

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS  
PARA O AGRONEGÓCIO

KATIANE DE OLIVEIRA COMACHIO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA  
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CRU REFRIGERADO**

DISSERTAÇÃO

MEDIANEIRA  
2020

KATIANE DE OLIVEIRA COMACHIO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA  
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CRU REFRIGERADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio – PPGTCA – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio / Área de Concentração: Tecnologias Computacionais Aplicadas à Agroindústria.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Silvana Ligia Vincenzi  
Co-Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho

MEDIANEIRA

2020

---

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

Comachio, Katiane de Oliveira

Desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para análise físico-química do leite cru refrigerado / Katiane de Oliveira Comachio – Medianeira, 2020.  
1 arquivo de texto (89 f):PDF ; 1,7 MB

Orientadora: Silvana Ligia Vincenzi

Coorientador: Pedro Luiz de Paula Filho

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Medianeira, 2020.

Inclui bibliografia: f. 74-85

1. Agricultura de precisão. 2. Leite - Qualidade. 3. Desenvolvimento rural. 4. Tecnologias computacionais – Dissertações. I. Vincenzi, Silvana Ligia, orient. II. Paula Filho, Pedro Luiz de, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. IV. Título.

20-0010

---

**Biblioteca da UTFPR - Câmpus Medianeira**

Bibliotecária/Documentalista:  
Fernanda Bern – CRB-9/1735



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CRU REFRIGERADO**

Por

**KATIANE DE OLIVEIRA COMACHIO**

Essa dissertação foi apresentada às quatorze horas, do dia vinte e seis de maio de dois mil e vinte, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Linha de Pesquisa Tecnologias Computacionais Aplicadas à Agroindústria, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio – PPGTCA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof(a). Dr(a) Silvana Ligia Vincenzi Bortolotti (Orientadora - PPGTCA)

---

Prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho (Co-orientador - PPGTCA)

---

Prof Dr. Paulo Lopes de Menezes (Membro Interno – PPGTCA)

---

Prof. Dr. Loreno Egídio Taffarel (Membro Externo - UNIOESTE)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

À Deus, ao meu esposo, à minha família e aos meus amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por todos momentos que pude vislumbrar a grandiosidade da natureza, compartilhar com as pessoas que amo e todos os momentos que me fizeram amadurecer e fortalecer na fé.

Ao meu esposo Vanderson Comachio, por todo amor, dedicação, incentivo na realização deste trabalho e por me manter motivada nesta longa caminhada.

A minha família, os maiores motivadores desta jornada, por sempre mostrar que só com o estudo é que se faz a diferença.

A prof(a). Dr(a). Silvana Ligia Vincenzi Bortolotti, orientadora do mestrado, graduação, projetos de extensão. Uma grande amiga que a universidade me concedeu.

Ao prof. Dr. Pedro Luiz de Paula Filho, co-orientador do mestrado, pelo tempo dedicado a me auxiliar com o trabalho proposto.

Aos amigos, pela força e pela vibração nesta jornada e, especialmente, pelos momentos de descontração.

A todos que colaboraram para a realização e finalização deste trabalho, principalmente ao laticínio que abriu as portas para a coleta de dados.

“A força não provém da capacidade física. Provém de uma vontade indomável”.

Mahatma Gandhi

## RESUMO

COMACHIO, Katiane de Oliveira. **Desenvolvimento de um protótipo para análise físico-química do leite cru refrigerado**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A exigência com a qualidade dos alimentos impulsionou o aprimoramento de técnicas de higienização e controle em todas as fases da obtenção do produto final, desde a matéria prima até a disponibilidade para o consumidor final. Com relação à qualidade dos produtos oriundos do leite bovino, no Brasil, a qualidade da matéria-prima está melhorando em um ritmo inferior ao previsto. Vários motivos podem ser citados, dentre eles a grande quantidade de pequenas propriedades produtoras de leite, sendo que muitas delas operam em condições precárias de higiene e não há controle maior na conservação pós ordenha. O objetivo deste trabalho é elaborar um equipamento de baixo custo que avalie as características físico-químicas do leite cru. O protótipo é composto de sensores capazes de detectar algumas análises físico-químicas importantes para manutenção da qualidade do leite, como pH, temperatura e condutividade elétrica. Coletou-se 104 amostras de leite cru refrigerado, dos compartimentos dos caminhões que chegavam à unidade de beneficiamento, durante os dias 11/11 e 11/12/2019 e utilizou-se o protótipo para analisar pH, temperatura e condutividade elétrica dessas amostras. Aplicou-se o método de estatística descritiva, teste de normalidade de Anderson-Darling e correlação entre as variáveis de pH para verificar a acurácia dos dados. Verificou-se que os dados não obedeciam uma distribuição normal, apresentaram formato da curva mais acentuado (leptocúrtica) e as variáveis pH Protótipo e pH Laticínio tiveram 30% de correlação. Mesmo assim, foi possível estabelecer intervalo de confiança com 5% de significância para as três variáveis analisadas, sendo 6,9-7,1 para média do pH Protótipo, 20,08-21,14 para média da Temperatura e 93,7-108,1 para a média da Condutividade. O equipamento desenvolvido atingiu o objetivo de baixo custo e se mostrou promissor, mas requer aprimoramento.

**Palavras-chave:** Arduino. Propriedades rurais. Estatística Descritiva. Qualidade do Leite.

## ABSTRACT

COMACHIO, Katiane de Oliveira. **Development of an prototype for physico- chemical analysis of refrigerated raw milk**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Federal Technology University - Paraná.

The requirement with the quality of the food drove the improvementve the improvement of hygiene and control techniques in all stages of obtaining the final product, from the raw material to availability to the final consumer. Regarding the quality of products from bovine milk, in Brazil, the quality of the raw material is improving at a slower pace than expected. Several reasons can be cited, among them the large number of small milk-producing properties, many of which operate in poor hygiene conditions and there is no greater control in post-milking conservation. The objective of this work is to develop a low cost equipment that assesses the physical and chemical characteristics of raw milk. The prototype is composed of sensors capable of detecting some important physical-chemical analyzes for maintaining milk quality, such as pH, temperature and electrical conductivity. Were collected 104 samples of refrigerated raw milk from the truck compartments that arrived at the processing unit during November 11<sup>th</sup> through December 11<sup>th</sup>, 2019 and the prototype was used to analyze the pH, temperature and electrical conductivity of these samples. The descriptive statistics method, Anderson-Darling normality test and correlation between pH variables were applied to verify the accuracy of the data. It was found that the data did not obey a normal distribution, had a more pronounced curve shape (leptocurtic) and the pH Prototype and pH Dairy variables had a 30% correlation. Even so, it was possible to establish a confidence interval with 5% of significance for the three variables analyzed, being 6.9-7.1 for the mean of the Prototype pH, 20.08-21.14 for the mean of the Temperature and 93.7-108.1 for the average conductivity. The developed equipment achieved the objective of low cost and proved to be promising, but requires improvement.

**Keywords:** Arduino. Farm. Descriptive statistics. Quality of Milk.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de fraudes em alimentos. ....	28
Figura 2 – Tendência central <i>versus</i> dispersão.....	33
Figura 3 – Fluxograma da elaboração do instrumento – parte 1.....	38
Figura 4 – Fluxograma da elaboração do instrumento – parte 2.....	39
Figura 5 – Modelo do sensor de pH com módulo eletrônico.....	40
Figura 6 – Variáveis do sensor de pH.....	41
Figura 7 – Função do sensor de pH.....	42
Figura 8 – Sensor de temperatura DS18B20.....	42
Figura 9 – Variável e função do sensor de temperatura.....	43
Figura 10 – Sensor de condutividade elétrica.....	45
Figura 11 – Variáveis e funções do sensor de condutividade elétrica.....	45
Figura 12 – Módulo do display LCD 16x2, (A) parte frontal e (B) verso com módulo I2C.....	46
Figura 13 – Inicialização do LCD e impressão dos valores.....	47
Figura 14 – Módulo micro cartão SD.....	47
Figura 15 – Gravação dos dados no micro cartão SD.....	48
Figura 16 – Módulo RTC DS3231.....	49
Figura 17 – Código fonte do RTC.....	50
Figura 18 – Cálculo da margem de erro amostral.....	51
Figura 19 – Protótipo desenvolvido.....	54
Figura 20 – Distribuição de frequência e boxplot da variável pH Protótipo.....	57
Figura 21 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Temperatura.....	57
Figura 22 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Condutividade Elétrica.....	58
Figura 23 – Distribuição de frequência e boxplot da variável pH Protótipo, <i>outliers</i> tratados.....	62
Figura 24 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Temperatura, <i>outliers</i> tratados.....	62
Figura 25 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Condutividade Elétrica, <i>outliers</i> tratados.....	63
Figura 26 – Intervalo de confiança para pH Protótipo, (a) antes e (b) depois do tratamento de <i>outliers</i> .....	64
Figura 27 – Intervalo de confiança para Temperatura, (a) antes e (b) depois do tratamento de <i>outliers</i> .....	65
Figura 28 – Intervalo de confiança para Condutividade Elétrica, (a) antes e (b) depois do tratamento de <i>outliers</i> .....	66
Figura 29 – Teste de Normalidade de Anderson-Darling para (a) pH Protótipo, (b) Temperatura e (c) Condutividade Elétrica.....	68

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de leite cru adquirido pelos laticínios brasileiros, 2014 a 2019 .....	25
Gráfico 2 – Evolução do preço médio bruto do leite cru pago ao produtor, 2014 a 2019 .....	27
Gráfico 3 – Dispersão dos dados da variável pH Protótipo e pH Laticínio, antes da retirada dos <i>outliers</i> .....	59
Gráfico 4 – Dispersão dos dados da variável pH Protótipo e pH Laticínio, depois da retirada dos <i>outliers</i> .....	60
Gráfico 5 – Dispersão dos dados da variável Temperatura, com e sem <i>outliers</i> .....	60
Gráfico 6 – Dispersão dos dados da variável Condutividade Elétrica, com e sem <i>outliers</i> .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais precursores sanguíneos e os componentes do leite .....	20
Tabela 2 – Quantidade de amostras total e por dia de coleta .....	51
Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis .....	56
Tabela 4 – Estatística descritiva das variáveis, sem <i>outliers</i> .....	59
Tabela 5 – Intervalo de confiança para pH Protótipo .....	64
Tabela 6 – Intervalo de confiança para Temperatura.....	65
Tabela 7 – Intervalo de confiança para Condutividade Elétrica.....	66
Tabela 8 – Teste de Normalidade de Anderson-Darling para as variáveis .....	67
Tabela 9 – Correlação dos dados de pH.....	69
Tabela 10 – Orçamento dos materiais .....	70

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	14
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 HISTÓRICO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO LEITE NO BRASIL.....	17
2.1.1 Características do Leite.....	19
2.1.2 Análises Físico – Químicas do Leite.....	21
2.2 MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL DO LEITE .....	24
2.3 FRAUDES E ADULTERAÇÕES.....	28
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	31
2.4.1 Estatística Descritiva .....	31
2.4.2 Intervalo de Confiança.....	33
2.4.3 Teste de Hipótese .....	34
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	36
3.2 OBJETO DE ESTUDO .....	37
3.3 O PROTÓTIPO .....	37
3.3.1 Montagem do Sensor de pH.....	40
3.3.2 Montagem do Sensor de Temperatura.....	42
3.3.3 Montagem do Sensor de Condutividade Elétrica .....	44
3.3.4 Montagem do <i>Display</i> LCD.....	46
3.3.5 Montagem do Micro Cartão SD .....	47
3.3.6 Montagem do Módulo RTC. ....	49
3.4 COLETA DE DADOS .....	50
3.5 ANÁLISE DE DADOS.....	52
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>54</b>
4.1 PROTÓTIPO .....	54
4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	55
4.2.1 Estatística Descritiva .....	55
4.2.2 Intervalo de confiança .....	63
4.2.3 Teste de Normalidade de Anderson-Darling .....	67
4.2.4 Análise de Correlação dos Valores de pH.....	68
4.3 CUSTOS DO PROJETO .....	70
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>

<b>APÊNDICES .....</b>	<b>86</b>
------------------------	-----------

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O leite é considerado um alimento de alto valor nutricional, pois em sua composição apresenta elevado teor de gordura, proteína, carboidrato, minerais e vitaminas. Em contrapartida, devido a ação de microrganismos advindos da manipulação na coleta, o leite sofre alterações nas suas propriedades organolépticas, físico-químicas e microbiológicas muito rapidamente se não for conservado de maneira adequada (RECHE, 2013).

No início do século XXI, impulsionado pelo cenário competitivo, o setor de produção leiteira no Brasil ganhou incentivo da indústria para aderir às novas tecnologias. Para Cortinhas (2013), foi uma maneira de manter a produtor rural no mercado competitivo de leite, melhorar a qualidade do leite cru e aumentar a produtividade. Dessa forma, o Ministério da Agricultura e Abastecimento publicou a Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002 para monitorar a qualidade do leite por meio da determinação do resfriamento obrigatório na propriedade rural em que é produzido e dos limites para a Contagem de Células Somáticas (CCS), Contagem Bacteriana Total (CBT) e resíduos de antibiótico no leite (BRASIL, 2002).

Em 29 de dezembro de 2011, entrou em vigor a Instrução Normativa nº62 que define novos parâmetros de qualidade e critérios de avaliação do leite cru refrigerado, estabelecendo prazos para a implantação de limites legais de CCS e CBT (BRASIL, 2011). Segundo Pinto et al. (2006) é possível minimizar o crescimento microbiano e de bactérias psicotróficas quando se tem condições higiênicas adequadas de produção, armazenamento e transporte, bem como refrigeração em todas as etapas antes da industrialização.

Entretanto, não é apenas a composição microbiológica que afeta a qualidade do leite, mas também a composição físico-química. Assim como a microbiológica, a físico-química varia de acordo com diversos fatores, como raça do animal, genética individual, gestação, ciclo estral, estações do ano, temperatura, idade, lactação, tamanho do animal, alimentação e condição patológica (principalmente mastite) (RECHE, 2013). Além disso, elevados índices de contaminação microbiana afetam

diretamente a composição físico-química do leite, como acidificação, coagulação, alteração da cor, viscosidade, dentre outros (MARTINS et al., 2008).

Os produtos de origem animal são substanciais à saúde pública, por isso o monitoramento da qualidade por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos tornam-se obrigatórios (MARTINS et al., 2008). De acordo com a IN nº62 de 2011, a periodicidade das análises físico-químicas do leite (gordura, acidez titulável, densidade relativa, índice crioscópico, sólidos não gordurosos e alizarol) deve ser diária, quantas vezes forem necessárias e a periodicidade das análises microbiológicas (CBT, CCS e resíduo de antibiótico) deve ser pelo menos uma vez ao mês (BRASIL, 2011).

Devido às exigências dos mercados nacional e internacional, muitos laticínios se adequaram às normas de qualidade e segurança alimentar, mas o grande problema é garantir a qualidade do leite que chega a essas unidades de beneficiamento. Por isso, os produtores são pressionados a melhorarem a qualidade do leite fornecido aos laticínios, seja para atender a legislação ou pela remuneração por critério de qualidade que ocorre em algumas regiões brasileiras (SILVEIRA et al., 2017). Porém, prover alimentos seguros, de qualidade e com uso sustentável da base de recursos naturais é o grande desafio do agronegócio. Portanto, para garantir a competitividade e a sustentabilidade, é necessário que o agronegócio avance no campo do conhecimento científico e tecnológico (PESSOA et al., 2002).

Diante do exposto, esta pesquisa buscou identificar como o produtor rural pode verificar a qualidade do leite cru refrigerado da sua propriedade por meio das características físico-químicas do mesmo, haja vista às exigências do laticínio e da legislação.

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma ferramenta de baixo custo para avaliar características físico-químicas do leite cru para auxiliar o produtor rural para tomada de decisões.

Para alcançar esse objetivo, foram traçados alguns objetivos específicos:

- a) Verificar os fatores que influenciam na qualidade do leite e o uso da plataforma Arduino nas mais diversas áreas do conhecimento por meio de uma análise sistemática da literatura;
- b) Elaborar um equipamento na plataforma Arduino capaz de identificar determinados fatores físico-químicos que influenciam na qualidade do leite;
- c) Validar os resultados físico-químicos do leite obtidos com o equipamento em comparação com métodos atuais de análises.
- d) Descrever o comportamento dos dados das variáveis físico-químicas por meio da estatística descritiva

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A maior preocupação dos órgãos da saúde é prover alimentos de qualidade para o consumo humano. Com relação à qualidade do leite, os principais focos debatidos são qualidade da matéria-prima, controle do processo e manutenção da sua qualidade. Assim, houve um aprimoramento de técnicas, higienização e controle, para garantir um produto saudável e com maior tempo de conservação (MEDEIROS et al., 2014).

No Brasil, a qualidade do leite está melhorando em um ritmo inferior ao previsto pelas legislações (BELOTI et al., 2012). Uma das dificuldades encontradas segundo diversos autores como (FARIAS et al., 2014; BELOTI et al., 2012; HOOGERHEIDE e MATTIODA, 2012; BODENMÜLLER FILHO et al., 2010) é que ainda há muitas propriedades produtoras de leite, de pequeno porte, que apresentam baixa qualidade, ou seja, o leite é obtido em condições precárias de higiene e não há controle maior na conservação pós ordenha. Devido a isso, técnicas de verificação e controle, tais como pH são fundamentais para analisar a estabilidade do leite (BARBOSA et al., 2012; TAMANINI et al., 2011).

O uso de tecnologias eficientes e de baixo custo de implantação vem crescendo aos poucos na área do agronegócio. Uma das plataformas de prototipação bastante utilizadas é a plataforma Arduino (ESPITIA e NEIRA, 2013).

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em micro controladores (hardware e software), de um sistema de temporização, circuito

integrado de aquisição e comunicação, tem uma plataforma de desenvolvimento e pode ser utilizada em projetos de diversas áreas do conhecimento (ARDUINO, 2018). Por ser uma plataforma bastante funcional e com baixo custo de montagem, a elaboração de um equipamento baseado na plataforma Arduino para analisar características físico-químicas do leite cru na propriedade rural se torna viável quando comparado com as exigências da legislação e a baixa ou ausência de incentivo para tal produção.

Controlar as variáveis que influenciam diretamente na qualidade do leite dentro das propriedades rurais é um dos desafios enfrentados pelas indústrias de beneficiamento dessa matéria prima. A instrução normativa nº77, de 26 de novembro de 2018, regulamenta algumas medidas como o plano de qualificação ao produtor rural, instalações e equipamentos necessários para essa atividade e o uso de tanques comunitários (BRASIL, 2018). Porém, com relação a verificação de fatores físico-químicos, infelizmente, os métodos de análise atuais se restringem aos laboratórios dos laticínios ou terceiros credenciados, uma vez que a maioria das análises exigem reagentes químicos, equipamentos adequados e profissionais especializados, o que torna inviável ter esses métodos implantados dentro de uma unidade produtora de leite.

Portanto, com a utilização da plataforma Arduino e sensores de pH e temperatura pretende-se a elaboração de um equipamento de fácil manuseio e que possa gerar resultados mais próximos dos reais para detecção de anormalidades dos lotes de leite produzidos. Além de ser uma ferramenta para o produtor rural avaliar a qualidade do leite produzido em sua propriedade, também pode ser utilizada dentro das unidades de beneficiamento para tomada de decisão.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este tópico visa detalhar a estrutura dessa pesquisa, a fim de facilitar a leitura.

O capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, composto também pelos objetivos e a justificativa da pesquisa.

O capítulo 2 compreende a revisão de literatura, sendo a base para a resolução da problemática apresentada e foi dividido em histórico da industrialização

do leite no Brasil abordando as características do leite e as análises físico – químicas, o mercado nacional e internacional do leite, os tipos de fraudes e adulterações e análise estatística.

No capítulo 3, estão descritos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa e está escrita de forma detalhada a caracterização da pesquisa, o objeto de estudo, o instrumento de coleta de dados com a montagem do sensor de pH, temperatura e condutividade elétrica, a coleta de dados e a análise dos dados.

O capítulo 4 aborda os resultados e discussões da pesquisa e é composto pelo protótipo, análise estatística das variáveis e os custos do projeto.

No capítulo 5 estão as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo destina-se a revisão da literatura aprofundando conhecimento sobre a origem da pecuária leiteira, modernização e industrialização do leite no Brasil, consumo e valorização do leite no mercado nacional e internacional, legislação brasileira e mundial para assegurar o controle de qualidade do leite, análises físico-químicas obrigatórias realizadas nos laticínios, fraudes e adulterações no leite bovino, utilização de tecnologia computacional no campo e em indústria de beneficiamento do leite.

### 2.1 HISTÓRICO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO LEITE NO BRASIL

A origem da pecuária leiteira no Brasil é datada em 1532, quando Martim Afonso de Souza desembarcou em São Vicente – SP trazendo 32 bovinos europeus (VILELA et al., 2017). Até 1870, o gado foi utilizado nos engenhos de açúcar como força de trabalho e não haviam registros sobre a situação da pecuária leiteira no Brasil, o que significa que desde a sua chegada a pecuária permaneceu estagnada. A partir disso, com o enfraquecimento da cultura do café, houve modernização das fazendas e grande incentivo às demais atividades agrárias, principalmente agricultura, pecuária de corte e suinocultura (MADALENA et al., 2001; VILELA et al., 2017).

Com a abolição da escravidão, em 1888, a pecuária começou a ser desenvolvida com mais intensidade na região Sudeste e se expandiu para as regiões Sul e Nordeste do Brasil. No entanto, as raças de animais utilizadas eram de origem europeia e apresentavam limitações à adaptação do clima tropical brasileiro e, devido a isso, essa atividade não obteve grandes avanços tecnológicos até início do século XX (VILELA et al., 2017).

