

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
CURSO DE ZOOTECNIA**

**JULIANY ARDENGHI GUIMARÃES**

**FATORES QUE AFETAM A ACIDEZ NATURAL DO LEITE CRU BOVINO**

**Porto Alegre**

**2023**

**JULIANY ARDENGHI GUIMARÃES**

**FATORES QUE AFETAM A ACIDEZ NATURAL DO LEITE CRU BOVINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador<sup>a</sup>: Vivian Fischer**

**Coorientador<sup>a</sup>: Bruna Valenzuela Garcia**

**Porto Alegre**

**2023**

JULIANY ARDENGHI GUIMARÃES

**FATORES QUE AFETAM A ACIDEZ NATURAL DO LEITE CRU BOVINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Data de aprovação: 13/04/2023

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vivian Fischer,  
Orientador<sup>a</sup>

---

Zootec. Bruna Valenzuela Garcia  
Coorientador<sup>a</sup>

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. André Thaler Neto  
Membro da Banca

---

Zootec. Bruna Schmitz  
Membro da Banca

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha família, meus amigos, minha saúde, minha paz, minha felicidade, por me sentir abençoada de chegar até aqui;

Aos meus familiares, pai e mãe, Alberi e Janine, vocês são minha base, meu alicerce, não apenas durante a faculdade, mas durante a minha vida inteira;

A minha irmã, Laura, que eu desejei desde muito antes de nascer e que é, e vai continuar sendo o meu maior incentivo;

Eu amo vocês!

Ao meu namorado, Walter, que me apoiou, me animou, me acalmou e me escutou mais que todos;

As minhas gurias, Allicy, Fernanda, Betina, Heloisa, Ana, Laura, Aline, Denise, Cindy, Jenifer pelo companheirismo, risadas, ajudas e amizade;

Ao NUPLAC, grupo que sinto muito orgulho de ter participado durante a graduação e de ter a chance de continuar com ele;

E aos colegas desse grupo, que me acolheram e ensinaram, principalmente minha co orientadora Bruna, por toda a paciência e atenção que teve comigo;

A minha professora e orientadora, Vivian Fischer, que é como uma mãe, puxa a orelha quando precisa, mas está sempre pronta para nos escutar e defender.

Obrigada por me acolher, por toda a paciência e ensinamentos;

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho e com quem convivi a longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

Querido, passado: obrigado pelas lições.

Querido, futuro: estou preparado.

Querido, presente: sou grato por ti.

## RESUMO

A acidez do leite é considerada natural quando tem relação com os fosfatos, citratos, caseínas, albumina e dióxido de carbono, que são componentes naturais do leite. Fatores como raça e genótipo, nutrição, estação do ano, paridade, estágio da lactação e estado fisiológico do animal podem afetar direta ou indiretamente os componentes do leite ou sua concentração, influenciando a acidez natural do leite. A acidez é um dos atributos usados para rejeição/aceitação do leite na plataforma industrial. Este estudo teve como objetivo elaborar uma revisão sistemática sobre os fatores intrínsecos ou extrínsecos que afetam a acidez natural do leite. Foi realizada uma busca por artigos publicados nas bases de dados Science Direct, Web of Science e PubMed, e após a pesquisa, foram selecionados 17 artigos que se relacionavam ao assunto. O fator mais estudado é a nutrição, principalmente a restrição alimentar, seguido de composição mineral do leite, época do ano, período de lactação, raça e paridade. O conhecimento da variação da acidez natural e como os fatores anteriormente mencionados impactam seu valor, poderá subsidiar melhor as decisões dos laticínios quanto à aceitação/rejeição da matéria prima.

**Palavras-Chave:** leite cru, bovino, acidez natural, variabilidade.

## **ABSTRACT**

The acidity of milk is considered natural when it is related to phosphates, citrates, caseins, albumin and carbon dioxide, which are natural components of milk. Factors such as breed and genotype, nutrition, season of the year, parity, lactation stage and physiological state of the animal can directly or indirectly affect milk components or their concentration, influencing the natural acidity of milk. Acidity is one of the attributes used to reject/accept milk on the industrial platform. This study aimed to develop a systematic review on the intrinsic or extrinsic factors that affect the natural acidity of milk. A search was carried out for articles published in the Science Direct, Web of Science and PubMed databases, and after the search, 17 articles related to the subject were selected. The most studied factor is nutrition, mainly dietary restriction, followed by mineral composition of milk, time of year, lactation period, breed and parity. Knowledge of the variation in natural acidity and how the factors mentioned above impact its value can better support dairy products' decisions regarding the acceptance/rejection of the raw material.

**Keywords:** raw milk, cow and acidity.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>12</b>
2.1 Revisão Sistemática	12
2.2 Legislação brasileira sobre leite cru	12
2.3 Composição do leite	13
2.3.1 Carboidratos	14
2.3.2 Lipídios	15
2.3.3 Proteínas	15
2.3.4 Sais inorgânicos, orgânicos e vitaminas	15
2.4 Acidez do leite	16
2.4.1 Formas de medir a acidez do leite	16
2.5 Fatores relacionadas a acidez natural do leite	18
2.5.1 Raça	18
2.5.2 Período de lactação e Composição do leite	18
2.5.3 Mastite	19
2.5.4 Alimentação	19
2.5.5 Época do ano	20
2.5.6 Cítratos e fosfatos	21
2.5.7 Proteínas do leite	21
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
3.1. Métodos de busca e critérios de seleção	22
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>23</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>31</b>

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1. Fluxograma com os resultados da seleção.** Fonte: adaptado pela autora.....26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição média do leite de vaca .....	16
Tabela 2. Interpretação de resultados de valores de pH e da acidez do leite .....	20
Tabela 3. Composição química média do leite de diferentes raças de bovinos leiteiros .....	21
Tabela 4. Estudos incluídos para a revisão sistemática.....	26
Tabela 5. Estudos agrupados por fator de relação a acidez.....	28

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CBT – Contagem Bacteriana Total

CCS – Contagem de Células Somáticas

CS – Células Somáticas

D - Dornic

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IN – Instrução Normativa

UFC – Unidade Formadora de Colônia

UHT – Ultra-High Temperature

V/V – Percentual Volume/Volume

## 1. INTRODUÇÃO

O leite e seus derivados são constituídos por uma grande quantidade de proteínas, além de minerais e vitaminas (Muniz, Madruga & Araujo, 2013), mas essa riqueza de nutrientes do leite também favorece o desenvolvimento de micro-organismos durante os processos de ordenha e armazenamento. Esses microrganismos podem causar mudanças na composição do leite, que por consequência, podem aumentar os custos e diminuir a eficiência de processamento dos produtos, reduzindo a adequação do leite como matéria-prima na indústria de alimentos e de seus produtos (Cheng *et al*, 2002; Downey & Doyle, 2007; Dunshea *et al*, 2019).

Os níveis e as características dos componentes do leite são fatores importantes com um efeito significativo na qualidade e o rendimento dos produtos lácteo. Tais condições estão intimamente relacionadas à procura contínua da melhoria da qualidade do leite (Mendonça, 2001; Silva *et al.*, 2016). O Brasil é o terceiro maior produtor de leite mundial (Brasil, 2023), e a cadeia produtiva do leite é uma importante atividade econômica no país, com forte efeito na geração de emprego e renda (Embrapa, 2020). Existem as Instruções Normativas 76 e 77, regularizando as etapas da produção de leite cru refrigerado, pasteurizado e do tipo A, do início ao fim dos processos, visando uma qualidade mínima adequada para estes produtos.

De acordo com as IN 76 e 77, os padrões mínimos estabelecidos para o recebimento industrial do leite com relação à composição química são: 3,0% de gordura, 2,9% de proteína, 4,3% de lactose e 8,4% de sólidos não gordurosos. O número máximo da contagem de células somáticas (CCS) 500.000 CS/mL de leite e a contagem bacteriana total (CBT) 300.000 UFC/mL. Com relação à caracterização física, o leite deve apresentar acidez titulável de 14 a 18°D e deve ser estável em solução alcoólica com no mínimo 72°GL de etanol.

O teste da acidez titulável é realizado na chegada do leite na indústria, e seu resultado pode ser expresso em graus Dornic (°D) ou em porcentagem (%) de ácido láctico. Esta técnica é usada para classificar o leite e como um guia para controle da manufatura de produtos como o leite UHT (Embrapa, 2020). O teste do álcool e/ou alizarol, é realizado antes do leite ser carregado dentro da propriedade, a fim de definir sobre o carregamento ou não do leite para a indústria, e depois novamente é realizado na plataforma dos laticínios (IN 77, 2018).

