

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
ETEC TRAJANO CAMARGO  
3º Mtec PI Química**

**Gabriel Bombo Pierroti  
Gabriela Tristão de Moura**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE  
BEBIDAS LÁCTEAS NUTRICIONAIS INFANTIS ELABORADAS A  
PARTIR DE SORO DE LEITE E ADICIONADAS DE MARACUJÁ**

**Limeira  
2024**

**Gabriel Bombo Pierroti**  
**Gabriela Tristão de Moura**

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE  
BEBIDAS LÁCTEAS NUTRICIONAIS INFANTIS ELABORADAS A  
PARTIR DE SORO DE LEITE E ADICIONADAS DE MARACUJÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da Etec Trajano Camargo orientado pela Profa. Dra. Gislaine Aparecida Barana Delbianco e coorientado pela Profa. Enga. Margarete Galzerano Francescato, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Química.

**Limeira**  
**2024**

*Dedicamos a Deus, em primeiro lugar, e a nossas famílias, que nos deram estrutura para o desenvolvimento do trabalho, e toda nossa jornada acadêmica. A todos que contribuíram de alguma forma durante esses três anos, amigos, colegas e professores. Sem vocês nada seríamos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de, primeiramente, agradecer a Deus, pela graça concedida durante todo o trajeto percorrido até aqui.

Às nossas famílias, por estarem sempre conosco, incentivarem nossa busca por conhecimento e investirem, com seus recursos e esforços, em nossas vidas, ideias e sonhos. Aos nossos pais, por cumprirem seus deveres com amor, independentemente das condições adversas, e por terem fé em nossa capacidade.

Aos professores, tanto da base nacional comum quanto da área técnica, que nos instruíram durante nossa jornada acadêmica na ETEC Trajano Camargo, em especial a professora Daniela Brugnaro Sanches por ter sido nossa companheira durante os três anos de curso, pelo apoio e pela honra de ser nossa paraninfa.

Às nossas orientadoras, Gislaine Aparecida Barana Delbianco e Margarete Galzerano Francescato, pela ajuda prestada, conselhos, correções e apoio tão essenciais para a elaboração do trabalho.

A Leticia Provinciatto do Prado, pela ajuda prestada nas realizações das práticas e todo o cuidado e apoio com o grupo durante o período de aulas, mesmo quando as condições não eram favoráveis.

Aos professores da FCA Unicamp, Ausdinir Danilo Bortolozo e Giovana da Silva Padilha, do LEP e LMetal, e Eduardo Rochete Ropelle e toda a equipe do LaBMEx, por cederem seus laboratórios, ajuda e conselhos para o êxito da parte prática do projeto.

A nossos colegas de classe e a nossos amigos, em especial Beatriz Larsen Gallicchio e Lucas Sampaio Mociaro, por contribuir de forma significativa ao trabalho com a parte prática, opiniões, apoio incondicional, e por estar sempre lá por nós.

Aos alunos, professores e funcionários da ETEC Trajano Camargo que contribuíram com as análises sensoriais, e à nossa colega Luiza Fischer por nos disponibilizar o formulário base para as análises.

A todos que participaram da realização do trabalho de alguma forma.

*É loucura jogar fora todas as chances de ser feliz porque uma tentativa não deu certo.*

*– Antoine de Saint Exupéry*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Prevalência de crianças com baixo peso ou sobrepeso em 2018.....	18
<b>Figura 2</b> – Representação da Extração da Caseína.....	27
<b>Figura 3</b> – Fluxograma das atividades realizadas.....	33
<b>Figura 4</b> – Processo de coagulação mista da caseína para separação do soro de leite.....	34
<b>Figura 5</b> – Processo de produção das bebidas lácteas.....	35
<b>Figura 6</b> – Ficha utilizada para o teste de aceitação.....	40
<b>Figura 7</b> – Processo de produção do biscoito.....	41
<b>Figuras 8 e 9</b> – Caseína separada do soro de leite ao final da coagulação (esquerda); Soro de leite puro (direita).....	43
<b>Figura 10</b> – Soro de leite sendo reduzido durante sua separação da caseína.....	44
<b>Figura 11</b> – Produção da geleia de maracujá (canto superior esquerdo); separação da caseína do soro de leite (canto inferior direito); e esterilização dos recipientes para as bebidas (canto superior, na direita).....	45
<b>Figura 12</b> – Curva padrão absorvância x concentração das amostras de proteínas de BSA.....	49
<b>Figura 13</b> – Amostras utilizadas na análise microbiológica pós-estufa.....	53
<b>Figura 14</b> – Comparação dos dados obtidos para as análises realizadas para o preparo 4.....	57
<b>Figura 15</b> – Médias das avaliações para cada atributo para as formulações de bebidas lácteas.....	58
<b>Figuras 16, 17 e 18</b> – Biscoitos formulação B1 finalizados; Biscoitos formulação B2 finalizados; Biscoitos de ambas as formulações armazenados.....	59

