

CORRELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E CASEINOMACROPEPTÍDEO (CMP) DO LEITE CRU REFRIGERADO PROVENIENTE DE PRODUTORES RURAIS NO RIO GRANDE DO SUL

Correlation between the physicochemical attributes and caseinomacropetide (CMP) of refrigerated raw milk from farmers in Rio Grande do Sul

Jeferson Aloísio STRÖHER^{1*}  Isaac dos Santos NUNES² 
Joseana SEVERO³  Adriana Aparecida Hansel MICHELOTTI³ 

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

³Instituto Federal Farroupilha (IFFAR), Santa Rosa, RS, Brasil.

*Autor Correspondente; jeferson.stroher@hotmail.com

RESUMO

O setor lácteo brasileiro desempenha um papel essencial na economia, sendo impulsionado por pequenos produtores que contribuem para o desenvolvimento regional. Entretanto, desafios relacionados à qualidade e à adulteração do leite reforçam a necessidade de medidas rigorosas de controle. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade de 300 amostras de leite cru refrigerado provenientes de produtores do Rio Grande do Sul, entre 2021 e 2023, explorando a correlação entre o índice de caseinomacropetideo (CMP) e os parâmetros físico-químicos do leite. A análise de CMP foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), enquanto as demais análises físico-químicas seguiram os protocolos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), com amostras coletadas e analisadas in loco. Os resultados revelaram correlações significativas entre o CMP e atributos como acidez (-0,881), temperatura (0,754) e redutase (-0,668), sugerindo que a elevação do CMP está associada à ação proteolítica no leite. Os achados deste estudo destacam a importância de a indústria de laticínios manter um controle rigoroso dos parâmetros de qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a produção na propriedade rural até o processamento industrial, a fim de assegurar os padrões estabelecidos pela legislação brasileira e a qualidade dos produtos.

Palavras-chave: segurança dos alimentos; controle de qualidade de produtos de origem animal; alterações em produtos lácteos.

ABSTRACT

The Brazilian dairy sector plays an essential role in the economy and is driven by small producers who contribute to regional development. However, challenges related to milk quality and adulteration reinforce the need for strict control measures. This study aimed to assess the quality of 300 samples of refrigerated raw milk from producers in Rio Grande do Sul between 2021 and 2023, exploring the correlation between the caseinomacropetide (CMP) index and the milk's physicochemical parameters. The CMP analysis was carried out using high-performance liquid chromatography (HPLC), while the other physicochemical analyses followed the protocols established by the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA), with samples collected and analyzed on site. The results revealed significant correlations between CMP and attributes such as acidity (-0.881), temperature (0.754) and reductase (-0.668), suggesting that increased CMP is associated with proteolytic action in milk. The findings of this study highlight the importance of the dairy industry maintaining strict control of quality parameters at all stages of the production chain, from production on the farm to industrial processing, in order to ensure the standards set by Brazilian legislation and the quality of the products.

Keywords: food safety; quality control of animal products; changes in dairy products.

Citar este artigo como:

STRÖHER, J. A.; NUNES, I. dos S.; SEVERO, J.; MICHELOTTI, A. A. H. Correlação entre os atributos físico-químicos e caseinomacropetideo (CMP) do leite cru refrigerado proveniente de produtores rurais no Rio Grande do Sul. *Nutrivisa Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. e14598, 2025. DOI: 10.52521/nutrivisa.v12i1.14598. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/nutrivisa/article/view/14598>.

INTRODUÇÃO

A produção de leite exerce uma influência crucial na economia do Brasil, mobilizando uma vasta rede de criadores em diferentes áreas geográficas, gerando um número expressivo de empregos em toda a cadeia produtiva (Rocha, Carvalho, De Resende; 2020). O leite é composto por uma complexa combinação de elementos sólidos e líquidos, contendo nutrientes essenciais como lipídios, carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas, além de elementos bioativos benéficos à saúde (Embrapa, 2021). No entanto, é importante ressaltar que essa composição pode variar devido a diversos fatores, como condições ambientais, genética dos animais e estágio de lactação.

Reconhecido como um alimento de importância relevante e amplamente consumido, o leite pode propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos, devido à sua elevada atividade aquosa, pH neutro e composição nutricional, destacando-se, assim, a necessidade prioritária de assegurar sua inocuidade para o consumo humano (Yoon, Lee, Choi; 2016).

No contexto brasileiro, a produção de leite atingiu 24,52 bilhões de litros em 2023, principalmente proveniente de pequenos produtores, para quem a atividade leiteira representa uma fonte crucial de renda familiar (Agência Gov., 2024; De Sousa Costa, 2015). No entanto, muitos desses produtores enfrentam desafios para atender aos requisitos sanitários necessários à produção de leite cru refrigerado, levando, em alguns casos, à comercialização informal do produto ou, em situações mais graves, ao abandono da atividade leiteira (Ströher *et al.*, 2023) e/ou a sua adulteração.