A acidez do leite é considerada acidez natural quando tem relação com a concentração dos fosfatos, citratos, caseínas, albumina e dióxido de carbono, que são componentes naturais do leite (Veloso, 1998) e que somam uma acidez titulável entre 14 e 18 °D. A acidez chamada adquirida, desenvolvida ou real, ocorre pela soma da acidez natural com os ácidos resultantes da fermentação da lactose pelas bactérias contaminantes do leite, especialmente as mesófilas (ácido láctico, acético,

fórmico, butírico). As condições predisponentes são temperaturas inadequadas de conservação do leite e elevada carga bacteriana permitindo a multiplicação de microrganismos da flora natural do leite e de outros microrganismos contaminantes, resultando em desestruturação das micelas de caseína e podendo influenciar no processamento dos produtos lácteos (Velooso, 1998).

A legislação brasileira permite a variação de 14 a 18 °D, pois diversos fatores como: raça e genótipo (Coleman *et al*, 2010), nutrição (Welter *et al*, 2016; Werncke, 2017), estação do ano (Heck *et al*, 2017), estresse térmico (Abreu *et al*, 2020), paridade (Yang *et al*, 2013), estágio da lactação (Stoop *et al*, 2009), bem como o estado fisiológico do animal (Gurmessa & Melaku, 2012), podem não estar diretamente relacionados aos componentes do leite, mas podem afetar a concentração de deles, influenciando na acidez natural do leite.

O presente estudo objetivou elaborar uma revisão sistemática sobre os fatores intrínsecos ou extrínsecos que afetam a acidez natural do leite, compreendendo a variação que pode ocorrer e suas causas.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### 2.1 Revisão Sistemática

Uma revisão sistemática é uma revisão de uma pergunta formulada de forma clara, que utiliza métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, e coletar e analisar dados desses estudos que são incluídos na revisão (Moher *et al*, 2015). As revisões sistemáticas e meta-análise têm sido amplamente utilizadas na área científica e acadêmica a fim de diminuir a replicação de trabalhos semelhantes e elaborar um panorama geral e objetivo sobre o que se sabe e o que falta saber sobre determinado assunto.

A revisão sistemática consiste em uma busca em no mínimo três bancos de dados confiáveis em que se monta uma chave de busca em cima do acrônimo PICO, que significa P - população; I - interesse; Co – contexto de intervenção e resultado, com o objetivo da pesquisa a ser realizada. A revisão sistemática pode ou não incluir meta-análise (Ministério da Saúde, 2012).

### 2.2 Legislação brasileira sobre leite cru

Segundo a legislação brasileira Decreto nº 9.013, leite é um produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2017). Dentre os mais variados tipos de alimentos que são consumidos diariamente, o

leite, quando analisado por seus padrões físico-químicos é considerado o alimento com maior concentração de cálcio, indispensável para formação óssea e condição básica de alimentação humana (FAO, 2013).

A composição do leite está diretamente ligada às características do animal e do meio em que vive, bem como na formação dos produtos lácteos na indústria. Isso acontece porque a composição do leite é o fator que favorece a fabricação de queijo e outros derivados, por conta do rendimento na produção, benefícios nutricionais, propriedades estruturais e físico-químicas únicas (Ye, 2011). No Brasil, as Instruções Normativas 76 e 77, regulam as etapas da produção de leite cru refrigerado, pasteurizado e do tipo A, do início ao fim dos processos, visando uma qualidade adequada para esses produtos.

De acordo com as IN 76 e 77, o leite cru refrigerado deve atender as seguintes características físico-químicas: teor mínimo de gordura de 3,0 g/100 g; teor mínimo de proteína total de 2,9 g/100 g; teor mínimo de lactose anidra de 4,3 g/100 g; teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8,4 g/100 g; teor mínimo de sólidos totais de 11,4 g/100 g; acidez titulável entre 0,14 e 0,18 gramas de ácido láctico/100 ml; estabilidade ao alizarol na concentração mínima de 72% v/v; densidade relativa a 15 °C entre 1,028 e 1,034 e índice crioscópico entre -0,530°H e -0,555°H, equivalentes a -0,512 °C e a -0,536°C, respectivamente. O leite cru refrigerado também deve apresentar médias geométricas trimestrais de Contagem Padrão em Placas de no máximo 300.000 UFC/ml e de Contagem de Células Somáticas de no máximo 500.000 CS/ml.

### 2.3 Composição do leite

Os principais constituintes do leite estão descritos na Tabela 1. Esses são determinantes para o estabelecimento da sua qualidade nutricional, adequação para processamento e consumo humano. A biossíntese do leite ocorre na glândula mamária sob controle hormonal, estima-se que o leite possua aproximadamente cem mil constituintes distintos, embora a maioria deles ainda não tenha sido identificada (Silva, 1997). Segundo Brito *et al* (2021b), essa composição pode variar de acordo com o estágio de lactação, como por exemplo, no colostro o conteúdo de proteína é maior enquanto o de lactose é menor comparado com o leite produzido após os primeiros dias de lactação. Outros fatores que podem interferir na composição do leite são: raça, alimentação (plano de nutrição e forma física da ração), temperatura ambiente, manejo, intervalo entre as ordenhas, produção de leite e infecção da glândula mamária (Brito *et al*, 2021b).

Do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea com várias substâncias (lactose, glicérides, proteínas, sais, vitaminas, enzimas, etc.), das quais algumas estão em emulsão

(gordura e substâncias associadas) ou suspensão (caseínas ligadas a sais minerais), enquanto outras estão em dissolução verdadeira (lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais, etc.) (Ordóñez *et al*, 2005). A água é o maior e mais importante constituinte do leite, no qual estão dissolvidos, dispersos ou emulsionados os demais componentes. A maior parte encontra-se como água livre, embora esteja ligada a outros componentes, como proteínas, lactose e substâncias minerais (Magri, 2015).

Tabela 1 - Composição média do leite de vaca

Contribuinte	Percentual no leite
Água	86,0 a 88,0
Lactose	4,6 a 5,2
Gordura	3,5 a 4,5
Proteínas	3,2 a 3,5
Minerais	0,7 a 0,8

Fonte: Adaptado de Wastra e Jenness, 1986.

### 2.3.1 Carboidratos

Entre os carboidratos presente no leite, a lactose é o principal e mais abundante, além de ser um dos elementos menos instável do leite, ou seja, com menor chance de variação na concentração (Brito *et al*, 2021b e Wattiaux, 2014). A lactose pode ser um fator limitante da produção de leite, visto que as quantidades de leite produzidas na mama dependem da síntese de lactose. É considerada como o componente mais lábil diante da ação microbiana, sendo um bom substrato para as bactérias, que a transformam em ácido láctico (Ordóñez *et al*, 2005).

Segundo Ordóñez *et al* (2005), a principal origem da lactose está na glicose do sangue, o tecido mamário isomeriza-a em galactose e liga-a a um resto de glicose para formar uma molécula de lactose. O processo é acompanhado da condensação da UDP-galactose com a D-glicose para tornar-se lactose mais UDP em uma reação catalisada pela lactose-sintetase. Além da lactose, podem ser encontrados no leite outros carboidratos, como glicose e galactose livres em uma quantidade menor ou outros carboidratos nitrogenados (n-acetil glicosamina e N-acetil-galactosamina), ácidos (ácidos siálicos) e/ou neutros (poliosídeos) todos em quantidades residuais.

### 2.3.2 Lipídios

De todos os componentes do leite, a fração que apresenta maior variação são as gorduras. Fatores como raça, época do ano, zona geográfica, nutrição e manejo dos animais influem na concentração lipídica do leite (Ordonez *et al*, 2005). A gordura do leite está presente na forma de pequenos glóbulos, suspensos na fase aquosa. Cada glóbulo é envolvido por uma camada formada por um componente da gordura denominado fosfolipídio. Essa camada forma uma membrana que impede a união de todos os glóbulos. Desse modo, a gordura do leite é mantida na forma de suspensão (Brito *et al*, 2021b).

No que se refere à composição dos ácidos graxos, foram identificados mais de 150, dos quais os majoritários na gordura do leite de vaca são os ácidos mirístico (8 a 15%), palmítico (20 a 32%), esteárico (7 a 15%) e oléico (15 a 30%). Em torno de 60% são saturados, 35% são monoenóicos e 5% polienóicos. Os triglicerídeos são os componentes majoritários das espécies estudadas, constituindo mais de 95% do total de lipídeos. São sempre acompanhados de pequenas quantidades de di e monoglicerídeos, de colesterol livre e seus ésteres, de ácidos graxos livres e fosfolipídeos, e ainda de glicolipídeos e de outros componentes minoritários, como vitaminas lipossolúveis (Ordonez *et al*, 2005). Os ácidos graxos do leite surgem de duas fontes principais: alimentação e atividade microbiana do rúmen dos animais (Mansson, 2008).