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Recomendações nutricionais diárias para crianças moderadamente ativas.....	16
<b>Tabela 2</b> – Composição de cada tipo de soro de leite.....	20
<b>Tabela 3</b> – Propriedades funcionais do soro de leite em pó conferidas aos alimentos.....	23
<b>Tabela 4</b> – Sais minerais presentes no soro de leite e suas funções.....	24
<b>Tabela 5</b> – Concentrações das caseínas do leite.....	25
<b>Tabela 6</b> – Formulações das bebidas lácteas elaboradas.....	35
<b>Tabela 7</b> – Comparação de preparos e testes realizados até o momento.....	36
<b>Tabela 8</b> – Formulações básicas do biscoito elaboradas.....	42
<b>Tabela 9</b> – Formulações definitivas das bebidas lácteas elaboradas como protótipo.....	45
<b>Tabela 10</b> – Dados obtidos na determinação do teor de acidez das amostras do preparo 3.....	46
<b>Tabela 11</b> – Dados obtidos na determinação do teor de acidez das amostras do preparo 4.....	47
<b>Tabela 12</b> – Análise de pH e comparação com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).....	48
<b>Tabela 13</b> – Valores lidos de absorbância para cada amostra e teor de proteínas calculado.....	49
<b>Tabela 14</b> – Comparação da análise de proteínas com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).....	50
<b>Tabela 15</b> – Teor de proteínas estimado para cada amostra.....	51
<b>Tabela 16</b> – Análise do teor de sólidos solúveis e comparação com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).....	52
<b>Tabela 17</b> – Análise do teor de Vitamina C nas amostras.....	53
<b>Tabela 18</b> – Comparação das amostras realizadas pelo grupo consideradas no teste de prateleira.....	54
<b>Tabela 19</b> – Dados das análises de pH e sólidos solúveis das amostras do preparo 3 para a análise de vida de prateleira.....	56
<b>Tabela 20</b> – Dados das análises de acidez, pH e sólidos solúveis das amostras do preparo 4 para a análise de vida de prateleira.....	56
<b>Tabela 21</b> – Médias das avaliações para cada atributo das formulações de bebidas lácteas.....	57
<b>Tabela 22</b> – Formulações definitivas do biscoito nutricional.....	59

## LISTA DE APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b> – Análise de variância (ANOVA) entre os atributos das formulações de bebidas lácteas e entre os julgadores.....	73
<b>APÊNDICE B</b> – Teste de Tukey entre os atributos das formulações de bebidas lácteas.....	79

## RESUMO

O soro de leite, um subproduto da produção de queijos e outros derivados lácteos, é frequentemente descartado de maneira inadequada, causando impactos ambientais significativos. Para estudar sua aplicação foram desenvolvidas bebidas lácteas enriquecidas com frutas, buscando criar um produto rico nutricionalmente. Foi realizada a separação da caseína do soro de leite, a concentração do soro por evaporação e o desenvolvimento de diversas formulações de bebidas. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais foram conduzidas para avaliar a qualidade e a aceitação das bebidas. Foram realizadas ainda avaliações do teor de proteínas, acidez, pH e teor de sólidos solúveis, a fim de caracterizar as propriedades nutricionais e tecnológicas dos produtos. Os resultados obtidos destacaram que o teor de proteínas estimado variou de 3,06 g/100mL a 4,14 g/100mL, sendo maior nas formulações com maior concentração de soro. O pH das amostras foi compatível com bebidas lácteas comerciais, variando de 4,06 a 3,79, com maior acidez nas formulações mais ricas em soro de leite. O teor de sólidos solúveis apresentou uma variação entre 11,3 °Brix e 13,7 °Brix, aumentando nas amostras com mais soro de leite, sendo coerente com os dados estabelecidos na literatura. A contaminação foi comprovada como inexistente através de uma análise microbiológica de coliformes totais e *Escherichia coli*. As análises sensoriais indicaram alta aceitação dos consumidores, especialmente nas formulações com 40% e 64% de soro. Além disso, o conceito de economia circular foi aplicado, reaproveitando os resíduos do processo para a produção de biscoitos nutricionais à base de caseína.

**Palavras-chave:** bebidas lácteas; soro de leite; economia circular.

## ABSTRACT

Whey, a by-product of cheese production and other dairy derivatives, is often improperly discarded, causing significant environmental impacts. To study your application, dairy beverages enriched with fruits, with the goal to create a nutritionally rich product. The separation of casein from the whey was done, its concentration by evaporation, and the development of various beverage formulations. Physicochemical, microbiological and sensory analyses were conducted to evaluate the quality and acceptance of the beverages. Additionally, evaluations of protein content, acidity, pH, and soluble solids content were performed to characterize the nutritional and technological properties of the products. The results showed that the estimated protein content ranged from 3.06 g/100 mL to 4.14 g/100 mL, with higher levels in formulations with higher whey concentrations. The pHs of the samples were consistent with commercial dairy beverages, ranging from 4.06 to 3.79, with greater acidity in formulations richer in whey. The soluble solids content varied between 11.3 °Brix and 13.7 °Brix, increasing in samples with higher whey content, aligning with data established in the literature. Microbiological analysis confirmed the absence of contamination by total coliforms and *Escherichia coli*. Sensory analyses indicated high consumer acceptance, especially for formulations with 40% and 64% whey. Moreover, the concept of a circular economy was applied by reusing process residues to produce nutritional casein-based cookies.