A adulteração do leite cru refrigerado é uma prática preocupante que visa aumentar o volume ou esconder a qualidade inferior do produto, gerando riscos à saúde do consumidor e perdas econômicas significativas (Valente *et al.*, 2014; Chauhan *et al.*, 2019). Motivada por ganhos financeiros e falta de higiene, essa prática varia desde a simples adição de água até a incorporação de substâncias perigosas, como melamina, formaldeído e peróxido de hidrogênio, para prolongar a vida útil. Outros aditivos, como óleos vegetais e ureia, também alteram os componentes nutricionais do leite, representando riscos adicionais (Lu *et al.*, 2017; Jeong *et al.*, 2015; Garcia *et al.*, 2012; De Carvalho *et al.*, 2015).

Um exemplo comum de adulteração é a adição de soro de queijo ao leite fluido, visando aumentar o volume do produto (Valente *et al.*, 2014), reduzindo

a qualidade nutricional do leite, com diminuição dos teores de sólidos e gordura (Lima *et al.*, 2022). A detecção dessas adulterações por soro oriundo da fabricação do queijo requer análises complexas, como a análise do CMP, cuja execução é cara e demorada, dificultando sua implementação em larga escala (Brasil, 2006). Assim, a análise do CMP, um subproduto da κ -caseína, liberado durante a coagulação do leite auxilia na identificação de fraudes (Brasil, 2006; Lobato, 2014).

Portanto, para garantir a integridade e segurança do produto final, é essencial promover a industrialização do leite cru refrigerado consoante os padrões estabelecidos pela legislação brasileira (Instrução Normativa (IN) n.º 76) (Brasil, 2018). A conformidade com as regulamentações sanitárias é crucial para assegurar a ausência de componentes indesejados, como a CMP e, preservar a qualidade do leite disponível no mercado. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade de 300 amostras de leite cru refrigerado de produtores rurais do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil. A qualidade foi verificada pela quantificação de CMP via HPLC e correlacionada com parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação brasileira (Brasil, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

Análises físico-químicas

Este estudo adotou uma abordagem exploratória, utilizando métodos qualitativos e quantitativos, visando obter uma compreensão mais abrangente da qualidade físico-química do leite cru adquirido por uma indústria de beneficiamento de leite no Vale do Taquari-RS. Foram analisadas 300 amostras de leite cru refrigerado, coletadas diretamente dos tanques isotérmicos de caminhões transportadores no momento da análise, antes da descarga. Essas amostras, provenientes de produtores rurais do Rio Grande do Sul, foram coletadas entre 2021 e 2023.

As análises físico-químicas realizadas incluíram a determinação dos teores de gordura, proteína, lactose anidra, sólidos não gordurosos (SNG) e sólidos totais (ST), conforme o protocolo oficial da Instrução Normativa n.º 77/2018 (Brasil, 2018). Esses testes foram conduzidos em um laboratório da Rede Brasileira de Qualidade do Leite (RBQL). As avaliações de acidez titulável, estabilidade ao alizarol a 72%, densidade relativa e índice crioscópico seguiram as metodologias descritas por Brasil (2006; 2018). O leite cru refrigerado foi coletado em triplicata,

com cada amostra analisada individualmente. Em seguida, foram calculados a média e o desvio padrão, acompanhados da análise estatística e discussão dos resultados.

Análise de caseinomacropéptideo

O índice de CMP foi baseado na identificação e quantificação do caseinomacropéptideo, formado pela ação proteolítica de enzimas. Essa análise utilizou HPLC, com separação em colunas de filtração em gel e detecção por espectroscopia UV, expressando os resultados em miligramas de CMP por litro (Brasil, 2006).

Para o preparo das amostras, foram adicionados 5 mL de ácido tricloroacético 24% a 10 mL de leite, gota a gota, sob agitação constante. Após repouso de 60 minutos em temperatura ambiente, a mistura foi filtrada em papel qualitativo (metodologia adaptada pelos autores).

A quantificação foi realizada injetando 20 µL do filtrado em um cromatógrafo modelo 1200 (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA), com um detector UV ajustado para 205 nm. Utilizou-se uma coluna hidrofílica Zorbax GF-250 (9,4 mm x 250 mm, Agilent Technologies), com partículas de sílica estabilizadas com zircônio na fase estacionária. A fase móvel consistia em uma solução tampão de fosfato (pH 6,0), com um volume de injeção de 20 µL e um fluxo de 2 mL/min.

