0	28,2	10,6
36	11-mar-25	73,0	34,6	10,2
37	11-mar-25	74,0	31,0	11,9
38	11-mar-25	74,0	30,2	11,3
39	11-mar-25	75,0	30,5	11,5
40	11-mar-25	74,0	31,0	11,6
41	12-mar-25	58,0	33,4	11,6
42	12-mar-25	66,0	32,0	11,8
43	12-mar-25	90,0	33,0	11,2
44	12-mar-25	70,0	34,5	12,5
45	12-mar-25	75,0	34,3	10,0
46	13-mar-25	75,0	31,0	11,7
47	13-mar-25	75,0	32,3	11,7
48	13-mar-25	74,0	33,5	11,5
49	13-mar-25	75,0	37,1	11,4
50	13-mar-25	75,0	36,1	11,8
51	14-mar-25	65,0	31,4	9,9
52	14-mar-25	65,0	31,0	10,1
53	14-mar-25	65,0	35,1	9,8
54	14-mar-25	66,0	32,4	9,8
55	14-mar-25	70,0	33,9	11,4
56	18-mar-25	74,0	30,3	11,4
57	18-mar-25	68,0	29,8	11,6
58	18-mar-25	65,0	31,8	11,4
59	18-mar-25	66,0	31,7	11,4
60	18-mar-25	65,0	33,1	11,2
61	19-mar-25	46,0	27,6	12,3
62	19-mar-25	65,0	27,7	12,0
63	19-mar-25	65,0	30,2	11,1
64	19-mar-25	65,0	34,3	10,6
65	19-mar-25	65,0	31,9	11,4
66	24-mar-25	69,0	31,6	11,3
67	24-mar-25	70,0	33,4	11,6
68	24-mar-25	70,0	33,1	12,0
69	24-mar-25	70,0	32,1	12,2
70	24-mar-25	70,0	31,9	12,3
71	25-mar-25	70,0	31,9	10,8
72	25-mar-25	70,0	33,2	10,9
73	25-mar-25	54,0	33,0	12,6
74	25-mar-25	65,0	30,2	12,4
75	25-mar-25	65,0	30,1	12,1
76	27-mar-25	55,0	30,6	11,3

77	27-mar-25	54,0	31,5	11,3
78	27-mar-25	88,0	32,0	12,2
79	27-mar-25	80,0	32,1	11,9
80	27-mar-25	79,0	30,4	12,6
81	08-abr-25	70,0	27,7	10,9
82	08-abr-25	69,0	27,6	11,4
83	08-abr-25	70,0	30,6	11,9
84	08-abr-25	70,0	30,3	11,8
85	08-abr-25	70,0	31,3	11,1
86	10-abr-25	62,0	29,5	10,9
87	10-abr-25	64,0	30,3	10,7
88	10-abr-25	62,0	29,5	10,7
89	10-abr-25	55,0	32,3	11,0
90	10-abr-25	51,0	31,7	11,1