**Keywords:** dairy beverages; whey; circular economy.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	12
2 OBJETIVO .....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
3.1 Nutrição.....	15
3.1.1 Parâmetros ideais da nutrição Infantil.....	15
3.1.3 Situação da nutrição infantil .....	17
3.2 Soro de Leite .....	19
3.2.1 Composição proteica do soro de leite .....	20
3.2.2 Soro de leite na indústria alimentícia .....	22
3.3 Caseína.....	25
3.3.1 Extração da caseína .....	26
3.3.2 Caseína na indústria alimentícia .....	27
3.4 Fontes de Nutrientes Suplementares .....	28
3.4.1 Maracujá.....	29
3.5 Economia Circular .....	30
3.5.1 Economia circular aplicada à indústria de laticínios .....	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	33
4.1 Separação e Concentração do Soro de Leite .....	33
4.2 Produção da Bebida Láctea Nutricional .....	35
4.3 Análises Físico-Químicas, Microbiológicas e Sensoriais.....	36
4.3.1 Teor de acidez em ácido láctico .....	37

4.3.2	Análise de pH.....	37
4.3.3	Teor de proteínas.....	37
4.3.4	Teor de sólidos solúveis .....	38
4.3.5	Identificação de vitamina C.....	38
4.3.6	Análise de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> .....	39
4.3.7	Vida de prateleira .....	39
4.3.8	Análises sensoriais .....	40
4.4	Produção de Biscoito Nutricional .....	41
5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	43
5.1	Separação e Concentração do Soro de Leite .....	43
5.2	Produção da Bebida Láctea Nutricional .....	44
5.3	Análises Físico-Químicas, Microbiológicas e Sensoriais.....	46
5.3.1	Teor de acidez em ácido láctico .....	46
5.3.2	Análise de pH.....	48
5.3.3	Teor de proteínas.....	48
5.3.4	Teor de sólidos solúveis .....	51
5.3.5	Identificação de vitamina C.....	52
5.3.6	Análise de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> .....	53
5.3.7	Vida de prateleira .....	54
5.3.8	Análises sensoriais .....	57
5.4	Produção de Biscoito Nutricional .....	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
	REFERÊNCIAS .....	62

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Dados do *United States Department of Agriculture* (USDA) colocam o Brasil na posição de sexto maior produtor de leite do mundo, com 28,2 milhões de toneladas produzidas em 2023. Além disso, o país também é o quarto maior produtor de queijo do mundo, com 780 mil toneladas produzidas no mesmo ano. A partir desses valores, os produtos lácteos se mostram de grande importância na economia brasileira, mas também geram elevada quantidade de soro de leite (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2023).

O soro de leite é um subproduto formado durante a coagulação do leite para a produção de queijos e outros produtos lácteos. Ele constitui cerca de 90% do volume do leite e contém uma variedade dos seus nutrientes, como a caseína, proteínas solúveis e sais minerais (COSTA *et al.*, 2021).

Uma parte do soro de leite produzido na indústria láctea no Brasil é descartado de forma inadequada como efluente, transformando-se em um rejeito industrial nocivo ao ambiente, devido ao alto teor de nutrientes que o faz ser facilmente metabolizado por microrganismos, justificando sua rápida perecibilidade (ALMEIDA; SILVA, 2023).

Esse resíduo é considerado altamente poluente devido à sua taxa significativa de matéria orgânica. A alta concentração de proteínas e a presença de lactose nele causam graves impactos biológicos se for lançado no ambiente. Ao ser descartado no solo, a estrutura físico-química da superfície é comprometida, podendo reduzir a qualidade e o rendimento de colheitas. Quando é descartado em recursos hídricos, sua alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) traz impactos nocivos sobre a qualidade da água e a vida microbiana, podendo causar eutrofização (NUNES *et al.*, 2018).

Em relação ao direcionamento dado a esse produto, apesar de seu elevado valor nutricional, a incorporação do soro às águas residuais dos processos industriais ainda é a prática mais comum, seguida do seu direcionamento a sistemas de tratamento de efluentes com altos custos e baixa eficiência. Além disso, grandes volumes são enviados para a nutrição de animais, principalmente suínos, representando um grande desperdício financeiro para o setor tecnológico alimentício (FERREIRA; CASTRO; ARAÚJO, 2022).

Por conta de sua elevada produção e valor nutricional, o soro de leite vem sendo estudado a fim de buscar aplicabilidades que visem o aproveitamento desse produto, uma vez que, além de suas proteínas, o soro também apresenta outros compostos importantes para a alimentação, o que o torna uma opção válida de fortificador nutricional (SARAIVA; PINTO, 2024; SHARMA *et al.*, 2021).