### 2.3.3 Proteínas

As proteínas encontradas no leite representam de 3 a 4% dos sólidos e a quantidade porcentual de proteína, sofre influência da raça e quantidade de gordura encontrada no leite (Brito *et al*, 2021). As três principais proteínas que compõem o leite são a caseína (2 a 3,5%), a lactoglobulina (0,2 a 0,3%) e a lactalbumina (0,4 a 0,7%) (Pereira, 2014). A caseína é principal proteína e possui alta qualidade nutricional, aproximadamente 95% de toda a caseína é encontrada em forma de micelas, agrupadas com cálcio, fósforo e outros tipos de sais (Brito *et al*, 2021b). Os mesmos autores citam também que as micelas de caseínas junto e com os glóbulos de gordura, causam a cor dos produtos oriundos do leite.

### 2.3.4 Sais inorgânicos, orgânicos e vitaminas

Segundo Ordonez *et al* (2005), o termo sais engloba não apenas os sais minerais ou inorgânicos, inclui também alguns compostos orgânicos, sendo estes os fosfatos, citratos, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio. Há outros elementos em quantidades menores, como cobre, ferro, boro, manganês, zinco, iodo, entre outros. O conteúdo total

em sais inorgânicos é bastante constante: em torno de 0,7 a 0,8% do leite em peso úmido, acrescentando-se a essa quantidade os pouco menos de 0,2 g/100 mL de sais orgânicos e vitaminas, resulta em cerca de 1% do leite seja constituído de sais (Ordóñez *et al*, 2005).

No leite, estão presentes as vitaminas lipossolúveis (A, D, E) e hidrossolúveis (complexo B). O leite sendo lipossolúvel possui uma considerável concentração de vitamina A e concentrações menos significativas de vitaminas D e E, as três associadas ao componente graxo do leite e podendo perder-se com a eliminação de gordura (Lazarotto *et al*, 2019). As vitaminas hidrossolúveis são produzidas no rúmen e com exceção da vitamina B<sub>2</sub> (riboflavina), as demais são encontradas em quantidades pequenas, essas podem ser isoladas a partir do soro do leite e ter seu conteúdo reduzido drasticamente no processo de elaboração dos queijos (Brito *et al*, 2021b).

Segundo Lazarotto *et al* (2019), associados com as caseínas, o cálcio e o fósforo apresentam digestibilidade extremamente alta, assim o leite tornou-se um alimento fundamental não apenas quando criança para a formação óssea pela fonte de cálcio que oferece, mas também para adultos mantendo a integridade óssea depois dela formada. Outro mineral encontrado no leite é o ferro, a baixa concentração dele na composição do leite já é suficiente para suprir a necessidade dos animais jovens, e por possuir quantidades baixas limita o crescimento bacteriano no leite, já que o ferro é essencial para o desenvolvimento e proliferação de diversas bactérias (Wattiaux, 2014).

## 2.4 Acidez do leite

O leite é um composto levemente ácido, a chamada acidez é a medida capaz de avaliar o equilíbrio ácido/base do leite (Machado, 2010). A acidez do leite pode variar conforme os componentes do leite, como proteínas e sais minerais, e esses podem ser influenciados por diversos fatores como: o tempo de lactação, processos inflamatórios e infecciosos da glândula mamária, ação enzimática endógena e exógena, raça, alimentação dos animais, entre outros (Tronco, 1997; Zanela e Fischer, S/I e Barbosa *et al.*, 2006).

### 2.4.1 Formas de medir a acidez do leite

Segundo Pereira *et al.* (2001), os testes para avaliação da acidez do leite são o pH e a acidez titulável (°D), sendo a determinação da acidez do leite uma das medidas mais usadas no controle de qualidade da matéria-prima pela indústria laticinista (Brito *et al*, 2021). O leite apresenta uma acidez natural que ocorre a partir de sua composição química, os componentes: albumina, citratos, dióxido de carbono, caseínas e fosfatos formam uma acidez que pode variar de 0,14 a 0,18 gramas expresso em ácido láctico (Veloso, 1998). O termo acidez natural não deve ser confundido com a acidez que

se forma no leite pelo crescimento de bactérias (acidez real ou verdadeira), neste caso o leite é considerado inadequado para consumo.

A acidez pode ser determinada qualitativamente pelo teste de alizarol e quantitativamente pela titulação ou pH (Magri, 2015). O teste do álcool ou alizarol é utilizado para avaliar a estabilidade do leite frente ao etanol, consiste na mistura de partes iguais de leite e álcool acrescido de indicador alizarina (cuja concentração pode variar), e o resultado pode ser positivo (se ocorrer precipitação) ou negativo (sem precipitação) (Zanela e Fischer, 2001).

Os resultados do teste de alizarol no leite, são interpretados conforme a IN 77, que classifica o leite em 3 categorias. O primeiro tem coloração vermelha tijolo sem grumos ou grumos finos, é um leite com acidez natural de 14-18°D e com estabilidade ao álcool mínimo de 72% v/v, o tipo II com coloração amarela ou marrom claro e presença de grumos, considerado leite com acidez elevada (>18°D) e instável ao álcool 72% v/v e por último o leite que durante o teste fica com coloração lilás a violeta sugerindo presença de mastite ou neutralizantes, sendo considerado um alcalino ou hipoácido (<14°D) (Brasil, 2018; Cunha *et al*, 2021).

O teste de titulação é feito na chegada do leite na plataforma da indústria, antes do descarregamento do leite. Segundo Brito *et al* (2021a), no teste da acidez titulável, o hidróxido de sódio (NaOH) é utilizado para neutralizar o ácido do leite. Uma substância indicadora (fenolftaleína) é usada para mostrar a quantidade de álcalis necessária para neutralizar o ácido do leite. O indicador permanece incolor quando misturado com uma substância ácida, mas adquire coloração rosa em meio alcalino. Portanto, o álcalis (NaOH N/9) é adicionado ao leite até que o leite adquirira a coloração rósea. Cada 0,1 mL da solução de NaOH N/9 gasto no teste corresponde a 1°D ou 0,1g de ácido láctico/L.

A determinação do pH pode ser realizada através de pHmetro, sendo que o leite apresenta normalmente uma faixa de variação entre 6,6 a 6,8. Contudo, para efeito de análise para o aproveitamento na indústria, a acidez titulável é o teste de eleição (Tronco, 1997), sendo o teste de pH mais usado em trabalhos de pesquisa. Na Tabela 2 são apresentados alguns exemplos de resultados em graus Dornic, a correspondência em pH e a interpretação com respeito à acidez e à resistência térmica do leite.

Tabela 2. Interpretação de resultados de valores de pH e da acidez do leite

<b>pH</b>	<b>Acidez (°D)</b>	<b>Interpretação</b>
6,6 a 6,8	14 a 18	Leite adequado para consumo
>6,9	<14	Leite alcalino ou hipoácido <sup>1</sup>
<6,5	>18	Leite ácido <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Leite de vaca com mastite e/ou em final de lactação e/ou de retenção e/ou fraudado com água; <sup>2</sup> Leite de princípio de lactação e/ou colostro e/ou em início de processo de fermentação.

Fonte: Nickerson (1995), citado por Rodrigues, 2012.

## 2.5 Fatores relacionadas a acidez natural do leite

### 2.5.1 Raça

O fator raça tem grande influência sobre as características do leite, com relação ao volume produzido e percentual de sólidos, além disso, podem apresentar leite com diferentes valores de acidez. Vacas da raça Jersey podem produzir leite com acidez natural de 0,21% (m/v) a 0,23% (m/v) expressa em ácido láctico, em função de sua composição mais rica em extrato seco desengordurado em comparação com vacas da raça holandesas, por exemplo. (Rodrigues *et al*, 1995).

Tabela 3. Composição química média do leite de diferentes raças de bovinos leiteiros.

Componentes	Holandesa	Jersey	Pardo-Suíça	Ayrshire	Guernsey
Gordura (%)	3,5 a 3,6	5,0 a 5,5	3,8 a 4,0	4,0 a 4,1	4,6 a 5,0
Proteína (%)	3,0 a 3,1	3,7 a 3,9	3,2 a 3,6	3,3 a 3,6	3,5 a 3,8
Lactose (%)	4,6 a 4,9	4,7 a 5,1	4,8 a 4,9	4,6 a 4,7	4,8 a 4,9
Cinzas (%)	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7 a 0,8
Extrato seco total (%)	11,9 a 12,2	14,2 a 14,7	12,7 a 14,4	12,7 a 13,1	13,7 a 14,4

Fonte: González, F.H.D. *et al*, 2001 e Rodrigues, 2012.

Adaptado de Jensen, R. G., 1995 e Nickerson, S. C., 1995.

