



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

RENAN MARQUES DE AZEVEDO

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DAS ANÁLISES FÍSICO-
QUÍMICAS DE CRIOSCOPIA E ACIDEZ TUTELÁVEIS: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA ORGANIZAÇÃO BENEFICIADORA DE LATICÍNIOS DO RIO GRANDE DO
NORTE**

ANGICOS/RN
2020

RENAN MARQUES DE AZEVEDO

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE CRIOSCOPIA E ACIDEZ TUTELÁVEIS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO BENEFICIADORA DE LATICÍNIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Ambrósio Bezerra de Oliveira.

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

A994a Azevedo, Renan Marques.

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO
DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE CRIOSCOPIA E
ACIDEZ TUTELÁVEIS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
ORAGANIZAÇÃO BENEFICIADORA DE LATICÍNIOS DO RIO

GRANDE DO NORTE / Renan Marques Azevedo. - 2020.

59 f. : il.

Orientador: Lucas Ambrósio.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Produção, 2020.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RENAN MARQUES DE AZEVEDO

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DAS ANÁLISES
FÍSICO-QUÍMICAS DE CRIOSCOPIA E ACIDEZ TUTELÁVEIS: UM ESTUDO DE
CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO BENEFICIADORA DE LATICÍNIOS DO RIO
GRANDE DO NORTE: Um estudo de caso**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal Rural do
Semi Árido, como parte das exigências para a obtenção do
título de bacharel em Engenharia de Produção.

Angicos/RN, 11 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

LUCAS AMBROSIO
BEZERRA DE
OLIVEIRA:05095203405

Assinado de forma digital por LUCAS AMBROSIO
BEZERRA DE OLIVEIRA:05095203405
DN: cn=LUCAS AMBROSIO BEZERRA DE

Prof. Dr. Lucas Ambrósio Bezerra de Oliveira
UFERSA - Centro Multidisciplinar de Angicos

ANDRE LUIZ SENA DA
ROCHA:04986338455

Assinado de forma digital por ANDRE
LUIZ SENA DA ROCHA:04986338455
Dados: 2020.12.18 20:18:46 -03'00'

Prof. Me. André Luiz Sena da Rocha
UFERSA - Centro Multidisciplinar de Angicos

LUCIANA TORRES CORREIA
DE MELLO:05225946461

Assinado de forma digital por
LUCIANA TORRES CORREIA DE
MELLO:05225946461

Profa. Dra. Luciana Torres Correia de Mello
UFERSA - Centro Multidisciplinar de Angicos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família pela contribuição com minha formação acadêmica. Especialmente aos meus pais Maristela Marques e Ademacir Azevedo, pelo apoio emocional e financeiro que precisei durante todo esse processo de construção acadêmica.

Agradeço aos meus colegas de curso, Allan Pessoa, Ariágne Assis, que nas horas mais difíceis, me ouviram, aconselharam e ajudaram.

Agradeço também aos integrantes da ProJr Consultoria por ter se tornado uma família, onde me senti à vontade em compartilharmos experiências e sentimentos.

Não posso deixar de agradecer também aos meus amigos de longa data, Rafaella Pessoa, Mariana Diógenes, Gabriela Marques,, Matheus Lima.

Agradeço a Ramon Fonseca por me ajudar a crescer como pessoa.

Agradeço ao meu orientador Lucas Ambrósio, por me auxiliar na construção deste trabalho e pelos ensinamentos repassados.

Agradeço a UFERSA por me proporcionar um ensino de qualidade, com toda a infraestrutura durante toda essa trajetória. Agradeço a todos os professores desta instituição, por estarem sempre disponíveis aos alunos e por serem os responsáveis por formar minha referência de profissional.

Por fim, agradeço a minha banca, Prof. Me. André Luiz Sena da Rocha e Profa. Dra. Luciana Torres Correia de Mello, por aceitarem o convite para compor essa banca e contribuírem com o aperfeiçoamento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho compreende um segmento importante para o bem-estar e alimentação do ser humano: o leite. Ainda é um alimento muito consumido, principalmente no início e final da vida e seu consumo é fundamental para a manutenção de nutrientes essenciais ao longo de toda a vida. Por essa razão, é basilar que essa bebida chegue com máxima segurança à mesa dos consumidores, sem riscos de contaminação ou alterações indevidas. Pensando nisso, este estudo lança luz sobre o controle de qualidade do leite pasteurizado, a partir de possibilidades de aplicação de ferramentas da qualidade capazes de conferir confiabilidade no processo produtivo. Seu objetivo geral, portanto, consiste em aplicar a ferramenta de Controle Estatístico do Processo (CEP) na testagem dos indicadores de crioscopia e acidez do leite numa Organização Beneficiadora de Laticínios. Tomando como base os padrões de referência estabelecidos pelo Instituto de Defesa e Inspeção Agropecuária do Rio Grande do Norte (IDIARN) para os indicadores mencionados, o trabalho elaborou Cartas de Controle $\bar{X}$ e R para análise dos dados fornecidos pela Organização Beneficiadora de Laticínios em questão, a fim de identificar a variabilidade do processo de análise físico-química em consonância com os limites legais estabelecidos. Com a análise dos resultados, percebeu-se que o processo está fora de controle na maior parte dos testes, sendo necessária a elaboração de ações capazes de identificar, classificar e controlar quais fornecedores entregam a matéria prima dentro das especificações exigidas.

Palavras-chave: Indústria de Laticínios. Controle Estatístico do Processo. Cartas de Controle.

ABSTRACT

This work comprises an important segment for the well-being and food of the human being: milk, which is still a widely consumed food, especially at the beginning and end of life. Milk's consumption is very important for the maintenance of essential nutrients throughout life. For this reason, it is essential that this drink reaches the table of consumers with maximum safety, without risk of contamination or undue alterations. Having this knowledge, this study sheds light on the quality control of pasteurized milk, based on the possibilities of applying quality tools capable of providing reliability in the production process. The study general objective, therefore, is to apply the Statistical Process Control (SPC) tool in the testing of cryoscopy and acidity indicators of milk in a Dairy Processing Organization. Based on the reference standards established by the Institute of Defense and Agricultural Inspection of Rio Grande do Norte (IDAIRN) for the mentioned indicators, the work prepared Letters of Control **X** and R for analysis of the data provided by the Dairy Organization studied, in order to identify the variability of the physical-chemical analysis process in line with the established legal limits. Analysing the results, it was noticed that the process is out of control in most of the tests, which shows the necessity of elaboration of actions capable of identifying, classifying and controlling which suppliers deliver the raw material within the required specifications.

.

Keywords: Dairy Industry. Statistical Process Control. Control Cards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura do TCC	9
Figura 2	Carta de Controle Shewart	13
Figura 3	Roteiro do Trabalho	23
Figura 4	Fluxograma do Processo.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais Ferramentas do CEP	11
Tabela 2	Interpretação do Índice Cpk.	22
Tabela 3	Resultado dos Limites da Carta ($\bar{X}$) para o índice de crioscopia	26
Tabela 4	Resultado dos Limites da Carta ($\bar{X}$) para o índice de acidez	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Amplitude (R) do primeiro período de testes para o índice de crioscopia	29
Gráfico 2	Média ($\bar{X}$) do primeiro período de testes para o índice de crioscopia	29
Gráfico 3	Amplitude (R) do segundo período de testes para o índice de crioscopia	31
Gráfico 4	Média ($\bar{X}$) segundo período de testes para o índice de crioscopia.....	32
Gráfico 5	Amplitude (R) do primeiro período e sem as causas especiais para a crioscopia.....	33
Gráfico 6	Média ($\bar{X}$) do primeiro período e sem as causas especiais para a crioscopia.....	33
Gráfico 7	Amplitude (R) do segundo período e sem as causas especiais para a crioscopia	34
Gráfico 8	Média ($\bar{X}$) do segundo período e sem as causas especiais para a crioscopia.....	35
Gráfico 9	Amplitude (R) do primeiro período de testes para o índice de acidez.....	36
Gráfico 10	Média ($\bar{X}$) para o primeiro período do índice de acidez.....	37
Gráfico 11	Amplitude (R) do segundo período de testes para o índice de acidez.....	38
Gráfico 12	Média ($\bar{X}$) do segundo período de testes para o índice de acidez.....	39
Gráfico 13	Amplitude (R) do primeiro período e sem as causas especiais para a acidez.....	40
Gráfico 14	Média ($\bar{X}$) do primeiro período e sem as causas especiais para a acidez.....	40
Gráfico 15	Amplitude (R) do segundo período e sem as causas especiais para a acidez.....	41
Gráfico 16	Média ($\bar{X}$) do segundo período e sem as causas especiais para a acidez.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	AGEITEC	Agência Embrapa de Informação Tecnológica
2	CEP	Controle Estatístico do Processo
3	Cp	Índice de Potencial do Processo
4	Cpk	Índice do desempenho do processo
5	Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
6	IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
7	IDIARN	Instituto de Defesa e Inspeção Agropecuária do RN
8	LC	Limite de Controle
9	LIC	Limite Inferior de Controle
10	LM	Limite Médio
11	LSC	Limite Superior de Controle

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	04
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA	04
1.2 OBJETIVOS	06
1.2.1 Objetivo Geral	06
1.2.2 Objetivos Específicos	07
1.3 JUSTIFICATIVA	07
1.4 ESTRUTURA DO TCC	08
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	09
2.1. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)	09
2.2 CARTAS DE CONTROLE	12
2.2.1 Tipos de Cartas de Controle	15
2.2.2. Construção das Cartas $\bar{X}$ e R	17
2.2.3. Capabilidade do processo (Cp e Cpk)	21
3 METODOLOGIA	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	22
3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	23
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 CRIAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE	27
4.1.1 Cartas de Controle para o índice de crioscopia	27
4.1.2 Cartas de Controle para o índice de acidez titulável	37
4.2 ANÁLISE DA CAPABILIDADE DO PROCESSO (CP E CPK)	42
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020), a cadeia produtiva do leite no Brasil tem passado por importantes mudanças nas últimas décadas, experimentando uma intensa modernização tecnológica e registrando grande crescimento de produção e consumo, em 2018 obteve um aumento na produção de 1,6%, entretanto não havia aumento desde de 2014. De acordo com dados de 2018 a respeito da produção mundial de leite, o país ocupa a quarta posição entre os maiores produtores, somando 33 milhões de toneladas SCM/ano, ficando atrás da Índia (201), Estados Unidos (95) e Paquistão (48). Ainda de acordo com a EMBRAPA, “o maior direcionador de consumo de leite é a renda e esta variável foi a tônica da expansão desta cadeia produtiva nos últimos 30 anos”.

Em 2020, com a pandemia do novo coronavírus, foi gerada uma nova ordem nas cidades e no campo ao impor ações sanitárias para proteger a saúde das pessoas e também a dos animais, o que, segundo o pesquisador Glauco Carvalho da EMBRAPA de Gado de Leite, trará mudanças profundas na cadeia produtiva do leite - não muito diferente do que ocorrerá com outros setores (EMBRAPA, 2020).

A produção de laticínios está presente em todas as regiões do Brasil, com concentração de tecnologias e produção em algumas delas. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), a região com maior produção de leite no país em 2018 foi a Sul, com 34,2%, seguida da Sudeste, com 33,9%, e na terceira posição, com 13%, vem a Nordeste, seguida pela Centro-Oeste e a Norte, com 12,1% e 6,8% respectivamente. No Rio Grande do Norte, ainda segundo levantamento do IBGE (2018), no último censo realizado, a produção leiteira foi de 278.656 mil litros, totalizando um valor de produção de R\$ 452.648 mil reais.

Ao analisar o crescimento desigual da produção leiteira, levando em conta os dados da produção por região, ocasionado pelo clima, pastagem, desenvolvimento do gado e a centralização de tecnologias e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento da manufatura, é imprescindível, para gerar uma vantagem competitiva, que as empresas prezem pela qualidade em seus processos, reduzindo custos, variabilidade e tempo.

Segundo Dias (2014), a qualidade do leite é um atributo que pode ser avaliado por parâmetros de composição, físico-químicos e por padrões higiênico-sanitários. Dentre os parâmetros de composição, tem-se a proteína, a gordura e o extrato seco desengordurado do

leite. Em relação aos parâmetros físico-químicos, compreende-se a acidez titulável, a estabilidade ao alizarol, o índice crioscópico e a densidade relativa. Quanto aos parâmetros higiênico-sanitários, são fatores referentes à saúde dos animais, com ênfase na ausência de resíduos químicos, na mastite e nas condições de obtenção e armazenamento do leite. Ainda de acordo com Dias (2014), a avaliação dos indicadores previstos na legislação para os laboratórios das indústrias de laticínios são centrados especificamente nos parâmetros físico-químicos, que verificam se o leite é adequado ou não para ser processado e comercializado. Este trabalho, no entanto, focará nos indicadores de crioscopia e acidez titulável.

A AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2020) define como *índice crioscópico* ou *crioscopia* “a medida do ponto de congelamento do leite ou da depressão do ponto de congelamento do leite em relação ao da água”. O ponto de congelamento máximo do leite aceito pela legislação brasileira, conforme a Agência de Informação referida, é $-0,512^{\circ}\text{C}$. A determinação de fraude no leite por adição de água é a aplicação mais frequente do índice crioscópico em laticínios. O crioscópio é o aparelho utilizado para a fazer o teste no qual a amostra do leite é congelada e o ponto de congelamento é lido em um termômetro preciso.

Já a *acidez titulável*, também em conformidade com a AGEITEC (2020), diz respeito ao teste usado para determinação da acidez do leite, expresso em graus Domic ($^{\circ}\text{D}$) ou em porcentagem (%) de ácido láctico. O leite fresco apresenta uma acidez detectável pela técnica da titulação. Isso indica que a substância química usada no teste da determinação na titulação combina com algumas substâncias presentes no leite fresco e lhe confere uma “acidez aparente”, podendo variar de 15 a 18°D . Este termo, no entanto, não pode ser confundido com a acidez que se forma no leite pelo crescimento de bactérias (“acidez real ou verdadeira”).

Para que os testes sejam realizados e validados conforme a legislação, o leite coletado de recipientes individuais e coletivos precisa ser monitorado, visando a obtenção dos parâmetros físico-químicos para posteriormente avaliar se o leite possui a qualidade mínima aceitável para processamento. As amostras para os testes devem ser coletadas no momento da captação do leite em cada recipiente que é recolhido pela indústria e devem ser realizadas por um profissional capacitado (BRASIL, 2006).