As bebidas lácteas, que possuem o soro de leite como matéria-prima, são um tópico significativo de estudo, principalmente por conta de sua composição nutricionalmente rica e de sua versatilidade. A sua tendência de consumo vem aumentando pelo seu baixo custo, de modo que a demanda de novos produtos justifique o seu desenvolvimento. Assim, o aproveitamento do soro de leite na indústria alimentícia mostra-se como uma alternativa de fundamental importância em função da sua qualidade nutricional (LIMA; SILVA; SILVA, 2021; MIZUTA; SILVA; MADRONA, 2023; SANTOS *et al.*, 2021).

Nesse sentido, as bebidas lácteas podem servir como suplementos alimentares, fornecendo nutrientes essenciais escassos na dieta de grupos sociais mais vulneráveis, principalmente entre crianças. Essas bebidas podem ser uma estratégia para melhorar o índice nutricional desse público-alvo, auxiliando no desenvolvimento físico das crianças (PRATES; PEREIRA; PINHO, 2021).

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Estudar as propriedades de diferentes formulações de bebidas lácteas elaboradas a partir de soro de leite, adicionadas de maracujá, de modo a garantir o reaproveitamento adequado do soro e apresentar nova alternativa às necessidades nutricionais de crianças.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver a teoria com base no estudo das características ativas do soro de leite;
- Realizar uma investigação sobre as bebidas lácteas para as atividades práticas a serem realizadas durante o trabalho;
- Separar a caseína do soro de leite a partir de coagulação microbiológico-enzimática e dar um destino adequado a ambos os produtos extraídos de forma que possam ser matéria-prima, não resíduo;
- Realizar análises físico-químicas para caracterizar a bebida láctea nutricional e quantificar seus nutrientes;
- Realizar testes sensoriais com público selecionado de forma aleatória para caracterizar a taxa de aprovação da bebida.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Nutrição**

A nutrição é um dos fatores mais significativos no desenvolvimento de uma criança, podendo alterar a composição corporal, as características do metabolismo e outros fatores genéticos significativos para o ser humano. Os hábitos alimentares que a criança desenvolve desde pequena podem ser influenciados por diversos agentes externos e internos, como o contexto socioeconômico, histórico familiar, condições médicas, como alergias, cultura e muitos outros (ZUTAVERN *et al.*, 2006).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) decreta que todos os indivíduos, desde o nascimento, têm direito a práticas alimentares adequadas e ao alimento necessário para a manutenção da saúde e bem-estar próprios. A exposição precoce a situações de fome ou desnutrição pode provocar uma série de alterações genéticas na criança, promovendo condições graves que podem afetar a qualidade e expectativa de vida e até mesmo impactar sua atividade cerebral (ALVES; CUNHA, 2020; VITOLLO *et al.*, 2005).

Visto a importância que a alimentação exerce na manutenção da vida, os dados do relatório das Nações Unidas e outros órgãos competentes em relação à fome global se tornam alarmantes. Foi observado que a fome e a insegurança alimentar atingiram cerca de 828 milhões de pessoas em 2021, um aumento de cerca de 46 milhões desde 2020 e 150 milhões desde 2019 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS *et al.*, 2022).

#### **3.1.1 Parâmetros ideais da nutrição Infantil**

Para estabelecer padrões alimentares, o *United States Department of Health and Human Services* (HHS) desenvolveu diretrizes nutricionais, de modo a garantir uma boa qualidade de vida para a população. Em seu relatório, há a recomendação do consumo adequado dos grupos alimentares em relação às diversas faixas etárias, além da limitação do consumo de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio (UNITED STATES DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2020).

Nesse contexto, crianças possuem uma recomendação de ingestão nutricional (Tabela 1) que difere dos outros grupos etários, uma vez que o consumo alimentar na infância é diretamente relacionado à saúde e ao risco de sobrepeso no futuro. A necessidade calórica da criança tende a aumentar de acordo com o seu crescimento e desenvolvimento biológico, então é muito importante levar em conta a idade para a qual se recomenda determinada ingestão nutricional (RILEY; RUPERT; BOUCHER, 2018).

**Tabela 1:** Recomendações nutricionais diárias para crianças moderadamente ativas.

<b>Nutrientes</b>	<b>2 a 3 anos</b>	<b>4 a 8 anos</b>	<b>9 a 13 anos</b>
Calorias (kcal)	1000	1400	1800
<b>Macronutrientes</b>			
Proteínas (% de kcal)	5-20	10-30	10-30
Carboidratos (% de kcal)	45-65	45-65	45-65
Gorduras (% de kcal)	30-40	25-35	25-35
Fibras (g)	14	20	25
<b>Minerais</b>			
Cálcio (mg)	700	1000	1300
Ferro (mg)	7	10	8
Magnésio (mg)	80	130	240
Fósforo (mg)	460	500	1250
Potássio (mg)	2000	2300	2500
Sódio (mg)	1200	1500	1800
Zinco (mg)	3	5	8
<b>Vitaminas</b>			
Vitamina A (µg)	300	400	600
Vitamina E (mg)	6	7	11
Vitamina D (UI)	600	600	600
Vitamina C (mg)	15	25	45
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0,5	0,6	0,9
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,5	0,6	0,9
Vitamina B <sub>3</sub> (mg)	6	8	12
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,5	0,6	1,0
Vitamina B <sub>8</sub> (mg)	200	250	375
Vitamina B <sub>9</sub> (µg)	150	200	300
Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	0,9	1,2	1,8
Vitamina K (µg)	30	55	60