### 2.5.2 Período de lactação e Composição do leite

A produção de leite e seus componentes sofrem alterações conforme o estágio de lactação o que pode ocasionar mudanças na acidez natural do leite. O leite que apresenta maior acidez é o colostro, podendo apresentar valor médio de 0,31% (m/v) a 0,51% (m/v) expressa em ácido láctico na primeira ordenha pós-parto e pH de 6,25 no 1º dia até pH 6,46 no 3º dia (Pacheco, 2022). Conforme o avançar dos dias em lactação na transição para o leite comum de consumo (em torno de 4 a 7 dias), a acidez baixa para o valor considerado de origem natural, de 0,14% (m/v) a 0,18% (m/v) expressa em ácido láctico. Existem fases na lactação, como o início (colostro) onde ocorrem variações esperadas principalmente na quantidade de proteína, gordura e sais.

A acidez titulável tem sido negativamente correlacionada com o teor de lactose no leite (Afonso e Vianni, 1995), que diminui até o final da lactação se a vaca não estiver prenha (Rodrigues *et al*, 1995). Durante a lactação, os níveis de gordura e proteína do leite diminuem durante os três

primeiros meses, conforme aumenta o volume produzido, e voltam a aumentar após esse período, conforme o volume passa a diminuir (Ribeiro *et al.*, 2002). A acidez titulável foi positivamente correlacionada com o teor de gordura, sólidos totais e principalmente proteína (Afonso e Vianni, 1995). Ou seja, quanto maior a concentração de sólidos do leite, maior a acidez natural devido à presença daqueles constituintes do leite que a formam, como caseínas, albumina, fosfatos e citratos.

### 2.5.3 Mastite

Mastite é uma inflamação da glândula mamária caracterizada por mudanças físico-químicas na composição do leite, pelo aumento de células somáticas e alterações no tecido glandular (Ribeiro *et al.*, 2002). Essa inflamação, pode causar alterações à composição do leite, como maior pH e teor de sódio e menor concentração de potássio, cálcio e fósforo, resultando em uma menor acidez titulável na maioria dos casos. Existem alguns microrganismos que podem produzir ácido, resultando em leite com menor pH e maior acidez titulável, porém essa situação ocorre em menor frequência que a anterior (Rodrigues *et al.*, 1995).

### 2.5.4 Alimentação

Dos componentes do leite, o teor de gordura é o que mais pode variar em função da alimentação, de modo geral, diminuindo com o aumento do volume de leite produzido. O teor de proteína também pode ser afetado, porém em menor grau, enquanto a lactose é a menos influenciada (Mühlbach *et al.*, 2000).

Sendo assim, diversos estudos demonstram que alterações ou desequilíbrio na alimentação de vacas leiteiras podem afetar a acidez natural do leite. Werncke (2017) realizou um experimento com três períodos, adaptação, indução e recuperação, sendo que no período de indução foi restringido em 50% as necessidades de energia e proteína dos animais. Os maiores valores de gordura, lactose, extrato seco desengordurado e sólidos totais foram encontrados na indução, assim como maior concentração plasmática de albumina. Esses resultados podem ser explicados pela redução do volume produzido, aumentando assim a concentração dos componentes do leite e a maior concentração de albumina, contudo a acidez titulável no período de indução foi de 14,58°D, que mesmo dentro dos parâmetros da legislação foi menor em comparação aos outros dois períodos.

Esse resultado de menor acidez titulável, está de acordo com Zanela *et al.* (2006), que realizaram um trabalho com dois tratamentos em vacas da raça Jersey, sendo o primeiro com uma dieta *ad libitum* que preenchia todos as necessidades nutricionais dos animais e o outro fornecia

apenas 60% das exigências. O valor da acidez titulável foi menor nos animais com restrição alimentar, entretanto, diferentemente do trabalho anterior, mesmo reduzindo o volume e a quantidade dos componentes do leite, não houve diferença na concentração deles com a restrição do alimento.

Ponce Ceballo & Hernández (2001) realizaram um estudo em 227 propriedades leiteiras em 1993, com amostras de 15.000 vacas, sendo as ordenhas acompanhadas pelos pesquisadores. A maior parte dos rebanhos que apresentavam leite instável se caracterizava por apresentar animais com baixa condição corporal e sofrendo subnutrição, sendo que a alimentação atendia cerca de 50 a 70% das necessidades básicas. Neste estudo, mais de 50% das amostras de leite responderam de forma positiva ao teste do álcool, com acidez titulável inferior a 0,13% (m/v) expressa em ácido láctico e baixa densidade.

#### 2.5.5 Época do ano

As diferenças sazonais na produção de leite são causadas por mudanças periódicas de temperatura e umidade durante o ano, as quais têm efeito direto na produção de leite pela diminuição da ingestão de matéria seca (MS) e estresse térmico com efeito indireto pela flutuação na quantidade e qualidade do alimento (Bohmanova *et al.*, 2007).

Gonzalez (2005) realizou um estudo das variações sazonais da produção e características físico-químicas do leite em 10 unidades de produção de leite da bacia leiteira de Pelotas, RS por 11 meses. Em seu estudo, novembro foi o mês com menor acidez titulável (0,14% (m/v) expressa em ácido láctico), isso pode ser relacionado ao fato de que o mês de novembro seguido de maio foram os meses com as maiores porcentagens de ocorrência de mastite, 63,42 e 62,21% respectivamente. Isto pode ser explicado por Fagundes, 1997, que relaciona a maior porcentagem de mastite a um leite mais alcalino. Durante esses dois meses, ocorreram temperaturas e precipitações elevadas, o que pode favorecer a maior incidência de mastite (Harmon, 1994).

Segundo Fonseca e Santos (2000), as condições climáticas ideais para produção de leite ocorrem em ambientes com temperatura entre 5 e 25°C, por isso, essa é considerada a zona de conforto térmico, sendo que o desempenho das vacas decresce rapidamente à medida que a temperatura ultrapassa 27°C, independentemente de idade, estágio da lactação ou umidade relativa do ar. A associação entre elevadas temperaturas, altas umidade do ar e radiação solar pode acarretar modificações comportamentais e fisiológicas, que culminam em alteração nos parâmetros fisiológicos, diminuição da ingestão de alimentos e conseqüentemente, redução na produção de leite, ocasionando perdas econômicas significativas para o produtor (Silva *et al.*, 2006).

Em um experimento conduzido por Abreu *et al* (2020), vacas foram divididas em dois grupos, enquanto um dos grupos permaneceu durante todos os 39 dias de ensaio em um piquete com água, pastagem e sombra disponível, o outro grupo, foi privado do acesso a sombra por 10 dias. Diversas das variáveis estudadas foram afetadas, inclusive a acidez titulável, que foi maior nos animais sem acesso a sombra em comparação aos com acesso, sendo os valores médios, respectivamente de 0,187e 0,154% (m/v) expressa em ácido láctico.

#### 2.5.6 Citratos e fosfatos

O leite apresenta considerável efeito tampão, em razão da presença de proteínas (principalmente caseínas), sais (fosfatos, citratos e lactatos) e CO<sub>2</sub> (Pereira *et al.*, 2001). Destes, os principais componentes com poder tampão são os sais (fosfato de cálcio solúvel, citrato e bicarbonato), seguidos das cadeias laterais de aminoácidos ácidos e básicos nas proteínas, particularmente nas caseínas (Fox; Mcsweeney, 1998). Por exemplo, as caseínas têm o tampão máximo próximo a pH 4,6, enquanto o fosfato tem próximo a pH 7,0 (HUI, 1993).

Os fosfatos têm o efeito básico de manter a estrutura micelar (Gaucheron, 2005) e, seu posicionamento nas distintas fases do leite, está relacionado ao pH, sendo que em ambientes mais ácidos, o fosfato coloidal passa à fase solúvel o que determina uma desestabilização do leite (Rose, 1962). Em torno de 94% do citrato se encontra na fase solúvel e deste, mais ou menos 85% estão ligado ao cálcio e ao magnésio e, 6% se apresentam na fase coloidal ligado às subunidades das micelas caseínicas (Fox, 1991). A concentração de citrato tem um efeito importante na distribuição de cálcio no leite (Peaker & Faulkner, 1983).

#### 2.5.7 Proteínas do leite

As caseínas representam 85% das proteínas lácteas do leite, são anfipáticas (características hidrofílicas e hidrofóbicas) e se agregam formando grânulos insolúveis chamados “micelas” (Rodrigues *et al*, 2021). O termo micela tem sido usado para designar agregados relativamente grandes desta proteína, possuindo aproximadamente 7% de fosfato de cálcio e pequenas quantidades de citrato (Horne, 2003; Smyth *et al.*, 2004), ou seja, a associação entre os sais e as proteínas do leite é um fator determinante para a estabilidade das caseínas.