Visando suprir a necessidade de aperfeiçoamento nos processos para garantia da qualidade, foram desenvolvidas metodologias com foco na melhoria, controle e monitoramento de processo, como é o caso do Controle Estatístico do Processo (CEP), que tem como finalidade auxiliar no monitoramento de resultados específicos de processos para execução de um produto ou serviço (ROCHA, 2019). Com sua aplicação, é possível verificar se os processos de uma

organização estão de acordo com os padrões de qualidade sugeridos por normas e órgãos fiscalizadores, já que essa ferramenta contribui para identificar mudanças no processo, corrigindo erros e otimizando recursos (DAMINELLI, 2013).

É necessário, portanto, uma leitura do contexto atual do consumo e da produção para situar a dinâmica de aplicação dessa ferramenta. Os novos desafios do mercado, segundo Kennya Beatriz Siqueira (EMBRAPA, 2020), pesquisadora da Embrapa Gado de Leite, têm revelado um cenário de consumidores muito fragmentado, dividido em grupos, com objetivos e filosofias bem específicos, que está incentivando empresas e organizações a reconsiderarem a visão aplicada em seus negócios. Sustentabilidade ambiental e o bem-estar animal, por exemplo, são pautas atuais desse novo público. É nesse contexto que a utilização do CEP na indústria se torna um instrumento de trabalho adequado para garantir o monitoramento e controle de processos em consonância com as novas demandas. O principal objetivo dessa ferramenta é disponibilizar referências relacionadas ao grau de confiabilidade dos resultados gerados e ao controle dos riscos envolvidos.

Pensando nisso, e em conformidade com o objetivo institucional da UFERSA – Campus Angicos/RN de “contribuir para a solução dos problemas sociais, econômicos e políticos, dando ênfase à região Semi-Árida brasileira”, este trabalho se debruçou sobre o seguinte problema de pesquisa:

- Como a aplicação da ferramenta de Controle Estatístico do Processo pode monitorar a testagem da crioscopia e acidez titulável do leite numa Organização Beneficiadora de laticínios no Rio Grande do Norte, em consonância com os padrões de referência estabelecidos pela Agência de Informação Embrapa?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar o Controle Estatístico do Processo na testagem da crioscopia e acidez do leite numa Organização Beneficiadora de laticínios no Rio Grande do Norte.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear o processo produtivo físico-químico dos laticínios produzidos;
- Aplicar ferramentas do Controle Estatístico do Processo;
- Analisar possíveis causas geradoras de variabilidade no processo produtivo referido.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se por compreender um segmento relevante para o bem-estar e alimentação do ser humano: o leite. Ele é considerado um dos alimentos mais benéficos no que se refere ao quesito de dieta nutricional, agregando elementos para o desenvolvimento e saúde do homem (GRACINDO; PEREIRA, 2009). Por essa razão, é fundamental que esse alimento chegue com máxima segurança à mesa dos consumidores, sem riscos de contaminação ou alterações indevidas.

O desenvolvimento do mercado de produtos e serviços ao longo das décadas evidenciou que a busca pela qualidade por parte dos consumidores se tornou um dos fatores essenciais para a fidelização do cliente e sobrevivência de indústrias no âmbito competitivo do mercado. Carpinetti (2012) ressalta o quão importante é a implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade no mercado alimentício por ser este um dos nichos que mais necessita de atenção quanto a questões de segurança, pois os produtos precisam atender a requisitos que garantam o bem-estar das pessoas, além de cumprir com outras exigências, como as relacionadas com aspecto, cheiro, sabor, etc.

No caso específico do leite, por ser um produto com alta perecibilidade, é necessário que as organizações do ramo leiteiro estejam sempre orientando e monitorando os produtores e colaboradores, seguindo o conjunto de normas estabelecido conforme a legislação. Por essa razão, é necessário utilizar metodologias para melhorar o controle e monitoramento do processo de manejo do leite, a fim de conferir confiabilidade e qualidade aos produtos comercializados pelas organizações especializadas.

Dentre as metodologias mais adequadas ao contexto abordado, o Controle Estatístico do Processo (CEP) desponta como uma das mais eficazes no monitoramento das variações em tempo real. Sua aplicação consiste, em um primeiro momento, na coleta de dados em períodos regulares com o objetivo de identificar comportamentos indesejados no processo. Trata-se da

eliminação, ou redução, das variações provenientes de causas tratáveis, permitindo ao gestor monitorar e controlar a qualidade dos produtos ao longo de suas etapas de produção, alcançando maior nível de qualidade (RIBEIRO; CATEN, 2012).

1.4 ESTRUTURA DO TCC

Este trabalho está estruturado com base em 5 capítulos, aos quais estão da seguinte maneira. Primeiro a introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussões e conclusão.

No primeiro capítulo, encontra-se a introdução, no qual contém uma breve contextualização sobre o tema abordado, explicando o problema, o objetivo da pesquisa e a justificativa para realizar este estudo.

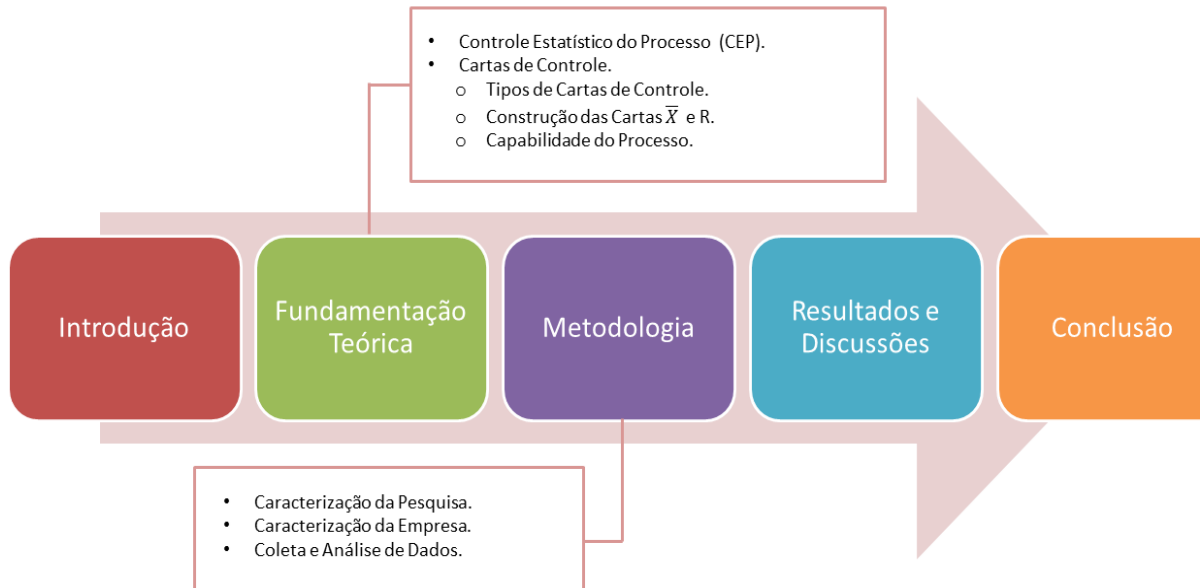
O segundo capítulo foi destinado para a fundamentação teórica do trabalho, onde foi explicado sobre o Controle Estatístico do Processo (CEP), Cartas de Controle, dentre as Cartas, os tipos de Cartas de Controle, Construção das Cartas X e R e a Capabilidade do Processo.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia do trabalho, onde encontra-se a caracterização da pesquisa, caracterização da empresa e coleta e análise de dados.

O quarto capítulo, dispõe dos resultados e discussões com construção das Cartas de Controle X e R e os resultados obtidos com as análises do monitoramento dos dados.

No quinto e último capítulo foram apresentadas a conclusão do trabalho bem como as propostas de melhoria, Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do TCC



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta sessão é destinada à apresentação da fundamentação teórica e está dividida em três subseções. A primeira subseção, aborda o Controle Estatístico do Processo (CEP), apresentando seu surgimento, bem como sua utilização e importância. Já na segunda subseção, são apresentadas as cartas de controle, ferramenta utilizada para medir a padronização dos processos produtivos através dos seus limites superiores e inferiores. E, por fim, na terceira subseção, são apresentados os tipos de cartas de controle, expondo suas particularidades e utilizações, na qual também serão apresentados os conceitos de C_p e C_{pk} – índices responsáveis pela capacidade que mede a qualificação do processo (se é capaz de ser realizado ou não).

2.1. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

Entre as décadas de 1930 e 1950 a indústria passou por modificações em seus processos produtivos. Das diversas transformações emergidas neste período, o Controle Estatístico da Qualidade surge como metodologia inovadora para época (EXLER; LIMA, 2012). Ela foi inserida inicialmente por Dr. Walter A. Shewart a partir da sua experiência de trabalho na Bell Telephone Laboratories¹, onde desenvolveu pesquisas inovadoras no contexto de regimes produtivos (SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014).

O CEP era utilizado inicialmente de forma ilustrativa, uma vez que era visualmente agradável e de fácil construção. Porém, com frequência a avaliação e o monitoramento dos processos ficavam em segundo plano (DAL´CORTIVO, 2005).

Atualmente, o Controle Estatístico do Processo além de possibilitar a padronização do processo produtivo para que não ocorram desperdícios, identifica quais os pontos que estão fora do controle para que sejam investigados, visando solucionar problemas. Diante disso, a ferramenta se torna relevante no processo produtivo, podendo criar planos de ações para corrigir ou amenizar problemas (LIMA et. al, 2006).

Segundo Toledo (2017), o CEP permite identificar e separar as causas de variação do processo sejam elas especiais ou naturais. Ele proporciona a redução de custos, o aumento da qualidade e permite a possibilidade de tomar decisões e executar ações necessárias para corrigir alguns erros encontrados em uma situação-problema.

¹ É uma empresa de pesquisa industrial e desenvolvimento científico, subsidiária da empresa finlandesa Nokia. Foi estabelecida como uma instituição independente do departamento da Western Electric em 1925 pelo presidente da AT&T Walter Gifford.

Comumente esse controle é utilizado em processos contínuos e semicontínuos, nos quais são retiradas pequenas amostras aleatórias em um período de tempo, para que possam ser medidas algumas características do processo com o objetivo de avaliar sua estabilidade ou estado de controle estatístico. Segundo Rocha (2019), com o CEP “é possível nos anteciparmos aos problemas, isto é, identificar situações que podem levar à ocorrência destes, havendo, assim, a possibilidade de tomar decisões que evitem danos maiores, antes mesmo que aconteçam”.

O Controle Estatístico do Processo visa também solucionar as inúmeras variações da qualidade. Porém, nem todo problema impacta na qualidade do produto com a mesma intensidade. Isso quer dizer que, mesmo que as variações sejam importantes na teoria, elas não modificam a qualidade do produto quando devidamente controladas. Logo, o CEP tem um importante papel ao detectar, através das Cartas de Controle – ferramenta utilizada neste estudo – a ocorrência de causas especiais no processo, diminuindo a variabilidade e proporcionando a fabricação de produtos com mais garantia de qualidade e menor custo (KUME, 1993).

Além das Cartas de Controle, outras ferramentas compõem o CEP, como é possível conferir na tabela 1:

Tabela 1 – Principais Ferramentas do CEP.

Ferramentas	Conceito
Histogramas	Gráfico de barras cujo principal objetivo é representar a distribuição dos dados indicando a quantidade de unidades em cada categoria. Por isso, o histograma pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz na verificação da frequência de um produto com defeito, bem como, a tendência central e a variação da distribuição (FERREIRA, 2009).
Diagrama de causa-efeito	Comumente conhecido também na literatura como Diagrama de Ishikawa, essa ferramenta tem como finalidade analisar e encontrar as possíveis causas de uma circunstância ou um problema particular. Ou seja, esse diagrama tem a capacidade de validar a relação que existe entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores do processo (causas) que podem, por razões técnicas, influenciar no resultado considerado. O diagrama de causa e efeito é usualmente utilizado para apresentar os resultados, efeitos, e os fatores, causas, de um processo mostrando seus aspectos e suas relações em comum que de alguma maneira pode ser afetado o resultado final (VIEIRA FILHO, 2007).
	Segundo Werkema (2006) o Diagrama de Dispersão pode ser conceituado como um gráfico que apresenta o tipo de relacionamento entre duas variáveis. Através deste diagrama é possível identificar se

Diagrama de Dispersão	existe uma tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis, além de apresentar o que acontece com uma variável quando a outra muda, para avaliar possíveis relações de causa e efeito. Ou seja, o diagrama de dispersão serve para demonstrar a intensidade da inclusão das variáveis selecionadas,
Gráfico de Pareto	Este gráfico tem o intuito dispor os dados de forma objetiva e sem ambiguidades, para facilitar a identificação inicial do problema. Este gráfico, também classifica os problemas da qualidade por importância, o que quer dizer que podem ser utilizados com a finalidade de descobrir o problema mais importante, por meio da utilização de variados critérios de medição, a exemplo da frequência e do custo (WERKEMA, 2006).
Folha de Controle	São ferramentas facilitadoras, tabelas ou planilhas, utilizadas para simplificar a coleta e análise de dados. Seu uso gera uma economia de tempo e trabalho (MARSHALL JR. et al 2007). Dessa forma, tem como finalidade registrar os dados dos itens analisados, possibilitando uma rápida compreensão da situação, ajudando minimizar os erros.
Gráfico de Controle	Este gráfico é utilizado recorrentemente com o objetivo principal de acompanhar a variabilidade de um processo para identificar suas causas comuns (variação normal do processo) e causas especiais (problemas decorrentes de falha operacional) (CAMPOS e ROCHA, 2009).

Fonte: Adaptado de Montgomery (2013).

O controle e a melhoria da qualidade se desenvolvem por meio do uso dessas ferramentas particulares que constituem o CEP. Este estudo, no entanto, trata especificamente da Carta de Controle, tema que será explorado no tópico a seguir.