Ao longo dos anos, o leite passou a ser comercializado em pequena escala, mas em diferentes formas. Primeiro, na sua forma crua (sem nenhum tipo de processamento) e depois, passou a ser ofertado à população também na forma pasteurizado. Porém, a partir do século XX, quando se tornou mais frequente a industrialização de produtos de origem animal, foi que a pecuária leiteira ganhou incentivo para aumentar a produção, deixando de ser realizada apenas para

subsistência e passando a ser utilizada como fonte de renda para a maioria dos produtores de leite bovino. Isso fez surgir a necessidade de inspeção dos produtos de origem animal (MADALENA et al., 2001; PEREIRA, 2013; MORAES e BENDER FILHO, 2017).

O princípio da inspeção foi em 29/12/1906 com a Lei nº 1.660 que cria a Diretoria de Indústria Animal e delega a responsabilidade do exercício de inspeção em matadouros e laticínios. Em 31/10/1910, o Decreto nº 8.331 atribuiu à Diretoria do Serviço de Veterinária a responsabilidade pelas investigações científicas, preparo de produtos biológicos (soro, vacinas...), controle de doenças, inspeção sanitária do animal, de transporte, matadouros e exposição de gado em todo território nacional. Esse decreto foi modificado em 09/12/1911 pelo Decreto nº 9.194, o qual adota o sistema de quarentena para a defesa sanitária animal (NERO et al., 2017).

Em 10/04/1912, foi publicado o Decreto nº 9.515 que regulamentava as atividades nos laticínios fundados por Escolas Técnicas em Minas Gerais, já que os primeiros laticínios foram criados para atender à necessidade dos cursos técnicos nestas escolas. Já em 05/03/1921, publicou-se o Decreto nº 14.711, que estabelece nova regulamentação para inspeção sanitária de usinas de pasteurização, fábricas de laticínios e entrepostos de leite, para atuação em âmbito estadual e, em 15/09/1921, o Decreto nº 15.008 instituiu o Regulamento do Serviço de Fiscalização do Leite e Laticínios (NERO et al., 2017).

Com a criação do Departamento Nacional de Produção Animal (DNPA) pelo Decreto nº 19.448 de 03/10/1930, originou o Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal – SIPOA (Decretos nºs 22.338/1933 e 22.985/1933), cuja atuação foi na produção e sanidade animal e na inspeção de seus produtos (BRASIL, 1933). O DNPA instituiu por meio do Decreto nº 23.979 de 08/03/1934, a rede laboratorial oficial, criando os laboratórios regionais de análise (BRASIL, 1934) e o SIPOA estabeleceu a Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), através do Decreto nº 25.386/1948 (BRASIL, 1948). Esses setores já não existem mais e no lugar deles foram instituídos, por Decretos, novos departamentos, aos quais foram atribuídas outras responsabilidades.

O grande marco da implantação do serviço de inspeção federal (SIF) foi em 1950, no período pós Segunda Guerra Mundial. Para regulamentar as condições higiênico-sanitárias de produtos de origem animal industrializados e comercializados no país, o Presidente Getúlio Vargas e o Ministro da Agricultura João Cleofas,

assinaram o Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952, o qual aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) e consolida o primeiro código higiênico-sanitário do Brasil (BRASIL, 1952). Desde sua aprovação foram feitas 10 revisões do decreto (1956, 1962, 1994, 1996, 1997, 2008, 2015, 2016, 2017 e 2018), com alteração, revogação e criação de artigos. Dentre essas atualizações, estão ajustes do RIISPOA para atender demandas pontuais, acordos de mercado, compatibilidade com as legislações vigentes brasileiras e normativas internacionais, revisão ortográfica e técnica, modificação no regime de inspeção, alteração no sistema de registro de produtos, plano de capacitação ao produtor rural, dentre outras mudanças (BRASIL, 2018).

### 2.1.1 Características do Leite

O leite é um fluido de cor branca, opaco, de odor suave, levemente adocicado, rico em moléculas energéticas. É uma secreção produzida por glândulas mamárias e que é constituído de água, proteína em estado coloidal (caseína), lipídeos em emulsão, carboidratos (lactose), sais minerais (citratos), vitaminas B e C em solução. Apresentam sabor e aroma característicos que são influenciados pela composição química e outros fatores determinados por condições ambientais, tais como raça do animal, período de lactação, sanidade e idade do animal, temperatura de armazenamento, dentre outros (BEZERRA et al., 2011).

A síntese do leite ocorre devido as modificações na forma de secreção, na quantidade e na composição da secreção produzida pela glândula mamária, na qual consiste em uma filtração e transformação do sangue, fornecendo nutrientes por meio de ramificações das artérias mamárias. Estes nutrientes advêm de precursores sanguíneos, que por sua vez, são resultantes do processo fermentativo que ocorre no rúmen. Alguns nutrientes são transformados pelas células secretoras, outros são apenas transportados até elas, do sangue diretamente para o leite. Assim, a alimentação animal, baseada na fermentação ruminal, influencia na intensidade desses precursores e na disponibilidade dos nutrientes (NERO et al., 2017). A Tabela 1 mostra a relação entre os nutrientes disponíveis no leite (componentes do leite) e os principais precursores sanguíneos.

**Tabela 1 – Principais precursores sanguíneos e os componentes do leite**

Precusores Sanguíneos		Componente do Leite		
Denominação	Conteúdo (g/kg)	Denominação	Conteúdo (g/kg)	
Água	910	Água	860	
Glicose	0,5	Lactose	46	
Proteínas	Aminoácidos	Caseína	26	
		Lactoglobulina	3,2	
		Lactoalbumina	1,2	
		Lactoferrina	0,1	
	Soroalbumina bovina	32	Soroalbumina bovina	0,4
	Imunoglobulinas	15	Imunoglobulinas	0,7
	Aminoácidos e vitaminas	Traços	Enzimas	Traços
Matéria Lipídica	Acetato	0,1	Triglicerídeos	38
	Hidroxibutirato	0,06		
	Frações lipídicas	2,0	Fosfolipídeos	0,3
	Glicose	0,5		
	Glicose	-		
Minerais	Cálcio	0,1	Cálcio	1,3
	Fósforo	0,1	Fósforo	0,9
	Sódio	3,4	Sódio	0,4
	Potássio	0,3	Potássio	1,5
	Cloro	3,5	Cloro	1,1

Fonte: adaptada de NERO et al., 2017.

Observa-se na Tabela 1 que o componente em abundância é a água, em torno de 87% da solução, o que confere característica de fluido e possibilita a dissolução de outros componentes. Em segundo lugar, está a lactose, responsável pela propriedade levemente adocicada do leite. Também, é possível notar que as concentrações de alguns componentes são provenientes de baixas concentrações de precursores sanguíneos. Nero et al. (2017) afirmam que, devido as modificações ocorridas no rúmen, alguns nutrientes/componentes do leite são transformados pelas células secretoras e outros, simplesmente, são transportados pelo sangue até as glândulas mamárias.

Com base nos precursores sanguíneos e na disponibilidade de nutrientes oriundos de uma alimentação balanceada, a composição química do leite pode sofrer variações que alteram a estrutura química e a concentração dos principais

componentes do leite (NERO et al., 2017). Bezerra et al. (2011) apontam que os valores médios da composição do leite estão em 87% de água, 4,8% de lactose, 4% de gordura, 3,5% de proteína, 0,7% de sais minerais. Alguns autores, tais como Paula et al. (2010), ainda tratam sais minerais como cinzas e informam que 0,19% é referente a nitrogênio não proteico. Qualquer alteração nos valores dos nutrientes que compõem o leite, como gordura, sais minerais e lactose, pode interferir nos valores de pH e condutividade elétrica.

Além da composição nutricional, o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, considera leite o produto cujas características físico-químicas apresente no mínimo 3g de gordura em 100g de produto (3%), teor mínimo de proteína de 2,9g/100g, quantidade mínima de lactose de 4,3g/100g, acidez titulável entre 14°D e 18°D (0,14g a 0,18g de ácido láctico por 100mL de produto), densidade relativa a 15°C entre 1,028 e 1,034g/mL, índice crioscópico equivalente de 0,512°C a -0,536°C, teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8,4g/100g, teor mínimo de sólidos totais de 11,4g/100g, características sensoriais normais (odor, cor e aspecto), não apresente adulteração da sua composição (agentes inibidores do crescimento microbiano, neutralizantes da acidez, reconstituintes da densidade ou do índice crioscópico), não apresente resíduos de antibiótico ou outros produtos de uso veterinário acima dos limites máximos previstos (BRASIL, 2017).

### 2.1.2 Análises Físico – Químicas do Leite

Devido à variedade de nutrientes e ao elevado teor de alguns deles, o leite está sujeito a modificação de suas características físico-químicas, microbiológicas e organolépticas. Algumas dessas características podem ser facilmente controladas através da temperatura de resfriamento e armazenamento, pH, acidez, estabilidade térmica, condutividade elétrica, dentre outros (MURPHY et al., 2016).

O controle de temperatura é fundamental em todas as etapas do beneficiamento do leite, desde a ordenha até o consumidor final, seja na sua forma natural ou utilizado para fabricação de outros produtos lácteos. O resfriamento do leite após a ordenha é extremamente necessário para reduzir as taxas de crescimento bacteriano, já que o leite deixa o úbere a aproximadamente 35°C, o que é uma

temperatura favorável para o crescimento de microrganismos indesejáveis, principalmente mesófilos (PALUDETTI et al., 2018).

Os microrganismos mesófilos se desenvolvem melhor em condições de temperatura moderada, entre 20 e 45°C e são responsáveis pela instabilidade térmica das proteínas do leite e pela acidificação, que é o excesso de ácido láctico proveniente da hidrólise da lactose. Por isso, o resfriamento do leite cru permite o controle da multiplicação desses microrganismos (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2018).

Contudo, os microrganismos psicotróficos apresentam temperatura de crescimento ideal entre 15 e 20°C, ou seja, adaptam-se às temperaturas de refrigeração por meio da síntese de fosfolipídios e lipídios com maiores proporções de ácidos graxos insaturados, o que resulta em uma redução no ponto de fusão dos lipídios (PALUDETTI et al., 2018; RIBEIRO JÚNIOR et al., 2018). A fusão dos lipídeos serve para manter a fluidez do leite, permitindo a continuidade da funcionalidade, transporte de soluto e secreção de enzimas extracelulares (OLIVEIRA et al., 2015).

Por conseguinte, esses microrganismos produzem e liberam enzimas que catalisam aminoácidos de proteínas (proteases) e lipídeos (lipases) para o ambiente externo e absorvem os produtos de sua hidrólise. A ação prolongada de proteases e lipases pode causar alterações organolépticas no leite fluido ou produtos lácteos, pois essas enzimas são termoestáveis e podem permanecer ativas mesmo após aplicação de tratamento térmico ao leite pela indústria, como sabor amargo ou rançoso em queijos ou gelificação e sedimentação no leite tratado com UHT (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2018).

Para reduzir a taxa de crescimento microbiano e suas consequências, Paludetti et al. (2018) sugerem que o resfriamento do leite nas unidades produtoras (fazendas) não deve passar de 3°C. Conforme a Instrução Normativa nº77, de 26 de novembro de 2018, que determina a obrigatoriedade do resfriamento do leite na unidade de produção e seu transporte a granel, a temperatura ideal para a conservação do leite é 4°C e recomenda-se que o leite sob refrigeração atinja esta temperatura no período máximo de 3 horas após o término da ordenha. Admite-se temperatura máxima de 7°C para o leite no momento da coleta para o transporte e, ao chegar no posto de recebimento, temperatura máxima de 10°C (BRASIL, 2018).

Outro fator importante no controle da qualidade do leite é o potencial hidrogeniônico (pH). O conceito de pH foi introduzido em 1909, mas só a partir de 1930, com o advento dos eletrodos de vidro, que as determinações de pH se tornaram

comuns no leite e produtos lácteos (LUCHEY et al., 2017). O pH é utilizado para verificar a acidez no leite e ainda pode ser um importante indicador de amostras conservadas inadequadamente (ARAÚJO et al., 2011).

Existem duas maneiras de se avaliar o pH, por meio do método colorimétrico ou pelo método eletrométrico. De acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), o método colorimétrico se utiliza de indicadores que alteram a coloração da amostra em determinadas concentrações de íons de hidrogênio. Esse método produz medidas aproximadas e em alguns casos, como soluções coloridas, turvas ou coloidais, os resultados podem não ser verdadeiros. Já no método eletrométrico empregam-se aparelhos potenciométricos que permitem uma determinação direta e precisa do pH.

Os fatores pH e acidez estão intimamente ligados, visto que ambos influenciam a cinética da coagulação do leite, incluindo a natureza e concentração da enzima de coagulação, taxa de agregação de micelas de caseína e reatividade do coalho, e determinam a adequação do leite na fabricação de derivados (DE MARCHI et al., 2009). A relação dessas variáveis pode ser observada sob dois aspectos, acidez real ou titulável e acidez atual ou aparente. A determinação da acidez por titulometria fundamenta-se na neutralização das funções ácidas do leite, até o ponto de equivalência, por meio de uma solução de hidróxido de sódio de título conhecido e em presença de um indicador, a fenolftaleína, cuja viragem (mudança de colocação) ocorre com pH 6,6 a 8,3, que é o ponto final da capacidade indicadora. A acidez atual pode ser determinada pelo uso de potenciômetro e corresponde ao pH de 6,4 a 6,9 no leite recém ordenhado (obtendo média de 6,6 a 6,8), de 6,25 no 1º dia a 6,46 no 3º dia no caso de secreção após parto (colostró) e coagula ao alcançar o ponto isoelétrico da caseína a temperatura de 20°C, apresentando pH 4,6 a 4,7 (SILVA et al., 1997; TRONCO, 1997).

Uma das características que impede a leitura correta da acidez do leite por meio da acidez atual (uso de eletrodo de pH) é o efeito tampão, que ocorre com pH entre 5 e 6, em razão da presença de dióxido de carbono, albumina, proteínas (caseína), citratos, lactatos e fosfatos. Nesse caso, o recomendado é verificar a acidez real (titulável). Além do efeito tampão, a acidez pode ser influenciada pelo estágio de lactação, mastite, atividade enzimática e pela composição do leite fresco (SILVA et al., 1997; TRONCO, 1997).

Outra importante função do controle do potencial hidrogeniônico é na detecção de mastite. Caracterizada por uma inflamação das glândulas mamárias, a

mastite é decorrente de lesões, irritação química ou microrganismos, especialmente bactérias, em qualquer parte constituinte do úbere. O processo inflamatório da glândula mamária causa destruição do epitélio secretor, altera a permeabilidade vascular e impede o transporte dos íons nas células danificadas, portanto um animal que tenha mastite apresenta aumento dos componentes do sangue no leite, principalmente aumento de íons de bicarbonato, maior concentração de sódio e cloro e diminui os teores de cálcio, fósforo e potássio. Em consequência disso, o pH do leite de vacas com mastite tende a ficar mais alcalino, atingindo o valor de 7,5 (TRONCO, 1997; RAIMONDO et al., 2009; MAGRI, 2015).

A análise de condutividade elétrica é utilizada como uma ferramenta para identificar animais que apresentam mastite subclínica e início de mastite clínica. A mastite é classificada de acordo com o grau de infecção e pode ser clínica ou subclínica. A mastite clínica é caracterizada por apresentar sintomas visíveis no úbere do animal (edema, dor, rubor, aumento da temperatura) e no leite (presença de grumos, pus, sangue e alteração na cor). Já a mastite subclínica, é detectada por meio de testes laboratoriais, como a condutividade elétrica (RAIMONDO et al., 2009; SOUZA et al., 2017).

Esse método mede a capacidade de uma solução em conduzir uma corrente elétrica entre dois eletrodos. O leite de vaca normal deve apresentar valores de condutividade elétrica entre 4,0mS/cm a 5,5mS/cm a 25°C e pH entre 6,4 a 6,9. Se o valor da condutividade elétrica for  $\geq 6,2$ mS/cm pode indicar alteração do leite (colostro ou mastite). Se for  $\geq 6,2$ mS/cm e com valor diferencial dos tetos de  $\geq 0,5$ mS/cm, indica sintoma de mastite subclínica. Valores de condutividade elétrica abaixo de 6,2mS/cm, mas com valor diferencial  $\geq 0,5$ mS/cm também indicam resultados positivos para mastite (RIBEIRO, 2014; SOUZA et al., 2017). Já para Córdova (2016) um diferencial entre quartos maior que 1,15mS/cm indica mastite clínica.

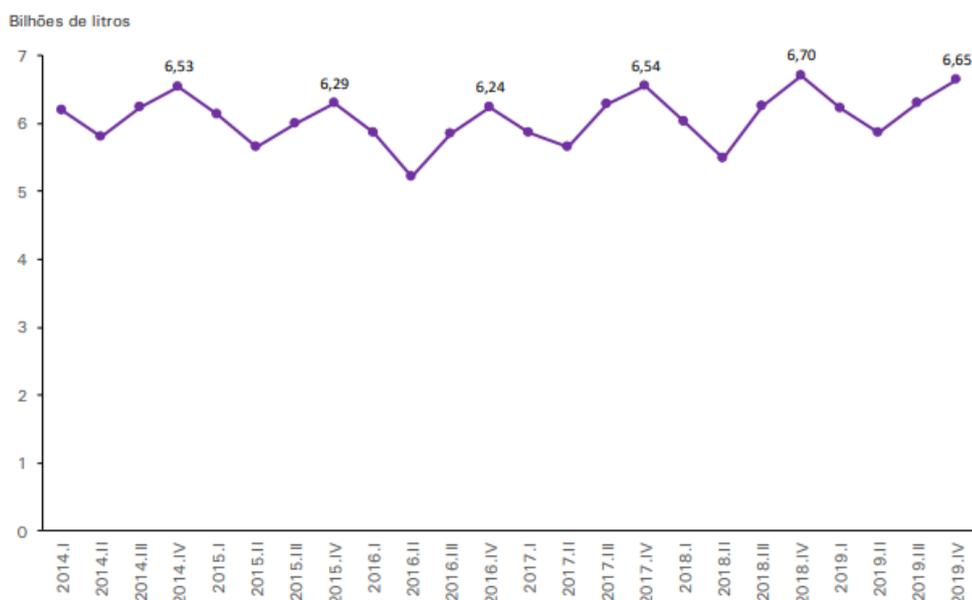
## 2.2 MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL DO LEITE

Após criação do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), a produção de leite no Brasil tem apresentado valores ascendentes, mesmo quando o ambiente não era favorável a isso, como preços

controlados, planos econômicos, importações e instabilidade da economia (VILELA et al., 2017).

Segundo Vilela et al. (2017), os primeiros resultados sobre a produção de leite no Brasil foram registrados em 1961 pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). A partir de 1976, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) passa a divulgar informações sobre a produção de leite fluido cru, tendo como referência as quantidades de leite adquirido e/ou recebido para transformação, quantidade destinada à industrialização, quantidade transferida e/ou comercializada e a quantidade estocada (IBGE, 2018).

Dados publicados no relatório Indicadores IBGE e ilustrados no Gráfico 1 mostram que a aquisição de leite cru pelos estabelecimentos sob inspeção sanitária (federal, estadual ou municipal), no 4º trimestre de 2019, foi de 6,65 bilhões de litros. Em comparação com o trimestre anterior (3º de 2019) houve um incremento de 5,6%, mas em relação ao 4º trimestre de 2018, houve uma redução de 0,9% na aquisição de leite cru. Desde a série histórica, iniciada em 1997, para um 4º trimestre, o resultado de 2019 representa a segunda maior captação de leite, ficando atrás apenas do 4º trimestre de 2018 (IBGE, 2019).



**Gráfico 1 – Quantidade de leite cru adquirido pelos laticínios brasileiros, 2014 a 2019**  
**Fonte: IBGE, Indicadores IBGE, Out-Dez, 2019**

No Gráfico 1 é possível perceber um comportamento cíclico no setor leiteiro, onde o 3º e 4º trimestre de cada ano apresenta aumento na produção com relação ao 2º trimestre do mesmo ano. O segundo trimestre representa a captação de leite entre os meses de abril, maio e junho e é a menor quantidade de leite adquirido durante o ano. Isso pode ser explicado porque os produtores, principalmente da região Sul do Brasil, planejam os partos das vacas para o período de inverno (maio em diante), quando tem pastagens de inverno (aveia, azevém, etc.) que são mais nutritivas que as pastagens de verão e o preço do leite em geral aumenta, já que as demais regiões brasileiras têm redução na produção devido à baixa precipitação no inverno (VIEIRA et al., 2005; FONTANELI et al., 2016).

Além disso, no período de dezembro a fevereiro, não há atividades escolares, o que acarreta em redução do consumo de leite. Concomitante, ocorre o aumento da oferta de leite e pasto, devido as precipitações de verão e aumento da produção na maioria das regiões produtoras de leite do Brasil, o que obriga as indústrias a fabricarem produtos que possam ser estocados (aumentar a produção de queijos, por exemplo).