A acidez é a medida capaz de avaliar o equilíbrio ácido/base do leite. Holt (2004) encontrou em seu estudo que leite mastítico e do final da lactação têm três vezes mais probabilidade de ser instáveis do que leites de vacas no início ou meio da lactação, em razão da maior permeabilidade

do epitélio mamário a pequenas partículas e íons, podendo ocorrer um aumento no pH do leite e diminuição da acidez.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

A partir do objetivo do estudo escolhido, realizou-se a revisão elaborada que consistiu em avaliar quais fatores afetam a acidez natural do leite cru bovino. Foi definido o acrônimo PICO, para a elaboração da chave de busca da revisão sistemática: P- população foi a espécie bovina, utilizando as palavras “cow” or “bovine”, o I - Interesse foi a reduzida acidez do leite: “acidity” e o Co -intervenção foram os principais fatores que pudessem levar a induzir à diminuição da acidez no leite cru bovino: “raw milk”. Resultou na chave: “Raw milk” and “cow” or “bovine” and “acidity”.

Foi utilizada a metodologia PRISMA para caracterização dos estudos, buscando aqueles que caracterizavam bovinos leiteiros, acidez natural e leite cru. A busca foi realizada em 12 de janeiro de 2023, em três bases de dados: Pubmed, Science Direct e Web of Science. Não foram utilizados filtros das bases de dados, e todos os registros foram selecionados e armazenados usando o aplicativo Mendeley software de desktop para análise. As informações contidas nos resultados foram título, autores, ano, veículo de publicação, DOI, resumo e palavras-chave.

#### **3.1. Métodos de busca e critérios de seleção**

A primeira etapa consistiu na exclusão dos artigos em duplicadas. A segunda etapa foi realizada a leitura dos títulos dos artigos que foram localizados nas buscas a fim de excluir aqueles que claramente não atendiam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Na terceira etapa, foi repetido o procedimento da segunda, porém considerando a decisão para exclusão baseada nas informações constantes nos resumos. Quando o título ou o resumo não apresentavam informações suficientes para tomada de decisão quanto à inclusão, o artigo era mantido para a próxima etapa do processo de revisão. A análise dos estudos da segunda e da terceira etapa ocorreu com três avaliadores independentes devidamente treinados, onde apenas a autora tinha acesso a todas as

avaliações afins de manter a imparcialidade das respostas. Foram selecionados aqueles títulos e resumos que se encaixavam nos seguintes critérios:

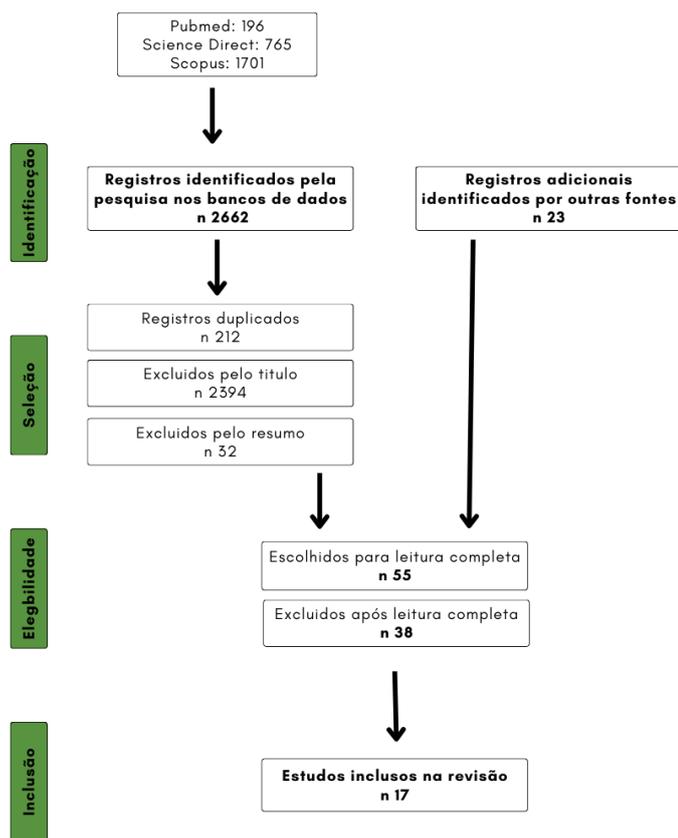
- A) Artigos científicos e/ou comunicações científicas publicados em periódicos;
- B) Ser sobre leite cru e da espécie bovina;
- C) Indicar se tratar de acidez do leite;
- D) Indicar fatores que podem estar relacionados à acidez do leite, como “mastite”, “alimentação ou nutrição”, “estresse térmico”, entre outros.

Na quarta etapa, os artigos que permaneceram foram analisados e suas referências bibliográficas foram inspecionadas para garantir que nenhum artigo relacionado ao assunto fosse deixado fora da seleção pela chave de pesquisa. A quinta consistiu na verificação com especialistas no assunto de outros trabalhos não filtrados pela chave de busca e que se encaixavam nos critérios descritos acima. Esses trabalhos poderiam ser teses e/ou dissertações, denominados literatura cinza. Ao final todos os estudos encontrados entre literatura cinza e referências foram inseridos na revisão e analisados quantos aos dados.

#### **4. RESULTADOS**

As buscas nas três bases de dados totalizaram 2.662 resultados, dos quais 212 foram excluídos como resultados duplicados, 2.394 foram removidos por não passar na avaliação por título e 32 excluídos na avaliação pelo resumo, restando um total de 24 artigos. Entre as referências e os materiais encontrados fora da chave de busca, foram encontrados mais 31 artigos, finalizando com 55 artigos para leitura de texto completo. Após a leitura, 38 foram removidos por não se encaixar nas características da pesquisa, totalizando 17 artigos inclusos na revisão, conforme demonstrado no Diagrama Prisma (Fig. 1). Na análise dos artigos, procurou-se extrair informações relativas à pesquisa, como qual o fator que era relacionado à acidez do leite, ano de publicação e acidez relatada. Apresenta-se na tabela 4 o título do artigo, ano de publicação e autor.

Figura 1 – Fluxograma baseado no modelo PRISMA com os resultados da seleção.



Fonte: adaptado pela autora

Tabela 4 – Estudos incluídos para a revisão sistemática.

N	Título	Ano	Autor(es)
1	Somministrazione a bovine di integra-tori minerali a diverso rapporto calcio / fosforo ed effetti sul profilo metabolico e sutalune caratteristiche del latte.	1984	Cappa <i>et al.</i>
2	Il latte ad acidità anomala. IV.Fosforo solubile, cloruri e tipi di latte ipoacido.	1989	Mariani <i>et al.</i>
3	Variação do teor de cloretos e acidez Dornic no leite de vacas com mastite induzida experimentalmente.	1995	Afonso e Vianni
4	Milk with abnormal acidity. The role of phosphorus content and the rennet-coagulation properties of Italian Friesian herd milk.	2001	Formaggioni <i>et al.</i>

5	Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária.	2001	Ponce Ceballos e Hernández.
6	Avaliação da qualidade do leite em diferentes meses do ano na bacia leiteira de Pelotas, RS	2004	González <i>et al.</i>
7	Produção e qualidade do leite na bacia leiteira de Pelotas-RS em diferentes meses do ano	2006	Martins <i>et al.</i>
8	Unstable nonacid milk and milk composition of Jersey cows on feed restriction	2006	Zanela <i>et al.</i>
9	Effect of the kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk	2010	Botaro <i>et al.</i>
10	Caracterização eletroforética de proteínas e estabilidade do leite em vacas submetidas à restrição alimentar	2012	Barbosa <i>et al.</i>
11	Severe feed restriction increases permeability of mammary gland cell tight junctions and reduces ethanol stability of milk	2013	Stumpf <i>et al.</i>
12	Genetic parameters for milk mineral content and acidity predicted by mid-infrared spectroscopy in Holstein-Friesian cows	2015	Toffanin <i>et al.</i>
13	Lactation Stage Effect on Nutritional Quality of Algiers area Cows' Milk	2017	Meklati <i>et al.</i>
14	Relação entre restrição nutricional e acidose ruminal com as alterações na produção e composição do leite	2017	Werncke
15	Natural tree shade increases milk stability of lactating dairy cows during the summer in the subtropics	2020	Abreu <i>et al.</i>
16	Estabilidade do leite: características físico-químicas e parâmetros de desempenho de rebanhos especializados das raças holandesa e jersey	2021	Neves
17	Unveiling unstable non-acid incidence in Holstein cows fed with corn silage or sugarcane.	2022	Pinheiro <i>et al.</i>

## 5. DISCUSSÃO

A acidez do leite é uma característica há muitos anos conhecida, caracterizada em acidez natural advinda dos componentes presentes no leite ou adquirida, quando resulta do crescimento de microrganismos indesejados. Dentre os diversos fatores que alteram a acidez natural do leite, o mais estudado é a alimentação, principalmente a restrição alimentar, pois estudos sobre os outros fatores são escassos e no geral, são referências antigas. Na tabela 5, são apresentados os temas abordados por cada autor.