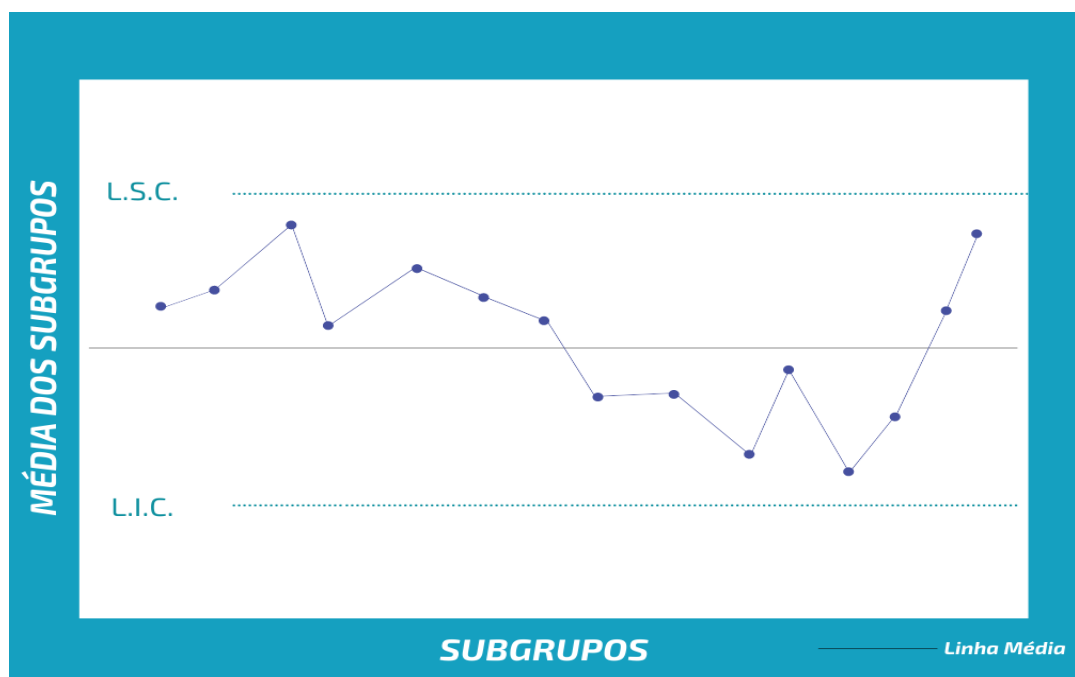
2.2 CARTAS DE CONTROLE

Segundo Montgomery (2009), cartas de controle são utilizadas como uma ferramenta eficiente para analisar o processo através de amostras colhidas em um determinado tempo, nestas Cartas de Controle encontra-se uma Linha Média (LM), onde o valor médio analisado está sob controle estatístico. Por definição, sua estrutura consiste em uma Linha Superior de Controle (LSC) e outra Linha Inferior de Controle (LIC) as quais determinarão a área onde os dados estarão sob controle. De acordo com as Cartas de Controle, qualquer ponto observado fora dessas regiões são constituídos fora de controle estatístico e precisam de mais atenção

para identificar a causa raiz, analisando cada um individualmente e assim traçar um plano de ação corretivo.

Por definição, as linhas que constituem a Carta de Controle permanecem a uma distância de três desvios-padrão da linha média ($\mu \pm 3\sigma$). A utilização desses limites tem o propósito de auxiliar na verificação dos dados, indicando ou não um controle estático. Em outras palavras, verifica se o processo está sob controle, se todos os pontos estarão agrupados entre as linhas superior e inferior e reunidos em torno da linha média (POZZOBON, 2001). A representação da Carta de Controle está ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Carta de Controle Shewart.



Fonte: Adaptado de Mitutoyo (2014).

Para escolher a Carta de Controle mais apropriada para o problema a ser analisado em algum processo produtivo específico, se faz necessário conhecer as variáveis escolhidas (SILVA, 1999). Por exemplo, muitas características não podem ser representadas numericamente. Nessa situação, classifica-se cada item da amostra com um atributo que pode ser categorizado de diversas formas, entre elas: conforme ou não-conforme, presença ou ausência e positivo ou negativo. Em contrapartida, uma característica que é medida em uma

escala numérica é chamada variável. Alguns exemplos de variáveis são: medidas de pH, concentração, acidez titulável, teor de gordura, temperatura, massa, volume, contagem de fungos, bactérias, entre outros (OLIVEIRA, 2013).

No Quadro 1, encontram-se à disposição os tipos das Cartas de Controle e suas respectivas características e na seção 2.2.1 foi definido cada Carta.

Quadro 1 – Tipos de Cartas de Controle e suas especificidades de dados para desenvolvimento.

Nome da Carta	Tipo
<i>Cartas de controle indicadas para indústrias de manufatura em geral.</i>	
X – Bar	Variáveis
Amplitude (R)	Variáveis
Desvio Padrão (S)	Variáveis
Individuais	Variáveis
Np	Atributo
P	Atributo
C	Atributo
U	Atributo
<i>Cartas de Controle indicadas para processos contínuos</i>	
Média Móvel	Variáveis
EWMA	Variáveis
CUSUM	Variáveis

Fonte: Adaptado Drain (1997).

Conforme visto no quadro 1, as cartas de controle podem ser utilizadas para analisar processos que lidam com dados do tipo variável, bem como dados do tipo atributo. Ou seja, para os dados de cunho variável, tem-se o conjunto de dados numéricos de um processo, e para os dados de cunho atributo, tem-se o conjunto de dados subjetivos ou característicos de qualidade.

Na seção 2.2.1 será apresentada uma descrição detalhada dos tipos de Cartas de Controle, expondo sua utilização, características e formulação.

2.2.1 Tipos de Cartas de Controle

O controle de um processo ocorre quando o mesmo evidencia ações de causas aleatórias, ou seja, comuns. Em contrapartida, um processo está fora de controle quando se observa a necessidade de alguma ação reparadora, geralmente indicada através de um ponto que está acima do LSC ou abaixo do LIC no gráfico (COSTA; EPPRECHT; CARPINETT, 2005).

Como explanado anteriormente, as Cartas de Controle qualificadas em atributos são utilizadas para características da qualidade que não podem ser mensuradas em uma escala quantitativa, sendo classificadas em:

- **Gráfico da Proporção de Itens Defeituosos (Gráfico p):** Esse gráfico tem como objetivo apresentar a proporção de unidades defeituosas em uma amostra de tamanho variável, ou seja, é utilizado quando a as definições da qualidade é correspondente de acordo com a proporção de itens conformes e não conformes que são liberados pelo processo analisado. Dessa forma, para classificar um produto como conforme ou não-conforme, é necessário apenas que o item não atenda pelo menos uma das características pré-estabelecidas.
- **Gráfico do Número Total de Defeitos (Gráfico c):** Sua utilização é recorrente quando se existe a necessidade de realizar o controle do número de defeitos em uma amostra de área fixa.
- **Gráfico Np:** Este tipo de gráfico é utilizado para controlar o número de unidades não conformes, ou seja, o número de unidades defeituosas em uma amostra de tamanho fixo.

- **Gráfico U:** Sua utilização é recorrida no controle da taxa de não conformidades por unidade, apresentando a densidade de defeitos derivados das amostras de área variável.

No que diz respeito às Cartas de Controle por Variáveis, elas são utilizadas quando se é necessário controlar e monitorar tanto o valor médio quanto a variabilidade do processo, resultando numa medição expressa por valor numérico em uma escala qualquer. Dessa forma, suas medições podem ocorrer através: velocidade, altura, peso, massa, volume entre outros. Nesse caso, os mais conhecidos são:

- **Gráfico da Média ($\bar{X}$):** Comumente conhecidos como os gráficos das médias do conjunto de medidas, uma vez que, as médias das amostras são agrupadas com a intenção de controlar os valores médios das características estudadas. Para assim, monitorar o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras;
- **Gráfico da Amplitude (R):** Sua utilização se dá para calcular as amplitudes do conjunto de medidas. Além disso, é útil para apresentar a variabilidade dentro de uma única amostra. A seleção das amostras deve ocorrer de forma precisa para permitir que a variabilidade dentro da amostra verifique apenas causas aleatórias ou casuais. É válido ressaltar que a partir destas características os gráficos $\bar{X}$ e R devem ser trabalhados em conjunto, para garantir o acompanhamento mais eficiente do processo (WERKEMA, 1995);
- **Gráficos do Desvio Padrão (s):** Este gráfico é responsável por apresentar o desvio padrão do conjunto de medidas. Assim, os mesmos são escolhidos quando se trata de $n > 10$ ou 12, onde os valores acima disso, provoca a perda da amplitude (R) acarretando em uma eficiência comprometida, dificultando a estima do σ . Por isso, é aconselhável o uso deste gráfico em conjunto com o gráfico da média;
- **Gráficos Individuais:** Este gráfico deve ser aplicado em casos onde a unidade de dados coletados seja individual. Este cenário é comum onde existe a inspeção e medição automatizada, porém toda unidade produzida é inspecionada. Além disso, seu emprego pode acontecer quando há uma taxa de produção lenta, tornando-se irracional o acúmulo de amostras para realizar a análise, ou quando o desvio padrão obtido é extremamente pequeno;

- **Média Móvel:** Utilizada para estimar a média de várias medidas individuais, calculando-a a partir das amostras da população. Além disso, esse recurso é muito usado para destacar tendências a longo prazo;
- **EWMA:** Utilizado para detectar as médias de várias medidas individuais, justificadas para controlar a influência das observações mais recentes. Entretanto, os valores dispostos nos gráficos, representados por L e λ , devem ser escolhidos de maneira a proporcionar um melhor valor para o número de amostras que devem ser produzidas até que se encontre o primeiro valor fora de controle;
- **CUSUM:** Esta ferramenta é recorrentemente utilizada para detectar pequenas mudanças no processo em análise. Seu principal objetivo é apresentar as somas acumuladas dos desvios do valor.

De acordo com o que foi visto nesta seção, o objetivo dos gráficos de controle é analisar o comportamento da amostra de dados, uma vez que as tendências e mudanças de níveis dos dados acontecem repentinamente e não seguem uma distribuição aleatória, caracterizando alguma mudança no sistema. Por serem as cartas $\bar{X}$ e R os mais utilizados quando há uma variável contínua, embora seja evidente a similaridade entre todos os apresentados acima, este estudo os toma como base para a elaboração da análise. A seção seguinte apresenta o procedimento de construção desses gráficos.

2.2.2. Construção das Cartas $\bar{X}$ e R

Considerando uma amostra específica com uma distribuição normal com média μ e desvio padrão σ finito. Se essas amostras de tamanho n são recolhidas dessa população, a distribuição das médias amostrais é normal com média $\mu_{\bar{x}}=\mu$ e desvio padrão $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Consequentemente, o intervalo com $\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)\%$ de confiança para a média amostral é dado na Equação 1, no qual $z_{\frac{\alpha}{2}}$ reflete ao valor da distribuição normal padrão com determinado nível de significância α , sendo que $\alpha=0,3\%$ considerando limites 3α .

$$\mu \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 1})$$

Dessa forma, entende-se que a distribuição da amostra é normal. Porém, a distribuição das médias é aproximadamente normal com média $\mu_{\bar{x}} = \mu$ e desvio padrão $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ independentemente da distribuição da amostra ser normal, até mesmo quando são tomadas amostras de tamanho pequeno ($n = 4$ ou $n = 5$).

É comum que μ e σ não sejam conhecidos e precisam ser considerados a partir de amostras ou subgrupos preliminares, retirados quando o processo supostamente estava sob controle estatístico. Por definição, essas estimativas precisam ter em média 30 amostras para tomar como base.

Os resultados de uma distribuição normal dividem-se em torno da média, quando os valores giram em torno do intervalo 68,26% isso quer dizer que o mesmo se baseia em $\mu \pm \sigma$. Já quando o valor do intervalo está em 95,44% significa que ele se baseia em $\mu \pm 2\sigma$, e quando está no intervalo á 99,74% quer dizer que atingiu o nível $\mu \pm 3\sigma$. Dessa forma, as diferenças entre um valor observado “X” e a média “ μ ”, maiores do que 3, são esperadas apenas três vezes em cada mil observações, e portanto, a faixa de variabilidade “normal” no processo sob controle é geralmente estabelecida em 3.

Isto posto, para a construção das Cartas de Controle para a média ($\bar{X}$) e (R), é necessário seguir os seguintes passos, conforme Siqueira (1997):

- **Primeira Etapa:** definir o indicador da qualidade. Feito isso, é preciso analisar as características mensuráveis e que afetam o desempenho do produto.
- **Segunda Etapa:** determinar o método a ser utilizado, bem como o tamanho da amostra.
 - **Método Instantâneo:** objetiva-se a retirar a amostra, equivalente ao subgrupo da produção.
 - **Método Periódico:** objetiva-se retirar a amostra equivalente ao subgrupo de forma aleatória da produção que será realizada durante um período de tempo. Vale ressaltar a necessidade de representação quanto ao número das amostras para garantir relevância da análise.
- **Terceira Etapa:** nesta fase serão coletando os dados, fazendo uso de formulários.
- **Quarta Etapa:** definir a média $\bar{X}_i$ de cada amostra a ser analisada. Observada na Equação 2, em que n é número de observações da característica de qualidade e $\bar{X}_i$ é a média do i -ésimo subgrupo (amostra) e g é o número de subgrupos.

$$\bar{X}_i = \frac{X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + \dots + X_{in}}{n}, i = 1, 2, \dots, g \quad (\text{Equação 2})$$

- **Quinta Etapa:** Determinar a média global $\bar{\bar{X}}$, apresentada na Equação 3, onde $\bar{\bar{X}}$ é a média das médias dos subgrupos.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_g}{g} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \bar{X}_i \quad (\text{Equação 3})$$

- **Sexta Etapa:** Definir a amplitude R_i de cada subgrupo.
 - R_i é o (R) do i-ésimo subgrupo;
 - R_i = maior valor da amostra menos o menor valor da amostra.
- **Sétima Etapa:** Determinar a amplitude média $\bar{R}$, disposta na Equação 4:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_g}{g}, \quad (\text{Equação 4})$$

Dessa forma, temos:

- $\bar{R}$ é a média das (R) dos subgrupos;
- E o desvio padrão pode ser estimado pela Equação 5:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (\text{Equação 5})$$

Neste caso, d_2 trata-se de um fator de correção que serve para estimar σ a partir de R_0 tabelado em função do tamanho n de cada subgrupo. A aproximação do desvio padrão σ a partir da amplitude média ($\bar{R}$) é adequada quando o tamanho do subgrupo é menor ou igual a 10. Já no que se refere a amostras de tamanho grande $\bar{R}$ perde a eficiência, já que no cálculo da amplitude não são aplicados todos os dados dos subgrupos, e sim o maior e menor valor X_{min} e X_{max} .

- **Oitava Etapa:** Se faz necessário definir os limites e controle dos gráficos $\bar{X}$ pelas Equações 6, 7, 8.

$$LSC = \bar{X} + 3 \frac{R}{d_2} \sqrt{n} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (\text{Equação 6})$$

$$LM = \bar{X} \quad (\text{Equação 7})$$

$$LSC = \bar{X} - 3 \frac{R}{d_2} \sqrt{n} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (\text{Equação 8})$$

- **Nona Etapa:** Definir os limites de controle do gráfico R pelas seguintes Equações 9, 10, 11:

$$LSC_R = \bar{R} + 3 \hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3 d_3 \frac{R}{d_2} = D_4 \bar{R} \quad (\text{Equação 9})$$

$$LM_R = \bar{R} \quad (\text{Equação 10})$$

$$LSC_R = \bar{R} - 3 \hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3 d_3 \frac{R}{d_2} = D_4 \bar{R} \quad (\text{Equação 11})$$

O valor de $\frac{3}{d_2} \sqrt{n}$ é uma constante intitulada de A_2 , e os valores $1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$ e $1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$ são definidos como D3 e D4, respectivamente.