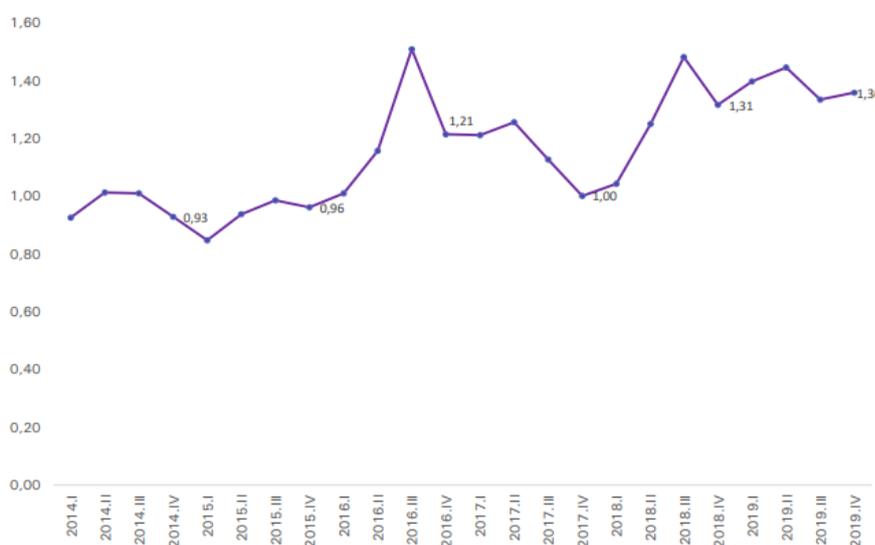
Meados de 2018, a greve dos caminhoneiros influenciou a estabilidade econômica do país e, conseqüentemente, possibilitou a demarcação de dois períodos distintos na cadeia produtiva do leite. O primeiro cenário mostra preços baixos para o litro de leite, que resultaram em baixo crescimento da produção e uma relativa recuperação de consumo. Após a greve, em função da falta de manutenção dos estoques no varejo e a baixa produção no campo, os preços se elevaram consideravelmente e isso gerou dois resultados, um negativo e outro positivo. Como resultado negativo foi o recuo do consumo do leite e derivados em função do preço, porém o resultado foi favorável para o crescimento da produção (MILKPOINT, 2018).

Com relação ao mercado nacional, o preço médio bruto pago ao produtor no 4º trimestre de 2019, situou-se em R\$1,36 por litro, aproximadamente 3,2% acima do praticado no trimestre equivalente do ano anterior. Em todos os estados pesquisados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) verificou-se variação de preços brutos pagos ao produtor, sendo que o estado que obteve a maior alta observada foi a Bahia e a maior baixa foi Santa Catarina (CONAB, 2019).

Analisando o ano de 2019, o preço pago aos produtores teve o menor aumento dos últimos 2 anos e Conab (2019) justifica que o baixo percentual de aumento dos preços deve-se ao aumento da produção abaixo do esperado e à

competição das indústrias pela matéria-prima. Acrescenta que “o setor se encontra, pelo lado da oferta, com menor produção do que o estimado, elevando os preços ao produtor e, pelo lado da demanda, enfrentando um consumo retraído que impõe menores preços dos derivados para escoar a produção”.

Um comparativo entre os trimestres entre os anos de 2014 e 2019, o Gráfico 2 mostra o preço médio bruto pago ao produtor de leite, incluindo frete e imposto. Nota-se que a maior alta foi no ano de 2016, que também registrou o maior valor pago pelo litro de leite no 3º trimestre, seguido pelo ano de 2018. Já o ano de 2019, o preço do litro não teve grande variação, aumentando R\$0,05 de 2018 para 2019.



**Gráfico 2 – Evolução do preço médio bruto do leite cru pago ao produtor, 2014 a 2019**  
**Fonte: IBGE, Indicadores IBGE, Out-Dez, 2019**

Observa-se no Gráfico 2 que os preços médios brutos pagos aos produtores não seguem uma distribuição cíclica, como no Gráfico 1 (quantidade de leite cru adquirido pelos laticínios), para o mesmo intervalo de tempo. Isso indica que a determinação do preço médio bruto do litro de leite tem mais relação com práticas de mercado do que com a produção, enquanto que a captação de leite feita pelos laticínios tem relação direta com a sazonalidade de produção.

Por ser um produto cujo prazo de validade é relativamente baixo, o leite *in natura* brasileiro não é comercializado internacionalmente, porém alguns derivados tais como leite em pó integral e desnatado, soro em pó, manteiga e queijo são considerados *commodities*. Na Análise Mensal feita no mês de dezembro pelo Conab, comparando com o mês anterior, as cotações do Centro de Referência da América do

Sul apresentaram baixa de 1,1% para o leite em pó integral (US\$3262,5/t) e alta de 3,0% para o leite em pó desnatado, situando-se em US\$2987,5/t (CONAB, 2019).

### 2.3 FRAUDES E ADULTERAÇÕES

Todos os alimentos estão suscetíveis a fraudes, mas os mais vulneráveis são alimentos de alto valor agregado ou aqueles produzidos sob condições ambientais variáveis. O elevado valor nutricional tem impulsionado o consumo de leite em várias regiões do mundo e isso motivou o aumento de fraudes e adulteração do leite. Segundo Castro (2019), o leite está entre os alimentos mais adulterados no mundo.

Os tipos de fraudes mais comuns em alimentos estão apresentados na Figura 1.



**Figura 1 – Tipos de fraudes em alimentos.**  
Fonte: Castro, 2019.

A adulteração é uma subcategoria de fraude, cujo conceito pode ser definido como a adição ilegítima de compostos químicos ao leite com o objetivo de aumentar o peso para a venda, aumentar a vida útil e/ou melhorar a aparência do leite (GHASEMI-VARNAMKHAJASTI et al., 2017). Nascimento et al. (2017) destacam que um dos principais motivos da adulteração do leite é para obter ganho financeiro ou inibir

às más condições de higiene de processamento, armazenamento, transporte e comercialização.

Em algumas situações, especialmente naquelas onde há mistura de adulterantes, os métodos recomendados para avaliar a qualidade do leite demonstram falha na detecção. Devido ao aumento dos esforços em impedir que as fraudes e adulterações aconteçam e, como consequência, reduzam a qualidade do leite, várias pesquisas apontam para melhoria nos equipamentos, tais como Varriale *et al.* (2015), Baum *et al.* (2016), Mendes *et al.* (2016). Além de elaborar equipamentos que sejam capazes de detectar esse tipo de acontecimento, as pesquisas mostram que essas inovações devem apresentar baixo custo de compra e manutenção e que sejam de fácil manuseio (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Na área do transporte também há preocupação com o serviço e a movimentação de produtos alimentícios, principalmente abordando a qualidade e segurança de alimentos. Mangina e Vlachos (2005), Sahin *et al.* (2007) e Yue *et al.* (2013) *apud* Babu *et al.* (2018) destacam os avanços da tecnologia na possibilidade em testar a qualidade dos alimentos considerando vários fatores integrados.

Mendes *et al.* (2010) citam que a adulteração e falsificação tem conceitos muito próximos, sendo que a primeira é ocasionada pela adição de compostos químicos e a segunda pode ser ocasionada pela adição ou subtração de qualquer substância de um produto, na sua parcial ou totalidade. Conforme o RIISPOA, produtos fraudados, falsificados ou adulterados são assim considerados se foram adicionados de água, adicionados de substâncias diferentes da sua composição, rotulados como outro tipo de categoria, tiveram retirada de algum componente, o produto comprado for diferente do vendido e/ou se o produto não atende as garantias de inviolabilidade (BRASIL, 2017).

O conceito de fraude por manipulação é definido por Castro (2019) como a imitação de todos os aspectos do alimento e da embalagem. Para roubo, o autor define como a “apropriação indevida de produtos alimentares legítimos para comercialização”. Fraude por *over-run* é “quando ocorre produção excessiva e não autorizada de determinado produto e esta produção é subnotificada”. Por simulação entende-se que é a fabricação de um produto ilegítimo para se assemelhar ao produto legítimo. E, fraude por desvio é definida como distribuição e venda de produtos legítimos fora do destino.

Dentro do conceito de fraude, a adição de água continua sendo a principal fraude detectada no leite. Essa prática reduz significativamente o valor nutritivo do leite, além de prejudicar a qualidade microbiológica (ABRANTES *et al.*, 2014; CASTRO, 2019). A forma mais comumente utilizada para detectar esse tipo de fraude é pelo método da crioscopia, a qual indica a temperatura de congelamento do leite. O ponto de congelamento do leite, conforme o RIISPOA, é de  $-0,512^{\circ}\text{C}$ , se adicionar água ao leite, o ponto de congelamento fica mais próximo do ponto de congelamento da água ( $0^{\circ}\text{C}$ ) (BRASIL, 2017). Contudo, outros autores como Nascimento *et al.* (2010), apontam para o uso de medidas de condutividade elétrica para a detecção de adição de água, cloreto de sódio e soda cáustica no leite.

Abrantes *et al.* (2014) lista outros tipos de fraudes presentes no leite, como o desnate, adição de alcalinos, adição de conservantes, adição de reconstituintes, adição de soro de queijo ao leite e resíduos de antibióticos. Os autores destacam que a retirada de gordura na propriedade rural é considerada ilegal e pode ser verificada por meio da determinação da densidade, apesar de não ser um teste conclusivo.

A adição de alcalinos e de conservantes no leite (bicarbonatos, formol, ácido bórico, peróxido de hidrogênio, bicromato de potássio, hipocloritos e ácido salicílico) são consideradas fraudes intencionais e tem o objetivo de aumentar a conservação, diminuir a acidez e/ou paralisar a atividade microbiana. Entretanto, a presença de substância alcalina pode ocorrer devido a falhas da higienização e da sanitização de equipamentos e utensílios (ABRANTES *et al.*, 2014; CASTRO, 2019).

Com relação a adição de reconstituintes ao leite, de acordo com a Instrução Normativa nº76, de 26 de novembro de 2018, não se admite a utilização de aditivos e coadjuvantes de tecnologia no leite (BRASIL, 2018). Castro (2019) aponta, como principais reconstituintes adicionados no leite, a utilização da melamina para modificar o valor proteico e o uso de amido, sacarose e urina como reconstituintes da densidade.

A utilização de soro de queijo só é permitida pela legislação brasileira quando adicionada na composição de um produto fermentado e deverá ser denominada “bebida láctea”. Fica proibida a adição de soro de queijo ao leite de consumo, seja pasteurizado, esterilizado ou em pó (BRASIL, 2011).

A última fraude abordada diz respeito aos resíduos de antibióticos no leite. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é proibido o envio de leite a unidade de beneficiamento quando proveniente de animais que estejam sob tratamento com medicamentos de uso veterinário, facilmente eliminados pelo leite,

como os antibióticos. A melhor forma de assegurar que os resíduos do medicamento não superam os níveis especificados pela norma é separar os animais pelo período recomendado e descartar o leite ordenhado de animais que estejam sob cuidados. Porém, há métodos que possam detectar esses resíduos, como inibição microbiológica, métodos imunológicos e enzimáticos e cromatografia (BRASIL, 2011; ABRANTES *et al.*; 2014; BRASIL, 2017; CASTRO, 2019).

As fraudes podem ser descobertas por vários métodos, dentre eles determinação do pH, acidez Dornic, condutividade elétrica, crioscopia e densidade. Com relação a adição de água, desnate, adição de reconstituintes e adição de alcalinos podem ser percebidas pela interpretação dos valores obtidos na crioscopia e densidade, onde a densidade fica reduzida e crioscopia mais alta, de modo que o valor se aproxima do ponto de congelamento da água. Quanto a adição de conservantes e adição de soro de queijo ao leite, uma das formas de detectar é por meio da análise de pH e determinação da acidez Dornic (ABRANTES *et al.*, 2014).

A análise de condutividade elétrica é utilizada como uma ferramenta para identificar animais que apresentam algum tipo de infecção, como mastite subclínica e início de mastite clínica, que é caracterizado pelo aumento da concentração de sais no leite. Esse método mede a capacidade em conduzir uma corrente elétrica entre dois eletrodos mergulhados em amostra de leite (RAIMONDO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2017). Pode ser utilizado como evidência de adição de água e sal no leite, pois quando adicionado água no leite, o valor da condutividade elétrica diminui e quando adicionado sal, aumenta a condutividade elétrica (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 2.4.1 Estatística Descritiva

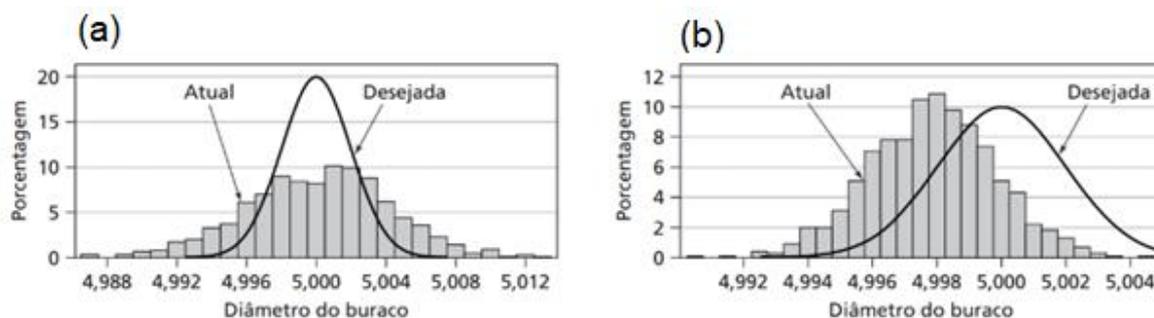
A Estatística é utilizada em várias áreas do conhecimento e tem o objetivo de descrever e compreender relações entre características de uma população partindo de uma análise amostral, tomar decisões mais assertivas e simular cenários frente à mudança (REIS *et al.*, 2015).

Um dos ramos da estatística é a estatística descritiva, que consiste em coligir, analisar e interpretar dados quali-quantitativos através da utilização de técnicas de síntese e elaboração de instrumentos adequados, sem perder ou distorcer informações, com o propósito de facilitar a visualização e interpretação dos resultados (MORAIS, 2005; KAZMIER, 2008; SOUSA JÚNIOR, 2019).

Conforme Doane e Seward (2014), os dados são descritos utilizando a descrição numérica (valores mínimos e máximos, contagem, soma), por meio de medidas de tendência central (média, mediana, moda, semi-amplitude, média geométrica, média aparada), medidas de dispersão (amplitude, variância e desvio padrão), dados padronizados (tratamento de pontos discrepantes), construção de boxplot, correlação e covariância (grau de linearidade), assimetria e curtose (análise do gráfico de distribuição de frequência).

As medidas de tendência central descrevem o valor do meio ou os valores típicos de uma distribuição. De acordo com Kazmier (2008), são valores calculados a partir de um grupo de dados com o objetivo de descrevê-los e que podem sofrer alteração conforme os dados forem tratados. A média é uma medida de tendência central, a mediana é valor do item central quando todos os itens no grupo são arranjados em ordem crescente ou decrescente, a moda é o valor que aparece com mais frequência nesse conjunto de dados, então os valores foram alterados de acordo com a alteração do conjunto dos dados.

Já as medidas de dispersão traduzem a variabilidade dos dados e permitem identificar até que ponto esses dados se concentram com relação a sua média (MORAIS, 2005; KAZMIER, 2008; DOANE e SEWARD, 2014). Na Figura 2, Doane e Seward (2014) fazem uma comparação gráfica para explicar a diferença entre essas medidas. Por meio de um exemplo sobre buracos perfurados em uma chapa de aço durante um processo de manufatura, eles explicam que na situação (a) o “processo está corretamente centralizado, mas a variação é excessiva”, ou seja, a medida central é 5cm e os valores se dividem igualmente para ambos os lados, mas a distribuição atual apresenta mais classes (curva achatada) que a curva normal. Já na situação (b), a “variabilidade está aceitável, mas o processo é centrado incorretamente”, a curva da distribuição atual e desejada estão com o mesmo formato, mas a média atual é 4,998cm e a desejada é 5cm.



**Figura 2 – Tendência central versus dispersão**  
**Fonte: Adaptado de Doane e Seward (2014)**

Martins e Domingues (2019) classificam a assimetria, em distribuição simétrica (quando o valor da assimetria é igual a zero), assimetria negativa (quando for menor que zero) e assimetria positiva (quando o valor for maior que zero). Também tratar de acordo com a intensidade, em módulo, assimetria fraca é quando  $0 < A_s < 1$  e assimetria forte, quando  $A_s > 1$ . A curtose refere-se “ao comprimento relativo das caudas e ao grau de concentração no centro” (DOANE e SEWARD, 2014) e pode ser classificada, segundo Martins e Domingues (2019), em mesocúrtica ( $K=0,263$ ), leptocúrtica ( $K < 0,263$ ) quando apresenta um pico acentuado ou platicúrtica ( $K > 0,263$ ) quando apresenta achatamento da curva.

#### 2.4.2 Intervalo de Confiança

A inferência estatística considera “as técnicas pelas quais as decisões sobre uma população ou processo estatístico são tomadas, baseadas somente na observação de uma amostra” (KAZMIER, 2008). O intervalo de confiança (IC) é um procedimento de inferência estatística.

A finalidade do intervalo de confiança é fornecer informações sobre quanto a estimativa pontual está próxima do valor do parâmetro populacional. Estimar um intervalo que contenha a maior porcentagem e precisão de dados que representam a verdadeira média é extremamente importante, pois um estimador pontual pode não traduzir o valor exato do parâmetro populacional (ANDERSON et al., 2019). Para melhorar a compreensão, um estimador pontual pode ser a média ( $\mu$ ), diferença entre as médias de duas populações ( $\mu_1 - \mu_2$ ), proporção ( $\pi$ ), diferença entre as proporções

em duas populações ( $\pi_1 - \pi_2$ ), variância ( $\sigma^2$ ) e desvio padrão ( $\sigma$ ) (KAZMIER, 2008; REIS et al., 2015).

De acordo Anderson et al. (2019), a forma geral de definir um intervalo de confiança é:

### **Estimativa pontual $\pm$ Margem de erro**

Porém ele deve ser determinado baseado nos seguintes itens:

- a) Intervalo de confiança para uma média com desvio padrão ( $\sigma$ ) conhecido: quando as amostras são retiradas de uma população normal e desvio padrão é conhecido, a margem de erro é calculada utilizando a distribuição normal;
- b) Intervalo de confiança para uma média com desvio padrão desconhecido: quando a população é normal, mas o desvio padrão é desconhecido. Utilizado especialmente quando a amostra é pequena.
- c) Intervalo de confiança para uma proporção: utilizado quando se tem uma média de dados binários, cujos únicos valores são 0 ou 1.
- d) Intervalo de confiança para uma variância: quando a população é normal e não se sabe o valor da variância, utiliza-se a distribuição qui-quadrado com grau de liberdade para estimar a variância.

#### 2.4.3 Teste de Hipótese

O teste de hipóteses é utilizado para determinar se uma declaração sobre o valor de um parâmetro populacional deve ser ou não rejeitada. Logo, o teste se baseia em duas hipóteses, a hipótese inicial ( $H_0$ ) que é chamada de hipótese nula e a outra que é denominada hipótese alternativa ( $H_1$ ). Essas hipóteses contêm declarações antagônicas e os dados da amostra são utilizados para testá-las (ANDERSON et al., 2019).

A hipótese nula representa um valor de referência, não provém de uma amostra, mas é baseado em observações passadas, padrão industrial, um objetivo, ou uma especificação do produto. Segundo Martins e Domingues (2019), há três hipóteses alternativas possíveis:

Teste unilateral à esquerda	Teste bilateral	Teste unilateral à direita
$H_0: \mu \geq \mu_0$	$H_0: \mu = \mu_0$	$H_0: \mu \leq \mu_0$
$H_1: \mu < \mu_0$	$H_1: \mu \neq \mu_0$	$H_0: \mu > \mu_0$

A escolha do teste depende da aplicação e a sua direção é indicada pela maneira como os pontos se posicionam. Sendo que “<” indica um teste unilateral ou unicaudal à esquerda, ou seja, as médias dos fatores analisados serão testadas à esquerda da curva de distribuição; “≠” indica um teste bilateral ou bicaudal, as médias serão testadas em ambos os lados da curva de distribuição; e “>” indica um teste unilateral ou unicaudal à direita, as médias serão testadas à direita da curva de distribuição (KAZMIER, 2008; DOANE e SEWARD, 2014; ANDERSON et al. (2019).

A distribuição normal padrão é uma distribuição com formato de sino, “onde desvios padrão sucessivos da média estabelecem referências para estimativa da porcentagem das observações de dados” (MINITAB, 2020).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo destina-se a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento deste trabalho, a caracterização da pesquisa, a metodologia aplicada, o instrumento de coleta e análise dos dados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A classificação da pesquisa varia de acordo com o enfoque dado pelo autor. Ela pode ser classificada de acordo com a natureza, com os objetivos e quanto aos procedimentos. Quanto a natureza, a pesquisa é classificada como aplicada, pois se caracteriza por seu interesse prático. Os resultados encontrados neste tipo de pesquisa devem ser aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que acontecem na realidade (MARCONI e LAKATOS, 2008). Assim, os resultados encontrados por meio da análise feita pelo protótipo servem para tomada de decisão com o objetivo de melhoria na qualidade do leite.

A pesquisa pode ser enquadrada quanto aos objetivos, sendo classificada como exploratória, descritiva ou explicativa. Esta pesquisa admite carácter explicativo, pois emprega o método experimental de pesquisa, identificando os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. São encontradas, geralmente, em pesquisas tipificadas quanto ao procedimento como experimental ou *ex-post facto* (GIL, 2007).

Os procedimentos de uma pesquisa referem-se à forma de como o estudo é conduzido e como os resultados são obtidos. Quanto aos procedimentos, a pesquisa é classificada como pesquisa operacional, pois visa a solução de problemas, incluindo observação, formulação do problema e construção de modelos científicos matemáticos ou de simulação (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

Considera-se operacional, a pesquisa que faz uso de método científico para a tomada de decisões. Utiliza-se a modelagem em sistemas reais, determinísticos ou probabilísticos, relativos à necessidade de alocação de recursos escassos (HILLIER e LIEBERMAN, 2013). Justifica-se pelo fato de utilizar sensores, controladores, programação e método estatístico de modelagem.