A curva de calibração foi elaborada com leite cru fresco e sem adição de soro, nas concentrações de CMP de 0, 10, 30, 50, 75 e 100 mg/L, conforme a metodologia oficial. Esse padrão permitiu a construção de um gráfico relacionando a concentração de CMP (mg/L) com a altura do pico, possibilitando a obtenção da equação de regressão. Por fim, a leitura dos picos das amostras foi realizada e os cálculos executados segundo as diretrizes estabelecidas.

Análise estatística

A análise estatística foi conduzida utilizando o software R (R Development Core Team, 2021), empregando a Correlação de Pearson como principal medida quantitativa, calculando o coeficiente de correlação R para as variáveis coletadas. Para assegurar a precisão dos resultados, cada análise foi realizada em triplicata utilizando amostras confiáveis, com um intervalo de confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas do leite cru refrigerado

Na Tabela 1, são apresentados os resultados das análises físico-químicas do leite cru refrigerado proveniente de 300 amostras coletadas diretamente dos tanques isotérmicos de caminhões transportadores de leite oriundos diretamente de produtores rurais do estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 2021 a 2023.

Os resultados indicam que a média de contagem de CMP foi de 19,7 (\pm 19,2), com uma variação de 2,07 a 65,0. A detecção de CMP no leite cru refrigerado pode ser atribuída ao processo proteolítico natural presente no próprio leite. À medida que o leite resfriado é mantido em armazenamento, há um aumento nas oportunidades de proliferação microbiana, particularmente de microrganismos psicrotóxicos (Closs e De Souza, 2011).

Adicionalmente, as enzimas termorresistentes sintetizadas por esses microrganismos podem permanecer ativas tanto em leite cru quanto em leite UHT (processo de ultrapasteurização), resultando na liberação de CMP. Isso ocorre devido à capacidade das enzimas proteolíticas em hidrolisar a caseína em sítios quimicamente análogos aos da hidrólise realizada pela quimosina, podendo resultar em um falso positivo para a análise de CMP do leite (Closs e De Souza, 2011).

A quimosina é fundamental na produção de queijos, promovendo a hidrólise da κ -caseína do leite nas ligações 105-106. Isso resulta na formação de dois peptídeos: a para-k-caseína, que permanece no queijo, e o caseinomacropéptideo (CMP), que se solubiliza no soro de queijo.

Os microrganismos psicrotóxicos possuem a capacidade de se multiplicarem a 7°C, o que os torna uma das principais causas de produtos lácteos de qualidade inferior, sendo uma das possíveis explicações para esses resultados. Nas indústrias de laticínios, o leite é geralmente estocado a temperaturas de até 5°C (Brasil, 2020). Embora não haja um limite máximo de tempo de armazenamento, o prolongamento desse período pode favorecer o crescimento bacteriano (Closs e De Souza, 2011). Por outro lado, quando o leite é obtido de forma adequada e higiênica, sendo resfriado e armazenado adequadamente, seguindo boas práticas agropecuárias (BPA), o crescimento de microrganismos psicrotóxicos pode ser devidamente controlado (Santos *et al.*, 2009).

Brasil (2006) cita que o leite cru refrigerado deve apresentar um resultado de CMP de até 30 mg/L.

Tabela 1 - Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do leite cru refrigerado.

| Parâmetro | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo | Limite da legislação |
|------------------------|--------|---------------|--------|--------|-----------------------|
| CMP (mg/L) | 19,7 | 19,2 | 2,07 | 65 | ≤ 30 |
| Temperatura (°C) | 5,57 | 1,53 | 3 | 8,9 | ≤ 7,0 |
| Alizarol (%) | 75,2 | 2,11 | 72 | 80 | ≥ 7,0 |
| Crioscopia (°H) | -0,539 | 0,0384 | -0,565 | -0,533 | Entre -0,530 a -0,555 |
| Gordura (g/100g) | 3,74 | 0,192 | 3,2 | 4,2 | ≥ 3,0 |
| Acidez (g ác. láctico) | 0,157 | 0,02 | 0,12 | 0,20 | Entre 0,14 a 0,18 |
| Densidade (g/100g) | 1,0306 | 330 | 1,032 | 1,0306 | Entre 1,028 a 1,034 |
| ST (g/100g) | 12,5 | 3,46 | 11,6 | 14,6 | ≥ 11,40 |
| SNG (g/100g) | 8,77 | 3,47 | 8,39 | 9,05 | ≥ 8,40 |
| Redutase (min.) | 225 | 167 | 10 | 940 | -- |
| Proteína (g/100g) | 3,33 | 0,202 | 2,66 | 3,92 | ≥ 2,90 |
| Lactose (g/100g) | 4,36 | 0,14 | 3,56 | 4,68 | ≥ 4,30 |

Quando o resultado de CMP estiver entre 30 e 75 mg/L, o leite pode ser utilizado para a produção de derivados lácteos. No entanto, se o valor for superior a 75 mg/L, o leite deve ser destinado à alimentação animal, à indústria química ou a outro destino avaliado pelos órgãos fiscalizadores competentes.