- **Décima Etapa:** Se faz necessário delinear os limites de controle e marcar os pontos nos gráficos, como também é preciso escrever as informações que devam constituir os gráficos. Dessa forma, é preciso delinear também o eixo vertical do lado esquerdo se estabelecendo os valores de $\bar{X}$ e R. Como também, traçar as linhas dos limites. Colocar os “g” valores de $\bar{X}$, e os “g” valores de R_i nos gráficos de $\bar{X}$ e R. Por fim, é necessário escrever o título, o tamanho do subgrupo “g”, o período em que os dados foram coletados, a especificação do processo e do produto, o método de medição, colocando também o responsável pela construção dos gráficos.
- **Décima Primeira Etapa:** Nesta fase ocorre a interpretação dos gráficos construídos, em que, analisa-se o comportamento dos pontos no gráfico $\bar{X}$ e no gráfico R, investigando se o processo está sob controle estatístico. Partindo do pressuposto que o controle do processo será alcançado, adota-se a carta de controle para monitorar as observações atuais e futuras. Porém, se ocorrer o oposto, conduzem-se ações de melhoria até que seja atingido o nível de qualidade desejado para o processo, onde os limites de controle são recalculados e os pontos fora destes limites são descartados.

2.2.3. Capacidade do processo (Cp e Cpk)

Durante o processo do CEP é realizado a verificação do *status* do processo, se está ou não sob controle estatístico, após isso, é possível executar a análise da capacidade do processo. A capacidade de um processo se objetiva em saber se capaz de produzir um produto atendendo a dadas especificações, para isso, sua orientação é feita através por meio de índices numéricos. Assim sendo, é com a capacidade de um processo que é possível avaliar o grau de satisfação das especificações de uma característica da qualidade (VIEIRA, 1999).

Para se analisar a capacidade de um processo utiliza-se o índice de capacidade (Cp ou Cpk). O índice potencial do processo Cp, que relaciona a faixa de variação permitida do processo com a faixa de variação real do processo, é determinado pela seguinte relação (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2005):

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (\text{Equação 12})$$

Existem várias fórmulas para determinação do Cpk, uma delas é a seguinte (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2004):

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}; \frac{LIE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}\right) \quad (\text{Equação 13})$$

Estes índices deverão ser classificados de acordo com os seguintes critérios, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Interpretação do Índice Cpk.

Cp ou Cpk	Nível do Processo	Controle do Processo
$\geq 1,33$	A	Capaz - Confiável os operadores do processo exercem controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o gráfico de controle.
de 1 até 1,33	B	Razoavelmente Capaz - Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo.
$< 1,00$	C	Incapaz - O processo não tem condições de manter as especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

Fonte: adaptado Montgomery (2004).

É apenas por meio do resultado do índice de capacidade que é possível identificar se um processo está qualificado a produzir ou prestar um serviço. Contudo, vale ressaltar que esses índices apenas terão valor se o processo estiver sob controle estatístico. Dessa forma, é possível realizar os cálculos do Cp ou Cpk construir e verificar as Cartas de Controle para emissão do parecer de estabilidade estatística do processo.

3 METODOLOGIA

Nesta seção do trabalho será abordada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos; a coleta, tratamento e análise dos dados para construção dos resultados e a caracterização da empresa. Serão ainda apresentadas as etapas seguidas durante a realização da pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (2010), o estudo em questão classifica-se de acordo com sua natureza como uma pesquisa aplicada, ou seja, tem o intuito de constituir entendimentos que possam ser colocados em prática em algumas situações específicas e, conseqüentemente, alcançar a resolução de problemas.

Podemos classificar o objetivo do estudo como sendo explicativo, visto que traz justificativas para eventos já conhecidos ou pode ser identificado através da Carta de Controle. Dessa mesma forma, pode-se dizer que é descritiva já que todos os dados são analisados sem a intervenção do pesquisador, ainda sim se faz uma correlação desses dados (LEITE, 2008).

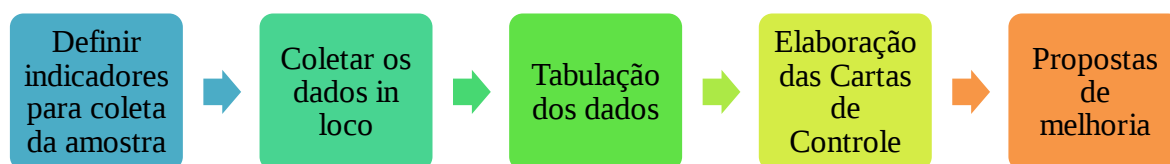
Além disso, pode-se dizer que a abordagem se enquadra como qualitativa e quantitativa. A quantitativa abrange as relações das variáveis analisadas, sendo numérica. Já a qualitativo se baseia nos dados textuais e imagem para compreender o pensamento e opiniões (CRESWELL, 2007).

Quanto aos métodos, são correspondentes a um estudo de caso, já que proporciona avaliar características que se baseiam em locais específicos. Eles constituem uma forma de investigar o estudo em questão. Ainda serve para responder perguntas que o pesquisador não tem autoridade sobre o que está sendo estudado (PONTE, 1994).

3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa foi desenvolvida com visita *in loco* para apuração dos dados a serem analisados. Isto posto, no consenso com a caracterização da pesquisa, o trabalho foi dividido em cinco etapas, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Roteiro do trabalho.



Fonte: Própria da pesquisa

A visita técnica na Organização Beneficiadora de Laticínios constituiu a primeira etapa da coleta de dados desta pesquisa. Na ocasião, foi possível conhecer as dependências da Organização referida e estabelecer contato com o setor administrativo. Essa etapa foi essencial para o levantamento das informações que constituem a Caracterização da Empresa (tópico 3.3). Na sequência, a reunião com o gerente de produção consolidou a etapa dois, momento em que

foi apresentado o processo produtivo do leite, desde a coleta até o armazenamento. O principal documento fornecido por ele foi o Boletim de Análise Físico-química (Leite Pasteurizado e Leite In’Natura) no qual estão identificados, por data de coleta do leite, os fornecedores e os índices de análise físico-química, quais sejam: densidade 15 C, % de gordura, crioscopia, acidez, alizarol, E.S.T. (Extrato Seco Total) e E.S.D. (Extrato Seco Desengordurado).

O quadro 2 ilustra o boletim fornecido pela Organização Beneficiadora de Laticínios.

Quadro 2 – Boletim de Análise Físico-química (Leite Pasteurizado e Leite In’Natura).

DATA	____/____/____							
Procedência								
Des. 15 C								
% Gordura								
Crioscopia								
Acidez dornic								
Alizarol								
E.S.T.								
E.S.D.								

Fonte: Adaptado da organização (2019).

Esses índices são responsáveis por determinar se o leite recebido dos fornecedores está apto ou não para processamento e comercialização. A pesquisa em questão, no entanto, elegeu como foco da análise apenas os índices de crioscopia e acidez titulável por serem eles geradores de dados mínimos necessários para a aplicação do Controle Estatístico do Processo.

A tabulação dos dados coletados em planilha da Microsoft Excel viabilizou a realização da fase seguinte deste trabalho, a análise. Ela foi feita a partir da criação e aplicação das cartas de controle $\bar{X}$ e R criadas através do Software Microsoft Excel, responsáveis por monitorar a centralidade e dispersão dos dados, respectivamente (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2013). A utilização dessas cartas garante a eficácia do diagnóstico produtivo, monitorando o processo.

A etapa seguinte, consiste em na elaboração das Cartas de Controle. De posse dos dados foi possível calcular os gráficos necessários para as análises requeridas do trabalho. Por fim, na etapa cinco, está as propostas de melhorias que auxiliam a organização na falta de planejamento no processo físico-químico.

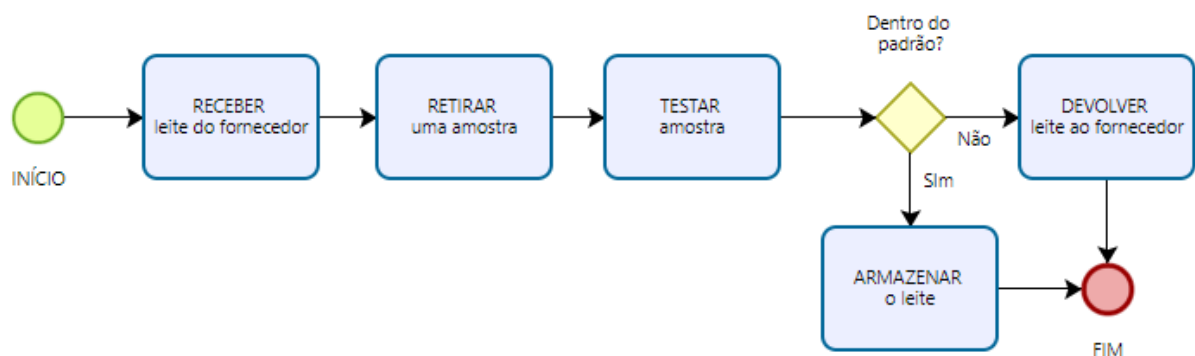
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O trabalho foi desenvolvido numa Organização Beneficiadora de Laticínios, situada no Rio Grande do Norte. Refere-se a uma empresa de beneficiamento de leite.

A empresa foi fundada meados de 90 e possui uma área total de 20.000 m², no qual 858,04 m² de área construída são divididos entre o setor de produção, laboratório, o setor administrativo e o setor financeiro. A Organização funciona com o recebimento de pequenos produtores locais. Tem como atividades econômicas a preparação do leite pasteurizado (Integral e desnatado), a fabricação de laticínios como bebida láctea (morango, salada de frutas, graviola e ameixa), queijo (manteiga, coalho e minas), requeijão e manteiga da terra. A organização funciona hoje com 29 funcionários, sendo distribuídos em vários setores

A fim de zelar pela qualidade dos seus produtos, a empresa segue um rigoroso processo de fabricação, proposta pelo gerente de produção de maneira que a produção siga de acordo com a legislação, desde a recepção da matéria-prima até a higiene dos colaboradores como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma do processo.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

A partir de pequenas amostras da matéria prima advinda dos fornecedores, ocorre a testagem do leite de origem bovina ou caprina antes do processo de armazenamento. Esses testes são realizados sempre que a organização recebe diretamente um novo lote dos fornecedores ou a cada vez que os seus caminhões recolhem o leite dos tanques instalados em zonas estratégicas da região. No total, a organização disponibilizou, em forma de boletins, 128 amostras do leite para o teste de crioscopia e 130 amostras para o teste de acidez titulável, obtidas entre os meses de junho e novembro de 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A seção 4 apresenta os resultados obtidos por meio do tratamento dos dados coletados, que serviram de input para aplicação do Controle Estatístico do Processo, analisando e identificando as causas da problemática alvo do estudo e visando a proposição de melhorias para a resolução desta problemática.

4.1 CRIAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE.

O processo analisado neste estudo deve ser monitorado para que possa identificar as possíveis falhas, bem como realizar as correções através de uma investigação mais minuciosa. Para a construção das Cartas de Controle, foram utilizados os dados do processo coletados na empresa alvo do estudo, referentes aos índices de crioscopia e acidez titulável, durante o período de Junho a Novembro de 2019, conforme informado na seção metodológica do trabalho.

Por lei, a empresa deve seguir os indicadores padrões definido pelo Ministério da Agricultura, mais precisamente pelo Instituto de Defesa e Inspeção Agropecuária do RN (IDIARN). Os dados foram divididos em dois grupos, em um intervalo de três meses cada, para realizar uma comparação dos dados coletados.

4.1.1 Cartas de Controle para o índice de crioscopia.

As cartas foram criadas através da ferramenta da Microsoft Excel, em que foram plotados a média ($\bar{X}$) e a amplitude (R). O levantamento da variável de amplitude (R), uma vez estabelecido, permite calcular o valor do desvio (δ) padrão do processo por meio da equação $\delta_{d_2}^R$ (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2013). Com isso, pode-se calcular o desvio padrão do processo para o primeiro e segundo período de testes do índice de crioscopia, respectivamente, como mostrado na equação 13 e 14, a seguir.

$$\delta_{d_2}^R = \frac{0,014}{1,693} = 0,008 \quad (\text{Equação 14}).$$

$$\delta_{d_2}^R = \frac{0,013}{1,693} = 0,008 \quad (\text{Equação 15}).$$

Após a obtenção do desvio padrão, calculam-se também os Limites Superiores (LSC), Inferiores (LIC), a Linha Média (LM) de cada carta, como mostrado nas equações 16, 17 e 18.

$$LSC = -0,5 + (1,023 * 0,014) = -0,525 \quad (\text{Equação 16})$$

$$LM = -0,5 \quad (\text{Equação 17})$$

$$LIC = -0,5 - (1,023 * 0,014) = -0,549 \quad (\text{Equação 18})$$

Com todas as variáveis da carta de controle devidamente calculadas, vale ressaltar que os valores deram negativos por que as variáveis em questão assumem valores negativos, então sugere-se a construção das cartas para analisar visualmente os resultados obtidos e averiguar se o processo se encontra em estado de controle ou não. Os resultados dos cálculos dos limites e linha media para as cartas de controle da média e amplitude podem ser melhor apresentados na Tabela 3.

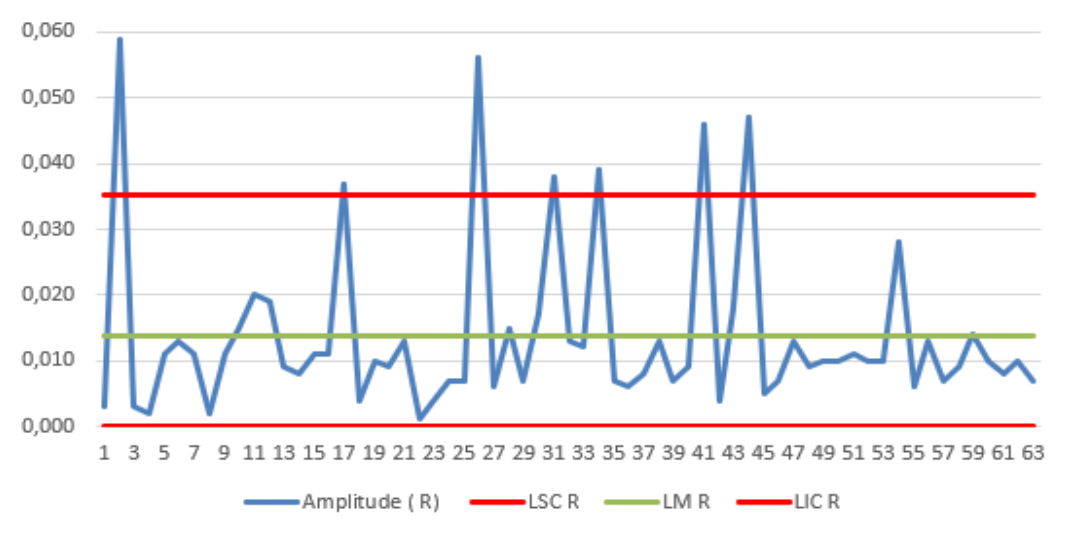
Tabela 3 – Resultado dos Limites da Carta ($\bar{X}$) para o índice de crioscopia.