A pesquisa também é classificada quando à abordagem. A pesquisa é quantitativa, já que os resultados são utilizados para representar uma população, onde a realidade só pode ser compreendida com a análise dos dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). A pesquisa é definida assim, pois os resultados obtidos são dados quantitativos e, para descrever as causas do fenômeno e as relações entre variáveis, recorre-se à linguagem matemática.

### 3.2 OBJETO DE ESTUDO

O foco do estudo foi analisar amostras de leite cru refrigerado e verificar a conformidade com os padrões utilizados atualmente, visando a qualidade do leite. Para isso, selecionou-se como população os produtores rurais associados a uma cooperativa da região oeste do Paraná, cuja atividade econômica seja a produção de leite bovino.

Os caminhões que coletam leite na propriedade rural, chegam até a unidade de beneficiamento, carregados de leite de vários produtores, misturados em compartimentos com capacidade de 4 mil litros cada, aproximadamente. A quantidade de compartimentos por caminhão é variável, podendo ser 1 até 3 compartimentos.

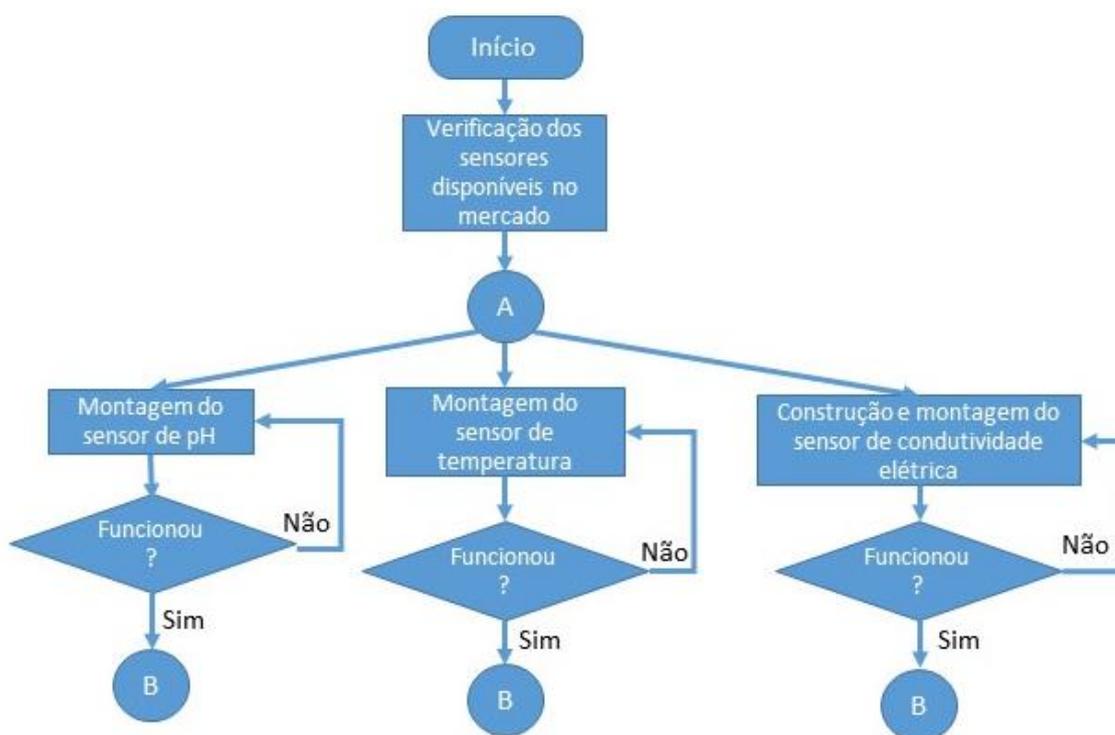
As amostras de leite cru foram coletadas de cada tanque de cada caminhão, no momento em que chegaram ao laticínio, no período de 11/11/2019 a 11/12/2019, em dias específicos. Embora as análises realizadas apresentassem apenas características físico-químicas, houve cuidado com a manipulação das mesmas para que não sofressem contaminação por parte do pesquisador.

### 3.3 O PROTÓTIPO

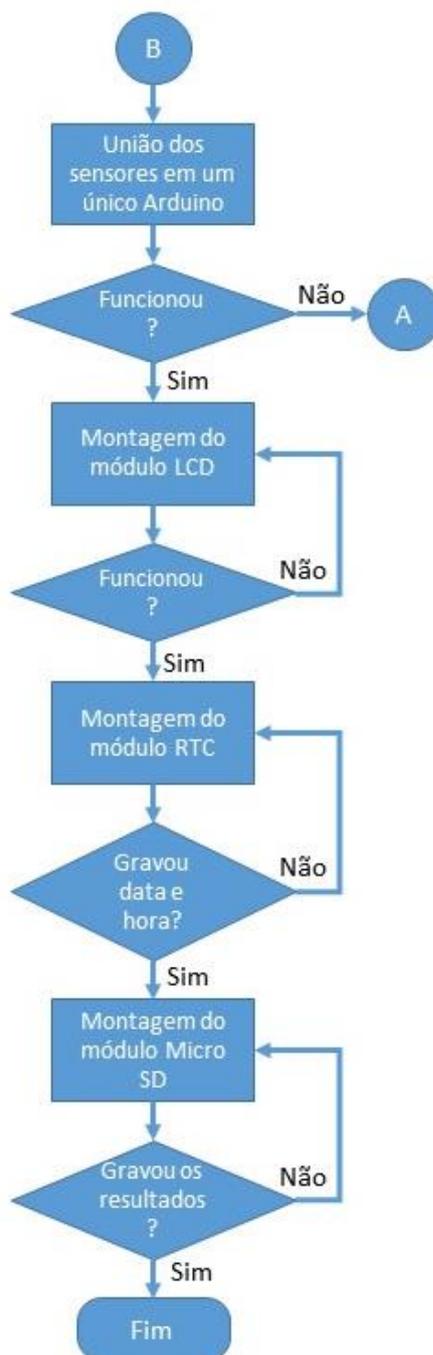
O instrumento de coleta de dados foi desenvolvido baseado nos equipamentos disponíveis no mercado e largamente utilizados nos laticínios, contemplando as análises frequentemente utilizadas para identificação da qualidade do leite, pH, temperatura e condutividade elétrica. Ele foi elaborado utilizando uma

plataforma Arduino UNO, uma *protoboard* de 830 pontos, um sensor de pH modelo PH-4502C com módulo eletrônico BNC, um sensor de temperatura a prova de água modelo DS18B20, um módulo para micro cartão SD, um módulo para relógio de tempo real de alta precisão modelo RTC DS3231, dois cabos rígidos de 15 cm, um *display* LCD 16x2 com módulo serial I2C e cabos *jumpers*.

As Figuras 3 e 4 mostram as etapas seguidas para elaboração do instrumento de medição proposto.



**Figura 3 – Fluxograma da elaboração do instrumento – parte 1**  
Fonte: Autoria Própria.



**Figura 4 – Fluxograma da elaboração do instrumento – parte 2**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Após verificação dos sensores disponíveis no mercado e a compra dos itens para confecção do instrumento, iniciou-se a montagem do mesmo, como ilustra a Figura 3. Cada sensor (pH, temperatura e condutividade elétrica) era testado e programado separadamente e repetia-se o processo até funcionarem corretamente. Quando todos os sensores estavam prontos, foram unidos em um único Arduino e único código fonte, como mostra a Figura 4. A partir daí, foram acoplados o *display*

LCD, o módulo RTC e o módulo Micro SD. Assim como na Figura 3, para cada novo processo do fluxograma, os itens acoplados eram programados e testados.

As descrições detalhadas de cada etapa estão nas seções 3.3.1 montagem do sensor de pH, 3.3.2 montagem do sensor de temperatura, 3.3.3 montagem do sensor de condutividade elétrica, 3.3.4 montagem do módulo LCD, 3.3.5 montagem do micro cartão SD e 3.3.6 montagem do módulo RTC. Além disso, cada seção contém trechos do código fonte.

Ressalta-se que para elaboração do código fonte foram utilizadas algumas bibliotecas, sendo elas a biblioteca do módulo RTC (RTClib.h), da temperatura (OneWire.h e DallasTemperature.h), do micro cartão SD (SD.h), do *display* LCD e do módulo I2C (Wire.h e LiquidCrystal\_I2C.h).

### 3.3.1 Montagem do Sensor de pH

O valor de pH é medido em uma escala de 0 a 14, que verifica se a solução apresenta característica ácida ( $\text{pH } 0 \text{ a } <7$ ), neutra ( $\text{pH } =7$ ) ou alcalina ( $\text{pH } >7 \text{ a } 14$ ). O pH indica a concentração de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) presentes em certas soluções e pode ser quantificado com precisão por um sensor que mede a diferença de potencial entre dois eletrodos, um eletrodo de referência de prata ou cloreto de prata e um eletrodo de vidro sensível ao íon hidrogênio (Figura 5).



**Figura 5 – Modelo do sensor de pH com módulo eletrônico**  
Fonte: Autoria Própria

O módulo eletrônico utilizado contém uma saída BNC para conectar com o sensor de pH, uma saída de temperatura (TO), uma saída de tensão de 3,3V (DO), uma saída analógica para pH (PO), uma saída GND para conectar a sonda pH, uma saída GND para conectar a placa, uma saída de tensão de 5V (V+), um potenciômetro de leitura analógica (POT1) e um potenciômetro para ajuste de limite de pH (POT2) (USINAINFO, 2019).

Na montagem do módulo eletrônico BNC com a plataforma Arduino nem todas as portas de saída foram utilizadas. Utilizou-se as duas portas de aterramento (GND), a porta de diferença de potencial de 5V e a porta de saída analógica dos dados de pH (PO).

Após a conexão das portas do módulo BNC ao Arduino, o sensor de pH foi conectado ao BNC e, a partir disso, fez-se necessário calibração do instrumento por meio de soluções tampão de pH 4, pH 7 e pH 10. A calibração se dá pela verificação do valor de pH pelo sensor das soluções tampão. A diferença entre o valor encontrado e o valor real da solução foi denominado valor de calibração e foi utilizado na variável "calibracao" do código Arduino, para equilibrar os valores e deixá-los mais próximos do real. A Figura 6 mostra as principais variáveis do sensor pH.

```
20 float calibracao = 23.75;  
21 const int analogInPin = A0;
```

**Figura 6 – Variáveis do sensor de pH**  
**Fonte: Autoria Própria**

A constante *analogInPin* recebe o valor A0 que corresponde a porta analógica que é responsável por receber os dados vindos do pHmêtro. E, a variável "calibracao" recebe o valor da diferença encontrada pelo sensor e o valor da solução pH7.

A Figura 7 mostra parte do código utilizado para o sensor de pH. O sensor de pH verifica a diferença de potencial entre os eletrodos contidos nele, foi necessário converter esse valor analógico em valor real de íons de hidrogênio, cujo cálculo está demonstrado nas linhas 204 e 205 da Figura 7.

```
187 float verificaPH(){
188   for(int i=0;i<10;i++){
189     buf[i]= analogRead(analogInPin);
190     delay(30);
191   }
192   for(int i=0;i<9;i++){
193     for(int j=i+1;j<10;j++){
194       if(buf[i]>buf[j]){
195         temp=buf[i];
196         buf[i]=buf[j];
197         buf[j]=temp;
198       }
199     }
200   }
201   avgValue=0;
202   for(int i=2;i<8;i++)
203     avgValue+=buf[i];
204   float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
205   float pHValue = -5.70 * pHVol + calibracao;
206
207   return pHValue;
208 }
```

**Figura 7 – Função do sensor de pH**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 3.3.2 Montagem do Sensor de Temperatura

Assim como o sensor de pH, o sensor de temperatura DS18B20 (Figura 8) também pode ser submerso em soluções.



**Figura 8 – Sensor de temperatura DS18B20**  
**Fonte: Autoria Própria**

É um componente eletrônico digital produzido em aço inoxidável e cabo revestido em material isolante capaz de medir a temperatura em locais úmidos. Possui uma interface de comunicação simples por meio de um único fio, função 1-Wire, que permite ligar vários sensores de temperatura em uma única saída digital do Arduino (USINAINFO, 2019).

A conexão desse sensor com o Arduino foi simples, pois contém 3 fios, dos quais o fio vermelho refere-se a diferença de potencial (VCC) na faixa de 3-5,5V, o fio amarelo refere-se a troca de dados e o fio preto ao aterramento (GND). Por não possuir um circuito de proteção ao sensor, foi necessário utilizar um resistor de 4K7  $\Omega$  entre a porta de energia e a troca de dados.

A Figura 9 mostra a variável criada para o sensor de temperatura e a função utilizada.

```
77 | tempAgora = 0.0;
78 | tempAgora = verificaTemperatura();
79 | Serial.print("Temp C: ");
80 | Serial.println(tempAgora);
81 | delay(1350);

180 | float verificaTemperatura() {
181 |     sensors.requestTemperatures();
182 |     float tempC = sensors.getTempC(sensor1);
183 |     return tempC;
184 | }
```

**Figura 9 – Variável e função do sensor de temperatura**  
Fonte: Autoria Própria

A cada ciclo da função loop, a variável *tempAgora*, declarada no início do código fonte do sistema, recebe novamente o valor 0.0, ou seja, a cada ciclo ela assume o valor 0.0 inicial para não armazenar valores incorretos do ciclo anterior. Após isto, ela recebe o valor retornado pela função *verificaTemperatura()*, que tem por finalidade de capturar a temperatura do sensor naquele ciclo (captura descrita pelas linhas 181 e 182). Após isto, é impresso no terminal a temperatura obtida e atualizada da variável *tempAgora*.

### 3.3.3 Montagem do Sensor de Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a variável mais empregada para se avaliar a concentração de sais solúveis em soluções e no solo. É medida por meio da capacidade de uma solução em conduzir eletricidade e aumenta à medida em que a concentração de sais se eleva (ALVES, 2016).

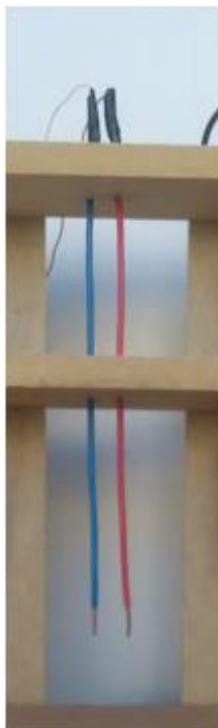
Os testes de condutividade elétrica são empregados nos mais variados campos da pesquisa, como na avaliação da qualidade fisiológica de sementes (MARCOS FILHO *et al.*, 1990; BARBEDO e CICERO, 1998; DIAS *et al.*, 2006), na verificação dos efeitos de adubação do solo (ABREU JUNIOR *et al.*, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2002), na análise de água de irrigação (MOLIN e RABELLO, 2011; SOPHOCLEOUS *et al.*, 2020) e na verificação da qualidade de culturas (DONSÌ *et al.*, 1996; FERENTINOS *et al.*, 2000) e também na verificação da qualidade do leite (LUKAS *et al.*, 2009; DIAZ *et al.*, 2011; ROMERO *et al.*, 2017; KHATUN *et al.*, 2019).

A construção da sonda para análise de condutividade elétrica foi embasada no trabalho de Alves (2016). Para a confecção dos eletrodos, utilizou-se dois fios de cobre rígidos, de bitola 2,5mm, com aproximadamente 20cm de comprimento. Foi retirado 1cm do plástico protetor em cada uma das extremidades dos fios, sendo que uma das extremidades foi soldado o cabo *jumper* para conexão no Arduino e a outra ficou livre para a medição.

Para garantir que a medição da condutividade elétrica não sofresse variação em virtude da distância entre os eletrodos (estabilidade da medida), foi construído um suporte para fixar os eletrodos com furos com 1cm de distância. Esses furos serviram de guia para os eletrodos e também de suporte, como mostra a Figura 9.

A placa Arduino possui um conversor analógico-digital, que mapeia tensões entre 0 e a tensão operacional (3,3V ou 5V) para valores inteiros entre 0 e 1023. Considerou-se valor máximo analógico de 1023 quando a tensão entre os eletrodos era máxima de 5V, ou seja, ao unir as pontas dos eletrodos permitia-se que a corrente elétrica percorresse livremente, máxima condutividade. Qualquer valor menor que 1023 representava uma perda de tensão, ou seja, a condutividade já não era máxima.

O sensor de condutividade elétrica elaborado está ilustrado na Figura 10.



**Figura 10 – Sensor de condutividade elétrica**  
Fonte: Autoria Própria.

A Figura 11 mostra o trecho do código onde contém as variáveis e as funções utilizadas para o sensor de condutividade elétrica.

```
36 byte eletrodo1 = 7;  
37 byte eletrodo2 = 8;  
38 int pino = 1;  
39 int leitura;  
  
70 pinMode(eletrodo1, OUTPUT);  
71 pinMode(eletrodo2, OUTPUT);  
  
90 leitura = 0;  
91 digitalWrite(eletrodo2, HIGH );  
92 digitalWrite(eletrodo1, LOW);  
93 delay(100);  
94 leitura = analogRead(pino);  
95 digitalWrite(eletrodo2, LOW);  
96 Serial.print("Cond: ");  
97 Serial.println(leitura);
```

**Figura 11 – Variáveis e funções do sensor de condutividade elétrica**  
Fonte: Autoria Própria

Foram selecionados os pinos 7 e 8 para efetuar a leitura dos eletrodos 1 e 2 respectivamente. O pino analógico 1 foi responsável por receber as leituras e a variável “leitura” armazenou esses valores.

### 3.3.4 Montagem do *Display* LCD

O objetivo de adicionar um Display LCD é mostrar os valores encontrados pelos sensores. O display LCD está representado pela Figura 12.

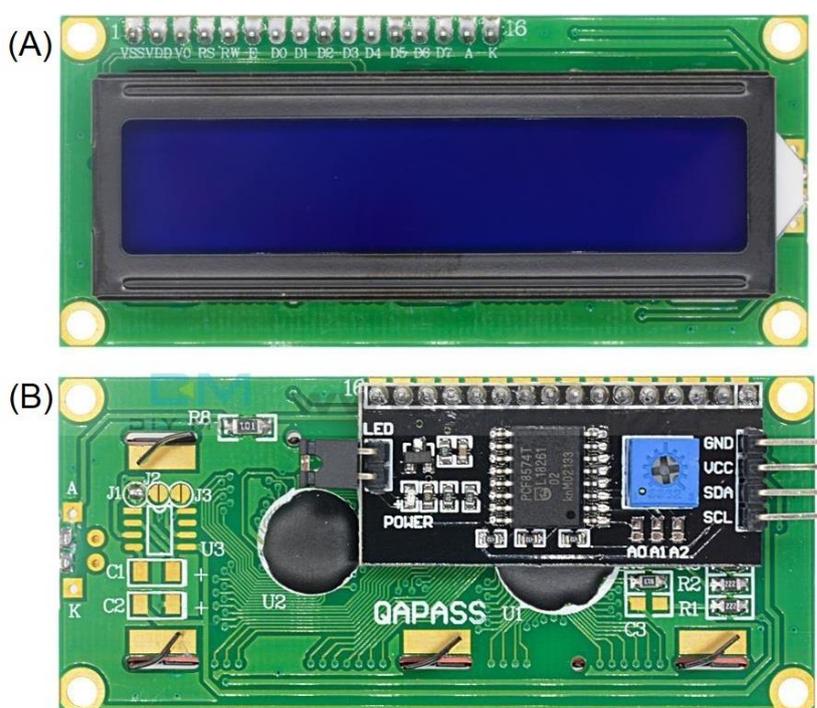


Figura 12 – Módulo do display LCD 16x2, (A) parte frontal e (B) verso com módulo I2C  
Fonte: Autoria Própria.

O módulo LCD escolhido contém 16 colunas (caracteres) e 2 linhas e para facilitar a conexão dele com a *proto-board* foi acoplado um módulo I2C, que consegue converter o sinal de 16 pinos para apenas 4 saídas. A Figura 12 mostra o *display* LCD (A) e o verso do mesmo com o módulo I2C acoplado (B). Todo LCD necessita de inicialização antes de imprimir os valores na tela. A Figura 13 mostra as linhas de código utilizadas para inicializar e imprimir os valores na tela.

```

67  lcd.init();
100 lcd.backlight();
101 lcd.setCursor(0,0);
102 lcd.print("T:");
103 lcd.print(tempAgora);
104 lcd.print("C");
105 lcd.print(" PH:");
106 lcd.print(phAgora);
107 lcd.setCursor(0,1);
108 lcd.print("C:");
109 lcd.print(leitura);
110
111 delay(3000);

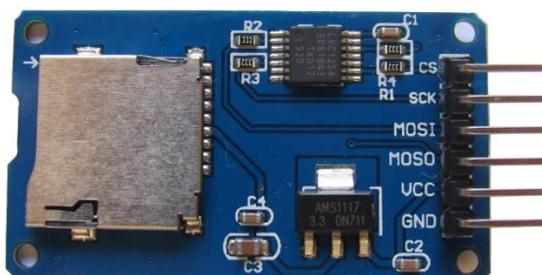
```

**Figura 13 – Inicialização do LCD e impressão dos valores**  
**Fonte: Autoria Própria**

A linha 67 do código tem a responsabilidade de inicializar o módulo *display* LCD. As demais linhas têm a função de ligar o LCD e imprimir os valores de temperatura e pH na primeira e segunda linha do *display*, respectivamente.

### 3.3.5 Montagem do Micro Cartão SD

O módulo para micro cartão SD utilizado nesta pesquisa está ilustrado na Figura 14.