**Fonte:** Adaptado de United States Department of Health and Human Services (2020).

A ingestão de determinadas gorduras é essencial no primeiro ano de vida da criança, uma vez que elas possuem um papel importante no desenvolvimento neurológico do bebê. Após esse período, os lipídios ingeridos devem ser limitados de 30% a 40% do consumo energético diário, e consumidos a partir de fontes de ácidos graxos insaturados, como abacate, azeitonas, castanhas e sementes. Gorduras trans, presentes em óleos vegetais hidrogenados, margarinas e alimentos industrializados, devem ser evitadas (LESSER; MAZZA; LUCAN, 2015).

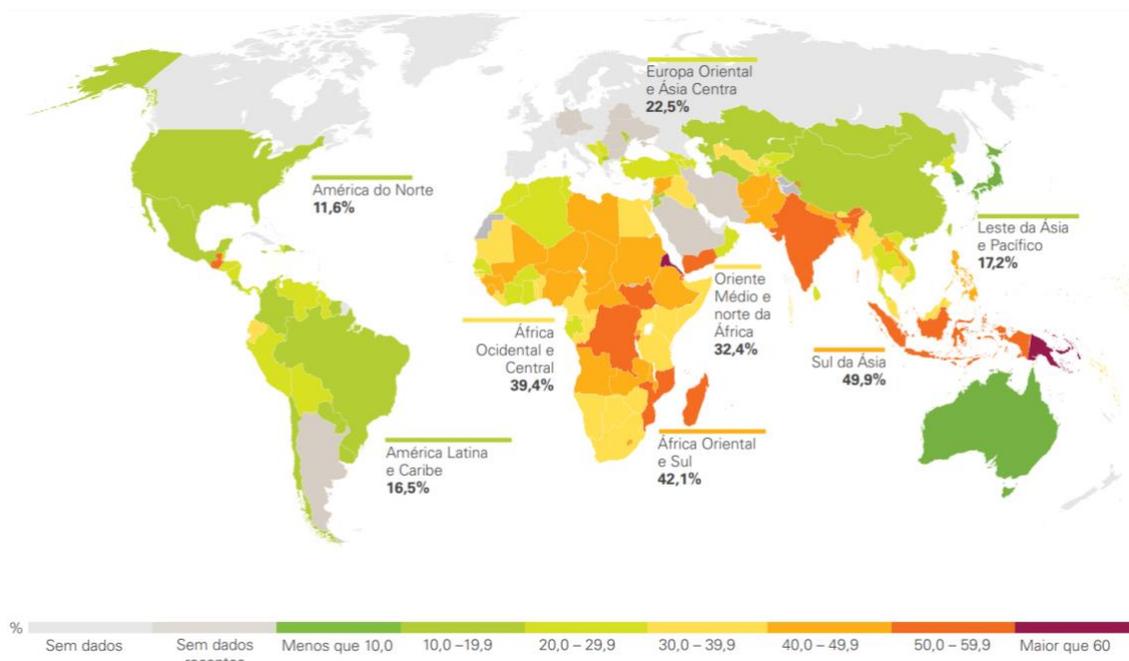
O consumo de proteínas tem impacto direto no crescimento, no neurodesenvolvimento e na saúde a longo prazo na vida da criança. Um crescente número de estudos revela a relação entre um alto consumo proteico durante os dois primeiros anos de vida e o risco de sobrepeso e obesidade na infância, mostrando a importância de uma dieta adequada para crianças. Após os dois anos de idade, porém, a ingestão de proteínas deve ser maior, principalmente a partir de fontes como o leite bovino e a carne vermelha, que promovem a produção de hormônios e auxiliam nos fatores de crescimento (MICHAELSEN; GREER, 2014; ROLLAND-CACHERA; AKROUT; PÉNEAU, 2016).

Os carboidratos devem compor o maior teor de macronutrientes ingeridos pelas crianças, sendo a principal fonte de energia diária. Entre eles, os carboidratos complexos, presentes, principalmente em cereais, grãos e vegetais, devem ser consumidos preferencialmente, em vez de carboidratos simples, refinados ou processados. Alimentos com açúcares adicionados devem ser evitados em qualquer idade (RILEY; RUPERT; BOUCHER, 2018; VOS *et al.*, 2017).

### **3.1.3 Situação da nutrição infantil**

Apesar das recomendações relacionadas aos parâmetros ideais para a alimentação infantil, é observada, cada vez mais frequentemente, a má nutrição de crianças ao redor do mundo (Figura 1). A má nutrição é composta por três fatores que colocam em risco o crescimento e o desenvolvimento da criança: a desnutrição, a fome oculta, e o sobrepeso (FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA, 2019).