Tipo de Cartas	Limite Superior	Médio	Inferior
Índice de crioscopia	Primeiro período		
Média	-0,525	-0,54	-0,549
Amplitude	0,035	0,014	0,000
	Segundo período		
Média	-0,530	-0,540	-0,530
Amplitude	0,33	0,013	0,000

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

O tratamento dos dados para o primeiro período de testes, referente ao índice de crioscopia, serviu de input para a construção da carta de Amplitude (R) e média ($\bar{X}$). A carta (R) para este período foi construído e pode-se observar que, sete pontos ficaram fora dos limites definidos, sendo eles 2, 17, 26, 31, 34, 41 e 44. Quando isto ocorre, o processo de análise desse índice apresenta uma variabilidade alta, deixando o processo fora de controle com muitas causas especiais que precisam ser identificadas e eliminadas para garantir que o processo fique sob controle estatístico, como mostrado no Gráfico 1.

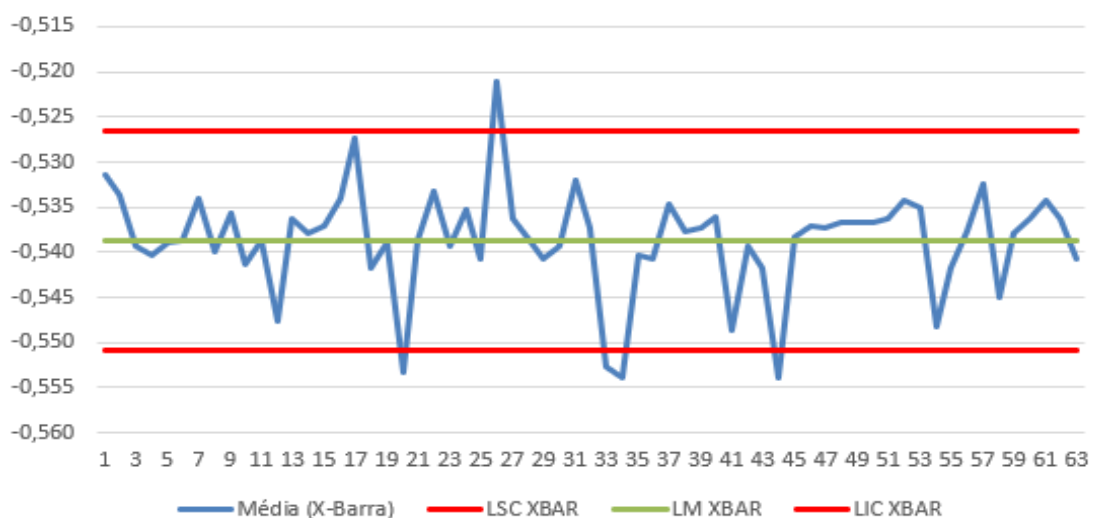
Gráfico 1 – Amplitude (R) do primeiro período de testes para o índice de crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

O gráfico de ($\bar{X}$), ou seja, a média para o primeiro período de testes, foi construído e nele pode-se observar que, para o índice de crioscopia, o processo que mensura a crioscopia está fora de controle dos limites determinados. Nesse caso, os pontos mais críticos que se pode observar são: 20, 26, 33, 34 e 44. Esses pontos são denominados como causas especiais, que são geradas por fatores identificáveis e podem ser tratadas, como mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Média ($\bar{X}$) do primeiro período de testes para o índice de crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Conforme exposto na seção metodológica do trabalho, o índice de crioscopia é o indicador que evidencia se o leite produzido pode ter seu ponto de congelamento aproximado ao da água, ou seja, em cerca de 0°C. Segundo a Embrapa (2020), as variações na concentração de vários dos constituintes do leite das vacas da mesma espécie podem ser influenciadas pela idade, saúde, raça, estação do ano, alimentação, temperatura ambiente, entre outros. No entanto, o ponto de congelamento do leite não chega a ser alterado por causa disso. O motivo mais comum pelo qual o ponto de congelamento do leite pode ser alterado é a adição fraudulenta de água ao leite.

A organização beneficiadora de laticínios não produz o leite cru, matéria prima para o processamento do leite pasteurizado, estando restrita apenas ao seu processamento. Portanto, pode-se utilizar os dados obtidos para mapear quais fornecedores repassam um leite com índice de crioscopia adequado para processamento e comercialização, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

Como os testes de crioscopia são realizados no momento da chegada desse leite à empresa, pode-se com isso, identificar quais fornecedores não estão em conformidade com o permitido pelos órgãos reguladores, bem como identificar junto a esses fornecedores, quais as variáveis no processo de produção do leite podem estar afetando esse índice, objetivando entender quais as condições no processo de produção podem resultar em menor variabilidade do índice, classificando os melhores fornecedores para a comercialização.

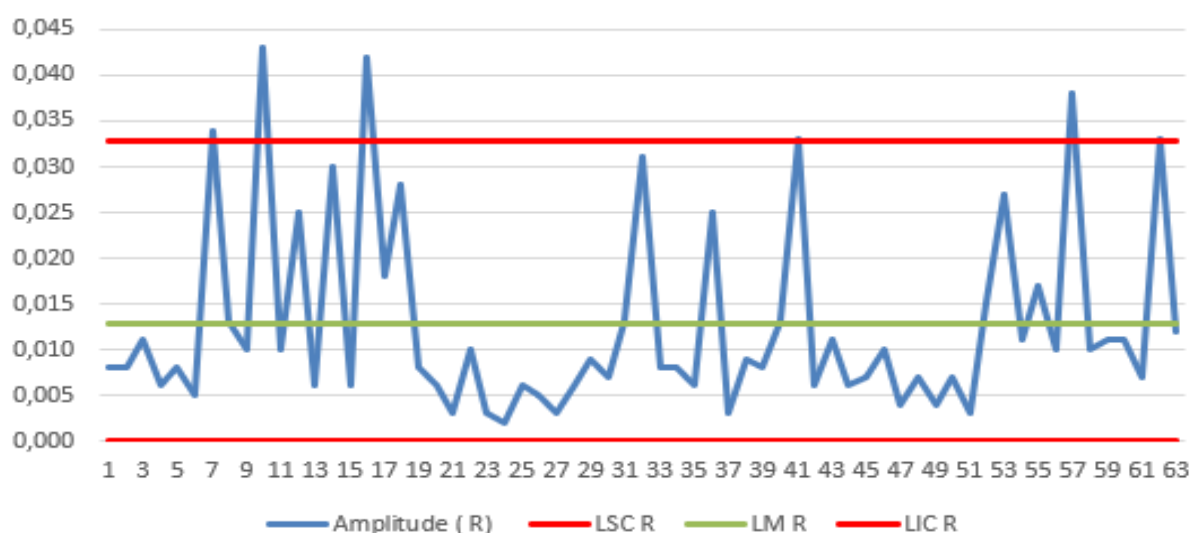
Vale ressaltar que, o motivo mais comum pela alteração do ponto de congelamento do leite é a adição de água, mas não é o único. Fatores como vacas de raças diferentes, idade, tempo de lactação e elevação dos teores de proteína, gordura e sólidos totais, pode influenciar esse índice (SANTOS; ARCARI, 2012).

A investigação das causas especiais pode ser realizada comparando as variáveis na produção do leite dos fornecedores que entregaram o leite nos dias em que o índice de crioscopia se aproximou do limite médio, em relação aos dias em que o leite fornecido ultrapassou os limites de controle para o índice de crioscopia. O objetivo dessa comparação seria identificar o motivo pelo qual provocou a saída de controle do processo. Essa ação pode gerar informações uteis na elaboração de planos de ação para evitar que tais eventos aconteçam novamente.

O tratamento dos dados para o segundo período de testes do índice de crioscopia gerou os gráficos de (R) e ($\bar{X}$), no qual é possível verificar que, para a amplitude (R), o problema da variabilidade ainda persiste com seis pontos fora dos limites, sendo eles 7, 10, 16, 41, 57 e 62.

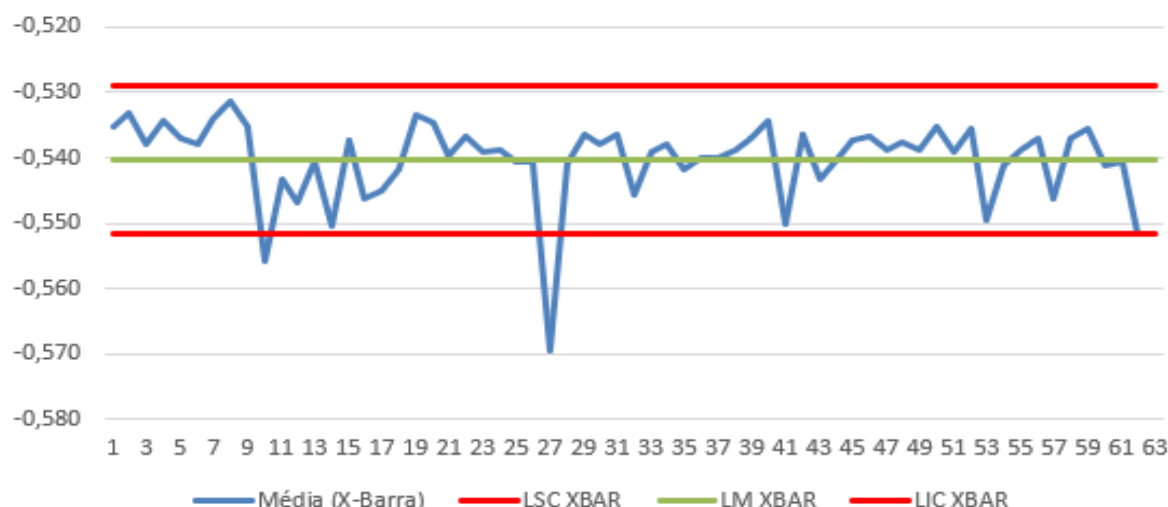
Percebe-se também que um conjunto de amostras permanece no mesmo lado da linha central, sendo elas a partir do ponto 19 a 25 e outro conjunto com oito pontos que começa do ponto 45 a 53 sempre abaixo da média, como mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Amplitude (R) do segundo período de testes para o índice de crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

No que se refere ao gráfico de $(\bar{X})$, para o segundo período de testes da crioscopia, percebe-se que a variabilidade da média diminuiu. Ou seja, o índice de crioscopia se manteve mais aproximado da linha média definida, caracterizando menor instabilidade no ponto de congelamento do leite. Porém, o processo ainda não está em níveis aceitáveis, destacando os pontos 10 e 27 por estar fora dos limites. Dessa forma, pode-se tratar esses pontos como causas especiais, visto que são casos isolados. Isso pode ser visto no Gráfico 4.

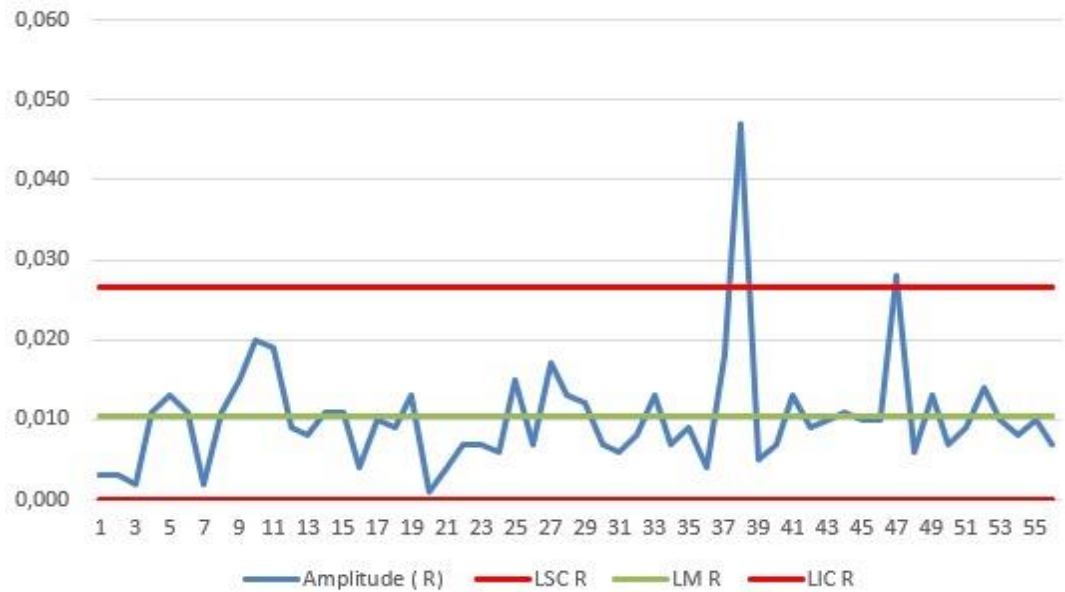
Gráfico 4 – Média ($\bar{X}$) segundo período de testes para o índice de crioscopia.

O comportamento dos dados nos gráficos do segundo período é o mesmo do primeiro período, ou seja, está fora de controle. Portanto, pode-se considerar que em ambos os períodos, as causas pelo qual o processo não apresenta conformidade com o padrão estabelecido pela legislação brasileira podem ser as mesmas ou estar relacionadas. Conforme dito anteriormente, pode-se investigar as causas comparando o leite não conforme com o que está em conformidade, analisando variáveis como raça das vacas, tempo de lactação, entre outras. Se tanto para o leite não conforme quanto para o leite conforme as variáveis forem as mesmas, isso significa que pode estar ocorrendo adição de água ao leite por parte dos fornecedores do leite não conforme.

A próxima etapa da pesquisa foi excluir os pontos que estavam fora dos limites e refazer os cálculos da carta de controle. Isso significa hipoteticamente que, os fornecedores responsáveis pelas causas especiais foram retirados do processo. Foram excluídas as causas especiais para a amplitude (R) no primeiro período de teste do índice de crioscopia.

Refazendo a carta de controle, pode-se observar que o processo permanece fora de controle, com os pontos 38 e 47 fora dos limites. Esses pontos representam uma variabilidade incomum na amostra que precisa ser revisada. Dito isso, é necessário destacar que o processo precisa sempre de revisão dos limites até que todos os pontos estejam sob controle. Isso pode ser visto no Gráfico 5.