**Figura 14 – Módulo micro cartão SD**  
**Fonte: Autoria Própria**

O módulo contém 6 pinos, dos quais um é responsável por receber a diferença de potencial (VCC) e outro é responsável pelo aterramento (GND). Os demais pinos fazem parte do SPI (*Serial Peripheral Interface*) que é um protocolo de dados seriais

síncronos utilizado em microcontroladores, para comunicação entre o microcontrolador e um ou mais periféricos, neste caso é usado para comunicação entre o Arduino e o módulo micro cartão SD.

A comunicação SPI sempre terá um *master* e o restante será *slave* (“escravo”), ou seja, o Arduino é o *master* e o micro cartão SD é um periférico *slave*. A comunicação entre eles acontece por 4 conexões:

- MISO (*Master IN Slave OUT*) – *Master* recebe dados e *Slave* envia;
- MOSI (*Master OUT Slave IN*) – *Master* envia dados e *Slave* recebe;
- SCK (*Serial Clock*) – Relógio de sincronização para transmissão de dados entre o *Master* e o *Slave*;
- CS (*Chip Select*) – Seleciona qual pino receberá os dados.

A programação do periférico micro cartão SD está ilustrado pela Figura 15.

```

134 int statusSD = gravaSD(tempAgora, pHAgora, data, dataC, leitura);
135 if(statusSD == 1){
136     Serial.println("Sucesso gravação");
137     lcd.setCursor(0,1);
138     lcd.print("Gravado com sucesso");
139     delay(1000);
140 } else {
141     Serial.println("Falha na gravação");
142     lcd.setCursor(0,1);
143     lcd.print("Falha ao gravar");
144     delay(1000);
145 }
159 SD.begin(10);
160 arquivoTXT = SD.open(filename, FILE_WRITE);
161 if (arquivoTXT){
162     arquivoTXT.print("Data: ");
163     arquivoTXT.print(dataCompleta);
164     arquivoTXT.print(" - Temperatura: ");
165     arquivoTXT.print(temp);
166     arquivoTXT.print(" - PH: ");
167     arquivoTXT.print(pH);
168     arquivoTXT.print(" - Condutividade: ");
169     arquivoTXT.println(leitura);
170     arquivoTXT.close();
171     Serial.println("OK");
172     return 1;
173 }else{
174     Serial.println("Erro ao abrir ou criar o arquivo texto.txt.");
175     return 0;
176 }

```

**Figura 15 – Gravação dos dados no micro cartão SD**  
**Fonte: Autoria Própria**

A primeira parte do código (linhas 134 a 145) mostrado na Figura 15 informa através do *display* LCD se os dados foram gravados com sucesso ou se houve falha ao gravar os dados no cartão SD. A segunda parte (linhas 159 a 176) é responsável por gravar os dados no cartão SD.

### 3.3.6 Montagem do Módulo RTC.

O modelo *Real Time Clock* (RTC) escolhido foi DS3231 e está ilustrado na Figura 16.



**Figura 16 – Módulo RTC DS3231**  
**Fonte: Autoria Própria**

Esse módulo é um relógio de tempo real de alta precisão com um cristal oscilador para melhorar a exatidão e com baixo consumo de energia, pois utiliza a bateria só em caso de falta de energia. É capaz de fornecer informações como segundos, minutos, horas, dias, data, mês e ano e, também, corrige automaticamente meses com menos de 31 dias e anos bissextos.

O módulo contém os pinos de alimentação (VCC e GND), dois pinos de comunicação I2C (SCL e SDA), um pino de interrupção usado para disparo de alarmes (SQW) e um pino para o oscilador (32K).

A Figura 17 ilustra as linhas de código responsáveis por detectar a data atual e organizar em dia/mês/ano e horas:minutos:segundos.

```
114 | DateTime now = rtc.now();
115 | String data = "";
116 | data = now.year();
117 | data += now.month();
118 | data += now.day();
119 |
120 | String dataC = "";
121 | dataC = now.day();
122 | dataC += "/";
123 | dataC += now.month();
124 | dataC += "/";
125 | dataC += now.year();
126 | dataC += " ";
127 | dataC += now.hour();
128 | dataC += ":";
129 | dataC += now.minute();
130 | dataC += ":";
131 | dataC += now.second();
```

**Figura 17 – Código fonte do RTC**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 3.4 COLETA DE DADOS

A coleta junto a cada unidade produtora, ou seja, em cada produtor ou propriedade, ocorre em dias alternados. Por isso, cada transportador (freteiro) tem um roteiro diário, que é chamado de linha de leite. Em um determinado dia, a coleta de leite ocorre em todos os produtores cuja coleta é diária (linha curta). No outro dia, ela é realizada nos produtores onde a coleta é a cada dois dias (linha longa).

A quantidade de amostra analisada por dia, pelo laticínio, depende do dia da semana. Se for o dia da linha longa, são recebidos e analisados em média 20 compartimentos de caminhões, mas se for o dia da linha curta, são recebidos e analisados 14 compartimentos de caminhões, aproximadamente. Ressalta-se que em um mesmo compartimento são acondicionados leite de várias unidades produtoras.

Para controle do laticínio, foi denominada linha longa, o dia em que mais produtores de leite são atendidos e, linha curta, o dia em que menos produtores são atendidos. Para facilitar o acesso ao laticínio, não interromper as atividades dos colaboradores, abranger mais produtores e obter quantidade de amostra maior, selecionou-se apenas os dias de linha longa.

A coleta de dados ocorreu em dias específicos, no período de 11/11/2019 a 11/12/2019 e iniciava às 00h01min e finalizava às 23h59min.

A Tabela 2 mostra os dias de coleta e a quantidade de amostras retiradas.

**Tabela 2 – Quantidade de amostras total e por dia de coleta**

<b>Coleta</b>	<b>Amostras</b>
19/11	20
21/11	26
27/11	20
03/12	19
11/12	19
<b>Total</b>	<b>104</b>

Fonte: Autoria Própria

Dentro do período de coleta foram estabelecidos 12 dias de linha longa, totalizando uma população de 240 amostras coletadas pelo laticínio. Pela estatística, adotou-se 95% de confiabilidade, porém como foram coletadas apenas 104 amostras, gerou uma margem de erro de 7,25%. A margem de erro foi calculada utilizando a calculadora virtual Solvis (2020) e está representada na Figura 18.

## Calculadora 1 – Margem de erro

Use esta calculadora quando você sabe o tamanho da amostra e da população e quer saber a margem de erro máxima da sua pesquisa

**População**

240

**Tamanho da amostra**

104

**Confiabilidade (%)**

95

Margem de Erro:  
7.25%

**Figura 18 – Cálculo da margem de erro amostral**  
Fonte: Autoria Própria

Os caminhões carregados de leite cru eram estacionados na plataforma de recebimento e a coleta era feita por um colaborador do laticínio, que subia no tanque dos caminhões, homogeneizava cada compartimento do tanque e retirava as amostras de leite com o auxílio de um coletor do próprio estabelecimento. Foram coletadas, em frasco plástico de 50ml, 2 amostras de leite cru refrigerado de cada compartimento do tanque de cada caminhão que chegava à unidade de beneficiamento, uma para análise no laticínio e outra para o pesquisador.

Todas as amostras destinadas ao laticínio, eram analisadas no momento da coleta, por meio dos métodos estabelecidos pelo Instituto Adolfo Lutz, prática já implantada e que serve de controle da própria indústria. Como as coletas aconteciam ao longo do dia, as amostras destinadas ao pesquisador eram devidamente identificadas e congeladas pelo laboratório do laticínio. No dia seguinte à coleta, as amostras eram analisadas pelo pesquisador com o protótipo desenvolvido, seguindo as mesmas condições de análise do laticínio. Dessa forma, aumenta-se a possibilidade de os resultados obtidos com o equipamento desenvolvido serem os mais próximos possíveis dos resultados obtidos pelos métodos tradicionais de análise.

Os valores obtidos pelos sensores do equipamento desenvolvido foram armazenados em um micro cartão SD e posteriormente feito a leitura em um computador para análise dos dados.

Para os resultados encontrados pelo equipamento protótipo e pelos métodos tradicionais de análise foram aplicados métodos da estatística descritiva.

### 3.5 ANÁLISE DE DADOS

As amostras foram analisadas considerando as mesmas condições de armazenamento. Cada amostra foi submetida aos métodos tradicionais de análise de pH e temperatura feitos no laboratório do laticínio e submetida ao método utilizado pelo instrumento criado nesta pesquisa.

Os valores encontrados foram analisados estatisticamente, com o auxílio do *software Minitab* versão 18 e *Excel* 2013, onde buscou-se descrever o comportamento

dos dados de cada variável e a relação das variáveis de pH (pH do protótipo e pH disponibilizado pelo laticínio).

Foi realizado a estatística descritiva e o intervalo de confiança para cada variável analisada. O método escolhido para determinar o intervalo de confiança dos dados desta pesquisa foi baseado na premissa de que as amostras pertencem a uma população normal e o desvio padrão conhecido. Assim:

$$\bar{x} \pm z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Onde:

$\bar{x}$  é a média amostral;

$z$  é o coeficiente de confiança;

$\sigma$  é o desvio padrão;

$n$  é a quantidade de amostras;

Sendo que  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  é o erro padrão da média.

Os dados foram submetidos a teste de normalidade. O método escolhido foi a estatística de Anderson-Darling, que mede o quão bem os dados seguem uma distribuição em particular, quanto melhor a distribuição se ajusta aos dados, menor será essa estatística (MINITAB, 2020). Com o propósito de determinar se os dados atendem à suposição de normalidade, duas hipóteses foram elaboradas:

$H_0$ : Os dados seguem uma distribuição normal;

$H_1$ : Os dados não seguem uma distribuição normal

A considerar um nível de confiança do teste de 95% e a probabilidade ocorrer erro de 5% (nível de significância), se p-valor for menor que o alfa escolhido ( $p < 0,05$ ), rejeita-se a hipótese nula de que os dados possuam distribuição normal. Se o valor de p for maior que o alfa escolhido ( $p > 0,05$ ), aceita-se a hipótese nula.

Além disso, os valores de pH foram analisados de acordo com a análise de correlação, cujo objetivo era verificar o grau de dependência entre as duas variáveis (pH laticínio e pH protótipo).

Os valores encontrados para os itens pH, temperatura e condutividade elétrica estão demonstrados no Apêndice A, bem como os valores de pH encontrados pelo laticínio.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PROTÓTIPO

O protótipo desenvolvido está representado pela Figura 19. Nela pode-se observar os três sensores ligados em uma única plataforma Arduino.



**Figura 19 – Protótipo desenvolvido**  
**Fonte: Autoria Própria**

Os sensores de pH, condutividade elétrica e temperatura estão dispostos da direita para esquerda, nesta ordem. Nota-se que o sensor de condutividade elétrica é formado por apenas 2 fios rígidos de cobre e a única exigência é a distância entre eles. Os fios estão fixados na estrutura de MDF e foi respeitado 1cm de distância entre eles.

A estrutura utilizada foi em material MDF e foi projetada para facilitar a colocação das amostras nos sensores. Ela é formada por uma caixa, que contém o

circuito eletrônico, de 20cm de comprimento por 20cm de largura por 8cm de altura, com tampa removível para auxiliar na manutenção do circuito. Na tampa, em uma das bordas, foi feito um corte de 11cm de comprimento por 7,5cm de largura e foi fixado o *display* LCD. Assim, quando a tampa é retirada, o *display* LCD continua fixado na caixa, garantindo que ele se mantenha conectado ao circuito.

Conforme a Figura 19, na lateral esquerda da caixa, foram feitos dois furos de diâmetro 1cm para conectar uma fonte DC Chaveada (9V e 1A) e 2cm para conectar o cabo USB. Na lateral direita, foi feito um furo de diâmetro de 2cm para conectar o módulo BNC ao sensor de pH. E, na lateral onde tem o suporte dos sensores,

Além disso, foi construído um suporte em MDF com 21cm de altura para fixar os sensores de pH, condutividade elétrica e temperatura. Neste suporte, foram fixados dois pedaços de 20x5cm de MDF, para formarem uma espécie de prateleira para os sensores. Essas prateleiras foram furadas, com diâmetros equivalentes aos sensores, para que os mesmos pudessem ser fixados.

## 4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nesta seção, foram descritas todas as análises estatísticas aplicadas aos dados.

### 4.2.1 Estatística Descritiva

Os dados coletados pelos sensores de pH, temperatura e condutividade do protótipo e pH informados pelo laticínio estão apresentados no Apêndice A.

A Tabela 3 mostra a estatística descritiva das variáveis pH do protótipo, temperatura, condutividade e pH do laticínio elaborada com o auxílio do *software Minitab* 18.

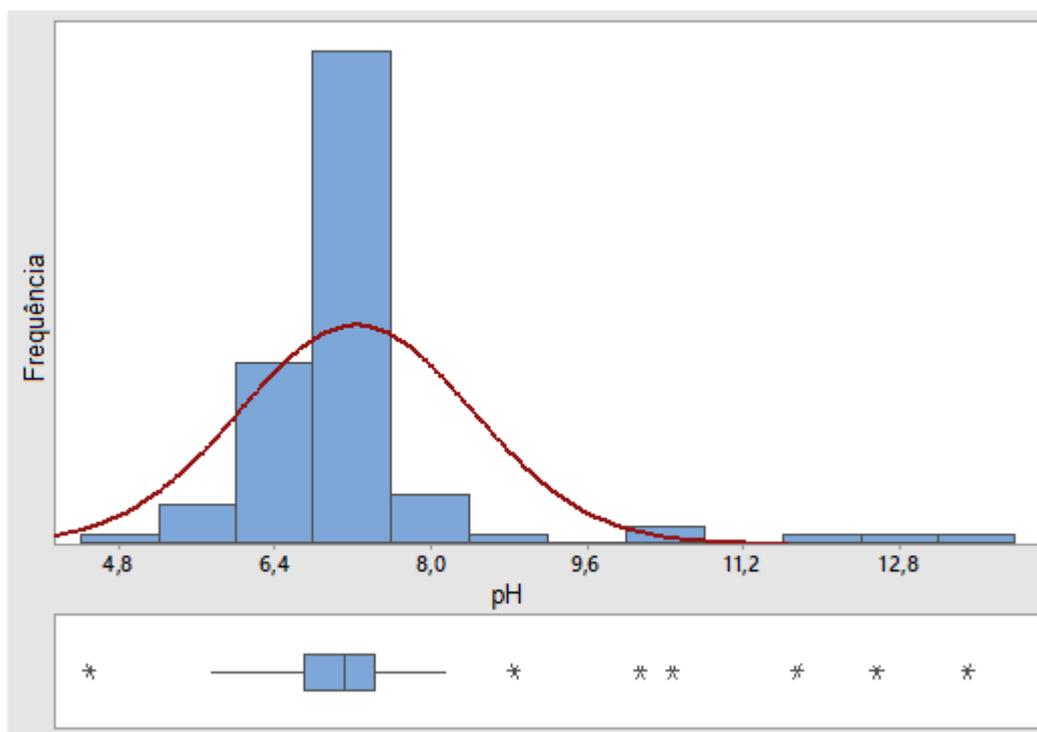
**Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis**

Atributo	Temperatura	Condutividade	pH Protótipo	pH Laticínio
Média	20,08	110,92	7,23	6,78
Erro padrão	0,32	5,39	0,12	0,01
Mediana	20,28	94,50	7,12	6,80
Moda	19,69	67,00	7,41	6,80
Desvio padrão	3,31	55,01	1,19	0,09
Variância da amostra	10,96	3026,42	1,42	0,01
Curtose	1,61	19,94	12,49	0,10
Assimetria	-1,16	3,48	2,99	-0,81
Intervalo	14,75	430,00	9,00	0,30
Mínimo	10,06	55,00	4,50	6,60
Máximo	24,81	485,00	13,50	6,90
Soma	2088,01	11536,00	752,39	705,30
Contagem	104	104	104	104

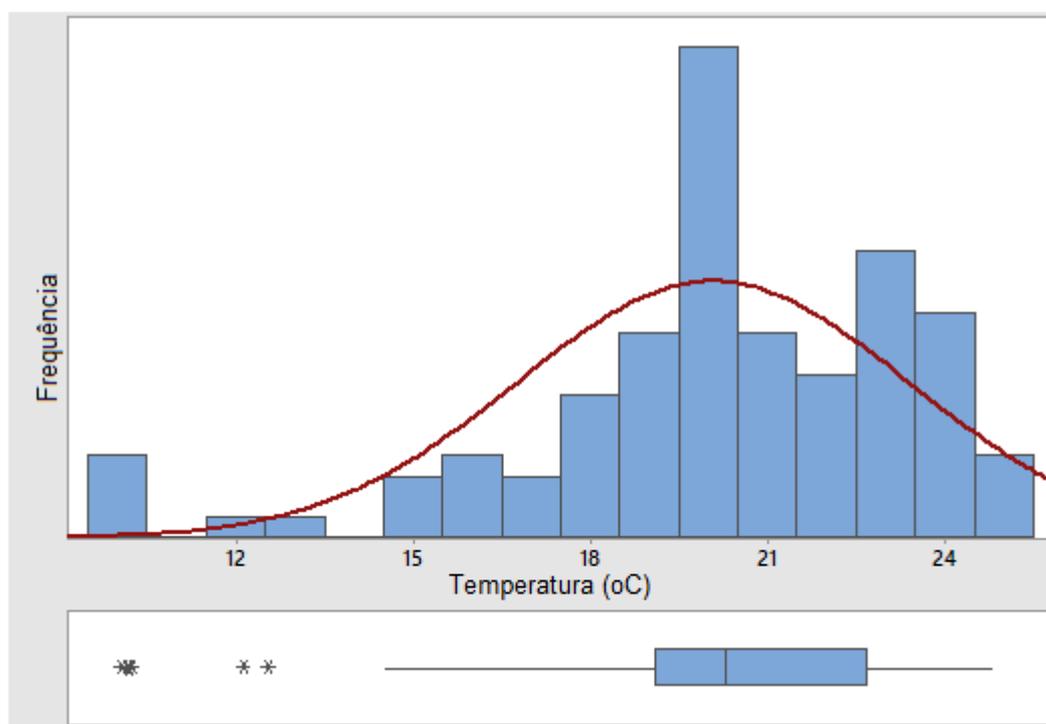
Fonte: Autoria Própria

As análises apresentadas na Tabela 3 foram feitas com todos os valores recolhidos na amostra. Nota-se que a variável condutividade obteve desvio padrão de 55,01 e variância de 3026,42, indicativo de que os dados variam muito entre si, podendo conter possíveis *outliers*. A mesma situação acontece com a variável temperatura, que apresentou 10,96 de variância da amostra. Já para o valor de pH do protótipo, houve pouca variância (1,42) e desvio padrão baixo (1,19), quando comparado com as variáveis temperatura e condutividade. Porém, quando comparado as duas variáveis de pH, nota-se que o pH fornecido pelo laticínio teve desvio padrão (0,09) e variância (0,01) praticamente nulos.

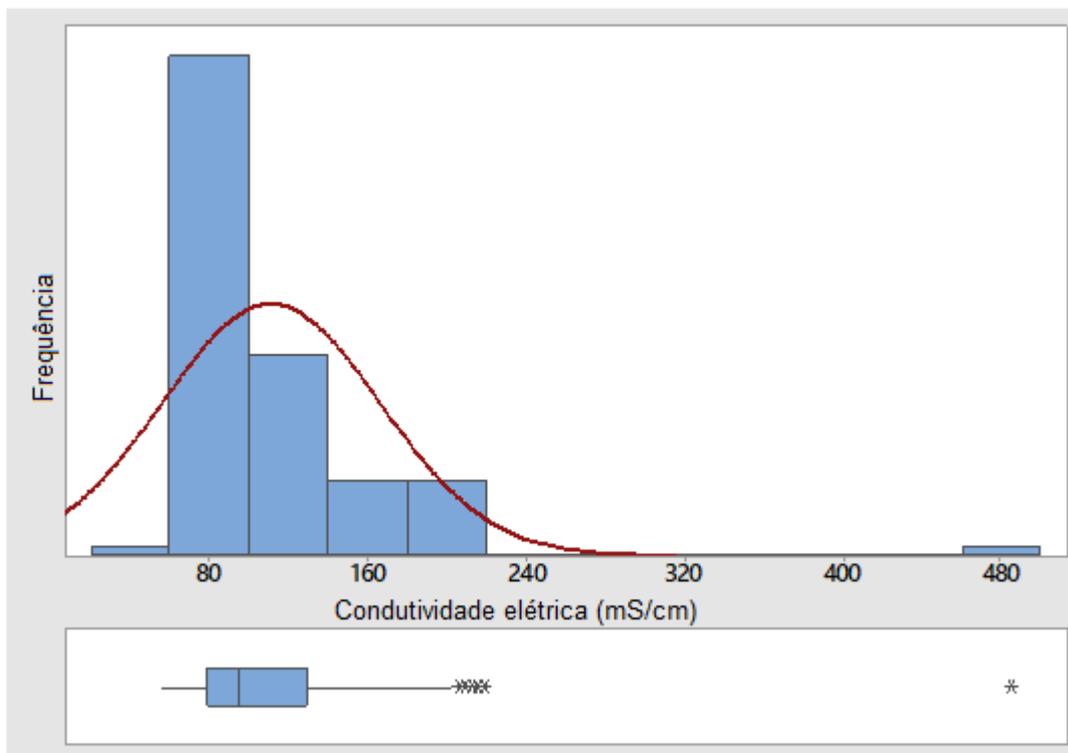
Com o auxílio do *software Minitab 18*, foram elaborados histogramas da distribuição de frequências e gráficos de caixa (*boxplot*) das variáveis pH do protótipo (Figura 20), temperatura (Figura 21) e condutividade elétrica (Figura 22).