A temperatura média do leite cru refrigerado foi de 5,57°C (±1,53), variando entre 3,0 e 8,9°C. Manter o leite cru em temperaturas baixas é essencial, pois temperaturas elevadas comprometem sua qualidade, aumentando a contagem bacteriana (contagem padrão em placas). Isso pode impactar negativamente tanto o rendimento industrial quanto a saúde do consumidor (De Queiroz *et al.*, 2019).

No entanto, Gualberto *et al.* (2022) indicam que, apesar da temperatura de armazenamento do leite ser baixa, a quantidade de microrganismos aumenta significativamente após 24 horas.

A porcentagem média de alizarol foi calculada em 75,2% (±2,11), com variação de 72 a 80%. O teste do alizarol desempenha um papel fundamental na avaliação da qualidade do leite, permitindo a detecção de suas condições e verificando a estabilidade térmica. Sua relevância é ressaltada como a única opção viável para os transportadores na propriedade rural antes da coleta (Weiss *et al.*, 2022; Ströher *et al.*, 2021). Conforme apontado por Suñé (2010), a coagulação do leite pode ser desencadeada pela redução do pH durante a fermentação da lactose, resultando na produção de ácido láctico e tornando a proteína do leite instável. Além disso, a falta de higiene e a refrigeração

inadequada do leite podem contribuir para a sua instabilidade.

A crioscopia média registrou -0,539 °H, (±0,03), variando de -0,565 a -0,533 °H. A crioscopia do leite é um método que avalia o seu ponto de congelamento por meio de um crioscópio eletrônico, sendo influenciado pelos elementos solúveis presentes, especialmente a lactose. Dessa forma, a crioscopia é empregada como um parâmetro para identificar possíveis adulterações no leite, como a adição de água e desnatado (Pinheiro *et al.*, 2020).

A média de gordura foi de 3,74 g/100g, (±0,192), variando de 3,20 a 4,20 g/100g. Embora a quantidade de gordura no leite possa variar devido a diversos fatores, como dieta, genética e condição física, conforme discutido por Oliveira *et al.* (2012), sua fração lipídica, composta principalmente por triglicerídeos, desempenha um papel crucial como transportadora de vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K), colesterol e outras substâncias solúveis em gordura. Essa fração não apenas influencia a coloração característica do leite, mas também desempenha um papel fundamental na nutrição e na saúde.

A média de acidez registrada foi de 0,157 g ácido láctico, (±0,02), variando de 0,12 a 0,20 g ácido láctico. O teste de acidez do leite demonstra o aumento do ácido láctico devido à fermentação da lactose pelas bactérias mesófilas, conforme mencionado por Tronco (2008), enquanto um aumento na acidez pode indicar crescimento de micro-organismos que degradam a lactose, resultando na produção de ácido

lático (Cardoso *et al.*, 2023). Por outro lado, a diminuição na acidez pode estar relacionada à adição de água ao produto e/ou neutralizadores, conforme discutido por Brasil (2013).

A densidade média foi calculada em 1,0306 g/100g, ($\pm 0,33$), variando de 1,0320 a 1,0306 g/100g. A densidade do leite é um indicador crucial de sua integridade. Valores abaixo de 1,028 sugerem a possibilidade de adição de água ou problemas de saúde nos animais, enquanto densidades acima de 1,034 g/mL podem indicar a presença de substâncias indesejadas ou desnatamento (Polegato e Rudge, 2003). Conforme observado por Zenebon *et al.* (2008), a densidade do leite pode ser influenciada pela sua composição química; ou seja, um aumento no teor de proteína, lactose e sais minerais pode resultar em um aumento na densidade do leite. Por outro lado, um aumento no teor de gordura e a adição de água podem diminuir a densidade.

A média de sólidos totais (ST) foi de 12,5 g/100g, ($\pm 3,46$), variando de 11,6 a 14,6 g/100g. A média de sólidos não gordurosos (SNG) foi de 8,77 g/100g, variando de 8,39 a 9,05 g/100g. Os termos sólidos totais (ST) e sólidos não gordurosos (SNG) são parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do leite e estão diretamente relacionados ao rendimento industrial de produtos lácteos, como queijos e leite em pó (Eckstein *et al.*, 2014). ST refere-se a todos os componentes do leite, excluindo a água, enquanto SNG inclui todos os elementos do leite, exceto água e gordura (Embrapa, 2021). Esses parâmetros são de importância significativa, pois influenciam o rendimento dos derivados lácteos.