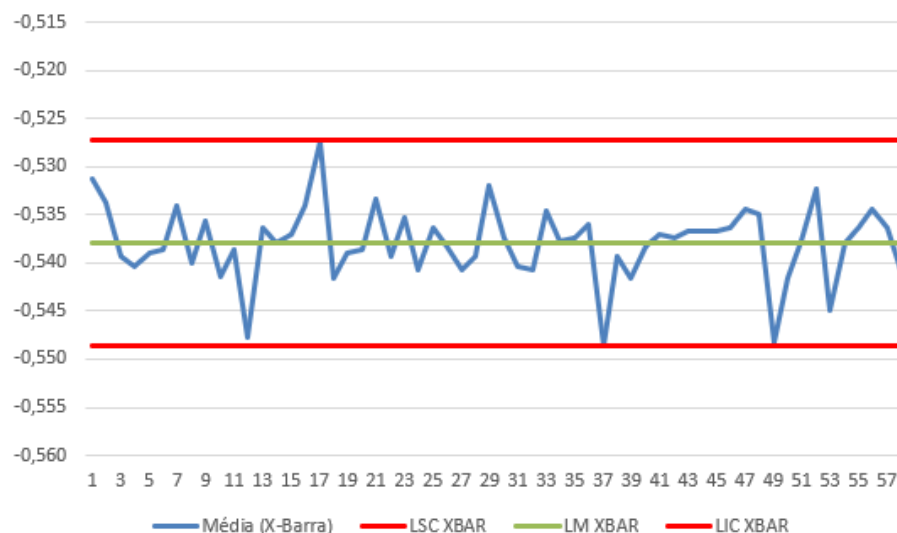
Gráfico 5 – Amplitude (R) do primeiro período e sem as causas especiais para a crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

A mesma situação hipotética foi aplicada ao gráfico de $(\bar{X})$ para o primeiro período de testes. Com a exclusão das causas especiais e elaboração de um novo gráfico é possível notar que o processo está sob controle estatístico, pois todos os pontos do gráfico estão entre os limites definidos para o gráfico, como mostrado no Gráfico 6.

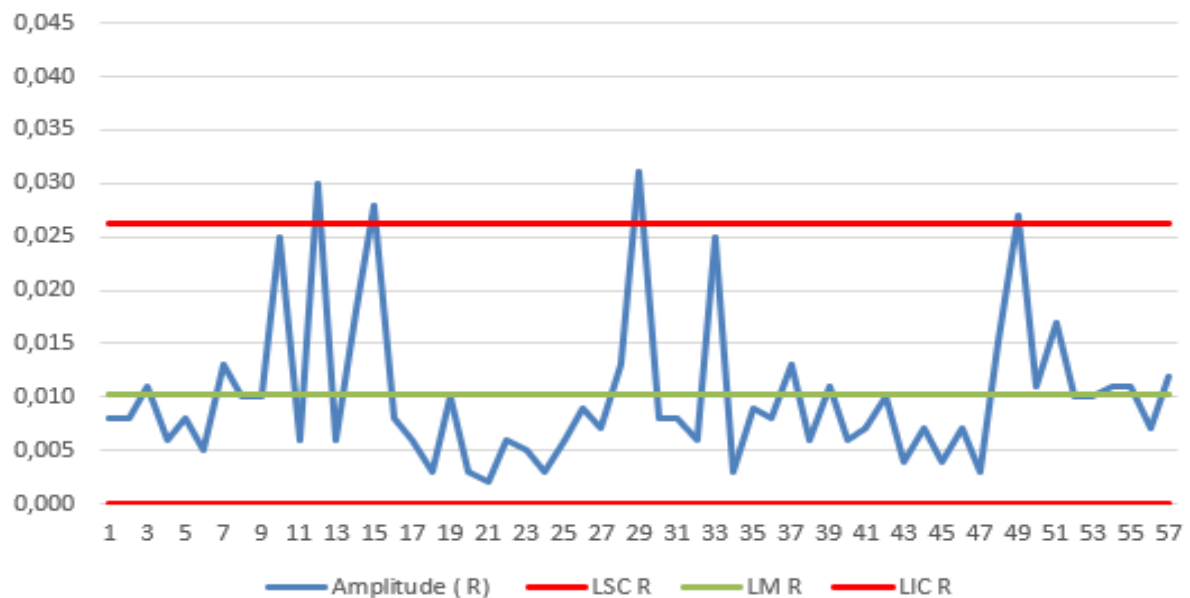
Gráfico 6 – Média $(\bar{X})$ do primeiro período e sem as causas especiais para a crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Para o segundo período de testes, foram excluídas as causas especiais para a amplitude (R) e refeito os cálculos da carta de controle. Porém, diferente do primeiro período analisado, foram identificadas 4 causas especiais nos pontos 12, 15, 29 e 49, caracterizando o processo como fora de controle para este período, conforme visto no Gráfico 7.

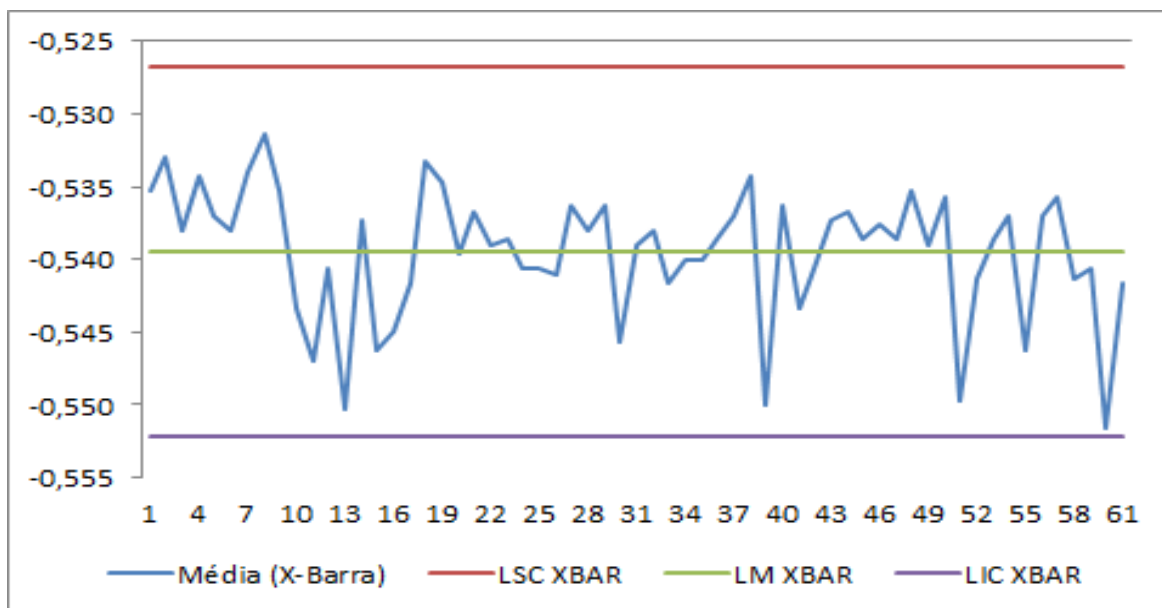
Gráfico 7 - Amplitude (R) do segundo período e sem as causas especiais para a crioscopia



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Para o segundo período do gráfico de $(\bar{X})$, o comportamento analisado foi que o processo está com todos os pontos entre os limites superior e inferior definidos, caracterizando um processo sobre controle, como mostrado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Média ($\bar{X}$) do segundo período e sem as causas especiais para a crioscopia.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Observa-se que, com a retirada das causas especiais e realização de uma nova análise, os pontos obtidos estão entre os limites superior e inferior do gráfico, caracterizando um processo sob controle estatístico. Vale ressaltar que, apesar de ainda existir 4 pontos muito próximos aos limites superior e inferior em ambos os gráficos 6 e 8, esses pontos permanecem dentro dos limites e são classificados como causas comuns. Essas causas são aleatórias e inevitáveis, ou seja, a variação encontrada pode representar as características anteriormente citadas, como raça das vacas, alimentação das mesmas, ambiente, etc. Com isso, podemos classificar quais os fornecedores que trazem mais estabilidade ao índice, dentre aqueles que fornecem um produto dentro dos padrões aceitáveis.

4.1.2 Cartas de Controle para o índice de acidez titulável

Para a análise do índice de acidez do leite, como foi realizado anteriormente no índice de crioscopia, fez-se necessário realizar o levantamento do desvio padrão (δ) do processo por meio da equação 13. Para o primeiro e segundo período do índice de acidez, os cálculos resultaram em um valor de 0,904 e 0,799, respectivamente. Com isso, foram realizados novos cálculos utilizando as equações 16, 17 e 18, adquirindo os dados necessários à construção dos gráficos para realizar a devida análise. Os resultados dos cálculos dos limites e linha média para as cartas de controle da média e amplitude pode ser melhor apresentado na Tabela 4.

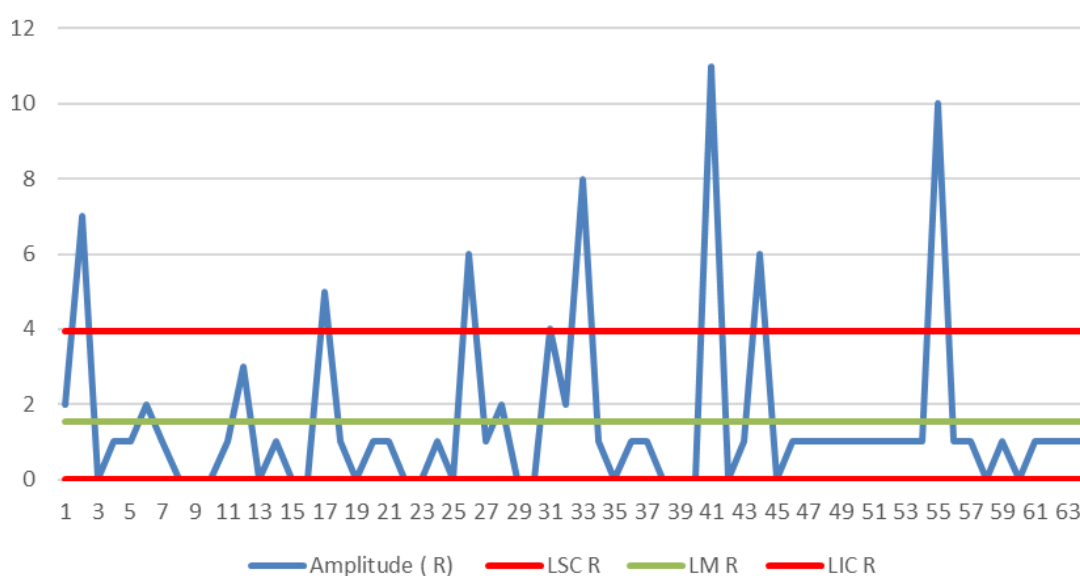
Tabela 4 – Resultado dos Limites da Carta ($\bar{X}$) para o índice de acidez.

Tipos de Cartas	Limite Superior	Médio	Inferior
Índice de Acidez	Primeiro período		
Média	18	16,3	16
Amplitude	4	2	0
	Segundo período		
Média	18	16,4	16
Amplitude	3	1	0

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Com isso, foi construído o gráfico da amplitude (R) relacionado ao índice de acidez do leite. Pode-se observar que para o primeiro período dos dados coletados, sete pontos ficaram fora de controle, são eles: 2, 17, 26, 33, 41, 44 e 55, fazendo com que o processo de análise de acidez tenha uma variabilidade alta, deixando o processo fora de controle estatístico com muitas causas especiais que precisam ser identificadas e eliminadas para garantir que o processo fique sob controle, conforme visto no Gráfico 9.

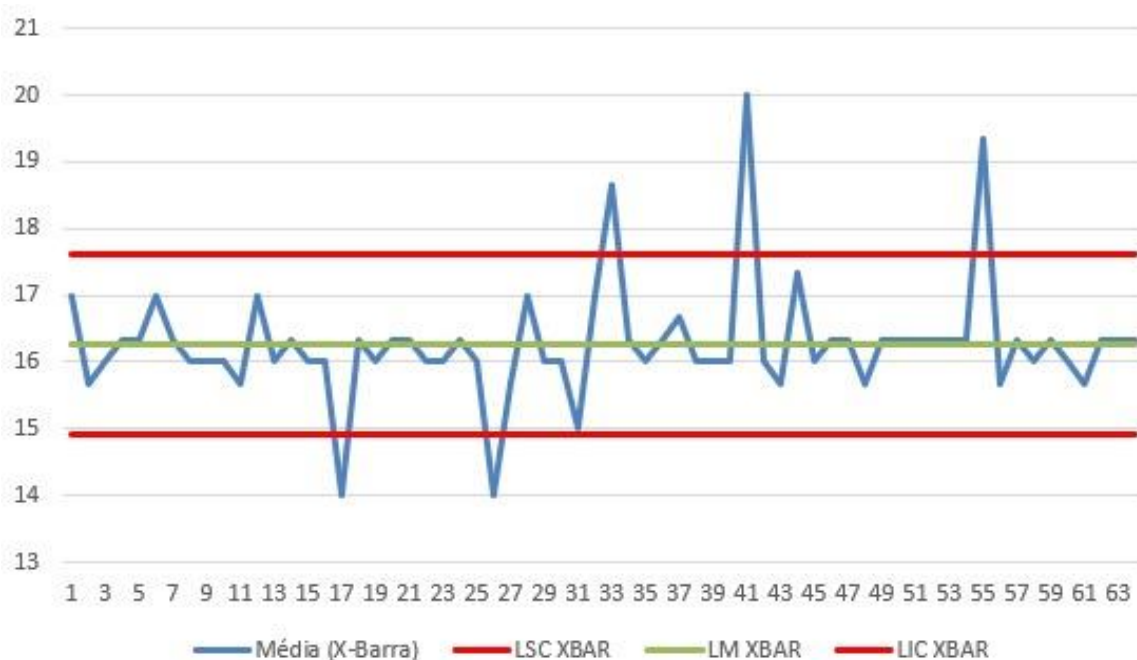
Gráfico 9 – Amplitude (R) do primeiro período de testes para o índice de acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Quanto ao gráfico de $(\bar{X})$ para este mesmo período, é possível observar vários pontos fora dos limites mínimos e máximos estipulados sendo 17, 26, 33, 41 e 55, caracterizando um processo fora de controle, como mostrado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Média $(\bar{X})$ para o primeiro período do índice de acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

A acidez do leite, para atender os padrões aceitáveis, segundo a Agência de informação Embrapa (2020), precisar estar entre 15 a 18 na escala de Acidez Dornic ($^{\circ}\text{D}$). Quando esse índice está abaixo dos 15 $^{\circ}\text{D}$, classifica-se como um leite típico alcalino, que pode ser um leite de vaca com mastite, de final da lactação, de retenção ou fraudado com água. Quando esse índice está acima dos 18 $^{\circ}\text{D}$, classifica-se como leite ligeiramente ácido, com as possíveis causas sendo o leite do princípio da lactação, com colostro ou em início de processo de fermentação.