Tabela 5 – Estudos divididos por área de relação com a acidez do leite.

Assunto	Autores e ano de publicação
Alimentação	Ponce Ceballo e Hernandez, 2001; Zanela <i>et al</i> , 2006; Barbosa <i>et al</i> , 2012; Stumpf <i>et al</i> , 2013; Werncke, 2017; Pinheiro <i>et al</i> , 2022.
Composição do leite	Afonso e Vianni, 1995; Toffanin <i>et al</i> , 2015;
Composição mineral	Cappa <i>et al</i> , 1984; Mariani <i>et al</i> , 1989; Botaro <i>et al</i> , 2010 Formaggioni <i>et al</i> , 2001; Toffannin <i>et al</i> , 2015.
Época do ano e mastite	González <i>et al</i> , 2004; Martins <i>et al</i> , 2006; Abreu <i>et al</i> , 2020.
Paridade	Neves, 2021;
Período de lactação	Toffanin <i>et al</i> , 2015; Meklati <i>et al</i> , 2017.
Raça	Botaro <i>et al</i> , 2010; Neves, 2021

Em relação ao fator raça, segundo Fonseca & Santos (2000) e Peres, J. R. (2001), quanto maior a concentração dos componentes que formam a acidez natural do leite (dióxido de carbono, caseínas, fosfatos e citratos), maior a acidez encontrada naturalmente. Em razão disso, o leite da raça Jersey normalmente terá maior acidez que o de um animal da raça holandesa. Botaro *et al* (2010) reportaram maior acidez titulável no leite de animais da raça Girolando comparados com vacas da raça Holandesa. Esses autores, por outro lado, não encontraram relação entre formas polimórficas de k-caseína ou a sazonalidade com a acidez titulável das amostras realizadas.

Neves (2021) avaliou o leite de animais das raças Holandesa e Jersey provenientes de rebanhos especializados, de genética aprimorada e criados em sistemas tecnificados com alto nível produtivo. O autor registrou correlação negativa e fraca da acidez do leite com número de partos em vacas da raça Holandesa e Jersey, constatando que à medida que ocorre aumento do número de partos, a acidez titulável no leite pode baixar. A acidez também apresentou associação com a

instabilidade do leite na raça Holandesa, mas não na raça Jersey. Este resultado pode ser explicado devido à maior acidez natural do leite da raça Jersey, pois a acidez do estudo não é derivada de microrganismos. A raça Holandesa apresentou maior percentual de amostras de leite com alta estabilidade (etanol acima de 80%) em relação à Jersey, indicando que a acidez não foi um fator causador do menor percentual de amostras instáveis. Porém observou-se que os teores de proteína não variaram em função dos níveis de estabilidade, e em razão disso, Neves (2021) acredita que a diferença nos valores acidez das amostras pode ter sido causadas por outros fatores, como as proporções de caseínas e suas variantes genéticas, além da concentração de fosfatos e citratos itens os quais não foram mensurados na pesquisa.

Em um estudo com 2.458 animais da raça holandesa por 12 meses na Itália, Toffanin *et al.*, (2015) estudaram a relação de parâmetros genéticos com o conteúdo mineral e acidez do leite, trazendo dados sobre número de partos e período da lactação dos animais durante o experimento. Foram encontradas correlações genéticas significativas entre acidez titulável, fósforo, cálcio e proteína, sendo a correlação forte entre acidez e fósforo e moderada com cálcio e proteína. A acidez titulável foi negativamente correlacionada com o teor de lactose no leite por Afonso e Vianni (1995).

Essa relação entre o teor de fósforo no leite e acidez foi descrita por Mariani *et al.* (1989), Cappa *et al.* (1984) e Formaggioni e colaboradores (2001), os quais caracterizaram amostras de leite em baixa, média e alta acidez titulável, e encontraram aumento no teor de fósforo no leite quando a acidez passou de baixa para média e de média para alta acidez titulável. Não foram encontradas diferenças em relação ao teor de caseína, e o teor de cloretos foi negativamente correlacionado ao teor de fósforo e acidez, ou seja, sendo seus valores maiores no leite de baixa acidez.

O leite que apresenta maior acidez é o colostro, podendo apresentar valor médio de 0,31% (m/v) a 0,51% (m/v) expressa em ácido láctico na primeira ordenha pós-parto. Conforme ocorre a transição para leite que é obtido com finalidade de consumo, a acidez baixa para os valores considerados adequados, de 0,14% (m/v) a 0,18% (m/v) expressa em ácido láctico (Pacheco, 2022), em concordância com Toffanin *et al.*, (2015), os quais encontraram que a acidez titulável diminuiu acentuadamente no 1º mês pós-parto. Os autores também citam que o menor valor atingido de acidez titulável foi no 2º mês passando a aumentar seu valor a partir deste momento.

Foram achados parâmetros semelhantes em relação à acidez e composição mineral do leite em todos os estágios de lactação, por isso, os autores citam que acidez titulável e minerais seguiriam a mesma relação ao longo da lactação, de diminuir acentuadamente no início e aumentar posteriormente (Toffanin *et al.*, 2015). Resultados que vão em contradição com Mkelati *et al.* (2017) que acompanharam por 10 meses a lactação de 340 vacas de diversas raças na Argélia, e

encontraram que a acidez titulável aumentou no início e meio da lactação quando comparada ao final.

As diferentes raças usadas dos estudos podem afetar os resultados, além disso, a produção de leite e seus componentes sofrem alterações conforme o estágio de lactação o que pode ocasionar mudanças na acidez natural do leite. Existem fases na lactação, quando ocorrem variações esperadas principalmente na quantidade de proteína, gordura e sais. Durante a lactação, os níveis de gordura e proteína do leite diminuem durante os três primeiros meses, conforme aumenta o volume produzido e voltam a aumentar após esse período, conforme o volume passa a diminuir (Ribeiro *et al.*, 2002). A acidez titulável foi positivamente correlacionada com o teor de gordura, sólidos totais e principalmente proteína (Afonso e Vianni, 1995). Ou seja, quanto maior a concentração de sólidos do leite é maior, maior a acidez natural devido à presença daqueles que a formam, como caseínas, albumina, fosfatos e citratos.

Gonzales *et al.* (2004) encontraram que os valores de acidez titulável variou entre 0,149 e 0,175 v/v expresso em ácido láctico dentro de um ano. O maior e menor valor encontrado foi nos meses de agosto e novembro, respectivamente. A causa da menor acidez em novembro foi relacionada à maior ocorrência de mastite neste mesmo período. Provavelmente, os teores de sódio e de cloro foram elevados no leite produzido por animais com mastite, pois as concentrações no sangue são normalmente maiores que as do leite (Santos, 2001), tornando o leite mais alcalino (Fagundes, 1997) e, conseqüentemente, com menos acidez.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Martins *et al.* (2006), que encontraram diferenças estatísticas na acidez titulável com variação entre 0,151 e 0,175 v/v expresso em ácido láctico entre os meses avaliados, sendo respectivamente, nos meses de agosto e setembro, o menor e maior valor. Nos estudos citados, os meses com maiores e menores valores não tiveram relação, porém durante o ano a variação de acidez foi semelhante e com todos os valores considerados normais pelas Normativas 76 e 77 (BRASIL, 2018).

Em um experimento conduzido por Abreu *et al.* (2020), 16 vacas holandesas em lactação com  $120 \pm 61,2$  dias em lactação foram divididas em dois grupos, enquanto um dos grupos permaneceu durante todos os 39 dias de ensaio em um piquete com água, pastagem e sombra disponível, o outro grupo, foi privado do acesso a sombra do 15º ao 24º dia de experimento, que ocorreu de janeiro a março. A acidez titulável, que foi maior nos animais sem acesso à sombra em comparação aos com acesso à sombra, sendo os valores médios, respectivamente de 0,187e 0,154% (m/v) expressa em ácido láctico, ou seja, o estresse calórico pode ser um fator que aumenta a acidez natural do leite.

Zanela *et al* (2006) realizaram um trabalho em vacas da raça Jersey que tinham em torno de 162 dias de lactação com dois tratamentos, sendo o primeiro com uma dieta *ad libitum* que preenchia todos as necessidades nutricionais dos animais e o outro fornecia apenas 60% das exigências por 18 e 19 dias (dois períodos). O valor da acidez titulável foi menor (0,183% (m/v) expressa em ácido láctico) nos animais com restrição alimentar comparados aos animais com a dieta completa (0,197% (m/v) expressa em ácido láctico). Estes resultados estão de acordo Ponce Ceballo & Hernández (2001) realizaram um estudo em 227 propriedades leiteiras em 1993, com amostras de 15.000 vacas em ordenha no período. A maior parte dos rebanhos que apresentavam leite instável se caracterizava por apresentar animais com baixa condição corporal e sofrendo subnutrição, sendo que a alimentação atendia cerca de 50 a 70% das necessidades básicas. Neste estudo, mais de 50% das amostras de leite responderam de forma positiva ao teste do álcool, com acidez titulável inferior a 0,13% (m/v) expressa em ácido láctico e baixa densidade.