**Figura 1:** Prevalência de crianças com baixo peso ou sobrepeso em 2018.



**Fonte:** Fundo das Nações Unidas Para a Infância (2019).

Ainda que tenha declinado durante as últimas décadas, a desnutrição infantil continua afetando a saúde pública mundial. Ela é evidente em casos de pobreza, crises e conflitos humanitários, em que há escassez de alimentos. Em 2019, a desnutrição acometia cerca de 238,6 milhões de crianças no mundo. No Brasil, a desnutrição infantil se concentra nas regiões Norte e Nordeste, principalmente sob a forma de desnutrição crônica (BARROS, 2020).

A fome oculta é um problema nutricional recente, e é o que mais prevalece no mundo, uma vez que é raramente percebido. Ela é caracterizada pela carência nutricional de micronutrientes, e pode estar relacionada tanto à desnutrição quanto à obesidade. Seu predomínio é decorrente de “desertos alimentares”, onde o acesso a alimentos saudáveis é limitado, e de “pântanos alimentares”, onde há grande acesso a alimentos ultraprocessados. Nos Estados Unidos, por exemplo, cerca de 60% das crianças com 1 ano de idade têm em sua rotina alimentos pobres em nutrientes e com gorduras e açúcares em excesso (CRISTOVAM *et al.*, 2024; GRUMMER-STRAWN; SCANLON; FEIN, 2008).

O sobrepeso e a sua forma mais grave, a obesidade, têm aumentado exponencialmente no mundo todo, aumentando entre 10 e 12 vezes desde a década de 1970. A grande disponibilidade e o fácil acesso a ultraprocessados baratos tornou global o consumo de alimentos com alto teor de gordura e açúcares adicionados. No Brasil, cerca de 50% das crianças de 6 a 12 meses de idade já possuem açúcares e salgadinhos processados em sua dieta, mostrando como os hábitos alimentares se relacionam, com essa doença crônica (ALMEIDA *et al.*, 2020; SALDIVA *et al.*, 2014).

O Brasil passou por uma rápida transição demográfica que afetou o padrão de consumo alimentar. A desnutrição infantil reduziu de 19,6% em 1990 para 7% em 2006, mas ainda é um problema em grupos periféricos e vulneráveis, como indígenas, quilombolas e ribeirinhos. Ao mesmo tempo, uma a cada três crianças brasileiras possui excesso de peso, em vista do consumo de alimentos ultraprocessados. Em decorrência da desnutrição e da obesidade, há cada vez mais um aumento de crianças com Doenças Crônicas não Transmissíveis - DCNT (FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA, 2019).

### **3.2 Soro de Leite**

O soro de leite (*whey*, em inglês) é um subproduto da indústria de laticínios, que representa a porção aquosa do leite separada da coalhada durante o processo de produção de queijo. Ele é um líquido opaco, de cor amarelo-esverdeada, que constitui cerca de 90% do volume do leite, além de conter aproximadamente 55% de seus nutrientes totais, incluindo proteínas solúveis, lactose e sais minerais (KOSIKOWSKI, 1979; OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012).

Industrialmente, podem ser obtidos dois tipos de soro, de acordo com o tipo de operação: soro doce e soro ácido. O soro doce, com pH entre 5,8 e 6,4, é obtido pela coagulação enzimática da caseína do leite, típica da produção de queijos tipo Cheddar. Já o soro ácido, com pH de 4,6, é obtido pela precipitação ácida da caseína, na produção de queijos tipo Cottage (ANTUNES, 2003).

Além disso, a composição de cada tipo de soro é ligeiramente diferente (Tabela 2). O soro doce possui maior teor de lactose em relação ao soro ácido, devido ao processo de fermentação desse último, em que uma fração do dissacarídeo é transformada em ácido lático. Por outro lado, o soro ácido tem maior concentração de sais minerais, principalmente cálcio e fósforo, por conta da solubilização em meio ácido do fosfato de cálcio das micelas de caseína (ALVES *et al.*, 2014).

**Tabela 2:** Composição de cada tipo de soro de leite.

<b>Componentes</b>	<b>Soro de leite doce</b>	<b>Soro de leite ácido</b>	<b>Soro de leite doce em pó</b>	<b>Soro de leite ácido em pó</b>
Sólidos totais (%)	6,35 – 6,50	5,20 – 6,80	95,50 – 97,00	96,00 – 97,70
Umidade (%)	93,7	93,20 – 93,50	3,00 – 4,50	2,30 – 4,00
Proteínas totais (%)	0,80 – 0,84	0,61 – 0,80	12,00 – 15,00	7,20 – 13,30
Lactose (%)	4,85 – 4,90	4,30 – 4,90	69,40 – 75,00	63,20 – 67,40
Gordura (%)	0,04 – 0,30	0,04 – 0,05	0,80 – 1,00	0,48 – 1,50
Cinzas (%)	0,50 – 0,60	0,50 – 0,80	7,30 – 8,30	10,60 – 11,80
Ca (%)	-	0,10	0,88	2,40
P (%)	-	0,08	1,10	1,59

**Fonte:** Mizubuti (1994).

### 3.2.1 Composição proteica do soro de leite

As proteínas do soro são solúveis, diferentemente da caseína do leite, e têm suas estruturas estáveis por conta de suas pontes dissulfeto. Elas apresentam quase todos os aminoácidos essenciais em excesso às recomendações, com exceção dos aromáticos, que atendem aos valores recomendados. Além disso, sua digestão e absorção pelo organismo é rápida, estimulando a síntese de tecidos proteicos (SGARBIERI, 2004).