Para os pontos 17 e 26, tem-se índices abaixo dos 15 $^{\circ}\text{D}$, caracterizando um leite típico alcalino. Para os fornecedores desse leite, é necessário maior atenção tendo em vista que, um dos motivos para esse índice está abaixo dos 15 $^{\circ}\text{D}$ é uma possível adição de água ao leite, prática que não é permitida pela legislação brasileira. Outra possível causa de descontrole do processo, que está relacionada aos dois índices, é o tempo de lactação, pois este fator pode

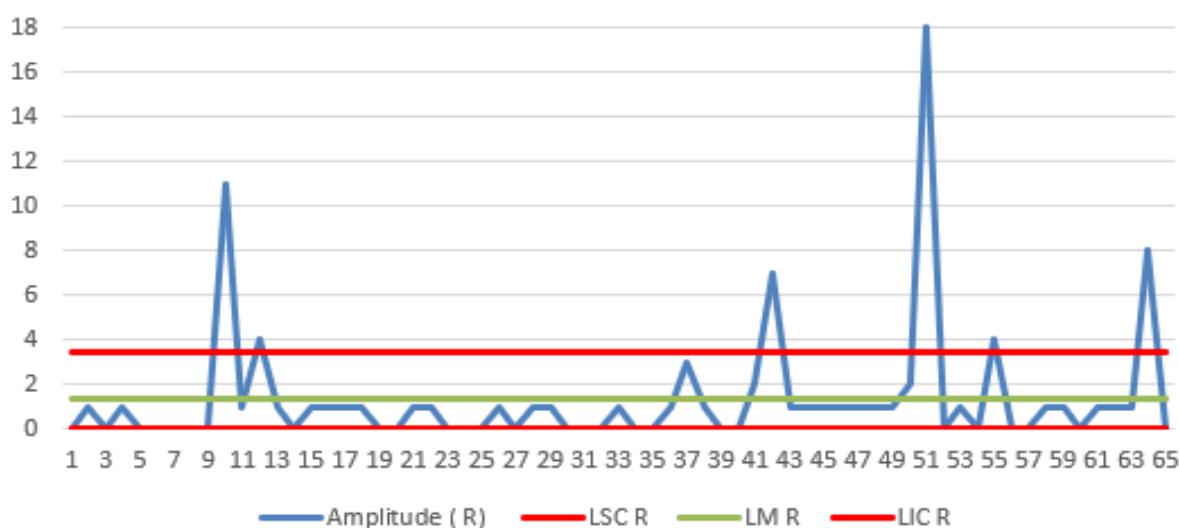
influenciar tanto na não conformidade do índice de crioscopia, quanto na não conformidade do índice de acidez, caso o tempo de lactação da vaca seja muito grande.

Vale ressaltar que esses pontos representam a maior parte das causas especiais pelo qual o processo está fora de controle e, portanto, necessita-se de uma investigação mais aprofundada sobre essas causas, pois ambos os indicadores podem representar adição de água ao leite por parte dos fornecedores.

Para os pontos 33, 41 e 55, tem-se índices acima dos 18 °D, caracterizando um leite ligeiramente ácido. Esse tipo de leite não é resistente ao processo de pasteurização e, portanto, não é adequado para comercialização.

Para o segundo período de testes do índice de acidez titulável, o problema da variabilidade ainda continua com seis pontos fora dos limites, sendo 10, 12, 42, 51, 55 e 54, confirmando que o processo está fora de controle, como observado no Gráfico 11.

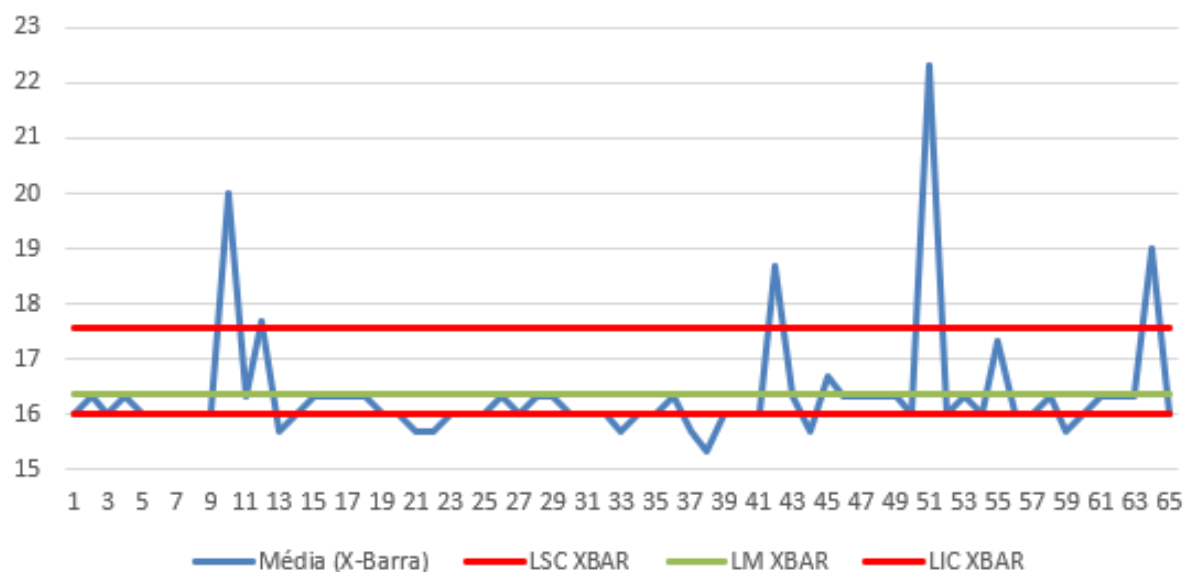
Gráfico 11 - Amplitude (R) do segundo período de testes para o índice de acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Quanto ao gráfico de $(\bar{X})$ para este índice, sua análise mostra que o processo está fora de controle, com os pontos 10, 12, 13, 21, 22, 33, 38, 42, 44, 51, 59 e 64, fora dos limites mínimos e máximos definidos, como mostrado no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Média ($\bar{X}$) do segundo período de testes para o índice de acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

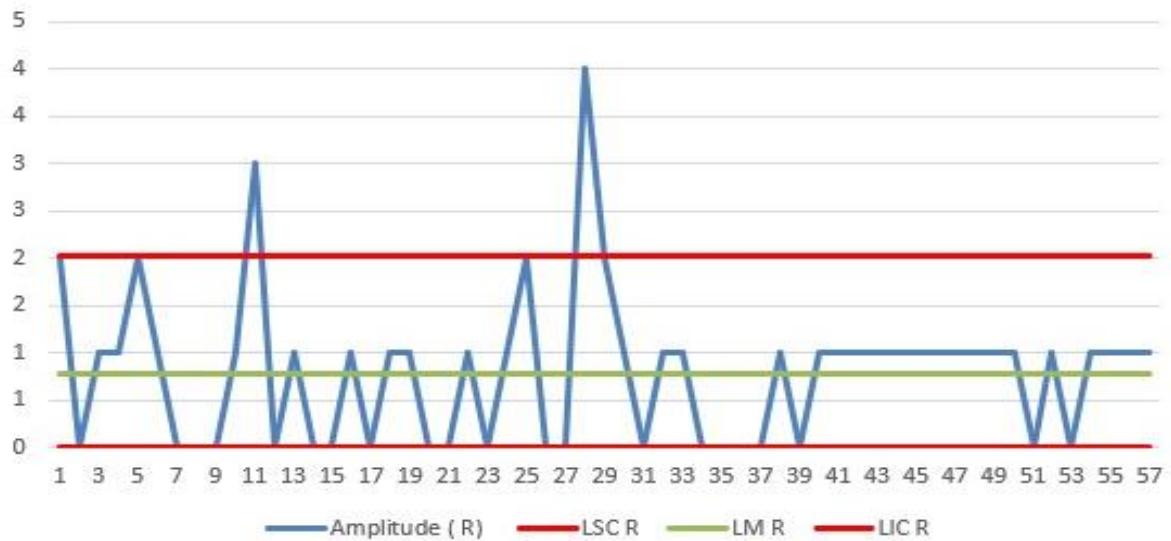
Para os pontos 13, 21, 22, 33, 38, 44 e 59, tem-se índices abaixo dos 15 °D, caracterizando um leite típico alcalino. Ressaltando o que foi explanado na análise do gráfico 10, para pontos abaixo desse valor. Ou seja, as causas para este descontrole podem ser a adição de água ao leite ou o tempo de lactação das vacas.

Para os pontos 10, 12, 42, 51 e 64, tem-se índices acima dos 18° D, caracterizando um leite ligeiramente ácido. E, como detalhado anteriormente, esse tipo de leite não é resistente ao processo de pasteurização e, portanto, não é adequado para comercialização.

Após a análise dos gráficos de (R) e ($\bar{X}$) para ambos os períodos, foram excluídos os pontos que estavam fora dos limites e refeitos os cálculos da carta de controle para o índice de acidez titulável. Conforme dito anteriormente, em uma situação hipotética, foram retirados os fornecedores responsáveis pelas causas especiais do processo.

No que se refere ao primeiro período de testes para o gráfico da amplitude, observa-se que ainda há pontos fora dos limites definidos, sendo eles 1, 5, 11, 25 e 28, mostrando que o processo ainda não está sob controle, como mostrado no Gráfico 13.

Gráfico 13 – Amplitude (R) do primeiro período e sem as causas especiais para a acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Ao verificar o gráfico de $(\bar{X})$ para este indicador, nota-se que o processo continua fora de controle, com os pontos 31 e 45, como mostrado no gráfico 14.

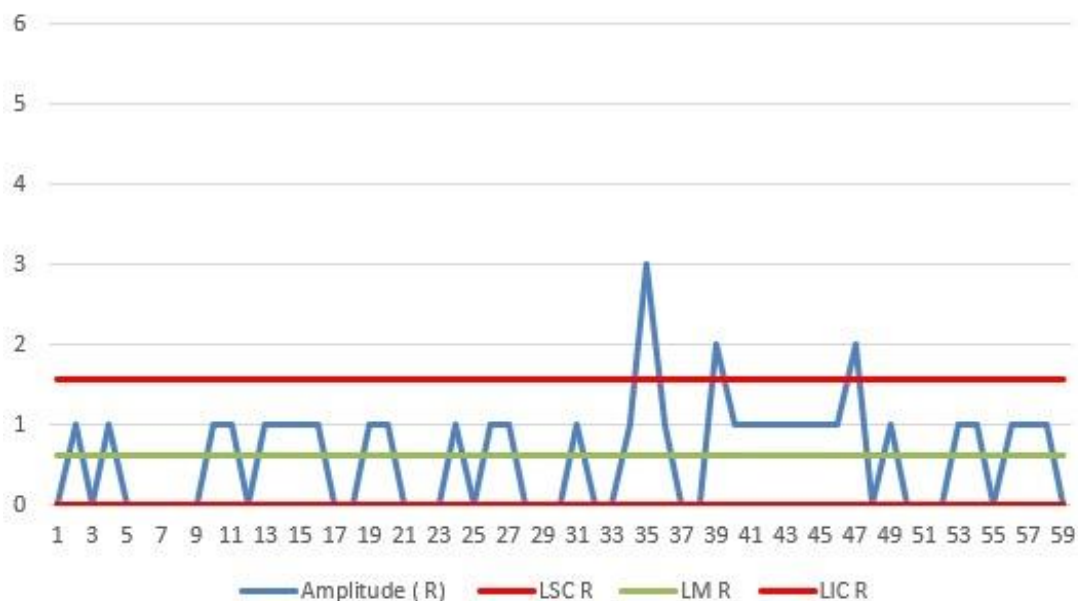
Gráfico 14 – Média $(\bar{X})$ do primeiro período e sem as causas especiais para a acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Para o segundo período de testes, no gráfico da amplitude (R) mostra que o comportamento encontrado foi o mesmo do primeiro período. Ou seja, apesar de excluir as causas e refeito a análise, o processo não está sobre controle, pois há pontos fora dos limites definidos, com 35, 39 e 47, como mostrado no Gráfico 15.

Gráfico 15 – Amplitude (R) do segundo período e sem as causas especiais para a acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Quanto ao gráfico de $(\bar{X})$ para este mesmo período, observa-se que o processo continua fora de controle, por meio dos pontos 31 e 45, como mostrado no Gráfico 16.

Gráfico 16 - Média ($\bar{X}$) do segundo período e sem as causas especiais para a acidez.



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Pode-se observar que após retirado as causas especiais do índice de acidez, o processo continuou fora de controle, apresentando um comportamento divergente da análise realizada no índice de crioscopia. Conforme já dito, é possível que as causas que propiciam a não conformidade para ambos os índices sejam as mesmas. Dito isso, é necessário a coleta de mais amostras visando a construção de gráficos mais sensíveis ao processo.

4.2 ANÁLISE DA CAPABILIDADE DO PROCESSO (CP E CPK)

Após a análise dos gráficos gerados anteriormente, é preciso verificar a capacidade do processo através do Cp e Cpk. Segundo Daminelli (2013), não necessariamente um processo sob controle pode acarretar um processo estável, por isso é indispensável verificar a capacidade do processo analisado.

A verificação dos índices de capacidade do processo não é algo que se possa fazer arbitrariamente. Antes da aplicação dos dados na equação e obtenção dos resultados acerca desse índice, é importante averiguar se o processo em questão está sob controle estatístico, com sua distribuição próxima do tipo normal (OLIVEIRA et al, 2011). Ou seja, é fundamental realizar o tratamento do processo, caso ele não esteja sob controle, até que sejam retiradas todas as causas especiais e ele apresente estabilidade na sua conformidade.

Conforme explanado no referencial teórico, para a validação da análise de capacidade do processo, é necessário garantir que ele esteja sob controle estatístico. Caso contrário, a análise desse indicador não possui sentido, pois as causas especiais proporcionaram discrepância no resultado final encontrado. Portanto, serão utilizados os limites de especificações dos gráficos de controle dos testes de hipóteses e que estão sob controle estatístico.

Ao analisar os gráficos da Média ($\bar{X}$) do primeiro e segundo período para os índices de crioscopia e acidez, observou-se que é possível apenas realizar a análise da capacidade para o índice de crioscopia. Para aplicação dessa técnica no índice de acidez, é preciso coletar mais dados sobre o processo, os quais forneceram uma amostra mais confiável para análise dos gráficos R e X para esse índice. Quando identificadas e retiradas as causas especiais do processo, verifica-se se ele está sob controle estatístico, sendo possível a medição de sua capacidade. O Quadro 3 mostra os limites superiores e inferiores levantados na construção das cartas de controles para os dois períodos analisados, referentes ao índice de crioscopia.