**Figura 20 – Distribuição de frequência e boxplot da variável pH Protótipo**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Figura 21 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Temperatura**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Figura 22 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Condutividade Elétrica**  
**Fonte: Autoria Própria**

As Figuras 20, 21 e 22 mostram que todas as variáveis apresentam pontos discrepantes. Quando comparado o histograma e o boxplot de cada variável, fica nítido a relação das classes com os valores discrepantes. A variável pH Protótipo apresentou *outliers* tanto no início quanto no final da distribuição (1<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> classes), a variável Temperatura apresentou *outliers* nas primeiras classes, onde tem-se valores mais baixos de temperatura, e a variável Condutividade Elétrica apresentou *outliers* nas classes onde o valor dos dados é maior (últimas classes). Esse comportamento pode ser explicado, por Paula et al. (2010) e Paludetti et al. (2018), pelo fato de que o pH é influenciado pela temperatura e a condutividade elétrica pode alterar de acordo com os níveis de outros componentes do leite, como sais minerais e gordura). Assim, foram excluídos todos os valores fora da curva de distribuição (*outliers*) e refeito a estatística descritiva, como mostra a Tabela 4 e os Gráficos 3, 4, 5 e 6, dispersão dos dados de pH Protótipo, Temperatura e Condutividade Elétrica, respectivamente.

Tabela 4 – Estatística descritiva das variáveis, sem outliers

Atributo	Temperatura	Condutividade	pH Protótipo	pH Laticínio
Tamanho da amostra	81	81	81	81
Mínimo	14,63	62	5,88	6,60
Máximo	24,62	192	7,88	6,90
Amplitude Total	9,99	130	2,00	0,30
Média Aritmética	20,61	100,90	7,02	6,77
Moda	19,69	67	7,41	6,80
Mediana	20,31	93	7,02	6,80
Primeiro Quartil (25%)	19,25	74	6,7	6,70
Terceiro Quartil (75%)	22,69	125	7,39	6,80
Desvio Interquartilico	3,44	51	0,69	0,10
Variância	5,817	1060,59	0,199	0,0077
Desvio Padrão	2,41	32,57	0,45	0,088
Erro Padrão	0,27	3,62	0,049	0,00975
Coefficiente de Variação	11,70	32,28	6,35	1,3
Assimetria	- 0,26	0,91	-0,43	-0,795
Curtose	- 0,55	0,13	- 0,23	-0,095

Fonte: Autoria Própria

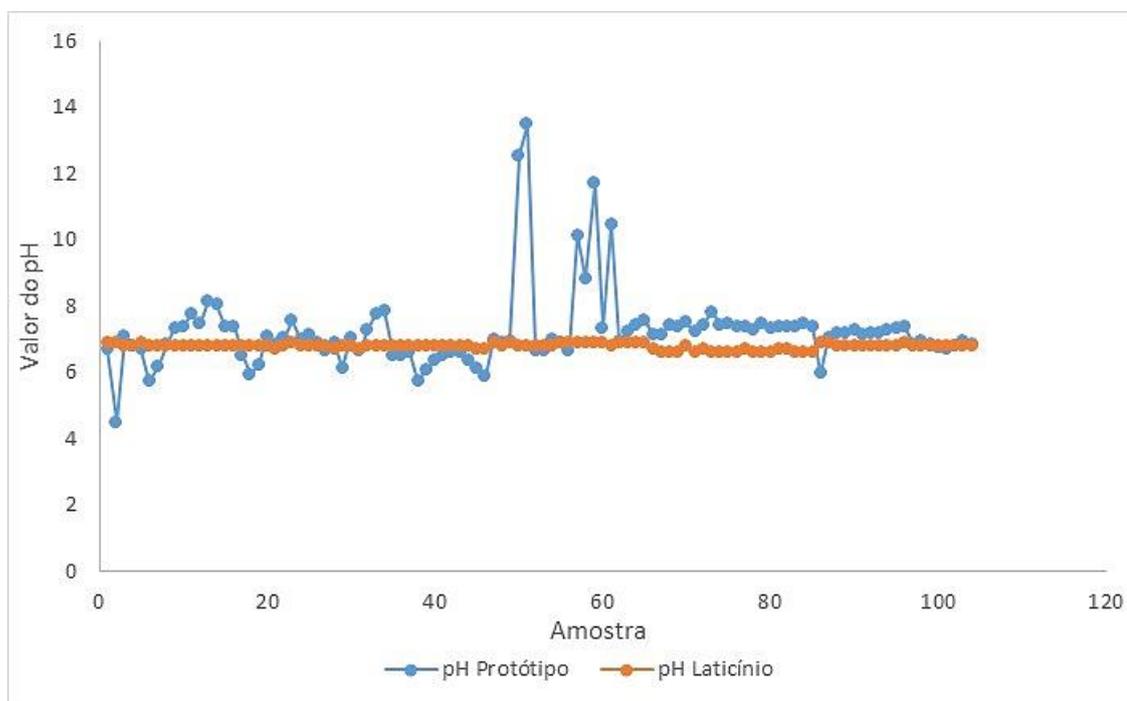
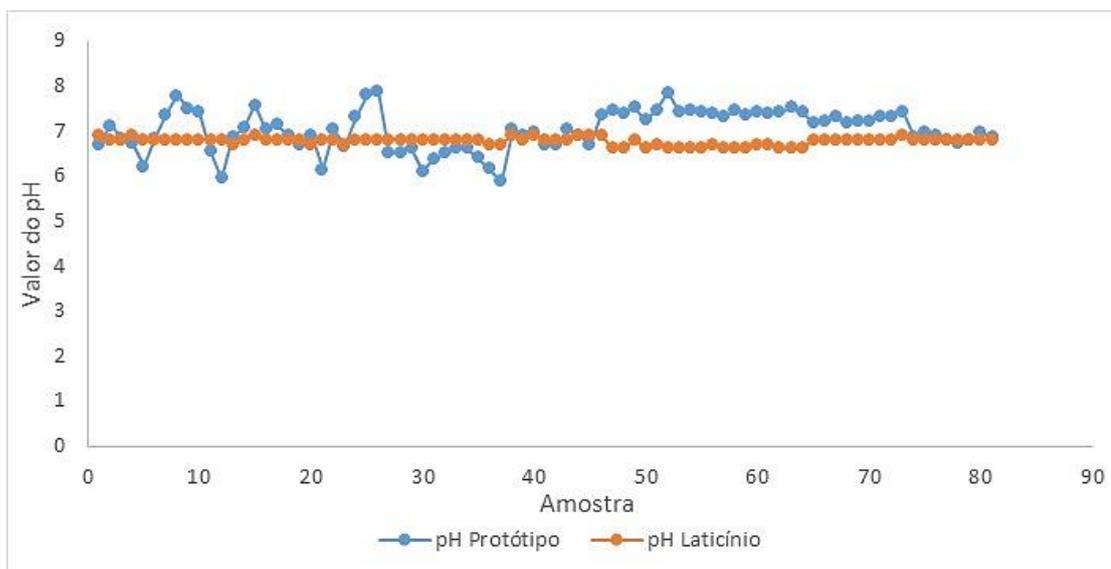
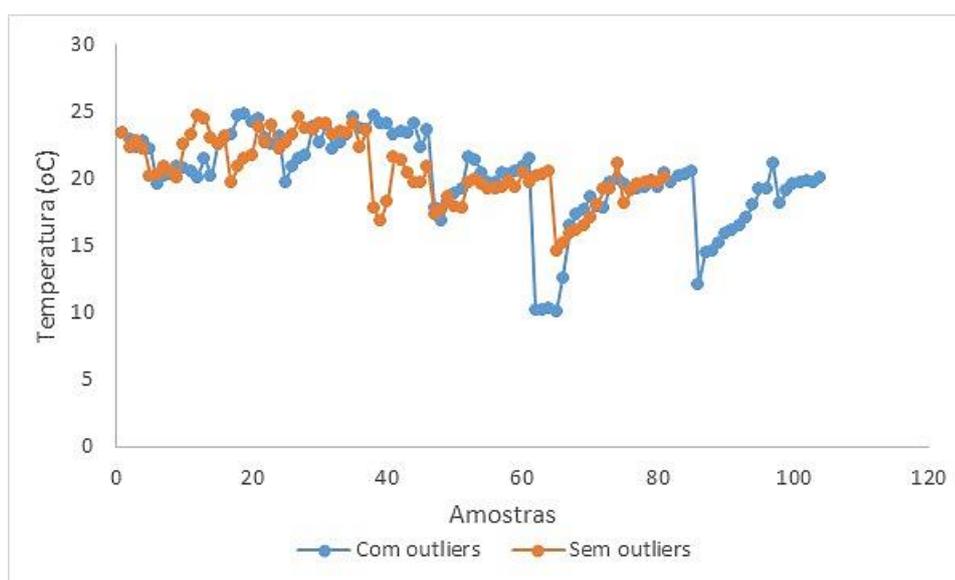


Gráfico 3 – Dispersão dos dados da variável pH Protótipo e pH Laticínio, antes da retirada dos outliers

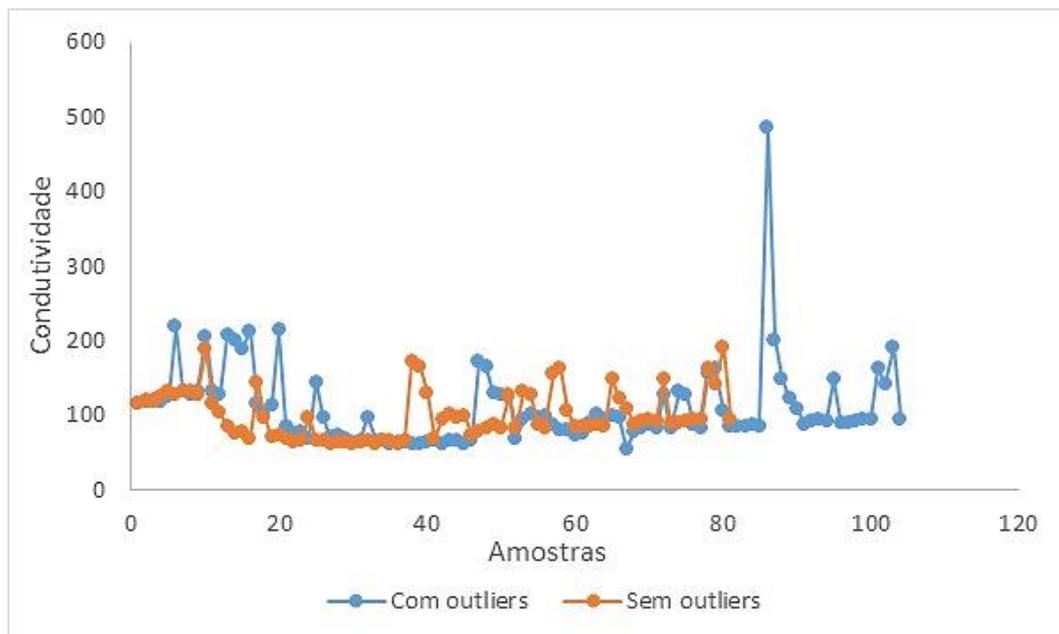
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 4 – Dispersão dos dados da variável pH Protótipo e pH Laticínio, depois da retirada dos outliers**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 5 – Dispersão dos dados da variável Temperatura, com e sem outliers**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 6 – Dispersão dos dados da variável Condutividade Elétrica, com e sem outliers**  
**Fonte: Autoria Própria**

Foram retirados 23 *outliers* e isso proporcionou mudança nos atributos listados na Tabela 4. Os valores das medidas de posição (média, mediana e moda) tiveram leve diminuição em comparação com a Tabela 3. De acordo com Kazmier (2008), são valores calculados a partir de um grupo de dados com o objetivo de descrevê-los e que podem sofrer alteração conforme os dados forem tratados, então com o tratamento dos *outliers*, o conjunto dos dados sofreu alteração.

Já os valores das medidas de dispersão (desvio padrão e variância) diminuíram consideravelmente, isso significa que quanto menor for o valor dessas medidas, menor será a variação do conjunto de dados com sua média, uma vez que elas traduzem a variabilidade dos dados e permitem identificar até que ponto esses dados se concentram com relação a sua média (MORAIS, 2005; KAZMIER, 2008; DOANE e SEWARD, 2014).

Em concordância com o conceito de assimetria tratado por Martins e Domingues (2019), as variáveis pH Protótipo e Temperatura apresentaram valor de assimetria negativa (assimétrica à esquerda) e a variável Condutividade Elétrica apresentou assimetria maior que zero (assimétrica à direita). Mesmo assim, os valores da assimetria ficaram mais próximos de zero, o que indica que a assimetria é de fraca intensidade.

De acordo com a classificação de curtose descrita por Martins e Domingues (2019), os valores calculados para as variáveis pH Protótipo, Temperatura e Condutividade Elétrica são -0,228, -0,55 e 0,13, respectivamente, e são menores que 0,263 (valor padrão), o que representam picos mais acentuados, denomina-se curva leptocúrtica.

Quanto aos gráficos histograma e *boxplots* apresentados nas Figuras 23, 24 e 25, não houveram indicativos de novos *outliers*.

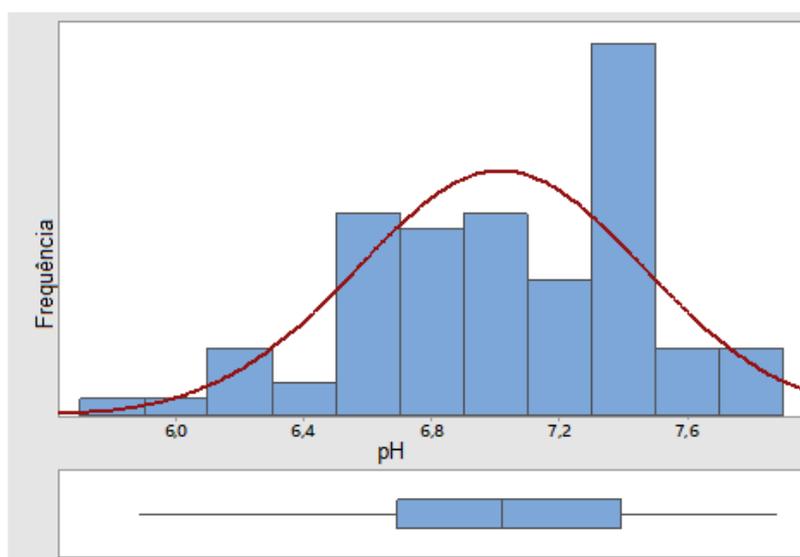


Figura 23 – Distribuição de frequência e boxplot da variável pH Protótipo, *outliers* tratados  
Fonte: Autoria Própria

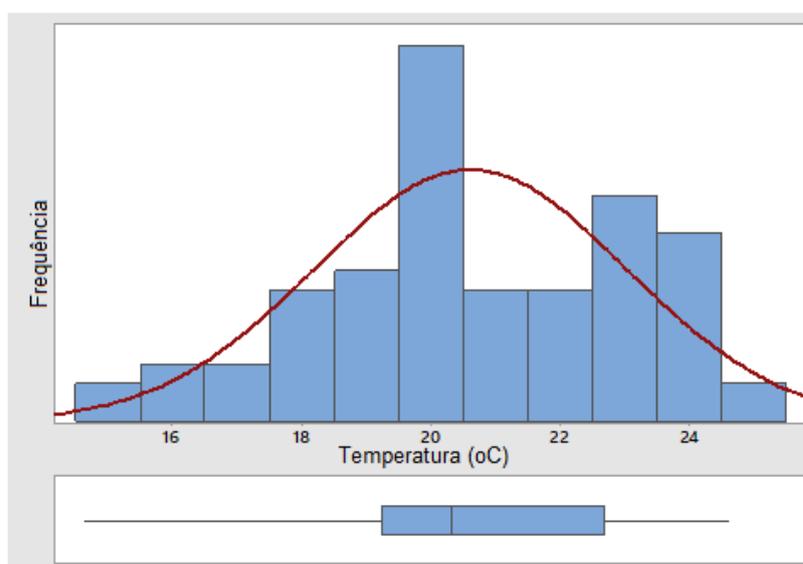
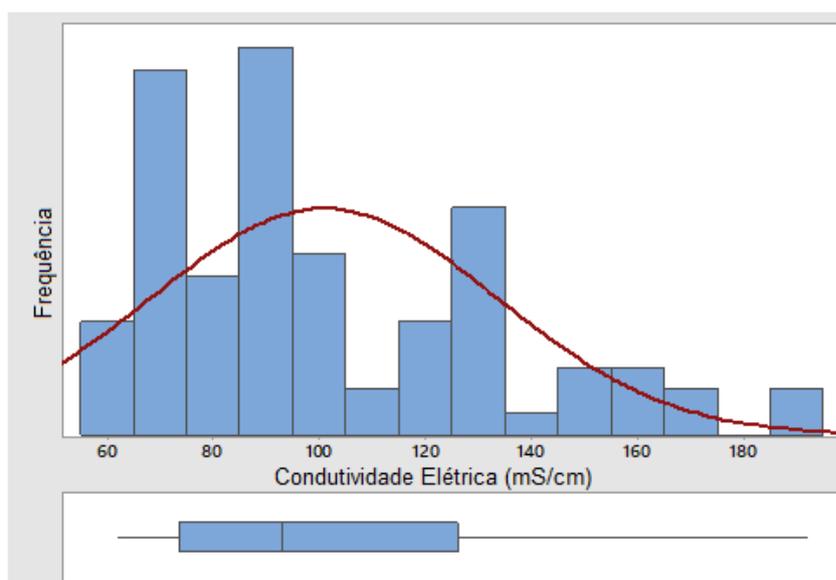


Figura 24 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Temperatura, *outliers* tratados  
Fonte: Autoria Própria



**Figura 25 – Distribuição de frequência e boxplot da variável Condutividade Elétrica, *outliers* tratados**  
**Fonte: Autoria Própria**

Em uma rápida análise visual, percebe-se que as distribuições das frequências das Figuras 23, 24 e 25 acompanharam a distribuição normal, representada pela linha. O desvio interquartilístico de cada variável compreende as classes responsáveis pela maior concentração de dados (pico da reta normal), em outras palavras, 50% dos dados do pH Protótipo estão contidos em 4 das 11 classes, 3 das 11 classes contém 50% dos dados de temperatura e 50% dos dados de condutividade elétrica estão contidos em 5 das 14 classes.

Ao analisar o formato da curva de distribuição, comparando os resultados de curtose e assimetria, apresentados na Tabela 4 com as Figuras 23, 24 e 25, pode-se perceber que a curva das variáveis pH Protótipo e Temperatura são leptocúrticas assimétricas à esquerda e a curva da variável Condutividade Elétrica é leptocúrtica assimétrica à direita, ou seja, todas as curvas têm grau de achatamento e assimétricas em um dos lados.

#### 4.2.2 Intervalo de confiança

Os intervalos de confiança foram calculados com o auxílio do *software Minitab* 18. Optou-se por calcular o intervalo de confiança para a média, mediana e desvio padrão, antes e depois do tratamento dos *outliers* (104 e 81 amostras respectivamente) e para todas as variáveis.

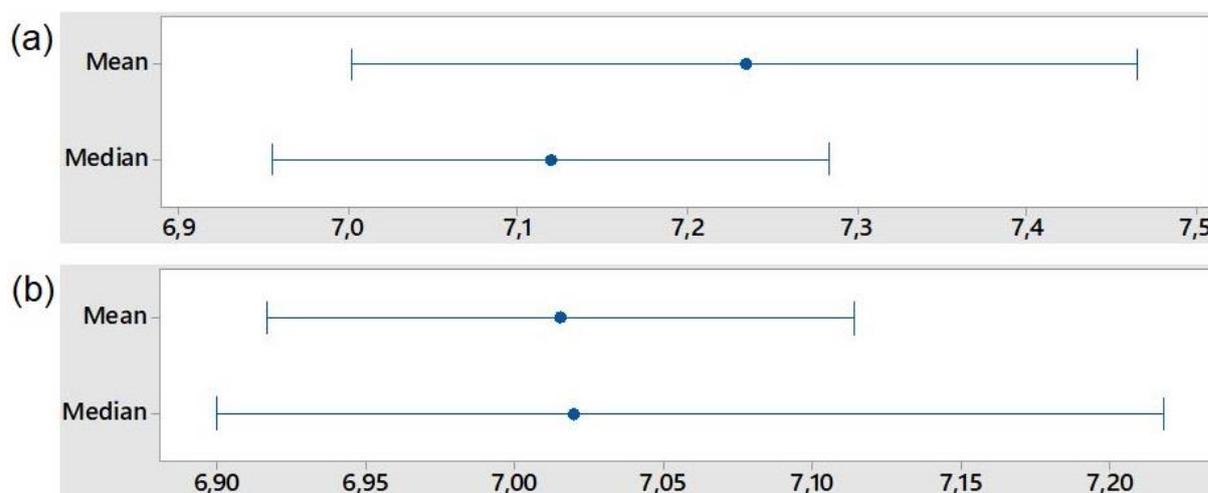
A Tabela 5 mostra os intervalos de confiança para a variável pH Protótipo.

**Tabela 5 – Intervalo de confiança para pH Protótipo**

n = 104 amostras	n = 81 amostras
IC para média 7,0029 – 7,4660	IC para média 6,9168 – 7,1139
IC para mediana 6,9556 – 7,2833	IC para mediana 6,9000 – 7,2179
IC para desvio padrão 1,0480 – 1,3789	IC para desvio padrão 0,3860 – 0,5273

Fonte: Autoria Própria

É possível perceber que o intervalo para as três medidas foi alterado. Para a média e mediana, com 81 amostras, o intervalo compreende valores mais baixos. Enquanto que o IC para desvio padrão ficou mais restrito, a variabilidade dos dados com relação à média é menor. O intervalo de confiança pode ser melhor visualizado pela Figura 26.