Werncke (2017) realizou um experimento com três períodos, sendo eles: adaptação, indução e recuperação, sendo que no período de indução foi restringido em 50% as necessidades de energia e proteína dos animais. Nesse período de restrição alimentar foi encontrada a menor acidez titulável de 0,145 (m/v) expressa em ácido láctico. Segundo Stumpf *et al* (2013), que também estudaram animais leiteiros em restrição alimentar de 50% das exigências nutricionais, o nível de alimentação teve correlação altamente positiva com a estabilidade do leite e acidez titulável, ou seja, com uma alimentação adequada e completa os animais produzem leite com maior acidez titulável comparado com vacas em restrição de alimentos.

Barbosa (2012) fez dois experimentos de restrição alimentar em vacas leiteiras. O primeiro ocorreu por 120 dias com 6 vacas Jersey (<50 dias em lactação), e estas tiveram a dieta alternada a cada 30 dias até o fim do período experimental, em dieta controle suprindo todos os requerimentos nutricionais e em outra dieta com redução de 40% das necessidades. No segundo experimento com 16 vacas Jersey ( $\pm 210$  dias em lactação), estas tiveram 28 dias com restrição alimentar de 30% da dieta, porém nenhum dos estudos teve efeito significativo sobre a acidez do leite.

Em relação à restrição alimentar e à acidez do leite, houve um consenso entre os autores encontrados, que a restrição igual ou acima de 50% das necessidades nutricionais das vacas, causa uma diminuição na acidez titulável do leite, mesmo que está ainda fique dentro do recomendado pela legislação de 0,14 a 0,18% (m/v) expressa em ácido láctico. Pinheiro *et al* (2022) realizaram um experimento testando dois tipos de volumosos (silagem de milho e cana de açúcar) em 13 vacas holandesas com ( $281 \pm 29$  dias de lactação) e testaram a estabilidade do leite no teste do álcool e acidez titulável. O tipo de volumoso não afetou a acidez titulável do leite.

## **6. CONCLUSÃO**

O leite é um composto levemente ácido devido a sua composição, e a acidez titulável é um método para quantificar essa acidez, além de ser usada como parâmetro para qualidade do leite. Essa acidez originada dos seus próprios compostos é chamada acidez natural, e diversos fatores podem alterá-la. Foram encontrados estudos escassos sobre estes fatores, sendo alguns muito antigos. O fator mais estudado é a nutrição, principalmente a restrição alimentar, esses trabalhos apresentam metodologias semelhantes e possibilitam uma comparação entre si. No geral, a acidez do leite aparece apenas como uma variável secundária nos estudos, por isso esse assunto tem muitas possibilidades para serem aprofundadas, como a relação de acidez com citratos e/ou fosfatos e como o estresse térmico e a influência do ambiente atuam sobre a acidez do leite.

## 7. REFERÊNCIAS

ABREU, A.S. *et al.* **Natural tree shade increases milk stability of lactating dairy cows during the summer in the subtropics.** Journal of Dairy Research, 2020.

AFONSO, J. B. A.; VIANNI, M. C. E. **Variação do teor de cloretos e acidez Dornic no leite de vacas com mastite induzida experimentalmente.** Revista Universidade Rural, v. 17, n. 1, p.1-6, 1995.

BARBOSA, *et al.* **Caracterização eletroforética de proteínas e estabilidade do leite em vacas submetidas à restrição alimentar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 47(04), 2012.

BARBOSA, R. S. *et al.* **Efeitos dos horários de medida, do estágio de lactação e do Leite Instável Não Ácido (LINA) sobre alguns atributos físicos do leite bovino-Parte: 2.** In: Congresso panamericano de leite; 9. 2006. Porto Alegre.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLET, J.B. **Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress.** Journal of Dairy Science. v.90, n.4, p. 1947-1956, 2007.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **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, 2017.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado.** Diário oficial da união, Brasília, 2018. Edição 230, Seção 1.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 77, de 26 de novembro de 2018. Critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial.** Diário oficial da união, Brasília, 2018. Edição 230, Seção 1.

BRASIL. - Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretrizes metodológicas:**

**elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados.** – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012. 92 p. Série A: Normas e Manuais Técnicos.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.º 62, de 29 de dezembro de 2011.** [Altera o caput, exclui o parágrafo único e insere os -1 1º e 3º, todos do art. 1º da Instrução Normativa MAPA nº 51, de 18 de setembro de 2002]. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2011. Seção 1, p.6-11.

BRITO, M. A. *et al.* **Acidez titulável.** EMBRAPA, Agronegócio do leite. 2021a. Disponível em: [www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de\\_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/testes-de-qualidade/acidez-titulavel](http://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/testes-de-qualidade/acidez-titulavel). Acesso em: 06 abril de 2023. a

BRITO, M. A. *et al.* **Composição.** EMBRAPA, Agronegócio do leite. 2021b. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado\\_de\\_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao). Acesso em: 06 abril de 2023.

CERBULIS, J.; FARRELL, H.M. **Composition of the milks of dairy cattle. II. ash, calcium, magnesium, and phosphorus.** Journal of Dairy Science, 59:589-93, 1976.

CHENG, L.J.; CLARKE, P.T.; AUGUSTIN, M.A. **Seasonal variation in yogurt properties.** Australian Journal of Dairy Technology, 57:187-91, 2002.

COLEMAN, J.; PIERCE, K.M.; BERRY, D.P.; BRENNAN, A.; HORAN, B. **Increasing milk solids production across lactation through genetic selection and intensive pasture-based feed system.** Journal of Dairy Science, 93:4302-17, 2010.

CUNHA, J.S. *et al.* **Teste do álcool e do alizarol: primeiro passo para seleção do leite.** Laboratório de inovação no processamento de alimentos – Universidade Federal de Viçosa. 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/lipaufv/teste-do-alcool-e-do-alizarol-1-passo-para-selecao-do-leite-227443/>. Acesso em: 06 de abril de 2023.

DAVIES, D.T.; WHITE, J.C.D.; **713. The relation between the chemical composition of milk and the stability of the caseinate complex. II. coagulation by ethanol.** Journal of Dairy Research, 25:256-66, 1958.

DONNELLY, W.J.; HORNE, D.S. **Relationship between ethanol stability of bovine milk and natural variations in milk composition.** Journal of Dairy Research, 53:23-33. 1986.

DOWNEY, L.; DOYLE P.T. **Cow nutrition and dairy product manufacture-implications of seasonal pasture-based milk production systems.** Australian Journal of Dairy Technology. 62:3-11.2007.

DUNSHEA, F.R.; WALKER, G.P.; WILLIAMS. R.; DOYLE, P.T. **Mineral and citrate concentrations in milk are affected by seasons, stage of lactation and management practices.** Agriculture. 9:25, 2019.

EMBRAPA. **Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária.** Circular técnica 123. Juiz de Fora/MG, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Milk and dairy products in human nutrition.** Rome; 2013.

FONSECA, L.F.L.; SANTOS, M.V. **Propriedades e composição do leite.** In: 2º Curso online de atualização sobre controle de mastite. 2000.

FORMAGGIONI, R. *et al.* **Milk with abnormal acidity. The role of phosphorus content and the rennet-coagulation properties of Italian Friesian herd milk.** Ann Fac Med Vet Univ Parma, v. 21, p. 261–268, 2001.

FOX, P. F. **Food chemistry. Part. III. Cork.** Cork University College, 201p,1991.

FOX, P. F. MCSWEENEY, P. L. H. **Dairy Chemistry and Biochemistry,** Ireland: Blackie Academic & Professional, 478p., 1998.

GARCIA, da S.L. **Fatores que afetam a estabilidade do leite cru bovino: uma revisão sistemática.** 2022. Dissertação – Programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GAUCHERON, F. **The minerals of milk.** Reproduction Nutrition Development. Rennes, v. 45, p. 473 – 483, 2005.

GLANTZ, M. *et al.* **Effects of animal selection on milk composition and processability.** Journal of Dairy Science. 92:4589-603. 2009.

GONZALES, F. H. D.; DURR, J. W.; FONTANELI, R. S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras.** Porto Alegre: Gráfica UFRGS. p. 5-28. 2001.