Quadro 3 - Limites de Especificação para o índice de crioscopia.

Índice de crioscopia	
Primeiro período	Segundo período
LSE = -0,527	LSE = -0,528
LIE = -0,549	LIE = -0,550
Média ($\bar{X}$) = -0,539	Média ($\bar{X}$) = -0,539
Desvio Padrão (δ) = 0,007	Desvio Padrão (δ) = 0,007

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Com as especificações fornecidas pelos gráficos da média ($\bar{X}$) sem as causas especiais e utilizando as equações para o Cp e Cpk, pode-se realizar o cálculo capacidade do processo para o primeiro período de testes relacionado ao índice de crioscopia, como apresentado nas equações 18 e 19, a seguir:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (\text{Equação 18})$$

$$Cp = \frac{-0,527 - (-0,549)}{6 \cdot 0,007} = 0,5238$$

$$Cpk = \text{mínimo}\left(\frac{\bar{X}-LIE}{3*\sigma}, \frac{LSE-\bar{X}}{3*\sigma}\right) \quad (\text{Equação 19})$$

$$Cpk = \text{mínimo}\left(\frac{-0,539-(-0,549)}{3*0,007}, \frac{-0,527-(-0,539)}{3*0,007}\right) = 0,4761$$

Para o segundo período de testes e utilizando as especificações e equações mostradas anteriormente, o cálculo da capacidade está apresentado nas equações 20 e 21, a seguir:

$$Cp = \frac{LSE - LIS}{6*\sigma} = 0,5238 \quad (\text{Equação 20})$$

$$Cpk = \text{mínimo}\left(\frac{\bar{X}-LIE}{3*\sigma}, \frac{LSE-\bar{X}}{3*\sigma}\right) = 0,5238 \quad (\text{Equação 21})$$

Com o resultado do Cp e Cpk para o índice de crioscopia, identificou-se que o processo é incapaz durante os seis meses de dados coletados e não atende as condições de especificações, pois o índice de Cp e Cpk são menores que 1 e, portanto, o processo está fornecendo dados fora dos requisitos.

Apesar de não atender as condições, identificou-se que para o segundo período, os valores de cp e cpk são iguais, caracterizando um processo centrado, que segundo Gonzalez e Werner (2009), é quando o processo está centrado no valor nominal de especificação.

Os limites superiores e inferiores de especificação padrão fornecidos pela organização, compreende os valores de -0,530 a -0,549, respectivamente. Portanto, ao comparar com os limites encontrados na situação hipotética, percebe-se que não está de acordo com os padrões estabelecidos pelo órgão regulador para este processo.

Lembrando que, o processo de coleta e análise dos dados deve ser revisto de modo a aprimorar as propostas de melhorias para a não conformidade do índice. Tanto para o índice de crioscopia quanto para o de acidez, o tratamento dos dados no trabalho evidenciou que se faz necessário a coleta de amostras por um período maior que o utilizado no trabalho para averiguar as reais condições de precisão dos dados com o intuito de investigar mais a fundo as causas da não conformidade.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo realizar a aplicação de uma ferramenta do controle estatístico do processo (CEP) na Organização Beneficiadora de Laticínios. Ao fazer o levantamento dos dados da pesquisa, foi possível a realizar caracterização da organização, conhecendo seus processos, seu nicho de produtos e toda a estrutura de produção que a mesma possui. Após levantamento de dados, foi escolhido o processo de testes físico-químico do leite integral, pois a testagem no produto primário garante a qualidade dos produtos derivados. A ferramenta do CEP escolhida para aplicação neste estudo foi a carta de controle $(\bar{X})$ e R. Dito isso, foram coletados dos dados do processo e analisados os índices de crioscopia e acidez, utilizando as cartas de controle $(\bar{X})$ e R para um entendimento detalhado do processo.

As análises do gráfico de controle foram realizadas no período de junho a novembro de 2019. Com a análise dos resultados, percebe-se que os gráficos evidenciaram que o processo estava fora de controle estatístico na maior parte dos testes, sendo necessário a elaboração de ações nas quais a empresa consiga identificar, classificar e monitorar quais fornecedores entregam um produto dentro das especificações ideais segundo os órgãos reguladores e quais fornecedores necessitam ter um rígido controle de qualidade no produto.

Apesar de identificado os pontos fora dos limites no processo, para atender as condições de limites que são essenciais para uma análise completa de todos os meses avaliados, excluiu-se todos os pontos identificados como causa especial e calculado novamente o gráfico de controle para os meses em questão. Após isso, percebeu-se que parte dos processos ainda permaneciam fora de controle estatístico.

Foi observado que há indícios de que parte dos fornecedores podem estar adicionando água ao leite, interferindo assim, na qualidade do produto e podendo ser uma forte causa do processo estar fora de controle estatístico. A análise dos resultados também mostrou que o processo em si precisa ser visto com mais cautela e ser monitorado diariamente para uma melhor tomada de decisão, pois uma maior amostra de dados pode deixar o processo mais sensível e confiável, auxiliando na elaboração de gráficos mais próximos da realidade do processo, afunilando o leque de possíveis causas para a saída do controle deste processo, bem como a elaboração de ações da empresa com medidas de controle de qualidade no recebimento do leite por meio de testes por amostragem.

Com os resultados obtidos, tem-se em geral que o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta bastante simples, mas ela pode trazer inúmeras melhorias à empresa, pois permite o monitoramento e controle do processo.

É sugerido como melhoria identificar todas as causas especiais começando pela entrega dos fornecedores utilizando as ferramentas diagrama de Ishikawa junto ao diagrama de relações, proporcionando um conhecimento maior das causas raízes do processo e permitindo a empresa realizar uma tomada de decisão mais confiável e assertiva. Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se realizar a identificação das causas raízes utilizando as ferramentas supracitadas, junto a elaboração de um plano de ação para melhoria com outra ferramenta da qualidade como o 5W2H. Outra sugestão seria o realizar o controle estatístico dessas variáveis utilizando um monitoramento multivariado, metodologia utilizada quando há o controle de qualidade duas ou mais variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC – AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Acidez Titulável.** Disponível em: <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_194_21720039246.html#:~:text=No%20teste%20da%20acidez%20titul%C3%A1vel,neutralizar%20o%20%C3%A1cido%20do%20leite.>. Acesso em: 26 nov. 2020.

AGEITEC – AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Crioscopia.** Disponível em: <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_185_21720039246.html >. Acesso em: 26 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006.** Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos, para controle de leite e produtos lácteos, em conformidade com o anexo desta Instrução Normativa, determinando que sejam utilizados nos Laboratórios Nacionais Agropecuários. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p. 8, 14 dez. 2006.

CAMPOS, R. V. de M.; ROCHA, R. P. da. O controle estatístico de processos (cep) para o monitoramento da qualidade do farelo lex no processo do óleo de soja na empresa CAC. In: **Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, 04. São Paulo: Anais, 2009.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade:** Conceitos e Técnicas. 2ºed, Editora Atlas, 2012.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade.** São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, Antônio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugenio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade.** 2. ed. São Paulo. Atlas, 2013.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa:** Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. 2ªed. - Porto Alegre: Artmed, 2007.

DAL´CORTIVO, Z. **Aplicação do controle estatístico de processo em sequências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento 65 econômico.** 2005. 163f. TCCP (Especialização em Métodos Numérico sem Engenharia, na Área de Concentração Programação Matemática) - Universidade Federal do Paraná, 2005.

DAMINELLI, L. M. **Análise do peso do biscoito laminado:** aplicação do controle estatístico do processo. 2013. 85f. TCCG - Curso de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

DIAS, Juliana Alves. **Qualidade físico-química, higiênico-sanitária e composicional do leite cru: indicadores e aplicações práticas da Instrução Normativa 62** / Juliana Alves Dias, Fabiane Goldschmidt Antes. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2014. 19 p. (Documentos / Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865; 158). 1. Produção Animal – Leite. 2. Leite – Qualidade. 3. Instrução normativa. I. Antes, Fabiane Goldschmidt. II. Título. III. Série.

DRAIN, David. **Statistical Methods for Industrial Process Control**. Chapman & Hall Book. New York, 1997. p. 318.

EMBRAPA. **ANUÁRIO LEITE 2020**: São Paulo: Texto Comunicação Cooperativa, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>>. Acesso em: 26 nov. 2020.

EXLER, R. B.; LIMA, C. J. B. **Controle Estatístico de Processos (CEP)**: Uma Ferramenta para Melhoria da Qualidade. ReAC – Revista de Administração e Contabilidade. Faculdade Anísio Teixeira (FAT), Feira de Santana-Ba, 2012, v. 4, n. 3, p. 78-92.

FERREIRA, C. de M., **A utilização das Ferramentas da Qualidade nos Processos Organizacionais em um escritório de contabilidade da cidade de Natal/RN**. 2009, 91f. TCC- (Trabalho de Conclusão de Curso)- Faculdade Câmara Cascudo, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 9 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2010.

GRACINDO, A. P. A. C.; PEREIRA, G. F. **Produzindo leite de alta qualidade**. Natal: EMPARN, 2009. 36 p. il. (EMPARN. Circuito de Tecnologias Adaptadas para a Agricultura Familiar, 3).

IBGE. **PPM 2018**: rebanho bovino diminui e produtividade nacional de leite ultrapassa 2 mil litros por animal ao ano. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25482-ppm-2018-rebanho-bovino-diminui-e-produtividade-nacional-de-leite-ultrapassa-2-mil-litros-por-animal-ao-ano>>. Acesso em: 05 out. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Informativo da Pesquisa da Pecuária Municipal 2018**. IBGE: Rio de Janeiro, v. 46, p. 1-8, 2018a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa da Pecuária Municipal 2018**. 2018b. Disponível em: [Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA](#). Acesso em: 10 abr. 2020.

JUNIOR, José Francisco Lopes et al. **Análise das práticas de produtores em sistemas de produção leiteiros e seus resultados na produção e qualidade do leite**. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 3, p. 1199-1208, 2012.

KUME, Hitoshi. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. Tradução: Dario Ikuo Miyake, São Paulo: Editora Gente, 1993, 11a ed., pp. 5.

LEITE, Francisco Tarciso. **Metodologia Científica: Métodos e Técnicas de Pesquisa** (Monografias, Dissertações, Teses e Livros). Aparecida: Idéia & Letras, 2008.

LIMA, A. A. N. et al. **Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica**. Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl. [S. L.] v. 27, n.3, p.177-187, 2006. Disponível em: < http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/380/364 >. Acesso em: 25 nov. 2016.

LOPES, F. F.; CAMPOS, E. M.; ROMEU, J. C. Insumos Agropecuários In: CÔNSOLI, M. A.; NEVES, M. F. **Estratégias para o Leite no Brasil**. São paulo: Atlas, 2006 cap. 3, p. 66-89.

MARTINS, P. C. Oportunidades e desafios para a cadeia produtiva do leite. In? ZOCCAL, R.; CARVALHO, L. de A.; MARTINS, P. do C.; ARCURI, P. B.; MOREIRA, M. S. de P. (Ed). **A inserção do Brasil no mercado internacional de lácteos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 11-30, 2005.

MITUTOYO. **Controle estatístico do processo CEP**. 2014. Disponível em: <<https://www.mitutoyo.com.br/manufacture>> Acesso: 20 jan 2020.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. São Paulo: 4. ed. Editora LTC, 2004.

MONTGOMERY, Douglas C.; **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. Tradução e revisão técnica: FARIAS, Ana Maria Lima de; FLORES, Vera Regina Lima de Farias e. 7. ed. - Rio de Janeiro: LTC 2016.

OLIVEIRA, Camila Cardoso de *et al.* **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, p. 18, 2013.

PALADINI, E. S. **Gestão da qualidade: teoria e caos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

PEREIRA, L. G. R. P. **Eficiência bioeconômica e pecuária de precisão em sistemas de produção de leite**. Jornal Fórum de Produção Pecuária-Leite - Ainfo, São Paulo, p.219, 2014. Disponível em:. Acesso em: 23 jan. 2020.

PONTE, J.P. **O estudo de caso na investigação em educação matemática**. Quadrante, 3 (1), 3-18. 1994. Disponível em: < [http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docspt%5c94-Ponte\(Quadrante-Estudo%20caso\).pdf](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docspt%5c94-Ponte(Quadrante-Estudo%20caso).pdf) > Acesso em 2 Dezembro 2014.

POZZOBON, Estela Mari Piveta. **Aplicação do controle estatístico do processo**. Santa Maria, RS. 2001

PSARAKIS, S; VYNIU, A.K.; CASTAGLIOLA, P. **Some Recent Developments on the Effects of Parameter Estimation on Control Charts**. Quality and Reliability Engineering International, v.30, n.8, p.1113-1129, 2013.

Ribeiro, J. L. D., & Ten Caten, C. S. (2012). **Série monográfica qualidade: controle estatístico do processo**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS. Recuperado em 27 setembro, 2016, de http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf.

RIBEIRO, José Luiz Duarte; CATEN, Carla Schwengber Ten. **Controle estatístico do processo** – cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função perda quadrática, análise de sistemas de medição. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172 p. (Série Monográfica Qualidade). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

SCHEIDEGGER, Emerson. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de branqueamento de celulose: Um estudo de caso**. Engenharia de Produção – UVV/ES, 2006.

SILVA, Luciana Santos Costa Vieira da *et al.* **Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios lactoplasa: um estudo de caso**. 1999.

SIQUEIRA, Luiz G. P. **Controle estatístico do processo**. São Paulo: Pioneira – Equipe GRIFO, 1997.

SOUZA, Carlos Henrique Pereira de; BARBOSA, Gustavo Franco; ANHESINE, Marcelo Wilson. Controle Estatístico de Processo (CEP) aplicado na furacão automática de uma união de materiais aeronáuticos. **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, Pr, p.1-17, 10 out. 2014.

SOUZA, F.S; PEDRINI, D.C; CATEN, C.S.T. **Proposta de fluxograma orientativo para aplicação de índices de capacidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2014.

TOLEDO, José Carlos de, et.al. **Qualidade: gestão e métodos**. – Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TURRIONI, João Batista. MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 2012. Disponível em <http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/ApostilaMestrado/Apostila_Metodologia_Completa_2012.pdf>. Acesso em: 30 maio.2016.

VENTURINI, C. E. P. **A Geografia do Leite Brasileiro**. 2014. Disponível em:<<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/a-geografia-do-leite-brasileiro-87327n.aspx>> . Acesso em: 25 nov. 2020.

VIEIRA FILHO, Geraldo. **Gestão da Qualidade Total: uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Alínea, 2007.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1 ed. Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni, escola de engenharia da UFMG, 1995.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda. 2006.