As principais frações proteicas do soro são a  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -Lg) e a  $\alpha$ -lactoalbumina ( $\alpha$ -La), que resultam em, aproximadamente, 75% de suas proteínas totais. Além delas, também estão presentes a albumina do soro bovino (BSA, do inglês *bovine*

*serum albumine*), imunoglobulinas (Ig) e outras proteínas em proporções menores, como a lactoferrina, a lisozima, a lactoperoxidase e glicomacropéptídeos (GMP) derivados da caseína (WIT, 1998).

A proteína mais abundante no soro de leite é a  $\beta$ -Lg, representando 50% de suas proteínas totais e 10% das proteínas do leite bovino. Assim, em função de seu alto teor no leite, as propriedades de concentrados proteicos de soro são resultantes dessa proteína. Ela é uma fonte rica de aminoácidos essenciais e sulfurados, como a cisteína, aminoácido que estimula a síntese de glutathione, composto antioxidante (ANTUNES, 2003).

A  $\alpha$ -La é a segunda proteína mais presente no soro de leite bovino, representando cerca de 15% de sua composição proteica, e a principal do leite humano. Entre todas as fontes proteicas alimentares, ela é a que contém o maior teor de triptofano e é rica em outros aminoácidos essenciais. Além disso, ela auxilia na biossíntese de lactose, é capaz de se ligar a íons metálicos, como cálcio e zinco, e possui atividade antibacteriana (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

A BSA corresponde a cerca de 10% das proteínas do soro de leite, e é idêntica à albumina do plasma sanguíneo, principal proteína presente nele. Ela se liga a ácidos graxos livres e insolúveis e a outros lipídios no sistema circulatório, favorecendo seu transporte na corrente sanguínea. Ademais, ela tem teor relevante de cisteína, que também é essencial na manutenção de proteínas e na resistência à proteólise (WIT, 1998).

Em concentrações menores, estão presentes quatro classes de imunoglobulinas no soro de leite: IgG, IgA, IgM e IgE. O principal tipo é a IgG, representada por cerca de 70% das Ig totais e responsável pela imunização passiva. Todas as classes desse tipo de proteína atuam na imunidade do organismo, de modo que a IgA tem como função a sua proteção em mucosas, a IgM funciona como receptor de antígenos e a IgE atua em processos alérgicos (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

As subfrações das proteínas do soro incluem aquelas que são encontradas em pequenas concentrações. Dentre elas, a lactoferrina, a lisozima e a lactoperoxidase

oferecem importante ação antimicrobiana. Além delas, os GMP, derivados da digestão da caseína, favorecem a absorção de minerais e possuem elevado teor de aminoácidos essenciais. Outras subfrações também auxiliam diretamente na síntese proteica, como as proteoses-peptonas e os aminoácidos livres, mas são expressas em teores mínimos (SGARBIERI, 2004).

### 3.2.2 Soro de leite na indústria alimentícia

Por conta de sua composição ser rica em substâncias orgânicas, principalmente pelo elevado teor de lactose e de proteínas, o soro de leite é um potencial poluente ambiental. A sua alta demanda bioquímica de oxigênio, de 25.000 a 60.000 mg/L, torna o seu descarte proibido pelas regulamentações ambientais (ROCHA-MENDOZA *et al.*, 2021).

Segundo a Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 13 de maio de 2011:

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 e 9;

[...]

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): máximo de 120 mg/L [...]. (BRASIL, 2011).

Assim, principalmente pelo seu valor nutricional, tecnologias para o aproveitamento das proteínas do soro vêm sendo desenvolvidas, agregando valor econômico, nutricional e funcional a ele, além de preservar a qualidade do meio ambiente. Com destaque para a indústria alimentícia, o produto é cada vez mais explorado, em vista de suas propriedades tecnológicas (WHERRY; BARBANO; DRAKE, 2019).

Nesse setor, o soro de leite se destaca como matéria-prima para a produção de suplementos alimentares proteicos, denominados, de forma generalizada, de *whey*

*protein* (do inglês, proteína do soro de leite). O consumo de proteínas é importante para o crescimento e a manutenção do músculo esquelético, e o soro de leite é uma fonte de proteínas com aminoácidos essenciais para a síntese muscular (AOYAMA *et al.*, 2021).

Além disso, seu uso é satisfatório na aplicação em alimentos, fazendo com que ele seja intensamente explorado na indústria alimentícia. As suas variadas propriedades funcionais, derivadas de suas propriedades físico-químicas, permitem com que o soro seja aplicado em diversos tipos de alimentos (Tabela 3) (AIRES, 2010).