O tempo médio de análise de redutase foi de 225 minutos, (± 167), variando de 10,0 a 940 minutos. Este teste se baseia na redução do corante azul de metileno, que atua como receptor de íons H⁺ resultantes da atividade da desidrogenase (redutase) no metabolismo microbiano. O tempo de redução é inversamente proporcional à quantidade de bactérias redutoras presentes na amostra, ou seja, quanto maior a contaminação do leite, mais rapidamente a solução irá perder sua coloração (Nero *et al.*, 2000).

A média de proteína foi de 3,33 g/100g, ($\pm 0,202$), variando de 2,66 a 3,92 g/100g. As proteínas do leite bovino estão presentes em concentrações que vão de 3% a 3,5% (Bordin *et al.*, 2001) e são reconhecidas por sua significativa atividade biológica (Fox *et al.*, 2015). No entanto, fatores genéticos, como a raça dos animais, também podem influenciar a composição proteica do leite (Santos *et al.*, 2021).

A média de lactose foi registrada em 4,36 g/100g,

($\pm 0,14$), variando de 3,56 a 4,68 g/100g. A lactose é o principal carboidrato presente no leite, sendo produzida pelas células epiteliais da glândula mamária, podendo variar entre 4,7 a 5,2%, sendo um dos componentes menos suscetíveis a variações (Embrapa, 2021). A lactose no leite cru refrigerado é principalmente originada da glicose, que é sintetizada no fígado a partir do ácido propiônico do rúmen. Portanto, a quantidade de lactose está relacionada à regulação da pressão osmótica na glândula mamária; assim, um aumento na produção de lactose está associado a um maior volume de leite. (Peres, 2001).

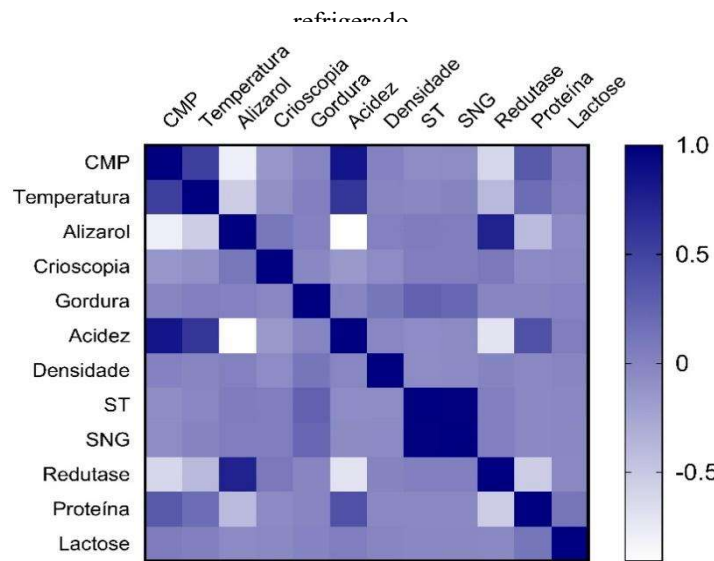
Correlação dos atributos de qualidade do leite cru refrigerado

Neste estudo, foram identificadas diversas correlações significativas entre parâmetros físico-químicos do leite cru refrigerado (Figura 1). Foi observada uma correlação moderadamente positiva entre a temperatura e a CMP do leite cru refrigerado ($r = 0,754$, $p < 0,001$), sendo igualmente encontrada uma correlação moderada negativa entre a redutase e a CMP do leite cru refrigerado ($r = -0,668$, $p < 0,001$) e correlação forte negativa entre a acidez e a CMP ($r = -0,881$, $p < 0,001$). Estudos indicam que o índice de CMP no leite fresco tende a aumentar com o tempo de armazenamento, devido à ação proteolítica do próprio leite (Friedrich *et al.*, 2010), o que pode ter ocorrido igualmente neste estudo, devido aos elevados resultados em desacordo em inúmeras amostras de leite cru refrigerado, sendo que quanto maior foi o resultado de CMP do leite cru refrigerado, maior foi a sua acidez e a sua temperatura e menor a sua redutase.

Ströher *et al.* (2023) destacam que o armazenamento do leite cru refrigerado na propriedade, o tempo entre ordenha, transporte e armazenamento na indústria afetam sua qualidade, aumentando a contagem padrão em placas (CPP) (número total de bactérias aeróbias no leite cru refrigerado) em todas as etapas, evidenciando a necessidade de controle sanitário rigoroso e ações corretivas para melhorar a qualidade do leite.