GURMESSA, J.; MELAKU, A. **Effect of lactation stage, pregnancy, parity and age on yield and major components of raw milk in bred cross Holstein Friesian cows.** World Journal of Dairy & Food Sciences. 7:146-9. 2012.

GUSTAVSSON, F. *et al.* **Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows.** Journal of Dairy Science. 97:3866-77. 2014.

HARMON, R.J. **Simpósio: mastite e avaliação genética para contagem de células somáticas.** Journal of Dairy Science, v.77, n.7, p.2103-2111, 1994.

HECK, J.M.L. *et al.* **Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition.** Journal of Dairy Science. 92:4745-55. 2009.

HOLT, C. **An equilibrium thermodynamic model of the sequestration of calcium phosphate by casein micelles and its application to the calculation of the partition of salts in milk.** European Biophysics. Journal, 33:421-434.2004.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G.; DONNELLY, W.J.; DAVIES, D.T. **Factors affecting the ethanol stability of bovine skim milk. VII. lactational and compositional effects.** Journal of Dairy Research. 53:407-17. 1986.

HUI, Y. H. **Dairy Science and Technology Handbook – Product Manufacturing.** 1. ed. Vol. 1. Wiley-VCH, Inc., 1993. 427 p.

JENSEN, R.G. **Hanbook of milk composition.** Academic Press, San Diego, 1995.

LAZAROTTO, W.; GELINSKI, J.M.L.N.; SOARES, F.A.S.M.; BARATO, C. **Leite no Brasil: aspectos gerais de qualidade.** Revista Brasileira de Farmácia. 100(1):3059-3075, 2019.

MACHADO, S. C. **Fatores que afetam a estabilidade do leite bovino.** 2010. Tese - Programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAGRI, L. P. **Quantificação de acidez titulável e pH utilizando técnica potenciométrica como indicador de qualidade do leite bovino.** 2015. Dissertação –

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Universidade Federal de Juiz de Fora.

MANSON, H.L. **Ácidos graxos na gordura do leite bovino**. Porca Alimentar. Res. 52(1): 509-511, 2008.

MCGRATH, B.A.; FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.; KELLY, A.L. **Composition and properties of bovine colostrum: a review**. Dairy Science & Technology. 96:133-58. 2016.

MENDONÇA, A.H. **Qualidade físico-química de leite cru resfriado: comparação de diferentes procedimentos e locais de coleta**. Revista do Instituto Laticínio Cândido Tostes. 56(321): 276-281, 2001.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D.G. **Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA**. Brasília, Epidemiologia, Serviço de Saúde. 24(2), 2015.

MÜHLBACH, P. R. F.; OSPINA, H.; PRATES, E. R. **Aspectos nutricionais que interferem na qualidade do leite**. In: Encontro Anual da UFRGS sobre Nutrição de Ruminantes. Anais. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 102p.

MUNIZ, L.C.; MADRUGA, S.W. & ARAÚJO C.L. **Consumo de leite e consequências entre adultos e idosos no Sul do Brasil: um estudo de base populacional**. Ciência e Saúde Coletiva. 18(12): 3515-3522, 2013.

NEVES, T.F.F. **Estabilidade do leite: características físico-químicas e parâmetros de desempenho de rebanhos especializados das raças holandesa e jersey**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2021.

NICKERSON, S.C. **Produção de leite: Fatores que afetam a composição do leite**. In: HARDING, F. *Qualidade do leite* Londres: Blackie Academic & Professional, 1995. Cap.2, p.3-23.

ORDÓNEZ, J. A. **Características gerais do leite e componentes fundamentais**. Edição 1. Tecnologia de alimentos – Alimentos de origem animal. 2005.

PACHECO, A.F.C. *et al.* **Acidez do leite: definição, fatores de alteração e análises**. Laboratório de inovação no processamento de alimentos – Universidade Federal de Viçosa, 2022.

- PALLADINO, R.A. **A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions.** Journal of Dairy Science. 93:2176-84. 2010.
- PEAKER, M. & FAULKNER, A. **Soluble milk constituents.** Proceedings of the nutrition Society. n.42,419p. 1983.
- PEREIRA, D. B. C.; SILVA, P. H. F.; COSTA J.R., OLIVEIRA, L. L. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos.** 2ªed. Juiz de Fora: EPAMIG, 2001. 250p
- PEREIRA, P.C. **Leite composição nutricional isso é papel em humano.** Nutrição. 30(6):619-627,2014.
- PONCE CEBALLO, P.; HERNÁNDEZ, R. **Propriedades físico químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária.** In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. (Ed.). Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001. p.58-68.
- RODRIGUES, E. *et al.* **Qualidade do leite e derivados:** Processos, processamento tecnológico e índices. Rio Rural, Niterói, v. 37, n. 37, p. 1-55. 2013
- RODRIGUES, R.; FONSECA, L. M.; SOUZA, M. R. **Acidez do leite.** Caderno Técnico da Escola de Veterinária. UFMG, n. 13, p. 63-72, 1995.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E.M.; ALAEJOS, M.S.; DÍAZ, C.D.R. **Mineral concentrations in cow's milk from the Canary Island.** Journal of Food Composition and Analysis. 14:419-30. 2001.
- ROSE, D. **Factors affecting the heat stability of milk.** Journal of Dairy Science, n. 45, p.1305-1311, 1962.
- SANTOS, M.V. **Aspectos não microbiológicos afetando a qualidade do leite. O compromisso com a qualidade do leite no Brasil.** Passo Fundo: UPF, 2004.
- SILVA, E.M.N. *et al.* **Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano.** Ciência e Agro tecnologia, v.30, n.3, p.516-521, 2006.

- SILVA, M.A.P. *et al.* **Influência do tipo de ordem e do processamento do leite sobre a composição química, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total.** Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes. 71(1): 10-18, 2016
- SILVA, P. H. F. **Leite: Aspectos de Composição e Propriedades.** Química Nova na Escola, n. 6, 1997.
- SMYTH, E., CLEGG, R.A. E HOLT, C. **A biological perspective on the structure and d function of caseins and casein micelles.** International Journal of Dairy Technology 57, 121–126. 2004.
- SOUZA, B.B.; SILVA, G.A.; SILVA, E.M.N. **Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, Brasil.** Journal of animal Behavior Biometeorology, 4:1:12-16. 2016.
- STOOP, W.M.; BOVENHUIS, H.; HECK, J.M.L.; VAN, J.A.M.A. **Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows.** Journal of Dairy Science. 92:1469-78. 2009.
- TRONCO, V.M. **Manual para inspeção e qualidade do leite.** Santa Maria: Editora da UFSM, 166p. 1997
- VELOSO, C. R. V. **Noções básicas da acidez.** In: BRITO, J. R. F.; DIAS, J. C. A qualidade do leite. Juiz de Fora. São Paulo: Tortuga, 1998. p.91-98
- WALSTRA, P. & JENNESS, R. **Química y física lactológica.** Acribia Zaragoza.1986.
- WATTIAUX, A. M. **Composição do leite e seu valor nutricional.** 2014
- WELTER, K.C. *et al.* **Canola oil in lactating dairy cow diets reduces milk saturated fatty acids and improves its omega-3 and oleic fatty acid content.** PLOS ONE. 11:e0151876. 9.2016.
- WERNCKE, D. **Perfil das propriedades e ocorrência de leite instável não ácido na região do vale do braço do norte, sul do estado de Santa Catarina.** Dissertação - Programa de Pós-graduação em ciência animal - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages/SC, 2012.

WERNCKE, D. **Relação entre restrição nutricional e acidose ruminal com as alterações na produção e composição do leite.** Tese - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

WHITE, J.C.D.; DAVIES, D.T. 712. **The relation between the chemical composition of milk and the stability of the caseinate complex. I. general introduction, description of samples, methods and chemical composition of samples.** Journal of Dairy Research. 25:236-55. 21. 1958.

WHITE, J.C.D.; DAVIES, D.T. 714. **The relation between the chemical composition of milk and the stability of the caseinate complex. III. coagulation by rennet.** Journal of Dairy Research. 25:267-80. 1958.

YANG, L *et al.* **Effects of seasonal change and parity on raw milk composition and related indices in Chinese Holstein cows in northern China.** Journal of Dairy Science. 96:6863-9. 11. 2013.

YOO, J. *et al.* **A comparison of quality characteristics in dairy products made from Jersey and Holstein milk.** Food Science of Animal Resources. 39:255- 65. 5. 2019.

ZANELA, M. B. *et al.* **Qualidade do leite em sistemas de produção na região Sul do Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, p. 153-159, 2006

ZANELA, M. B.; FISCHER, V. **Fatores que afetam a estabilidade do leite ao álcool.** Capítulo 8. S/I. Disponível em: 7939180001.pdf (ufrgs.br). Acesso em: 06 de abril de 2023.