**Figura 26 – Intervalo de confiança para pH Protótipo, (a) antes e (b) depois do tratamento de *outliers***

Fonte: Autoria Própria

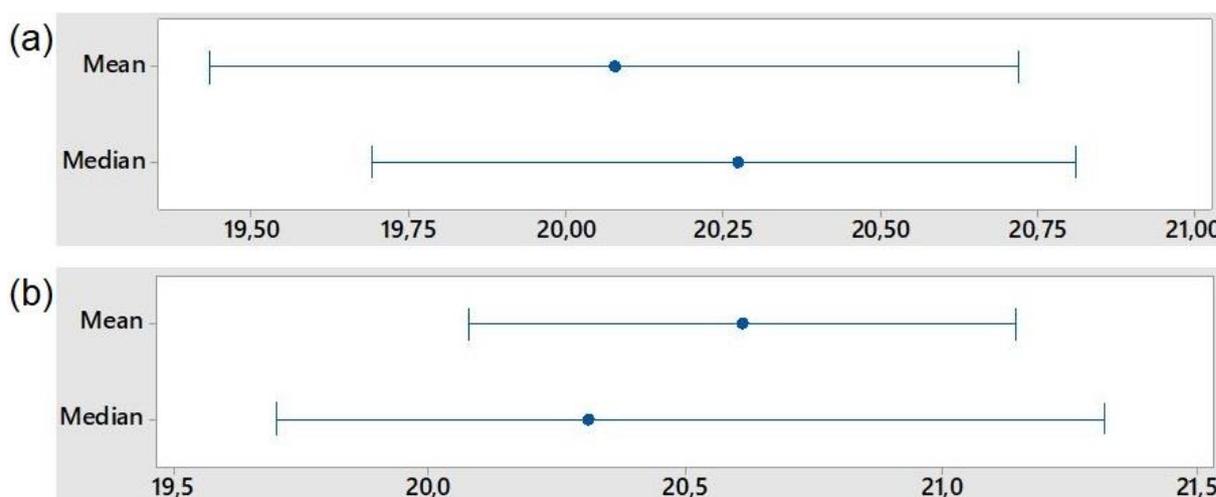
Após o tratamento dos pontos discrepantes, o intervalo de confiança para a média dos dados do pH Protótipo (6,92 – 7,11) está contido no intervalo de confiança para a mediana (6,90 – 7,23). No entanto, no estudo feito por Raimondo et al. (2009), onde analisaram amostras de leite bovino da raça Jersey no primeiro mês de lactação, o intervalo de confiança para a média oscilou de 6,68 a 6,75. Porém, os mesmos autores acrescentam que os valores de pH aumentam com o passar dos dias de lactação. Como as amostras coletadas nesta pesquisa não foram analisadas quanto ao dia de lactação nem quanto à raça do animal, não se pode dizer que o IC mostrado na Tabela 5 e na Figura 26 estão em total discordância com a literatura.

A Tabela 6 mostra os intervalos de confiança para a variável Temperatura e a Figura 27 ilustra essa distribuição.

**Tabela 6 – Intervalo de confiança para Temperatura**

n = 104 amostras	n = 81 amostras
IC para média 19,433 – 20,721	IC para média 20,078 – 21,145
IC para mediana 19,690 – 20,810	IC para mediana 19,703 – 21,317
IC para desvio padrão 2,913 – 3,833	IC para desvio padrão 2,089 – 2,854

Fonte: Autoria Própria



**Figura 27 – Intervalo de confiança para Temperatura, (a) antes e (b) depois do tratamento de outliers**

Fonte: Autoria Própria

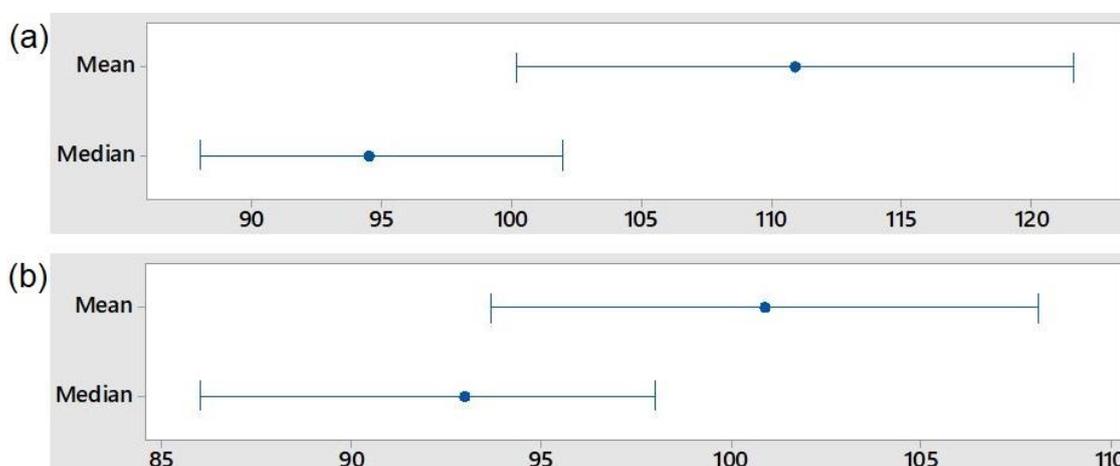
De acordo com a Tabela 6, o intervalo de confiança da média e mediana para a variável Temperatura teve aumento no valor mínimo e máximo. Entretanto, o IC para o desvio padrão diminuiu (de 0,92 para 0,765) e assumiu valores de limite mínimo e máximo mais baixos. A Figura 27 mostra que o IC para média era maior que o IC para a mediana e, depois do tratamento dos *outliers*, o IC para a mediana passou a conter o IC para a média.

A Tabela 7 mostra os intervalos de confiança para a variável Condutividade Elétrica e a Figura 28 ilustra essa distribuição.

**Tabela 7 – Intervalo de confiança para Condutividade Elétrica**

n = 104 amostras	n = 81 amostras
IC para média 100,22 – 121,62	IC para média 93,70 – 108,10
IC para mediana 88 – 102	IC para mediana 86 – 98
IC para desvio padrão 48,42 – 63,71	IC para desvio padrão 28,21 – 38,53

Fonte: Autoria Própria



**Figura 28 – Intervalo de confiança para Condutividade Elétrica, (a) antes e (b) depois do tratamento de *outliers***  
Fonte: Autoria Própria

Pela Figura 28, observa-se que mais valores de condutividade elétrica estão contidos nos intervalos de confiança para a média e mediana, após o tratamento do outliers, mas o IC para o desvio padrão continua grande. Isso indica que os valores observados para condutividade elétrica variam muito com relação à média.

#### 4.2.3 Teste de Normalidade de Anderson-Darling

A Tabela 8 mostra os coeficientes para o teste de Anderson-Darling para as variáveis pH Protótipo, Temperatura e Condutividade Elétrica.

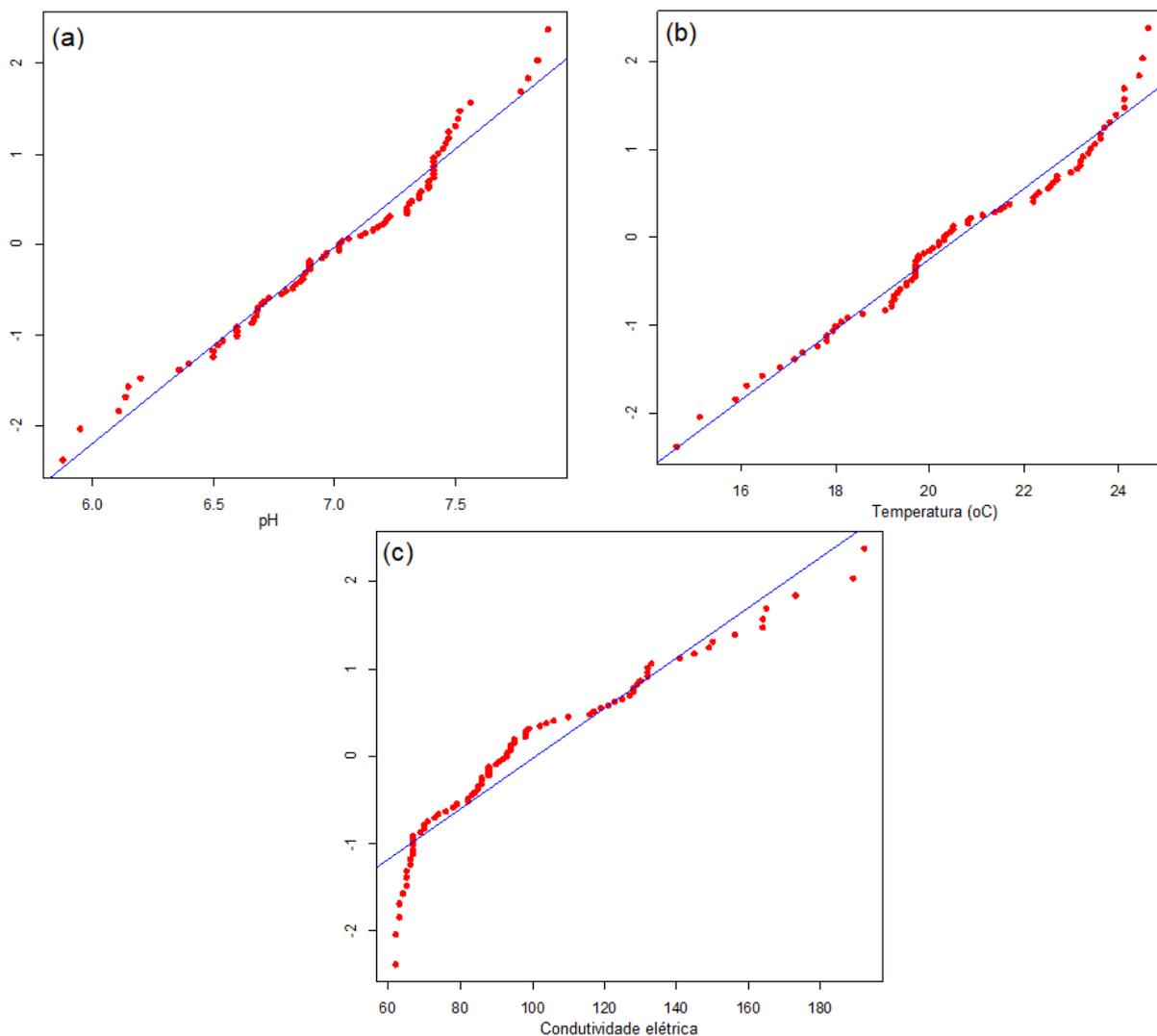
**Tabela 8 – Teste de Normalidade de Anderson-Darling para as variáveis**

Variáveis	Anderson-Darling	p-Valor
pH Protótipo	0,79	0,04
Temperatura	0,78	0,0041
Condutividade Elétrica	2,26	0,005

**Fonte: Autoria Própria**

Em concordância com as hipóteses criadas ( $H_0$ : Os dados seguem uma distribuição normal;  $H_1$ : Os dados não seguem uma distribuição normal) e considerando que, se  $p\text{-valor} < 0,05$ , rejeita-se a hipótese nula, pode-se dizer que as variáveis pH Protótipo, Temperatura e Condutividade Elétrica não seguem uma distribuição normal.

A Figura 29 ilustra a distribuição dos dados de pH Protótipo (a), Temperatura (b) e Condutividade Elétrica (c) ao longo da reta normal.



**Figura 29 – Teste de Normalidade de Anderson-Darling para (a) pH Protótipo, (b) Temperatura e (c) Condutividade Elétrica**  
**Fonte: Autoria Própria**

Os gráficos apresentados na Figura 29 referem-se ao teste de normalidade das variáveis pH Protótipo, Temperatura e Condutividade Elétrica, respectivamente. Observa-se que todas as variáveis tiveram muitos pontos distantes da reta normal, mais uma comprovação da não normalidade dos dados.

#### 4.2.4 Análise de Correlação dos Valores de pH

Como forma de verificar se os valores de pH encontrado pelo protótipo apresentavam valores próximos aos valores informados pelo laticínio, optou-se pela

análise de correlação dos dados. Os resultados de pH foram correlacionados utilizando a ferramenta “Análise de Dados” do Excel e são mostrados na Tabela 9.

**Tabela 9 – Correlação dos dados de pH**

	Laticínio	Protótipo
Laticínio	1	
Protótipo	-0,31201	1

**Fonte: Autoria Própria.**

Segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), o coeficiente de correlação varia de -1 a 1, a considerar que o sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Pela Tabela 9, o coeficiente 1 indica uma correlação perfeita, onde o escore de variável laticínio (linha horizontal) pode ser determinado pelo escore da própria variável (linha vertical) e assim vale para a variável protótipo com ela mesma. Para a relação das variáveis laticínio e protótipo, o coeficiente encontrado foi de -0,31201, correlação próximo a zero, o que indica que não há relação linear entre as variáveis.

### 4.3 CUSTOS DO PROJETO

Este trabalho não recebeu qualquer tipo de financiamento destinado a pesquisa. Todos os itens listados na Tabela 10 foram adquiridos pelo próprio pesquisador.

**Tabela 10 – Orçamento dos materiais**

<b>Itens</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>
Plataforma Arduino UNO	64,00
Protoboard (700 Pontos)	17,00
Jumpers Macho-Macho	10,00
Jumpers Fêmea-Fêmea	10,00
Jumpers Macho-Fêmea	12,00
Resistor 4K7	0,15
Sensor pH	50,94
Sensor DS18B20	20,00
Módulo LCD 16x2	16,00
Módulo Serial I2C para LCD	20,00
Módulo Cartão Micro SD Card	13,00
Real Time Clock RTC DS3231	33,13
Fonte DC Chaveada 9V 1A Plug P4	26,12
Soluções de Calibração do pH	149,04
Estrutura MDF	25,00
<b>Total</b>	<b>466,38</b>

**Fonte: Autoria Própria.**

Em comparação com os equipamentos disponíveis no mercado, o equipamento elaborado apresentou baixo custo. Os valores do medidor de pH, sem as soluções de calibração, da marca Akso, está de R\$302,00 de bolso até R\$3200,00 de bancada. Medidor de pH com medidor de condutividade fica aproximadamente R\$5100,00.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de uma análise sistemática da literatura, verificou-se que a ordenha higiênica e resfriamento adequado à 4°C, em até três horas após a ordenha, impede que a carga microbiana total se desenvolva rapidamente e afeta a qualidade do leite; transporte com condições adequadas de higiene e resfriamento também é fator decisivo; a raça e nutrição do animal pode influenciar os teores de gordura, proteína e sólidos totais. Foi constatado pela literatura que com a plataforma de prototipação Arduino é possível utilizar sensores disponíveis no mercado que possam auxiliar na identificação de fatores de qualidade do leite, como temperatura, pH, condutividade elétrica, teor de gordura, proteína.

Foi elaborado um equipamento de baixo custo na plataforma Arduino capaz de identificar algumas características físico-químicas do leite. Foram utilizados sensores de pH e temperatura disponíveis no mercado e foi criada uma sonda para detectar a condutividade elétrica. O valor final do protótipo ficou em R\$466,38, incluindo as soluções para calibração do pH, o que caracteriza um equipamento de baixo custo, já que apenas o equipamento de análise de pH custa, no mercado nacional, R\$302,00 de bolso até R\$3200,00 de bancada e o medidor de pH com medidor de condutividade elétrica fica aproximadamente R\$5100,00, da marca Akso.

O equipamento foi elaborado para mostrar os resultados em um display LCD e gravar em um cartão de memória. Todas as análises feitas foram gravadas em documento no formato .txt e continham data e horário fornecidos por um módulo RTC (Real Time Clock), que sincronizava data e hora em tempo real. Além disso, unir todas as funções do equipamento exigiu conhecimento sobre programação na linguagem C++, com pequenas modificações para a plataforma Arduino, e essa foi a principal dificuldade encontrada, já que a área de atuação do pesquisador é em engenharia de produção.

Para alcançar o terceiro objetivo, foram correlacionados os valores de pH obtidos pelo laboratório do laticínio e que são aprovados pelo MAPA com os valores de pH obtidos pelo equipamento desenvolvido nesta pesquisa. Pela análise de correlação, os dados não apresentaram relação linear, exibindo coeficiente de - 0,31201, valor muito próximo de zero e que pode ser classificado como fraca relação entre as variáveis. Algumas amostras apresentaram resultados de pH bem diferentes

dos valores obtidos pelo laticínio, isso pode ser explicado pelo fato do equipamento desenvolvido não estar devidamente calibrado, a limpeza do sensor entre uma análise e outra foi inadequada, a temperatura da amostra analisada pelo laticínio foi diferente da temperatura analisada pelo protótipo ou, ainda, o tempo que o sensor de pH ficou submerso na amostra (em ambos os equipamentos: laticínio e protótipo) foi variado.

Com relação ao último objetivo específico, descrever o comportamento dos dados das variáveis físico-químicas por meio da estatística descritiva, foi calculado as medidas de posição e dispersão das variáveis, elaborado o intervalo de confiança e verificado a normalidade dos dados. Assim, foi possível validar os dados a partir da exclusão dos *outliers*, com o objetivo de reduzir a variabilidade da média e desvio padrão dos dados. Porém, as medidas de posição mostraram que a diferença entre os valores mínimos e máximos de cada variável testada foi grande e as medidas de dispersão confirmaram a variabilidade dos dados com relação à média. Em uma distribuição simétrica, há igualdade dos valores da média, mediana e moda e isso não ocorre com os dados analisados. Então, sugere-se a aplicação de outros métodos estatísticos, como a regressão múltipla, e a introdução de outras variáveis dependentes, como acidez titulável, gordura, quantidade de sais ou outra característica físico-química do leite que possa interferir nesse resultado.

O teste de normalidade de Anderson-Darling comprovou que os dados não são normais, mas que é possível descrever um intervalo de confiança para cada uma das variáveis analisadas. A amplitude estatística dos dados para pH (média, mediana, moda, desvio padrão) é maior nos dados de pH do protótipo do que nos dados do laticínio, e, embora estejam dentro de uma variação aceitável (intervalo de confiança para a média: 6,92 – 7,11 e intervalo de confiança para a mediana: 6,90 – 7,23), conclui-se que o protótipo deva ser aprimorado.

Sugere-se testar o pH considerando raça do animal, dias de lactação e alimentação animal no período da pesquisa, com repetições. Além de avaliar alternativas de calibração para equipamentos de pH disponíveis no mercado ou, ainda, elaborar um equipamento que seja capaz de medir o potencial hidrogeniônico de substâncias aquosas, como o leite.

Conforme a literatura, a condutividade elétrica sofre variações de acordo com os teores de gorduras e minerais, além da temperatura, por isso, sugere-se testar a condutividade elétrica com diferentes ligas de fio de cobre e utilizando de amostragens repetidas, como duplicatas ou triplicatas.

Durante a análise sistemática da literatura, foram encontradas várias publicações voltadas ao uso da tecnologia de espectroscopia no infravermelho como forma de verificar características físico-químicas no leite. Sugere-se avaliar a qualidade do leite por meio dessa tecnologia. Tema bastante discutido nos artigos de revistas internacionais e que vem ganhando notoriedade quando o assunto é qualidade.

Outra sugestão para trabalhos futuros é criar métodos e testes rápidos para detectar características microbiológicas, uma vez que a maioria dos testes microbiológicos para leite necessitam de reagentes químicos e/ou incubação com processo térmico. Além disso, os testes rápidos existentes no mercado internacional têm alto valor agregado e geralmente são fabricados fora do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, M. R.; CAMPÊLO, C. da S.; SILVA, J. B. A. da. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.73, n.3, p.244-251, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.18241/0073-98552014731611>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F.; ALVAREZ, F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000300016>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ALVES, Leonardo Sehn. **Desenvolvimento de Medidor de Condutividade Elétrica da Água para fins de Monitoramento Ambiental**. 2016. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A.; CAMM, J. D.; COCHRAN, J. J. **Estatística aplicada a administração e economia**. [recurso eletrônico]. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

ARAÚJO, V. M. DE; CASSOLI, L. D.; ZAMPAR, A.; SILVA, A. C. L DA; DIAS, C. T. DOS S.; MACHADO, P. F. Comparação de metodologias para a determinação do pH e do ponto de congelamento do leite bovino cru sob diferentes características de conservação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, 2011. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000700030>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

**Arduino**, 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em 05 out. 2018.

BABU, G.S.; KRISHNA, V.R.; DHARMA TEJA, V.; BALRAJ-YADAV, S. Milk Quality Testing Using Intelligent Inference Performance Evaluation System Integrated with IoT. **International Journal of Engineering & Technology**, vol.1, n.7, p.74-77, 2018.

BARBEDO, C. J.; CICERO, S. M. Utilização do Teste de Condutividade Elétrica para Previsão do Potencial Germinativo de Sementes de Ingá. **Revista Scientia Agricola**, v.55, n.2, 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000200013>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

BARBOSA, R. S.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M. E. R.; ZANELA, M. B.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; SCHAFHÄUSER JÚNIOR, J.; BARROS, L. E.; EGITO, A. S. do.

Caracterização eletroforética de proteínas e estabilidade do leite em vacas submetidas à restrição alimentar. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2012000400019&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2012000400019&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 06 out. 2018.