Santos *et al.* (2010) identificaram uma correlação significativa quanto? entre a contagem de bactérias psicotróficas aeróbias e a concentração de soro em amostras de leite cru refrigerado. No entanto, Correa *et al.* (2017) sugerem que a correlação entre a contagem de microrganismos psicotróficos e o CMP pode ser fraca devido à variedade de microrganismos presentes nas amostras de leite. Closs e Souza (2011) observaram um aumento no teor de CMP em amostras de leite UHT com o tempo de armazenamento.

Figura 1- Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do leite cru



Fonte: autores (2024)

Lobato (2014) não encontrou correlação significativa entre os índices de CMP e outras variáveis.

Semelhante a isto, foi identificada uma correlação moderada positiva entre a acidez e a temperatura ($r = 0,735$, $p < 0,001$), e entre a redutase e a concentração de alizarol ($r = 0,747$, $p < 0,001$).

Além disso, uma forte correlação positiva forte foi encontrada entre o teor de sólidos totais (ST) e a densidade do leite ($r = 0,998$, $p < 0,001$), e entre os SNG e o ST ($r = 0,998$, $p < 0,001$). Por fim, uma correlação perfeita positiva foi observada entre os SNG e a densidade do leite ($r = 1,000$, $p < 0,001$).

Observou-se, igualmente, uma correlação moderada negativa entre o alizarol e a temperatura ($r = -0,699$, $p < 0,001$), entre a redutase e a acidez ($r = -0,683$, $p < 0,001$), e entre o alizarol e a CMP ($r = -0,859$, $p < 0,001$). Além disso, uma correlação forte negativa foi encontrada entre a acidez e o alizarol ($r = -0,882$, $p < 0,001$). Os achados deste estudo revelam uma interação complexa e contrária entre os parâmetros físico-químicos analisados, sugerindo que variações em um destes parâmetros podem exercer influência significativa sobre os demais.

Os resultados evidenciam a necessidade de controle rigoroso em todas as etapas da produção de leite cru refrigerado, pois vários fatores influenciam sua qualidade e atributos. Seguir a legislação brasileira é essencial para garantir produtos lácteos de alta qualidade e segurança dos consumidores, com base em parâmetros físico-químicos, microbiológicos e proteômicos (Ströher *et al.*, 2024).

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam correlações significativas entre os atributos de qualidade do leite cru refrigerado, especialmente em relação ao índice de CMP. Esses achados destacam a influência de diversos fatores inter-relacionados que impactam diretamente a qualidade do leite. Dessa forma, torna-se essencial que a indústria de laticínios mantenha um controle rigoroso dos parâmetros de qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a produção na propriedade rural até o processamento industrial, para que os padrões estabelecidos pela legislação brasileira sejam assegurados.

Por fim, reforça-se a necessidade de novos estudos que aprofundem a compreensão dos fatores que influenciam a qualidade do leite cru refrigerado. Esse conhecimento permitirá a implementação de estratégias mais eficazes para aprimorar a qualidade do produto e promover maior competitividade e lucratividade aos produtores rurais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Governo lança estratégia para incentivar produção e consumo de leite no Brasil. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202409/>

- governo-estrategia-incentivar-producao-consumo-leite-brasil. Acesso em 12 set. 2024.
- BORDIN, G.; RAPOSO, F. C.; DE LA CALLE, B.; RODRIGUEZ, A. R. Identification and quantification of major bovine milk proteins by liquid chromatography. *Journal of chromatography A*, v. 928, n. 1, p. 63-76, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01097-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01097-4)
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa 68, de 12 de dezembro de 2006. Aprova Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 12 dez. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento técnico da identidade e qualidade do leite tipo A, do leite tipo B, do leite tipo C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 77, de 2 de novembro de 2018. Ficam estabelecidos os 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 República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA MAPA n.º 30 de 13 de setembro de 2018. Aprovar o Regulamento Técnico de Colheita de Amostras e Envio de Resultados de Controle e Qualidade Oficial de Produtos de Uso Veterinário. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 set. 2018.
- BRITO, J.R.F.; BRITO, M.A.V.P.; VERNEQUE, R.D.S. Contagem bacteriana da superfície de tetas de vacas submetidas a diferentes processos de higienização, incluindo a ordenha manual com participação do bezerro para estimular a descida do leite. *Ciência rural*, v. 30, p. 847-850, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000500018>
- CARDOSO, P.F.; OLIVEIRA, J.R.; PEREIRA, J.B. Análise microbiológica e físico-químico do leite in natura refrigerado em diferentes tempos de armazenamento. *Animal em Foco*, v. 3, p. 36-45, 2023.
- CHAUHAN, S.L.; PRIYANKA, K.D.M.; PAUL, B.R.; MAJI, C. Adulteration of milk: A review. *IJCS*, v. 7, n. 1, p. 2055-2057, 2019. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000500018>
- CLOSS, E.; SOUZA, C.F.V. Avaliação do teor de caseinomacropéptido (CMP) nos leites cru e UAT ao longo do tempo de armazenamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, v. 2, p. 111-119, 2011.
- CORREA, M.A.; COELHO, K.O.; ROCHA, F.R.T.; dos SANTOS, A. P. P.; BUENO, C. P.; NEVES, R.B.S. Comparação entre o CMP, a contagem de psicrótrófi- cos e o tempo de rota de leite cru refrigerado. *Revista Espacios*. Vol. 38, n.º 24, 2017.
- DE CARVALHO, B.M.A.; DE CARVALHO, L.M.; DOS REIS COIMBRA, J.S.; MINIM, L.A.; DE SOUZA BARCELLOS, E.; DA SILVA JÚNIOR, W.F.; SILVA JÚNIOR, W.F.; DETMANN, D.E.; DE CARVALHO, G.G.P. Rapid detection of whey in milk powder samples by spectrophotometric and multivariate calibration. *Food Chemistry*, v. 174, p. 1-7, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.003>
- DE OLIVEIRA, E.N.A.; DA COSTA SANTOS, D. Avaliação da qualidade físico-química de leites pasteurizados. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 71, n. 1, p. 193-7, 2012.
- DE QUEIROZ, R.L.L.; COELHO, K.O.; PASSOS, A.A.; DOS REIS VALADÃO, L.; RIBEIRO, R.V. Contagem bacteriana total do leite cru refrigerado em função do período do ano. *Pubvet*, v. 13, p. 152, 2019. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n4a313.1-5>
- DE SOUSA COSTA, V.; DE ALBUQUERQUE ASSUNÇÃO, A.B.; DA COSTA, M.M.B.; CHACON, M.J.M. Análise de custos a partir da cadeia do valor do leite e seus derivados na região Seridó do Rio Grande do Norte. *Revista Ambiente Contábil*, v. 7, n. 1, p. 89-108, 2015.
- DE SOUZA, G.C.S.; DA SILVA, P.A.B.; LEOTÉRIO, D.M.D.S.; PAIM, A.P.S.; LAVORANTE, A.F. A multi-commuted flow system for fast screening/sequential spectrophotometric determination of dichromate, salicylic acid, hydrogen peroxide and starch in milk samples. *Food Control*, v. 46, p. 127-135, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.021>
- DOS SANTOS, P.A.; DA SILVA, M.A.P.; DE SOUZA, C.M.; DOS SANTOS ISEPON, J.; DE OLIVEIRA,