BAUM, A.; HANSEN, P. W.; NORGAARD, L.; SORENSEN, J.; MIKKELSEN, J. D. Rapid quantification of casein in skim milk using Fourier transform infrared spectroscopy, enzymatic perturbation, and multiway partial least squares regression: Monitoring chymosin at work. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 6071-6079, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-10947>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BELOTI, V.; RIBEIRO JUNIOR, J. C.; TAMANINI, R.; SILVA, L. C. C. da. Impacto da implantação de boas práticas de higiene na ordenha sobre a qualidade microbiológica e físico-química do leite cru refrigerado. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v.67, n.388, p. 05-10, Set/Out, 2012.

BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; RAYMUNDO, M. S.; BASTOS, R. G. **Introdução à Tecnologia de Leite e Derivados**. 1 ed., v. 1, n. 1. Guarapuava: Unicentro, 2011.

BODENMÜLLER FILHO, A.; DAMASCENO, J. C.; PREVIDELLI, I. T. S.; SANTANA, R. G.; RAMOS, C. E. C. de O.; SANTOS, G. T. dos. Tipologia de sistemas de produção baseada nas características do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982010000800028](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000800028)>. Acesso em: 08 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº22985, de 25 de julho de 1933. Modifica a organização da Diretoria Geral de Indústria Animal do Ministério da Agricultura e dá outras providencias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jul. 1933. Seção 1, p. 14973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº23979, de 08 de março de 1934. Extingue no Ministério da Agricultura a Diretoria Geral de Pesquisas Científicas, aprova os regulamentos das diversas dependências do mesmo Ministério, consolida a legislação referente à reorganização por que acaba de passar e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 abr. 1934. Seção 1, p. 6345.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº25386, de 19 de agosto de 1948. Aprova o novo regimento do Departamento Nacional da Produção Animal, do Ministério da Agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 set. 1948. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº30691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 set. 1952. Seção 1, p. 10785.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº51, de 18 de setembro de 2002. Aprova e oficializa o regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 ago. 2002. Seção 1, p. 13.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº62, de 29 de dezembro de 2011. Altera o regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 dez. 2011. Seção 1, p. 13.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Decreto nº9013, de 29 de março de 2017. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 mar. 2017. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº76, de 26 de novembro de 2018. Dispõe sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade de leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 nov. 2018. Seção 1, p. 9.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº77, de 26 de novembro de 2018. Dispõe sobre os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 nov. 2018. Seção 1, p. 10.

CASTRO, M. T de. Fraudes no leite: riscos para a segurança dos alimentos e para a Saúde Pública. **Revista Food Safety Brazil**, 2019. Disponível em: <<https://foodsafetybrazil.org/fraudes-leite-saude-publica-e-seguranca-de-alimentos/>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

CONAB. **Análise Mensal: Leite e Derivados**. Dezembro 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-leite>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CÓRDOVA, Helder de Arruda. **Produção e qualidade do leite, frequência de ordenha, profundidade de úbere e comportamento de vacas da raça holandesa em ordenha robótica**. 2016. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016. Disponível em: <[http://www.cav.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/870/tese\\_helder\\_\\_\\_\\_ordenha\\_robotica.pdf](http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/870/tese_helder____ordenha_robotica.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2020.

CORTINHAS, Cristina Simões. **Qualidade do leite cru e práticas de manejo em fazendas leiteiras**. 2013. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-21082014-111709/en.php>>. Acesso em: 02 out. 2018.

DE MARCHI, M.; FAGAN, C. C.; O'DONNELL, C. P.; CECCHINATO, A.; DAL ZOTTO, R.; CASSANDRO, M.; PENASA, M.; BITTANTE, G. Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 423–432, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1163>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D.; HILST, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100022>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

DIAZ, J. R.; ROMERO, G.; MUELAS, R.; SENDRA, E.; PANTOJA, J. C. F.; PAREDES, C. Analysis of the influence of variation factors on electrical conductivity of milk in Murciano-Granadina goats. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.8, p. 3885-3894, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4187>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística aplicada à administração e economia** [recurso eletrônico]. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

DONSÌ, G.; FERRARI, G.; NIGRO, R. Experimental determination of thermal conductivity of apple and potato at different moisture contents. **Journal of Food Engineering**, v.30, n.3-4, p. 263-268, 1996. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(96\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(96)00044-1)>. Acesso em: 19 fev. 2020.

ESPITIA, G. P.; NEIRA, A. M. Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo climático Technological platforms applied the climatic monitoring. **Revista Prospectiva**, v. 11, n. 2, p. 78-87, 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250736010>>. Acesso em: 05 out. 2018.

FARIAS, C. P.; CROISFELT, F. M.; BAFFI, M. A. Qualidade microbiológica do leite cru in natura, leite cru refrigerado e leite pasteurizado comercializados na região de Uberlândia, MG. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 250 - 254, out-dez, 2014.

FERENTINOS, K. P.; ALBRIGHT, L. D.; SCOTT, N. R. Modeling pH and Electrical Conductivity in Hydroponics using Artificial Neural Networks. **IFAC Proceedings Volumes**, v.33, n.19, p. 173-178, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)40908-6](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)40908-6)>. Acesso em: 19 fev. 2020.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da; Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, p.115-146, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

FONTANELI, R. S.; MEINERZ, G. R.; FONTANELI, R. S. SANTOS, H. dos s.; BIAZUS, V. FÁVERO, D.; REBECHI, I. A. A contribuição das forrageiras de inverno para a pecuária de leite. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V (org.). **Pecuária de Leite no Brasil – Cenários e avanços tecnológicos**.1. ed. Brasília: Embrapa, 2016. p. 240-253. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164236/1/Pecuaria-de-leite-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHASEMI-VARNAMKHAJASTI, M.; GHATREH-SAMANI, N.; NADERI-BOLDAJI, M.; FORINA, M.; BONYADIAN, M. Development of two dielectric sensors coupled with computational techniques for detecting milk adulteration. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 1, n. 140, p. 266–278, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HOOGERHEIDE, S.; MATTIODA, F. Qualidade bacteriológica do leite cru refrigerado em propriedades rurais do Estado do Paraná. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 58-63, 2012.

IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária – Out-Dez 2018**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=72380&view=detalhes>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária – Out-Dez 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=72380&view=detalhes>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. 1 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KAZMIER, L. J. **Estatística aplicada à administração e economia** [recurso eletrônico]. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

KHATUN, M.; BRUCKMAIER, R. M.; THOMSON, P. C.; HOUSE, J.; GARCÍA, S. C. Suitability of somatic cell count, electrical conductivity, and lactate dehydrogenase activity in foremilk before versus after alveolar milk ejection for mastitis detection. **Journal of Dairy Science**, v.102, n.10, p. 9200-9212, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15752>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

LUCEY, J. A.; OTTER, D.; HORNE, D. S. A 100-Year Review: Progress on the chemistry of milk and its components. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9916-9932, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13250>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

LUKAS, J. M.; RENEAU, J. K.; WALLACE, R.; HAWKINS, D.; MUNOZ-ZANZI, C. A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.12, p. 5964-5976, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2066>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

MADALENA, F. E.; MATOS, L. L. de; HOLANDA JÚNIOR, E. V. **Produção de leite e sociedade: uma análise crítica da cadeia do leite no Brasil**. 1 ed. Belo Horizonte: Editora Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia – UFMG, 2001.

MAGRI, L. P. **Quantificação de Acidez Titulável e pH utilizando Técnica Potenciométrica como Indicador de Qualidade do Leite Bovino**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

MANGINA, E.; VLACHOS, I. P. The changing role of information technology in food and beverage logistics management: Beverage network optimization using intelligent agent technology. **Journal of Food Engineering**, v. 70, n. 3, p. 403-420, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.044>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. da; NOVEMBRE, A. O. C.; CAHMMA, H. M. C. P. Estudo Comparativo de Métodos para a Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja, com Ênfase ao Teste de Condutividade Elétrica. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.12, p.1805-1815, 1990. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/13737>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

MARTINS, G. de A.; DOMINGUES, O. **Estatística Geral e Aplicada** [recurso eletrônico]. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARTINS, M. E. P.; NICOLAU, E. S.; MESQUITA, A. J. de; NEVES, R. B. S.; ARRUDA, M. T. Qualidade de leite cru produzido e armazenado em tanques de expansão no estado de Goiás. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 1152-1158, 2008. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/cab/article/view/5136>>. Acesso em: 03 out. 2018.

MENDES, C. de G.; SAKAMOTO, S. M.; SILVA, J. B. A. da; JÁCOME, C. G. de M.; LEITE, A. Í. Análises Físico-Químicas e Pesquisa de Fraude no Leite Informal Comercializado no Município de Mossoró, RN. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 349-356, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.526/cab.v11i2.1146>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

MENDES, T. O.; JUNQUEIRA, G. M. A.; PORTO, B. L. S.; BRITO, C. D.; SATO, F.; OLIVEIRA, M. A. L. de; ANJOS, V.; BELL, M. J. V. Vibrational spectroscopy for milk fat quantification: line shape analysis of the Raman and infrared spectra. **Journal Raman Spectroscopy**, v. 47, p. 692–698, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jrs.4878>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

MEDEIROS, K. C. DE; DEODATO, J. N. V.; MARTINS, S. S.; SEVERO, D. S.; ARAÚJO, A. S. Qualidade de leite em pó integral comercializados em Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 50 - 52, out-dez, 2014.

MILKPOINT. **As últimas tintas de 2018 e o cenário para 2019. 2018.** Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/as-ultimas-tintas-de-2018-e-o-cenario-para-2019-211084/>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

MINITAB 18. **Suporte ao Minitab® 18.** Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100009>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

MORAES, B. M. M.; BENDER FILHO, R. Mercado Brasileiro de Lácteos: análise do impacto de políticas de estímulo à produção. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, out-dez, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550410>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

MORAIS, Carlos. **Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística.** Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Educação, Bragança: 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10198/7325>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

MURPHY, S. C.; MARTIN, N. H.; BARBANO, D. M.; WIEDMANN, M. Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 12, p. 10128-10149, dez, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11172>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

NASCIMENTO, W. W. G.; BELL, M. J. V.; ANJOS, V. C.; FURTADO, M. A. M. Uso de Medidas de Condutividade Elétrica para a Detecção de Adição de Água, Cloreto de Sódio e Soda Cáustica no Leite. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 65, n. 375, p. 11-17, 2010.

NASCIMENTO, W.W.G.; SOUZA, M.P.F. de; VALENTE, A.C.M.M.; ANJOS, V.de C. dos; FURTADO, M.A.M.; BELL, M.J.V. Results from portable and of low cost equipment developed for detection of milk adulterations. **Food Science And Technology**. Vol. 37, p. 38-41, dez. 2017.

NERO, L. A.; CRUZ, A. G. da; BERSOT, L. S. **Produção, Processamento e Fiscalização de Leite e Derivados**. 1 ed. São Paulo: Atheneu, 2017.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E; MARCIANO, C. R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, ph e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n.2, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200025>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

OLIVEIRA, G. B. de; FAVARIN, L.; LUCHESE, R. H.; McINTOSH, D. Psychrotrophic bacteria in milk: How much do we really know? **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 2, p. 313-321, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-838246220130963>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

PALUDETTI, L. F.; KELLY, A. L.; O'BRIEN, B.; JORDAN, K.; GLEESON, D. The effect of different precooling rates and cold storage on milk microbiological quality and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1921-1929, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13668>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

PAULA, F. P. de; CARDOSO, C. E.; RANGEL, M. A. C. Análise Físico-química do Leite Cru Refrigerado Proveniente das Propriedades Leiteiras da Região Sul Fluminense. **Revista Eletrônica Teccen**, v. 3, n. 4, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.21727/teccen.v3i4.257>>. Acesso em: 22 out. 2018.

PEREIRA, João Ricardo Alves. **Evolução da produção de leite no Brasil nos últimos 40 anos**. 2013. Disponível em: < <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/161/evolucao-da-producao-de-leite-no-brasil-nos-ultimos-40-anos> >. Acesso em: 07 nov. 2018.

PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. S.; CAMARGO, C. P. Qualidade e certificação de produtos agropecuários. **Revista Embrapa Informação Tecnológica**, 188p., 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61562/1/2002TextoDiscussao14.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2018.

PINTO, C. L. O.; MARTINS, M. L.; VANETTI, M. C. D. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicotróficas proteolíticas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 645-651, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n3/31769.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2018.

RAIMONDO, R. F. e S.; BRANDESPIM, F. B.; PRINA, A. P. M.; BIRGEL JUNIOR, E. H. Avaliação do pH e da eletrocondutividade do leite de bovinos da raça Jersey durante o primeiro mês de lactação. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 447-456, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n2p447>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

RECHE, Natália Luiza Machado. **Influência do armazenamento do leite em resfriador por expansão direta sobre a contagem de micro-organismos e estabilidade da caseína**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013. Disponível em: <<http://www.tede.udesc.br/bitstream/handle/900/1/PGCA13MA125.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2018.

REIS, E.; MELO, P.; ANDRADE, R.; CALAPEZ, T. **Estatística Aplicada**. 6 ed. Lisboa: Sílabo, 2015.

RIBEIRO, A. B. da C. **Avaliação do Diagnóstico por Condutividade Elétrica do Leite Frente aos Métodos Tradicionais de Detecção de Mastite Subclínica Bovina**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite) – Centro de Pesquisa em Ciências Agrárias, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.pgsskroton.com.br//handle/123456789/715>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

RIBEIRO JÚNIOR, J. C.; de OLIVEIRA, A. M.; SILVA, F. de G.; TAMANINI, R.; de OLIVEIRA, A. L. M.; BELOTI, V. The main spoilage-related psychrotrophic bacteria in refrigerated raw milk. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 1, p. 75-83, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13069>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

ROMERO, G.; ROCA, A.; ALEJANDRO, M.; MUELAS, R.; DÍAZ, J. R. Relationship of mammary gland health status and other noninfectious factors with electrical conductivity of milk in Manchega ewes. **Journal of Dairy Science**, v.100, n.2, p. 1555-1567, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11544>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SAHIN, E.; BABAI, M. Z.; YVES, D.; RENAUD, V. Ensuring supply chain safety through time temperature integrators. **The International Journal of Logistics Management**, v.18, n. 1, p. 102-124, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/09574090710748199>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

SILVA, P. H. F. da; PEREIRA, D. B. C.; OLIVEIRA, L. L. de; COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Físico-Química do Leite e Derivados: Métodos Analíticos**. 1 ed. Juiz de Fora: Oficina de Impressão, 1997.

SILVEIRA, L.; COSTA, C.; SOUSA, F. A. de. Avaliação do impacto de um projeto de extensão em um laticínio de Iraí de Minas - MG, sobre as melhorias na qualidade de leite. **Revista Gestão Tecnologia e Ciências**, v. 6, n. 14, p. 33-43, 2017. Disponível em: <<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/1083/778>>. Acesso em: 04 out. 2018.

SOLVIS. Disponível em: <<https://www.solvis.com.br/>>. Acesso em 04 mar. 2020.

SOPHOCLEOUS, M. ATKINSON, J. K.; SMETHURST, J. A.; ESPINDOLA-GARCIA, G.; INGENITO, A. The use of novel thick-film sensors in the estimation of soil structural changes through the correlation of soil electrical conductivity and soil water content. **Sensors and Actuators A: Physical**, v.301, n.1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111773>>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SOUSA JÚNIOR, José Roberto de. **Desenvolvimento de um website para a realização de cálculos da estatística descritiva**. 2019. 35 f. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) – Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019.

SOUZA, V. de; MARTINS, P. Y. F.; MOURA, J. W. F.; FERNANDES, D. R.; LIMA, A. R. Avaliação do teor de cloretos e da condutividade elétrica no leite de cabra como métodos auxiliares de diagnóstico na mastite subclínica caprina. **Comunicado Técnico – Embrapa**, n. 162, 2017.

TAMANINI, R.; BELOTI, V.; RIBEIRO JUNIOR, J. C.; SILVA, L. C. C. da; YAMADA, A. K.; SILVA, F. A. Contribuição ao estudo da qualidade microbiológica e físico-química do leite UHT. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 66, n. 382, p. 27-33, 2011.

TRONCO, V. M. **Manual para Inspeção da Qualidade do Leite**. 1 ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997.

VARRIALE, A.; PANNACCHIO, A.; PINTO, G.; OLIVIERO, G.; D'ERRICO, S.; MAJOLI, A.; SCALA, A.; CAPO, A.; PANNACCHIO, A.; DI GIOVANNI, S.; STAIANO, M.; D'AURIA, S. A Fluorescence Polarization Assay To Detect Steroid Hormone Traces in Milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 9159-9164, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03689>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

VIEIRA, A.; LOBATO, F. P.; CORREA, E. S.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; CEZAR, I. M. Produtividade e Eficiência de Vacas Nelore em Pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf nos Cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1357-1365, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n4/26408.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. de; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola – Embrapa**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163208/1/Evolucao-do-leite-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

**USINAINFO**, 2019. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

YUE, J.; LIU, L.; LI, Z.; LI, D.; FU, Z. Improved quality analytical models for aquatic products at the transportation in the cold chain. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, n. 3-4, p. 474-479, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.11.003>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** - Valores de pH, temperatura e condutividade do protótipo e pH do laticínio.

Dia	Amostra	Protótipo			pH Laticínio
		Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm)	pH	
19/11/2019	1	23,4	117	6,7	6,9
	2*	22,87	118	4,5	6,9
	3	22,25	121	7,11	6,8
	4	22,7	119	6,83	6,8
	5	22,2	125	6,71	6,9
	6*	19,6	219	5,74	6,8
	7	20,19	132	6,2	6,8
	8	20,3	128	6,84	6,8
	9	20,81	133	7,35	6,8
	10*	20,7	206	7,37	6,8
	11	20,5	132	7,77	6,8
	12	20,06	129	7,5	6,8
	13*	21,5	209	8,17	6,8
	14*	20,12	202	8,05	6,8
	15	22,5	189	7,41	6,8
	16*	22,94	213	7,41	6,8
	17	23,25	116	6,54	6,8
	18	24,62	104	5,95	6,8
	19*	24,81	113	6,22	6,8
	20*	24,19	215	7,1	6,8
21/11/2019	21	24,44	85	6,87	6,7
	22	23	76	7,06	6,8
	23	22,56	78	7,56	6,9
	24	23,12	70	7,02	6,8
	25	19,69	145	7,13	6,8
	26	20,81	98	6,9	6,8
	27	21,5	71	6,67	6,8
	28	21,69	73	6,9	6,7
	29	23,81	70	6,14	6,8
	30	22,69	65	7,03	6,8
	31	23,94	67	6,66	6,7
	32	22,19	98	7,3	6,8
	33	22,62	67	7,8	6,8
	34	23,19	67	7,88	6,8
	35	24,5	63	6,5	6,8
	36	23,69	64	6,52	6,8
	37	23,62	65	6,6	6,8

\**Outliers* retirados para análise estatística final.

Dia	Amostra	Protótipo			pH Laticínio
		Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm)	pH	
	38*	24,69	62	5,73	6,8
	39	24,12	62	6,11	6,8
	40	24,12	65	6,36	6,8
	41	23,19	67	6,5	6,8
	42	23,5	62	6,6	6,8
	43	23,37	66	6,6	6,8
	44	24,12	66	6,4	6,8
	45	22,31	63	6,15	6,7
	46	23,62	67	5,88	6,7
27/11/2019	47	17,81	173	7,02	6,9
	48	16,81	165	6,9	6,8
	49	18,25	130	6,97	6,9
	50*	18,87	129	12,57	6,8
	51*	19,25	126	13,5	6,8
	52	21,56	69	6,68	6,8
	53	21,37	94	6,68	6,8
	54	20,44	102	7,02	6,8
	55	19,69	98	6,9	6,9
	56	19,62	99	6,685	6,9
	57*	20,37	88	10,15	6,9
	58*	20,25	81	8,85	6,9
	59*	20,56	80	11,75	6,9
	60	20,87	74	7,35	6,9
	61*	21,44	75	10,48	6,8
	62*	10,19	91	6,95	6,9
	63*	10,19	102	7,27	6,9
	64*	10,25	96	7,44	6,9
	65*	10,06	99	7,59	6,9
	66*	12,56	98	7,13	6,7
3/12/2019	67*	16,44	55	7,14	6,6
	68	17,31	79	7,45	6,6
	69	17,62	83	7,39	6,6
	70	18,56	88	7,52	6,8
	71	17,94	82	7,23	6,6
	72	17,81	127	7,46	6,7
	73	19,69	82	7,84	6,6
	74	19,87	132	7,43	6,6
	75	19,5	128	7,47	6,6
	76	19,19	88	7,41	6,6
	77	19,25	84	7,39	6,7
	78	19,31	156	7,3	6,6
	79	19,75	164	7,47	6,6
	80	19,37	106	7,36	6,6
	81	20,37	86	7,41	6,7

\*Outliers retirados para análise estatística final.

Dia	Amostra	Protótipo			pH Laticínio
		Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm)	pH	
	82	19,69	86	7,39	6,7
	83	20,19	86	7,41	6,6
	84	20,31	88	7,51	6,6
	85	20,5	85	7,41	6,6
11/12/2019	86*	12,13	485	5,97	6,9
	87*	14,5	201	7,06	6,9
	88	14,63	150	7,18	6,8
	89	15,13	123	7,2	6,8
	90	15,88	110	7,31	6,8
	91	16,12	88	7,16	6,8
	92	16,44	93	7,22	6,8
	93	17,12	94	7,21	6,8
	94	18	93	7,3	6,8
	95	19,19	149	7,32	6,8
	96	19,25	91	7,41	6,9
	97	21,12	90	6,86	6,8
	98	18,12	92	6,95	6,8
	99	19,06	94	6,88	6,8
	100	19,5	95	6,78	6,8
	101	19,69	164	6,73	6,8
	102	19,75	141	6,8	6,8
	103	19,69	192	6,96	6,8
	104	20	95	6,87	6,8

\**Outliers* retirados para análise estatística final.