- A.N.; NICOLAU, E.S. Efeito do tempo e da temperatura de refrigeração no desenvolvimento de microrganismos psicotróficos em leite cru refrigerado coletado na macrorregião de Goiânia-GO. *Brazilian Animal Science*, v. 10, n. 4, p. 1237-1245, 2009. <https://doi.org/10.5216/cab.v10i4.3522>
- DOS SANTOS, M.J.S.; MEDEIROS, A.K.S.; MELO, D. DOS S.; BALIEIRO, A.L.; SA, J.P.N. Caracterização de leite cru refrigerado produzido no interior de Sergipe frente aos parâmetros legislatórios no Brasil. In: Congresso Internacional da Agroindústria. 2021. <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0301>
- EMBRAPA. Agronegócio do Leite: Composição. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agenciadeinformacaotecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao. Acesso em 24 mar. 2024.
- FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H.; PAUL, L.H. Dairy chemistry and biochemistry. 1998.
- GARCIA, J.S.; SANVIDO, G.B.; SARAIVA, S.A.; ZACCA, J.J.; COSSO, R. G.; EBERLIN, M.N. Bovine milk powder adulteration with vegetable oils or fats revealed by MALDI-QTOF MS. *Food Chemistry*, v. 131, n. 2, p. 722-726, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.062>
- GUALBERTO, I.M.C.; DE BRITO, I.B.; VIEIRA, Í.S. Influência do tempo e da temperatura de armazenamento na contagem bacteriana total e no teor de sólidos do leite cru refrigerado. 2024. *Revista de Ciências da Faculdade Univértix. Matipó*. V.1 n.1, abr., 2022.
- JEONG, H.S.; CHUNG, H.; SONG, S.H.; KIM, C.I.; LEE, J.G.; KIM, Y.S. Validation and determination of the contents of acetaldehyde and formaldehyde in foods. *Toxicological Research*, v. 31, p. 273-278, 2015. <https://doi.org/10.5487/TR.2015.31.3.273>
- LIMA, J.S.; RIBEIRO, D.C.; NETO, H.A.; CAMPOS, S.V.; LEITE, M.O.; FORTINI, M.E.D.R.; FONSECA, L. M. A machine learning proposal method to detect milk tainted with cheese whey. *Journal of Dairy Science*, v. 105, n. 12, p. 9496-9508, 2022. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21380>
- LOBATO, P.R. Pesquisa da adição de soro de queijo ao leite pasteurizado comercializado em Minas Gerais: determinação de CMP por cromatografia líquida de alta eficiência (CLA) e comparação dos métodos imunológicos (Stick cGMP e BRW Elisa). 2014. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- LU, Y.; XIA, Y.; LIU, G.; PAN, M.; LI, M.; LEE, N.A.; WANG, S. A review of methods for detecting melamine in food samples. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, v. 47, n. 1, p. 51-66, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408347.2016.1176889>
- NERO, L.A.; BELOTI, V.; BARROS, M.A.F. Métodos rápidos e automatizados para enumeração de microrganismos indicadores em leite-utilização no Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 21, n. 1, p. 115-126, 2000.
- PERES, J.R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p. 30-45, 2001.
- PINHEIRO, L.O.; JÚNIOR, M.R.; LIMA, C.M.G.; SOUSA, H. C.; PAGNOSSA, J.P.; SANTOS, L.S.; DE ALBUQUERQUE FERNANDES, S.A. Use of multivariate statistics to predict the physicochemical quality of milk. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, p. e41942808-e41942808, 2020. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2808>
- ROCHA, D.T.; CARVALHO, G.R.; DE RESENDE, J.C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. *Circ. Téc. EMBRAPA-PDF, Juiz de Fora - MG*, 2020.
- SANTOS, P.D.; SILVA, M.D.; MOREIRA, G.D N.; BARROS, J.C.; OLIVEIRA, A.D.; NICOLAU, E.S. Evolution of proteolysis of milk inoculated in vitro with *Pseudomonas fluorescens*. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 2010, Vol. 28, n.º 2, 313-320 ref. 17. 2010.
- STRÖHER, J.A.; CAXAMBU, S.; DE FREITAS, A.S.; ERHARDT, M.M.; DOS SANTOS JR, L.C.O. Avaliação socioeconômica e parâmetros de qualidade do leite cru refrigerado de pequenas propriedades leiteiras do Vale do Taquari, RS. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 40, p. 27206, 2023. <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27206>
- STRÖHER, J.A.; DOS SANTOS JR, L.C.O.; DE FREITAS, A.S.; DOS SANTOS NUNES, I.; PADILHA, R.L. Avaliação das boas práticas agropecuárias (BPA) e de fabricação (BPF) de uma agroindústria de queijo artesanal serrano (QAS) no Rio Grande do Sul (RS). *Revista Ciência Agrícola*, v. 22, p. e15198-e15198,

2024. <https://doi.org/10.28998/rca.22.15198>

STRÖHER, J.A.; DOS SANTOS JR, L.C.O.; SALAZAR, M.M. Avaliação da qualidade microbiológica do leite cru refrigerado no trajeto do campo à indústria: estudo de caso no Rio Grande do Sul. *Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*, v. 10, n. 1, p. e11064-e11064, 2023. <https://doi.org/10.59171/nutrivisa-2023v10e11064>

STRÖHER, J.A.; DOS SANTOS NUNES, M.R.; DOS SANTOS JUNIOR, L.C.O.; SCHRÖETTER, L.F. Análise da qualidade do leite de produtores do Norte do Estado do Rio Grande do Sul (RS). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. e415101119580-e415101119580, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19580>

SUÑÉ, R.W. A incidência de amostras de leite com reação positiva ao teste do álcool em diferentes concentrações na região da Campanha do Rio Grande do Sul e a relação com a acidez titulável no acidímetro de Dornic. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010. 13 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 113).

TRONCO, V.M. Manual para Inspeção da Qualidade do Leite. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2008; 206p.

VALENTE, G.D.F.S.; GUIMARÃES, D.C.; GASPARDI, A. L.A.; DE ANDRADE OLIVEIRA, L. Aplicação de redes neurais artificiais como teste de detecção de fraude de leite por adição de soro de queijo. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 69, n. 6, p. 425-432, 2014. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i6.353>

WEIS, G.C.C.; DE VARGAS, A.C.; DOS SANTOS, A.C.M.; BALZAN, C. Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Leite. Santa Maria, RS: Pró-Reitoria de Extensão - UFSM, 2022. 1 e-book: il. – (Série Extensão). Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/28414/Boas_Pr%25C%203%A1ticas_Agropecu%C3%A1rias_na_Produ%C3%A7%C3%A3o_de_Leite.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 jul. 2024.

YOON, Y.; LEE, S.; CHOI, K. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. *Food Control*, v. 63, p. 201-215, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.013>

SUBMETIDO: 6.12.2024

ACEITO: 9.1.2025

PUBLICADO: 27.1.2025