**Tabela 3:** Propriedades funcionais do soro de leite em pó conferidas aos alimentos.

Propriedade funcional	Setor alimentar
Viscosidade	Sobremesas
Solubilidade, estabilidade coloidal	Bebidas
Emulsificação	Café, sopas, alimentos infantis
Formação de espuma	Confeitaria
Gelificação	Produtos lácteos
Elasticidade	Panificação
Coesão e adesão	Produtos em pasta
Adsorção de água e gordura	Produtos cárneos

**Fonte:** Adaptado de Baldasso (2008).

Apesar de ser usado de formas diversas na indústria de alimentos, o soro de leite também pode ser utilizado de forma isolada como suplemento alimentar, aplicação pouco explorada. Enquanto os diversos tipos de *whey protein* fornecem elevado teor de proteínas, o soro de leite também possui componentes como a lactose e minerais, que podem beneficiar a saúde e melhorar o desempenho em exercícios físicos (MARTINI, 2016).

As proteínas do soro de leite induzem maior resposta à síntese proteica muscular quando comparadas a outras fontes proteicas, como a caseína e a soja. Isso ocorre por conta do alto teor de leucina entre seus aminoácidos, que é responsável por estimular a via da síntese de proteínas. Além disso, as proteínas do soro de leite possuem rápida absorção pelo organismo (QUARESMA; OLIVEIRA, 2017).

Exercícios intermitentes, por exemplo, causam o consumo do glicogênio muscular, que é a fonte de energia essencial para o seu desempenho. Assim, a lactose presente no soro de leite é uma estratégia nutricional para maximizar a síntese de glicogênio antes e após o exercício. De forma alternativa, a lactose do soro pode ser hidrolisada em glicose e galactose, que também se transformam em glicogênio e não afetam indivíduos intolerantes à lactose (FISCHBORN, 2009).

Ademais, com a prática de atividades físicas, há a tendência da transpiração para manter a temperatura corporal equilibrada, mas ela carrega consigo água e sais minerais, podendo causar desidratação. Dessa forma, os minerais presentes no soro de leite (Tabela 4) são fundamentais para a absorção de água, construção e manutenção dos tecidos e ossos e para a regulação fisiológica (SANTOS; SANTOS, 2002).

**Tabela 4:** Sais minerais presentes no soro de leite e suas funções.

<b>Mineral</b>	<b>Quantidade no soro de leite</b>	<b>Função no organismo</b>
<b>Macrominerais (%)</b>		
K	1,73	Contração muscular e transmissão dos impulsos nervosos
P	1,30	Formação dos ossos e dentes e componente de ácidos nucleicos
Ca	2,27	Formação de ossos e dentes, contração muscular e transmissão de impulsos nervosos
Mg	0,21	Auxílio no relaxamento muscular e processos enzimáticos
Na	0,30	Osmorregulação e contração muscular
<b>Microminerais (ppm)</b>		
Mn	0,7	Metabolismo energético
Fe	9,5	Transporte de oxigênio pelo corpo e estoque de oxigênio nos músculos
Cu	3,5	Síntese de hemoglobina
Zn	66,0	Desenvolvimento do sistema imune e produção de insulina
Co	0,9	Produção de vitamina B <sub>12</sub>

**Fonte:** Adaptado de Grillo *et al.* (2020) e Kosikowski (1978).

Além desses componentes, ainda há um alto teor de proteínas no soro de leite, suficiente para as necessidades proteicas do organismo, principalmente por conta da

atividade física. Assim, esse produto tem potencial para utilização como suplemento alimentar, principalmente para grupos cuja nutrição é mais vulnerável, como crianças (AIRES, 2010).

### 3.3 Caseína

A caseína é uma proteína utilizada como recurso ergogênico nutricional por apresentar benefícios ao sistema imune e estímulo à síntese proteica. As caseínas compreendem cerca de 80% das proteínas do leite e consistem em quatro proteínas principais:  $\alpha$ 1-,  $\alpha$ 2-,  $\beta$ - e  $\kappa$ -caseína, que representam cerca de 38%, 10%, 35% e 15%, respectivamente, do total de caseínas, e cerca de 8% de fosfato de cálcio coloidal (Tabela 5) (ARAÚJO, 2013; DALGLEISH, 2011; GOFF, 2009).

**Tabela 5:** Concentrações das caseínas do leite.

Proteína	Concentração (g/L)	Porcentagem aproximada do total de proteínas
Caseínas totais	24-28	80
$\alpha$ s-caseínas	15-19	42
$\alpha$ s1	12-15	38
$\alpha$ s2	3-4	8
$\beta$ -caseínas	9-11	35
$\kappa$ -caseínas	3-4	15
$\gamma$ -caseínas	1-2	4

**Fonte:** Adaptada de Araújo (2013); Dalgleish (2011); Damodaran, *et al.* (2010) e Goff (2009).

Por ser insolúvel e propícia à coagulação, sua principal característica é a capacidade de formar-se em substância gelatinosa no intestino, o que permite mecanismo de liberação lenta de aminoácidos na circulação sanguínea (ANTHONY *et al.*, 2001; WILSON; WILSON, 2006; CAMPBELL *et al.*, 2007).

A  $\alpha$ s1-caseína precipita com níveis de cálcio muito baixos, enquanto a  $\alpha$ s2-caseína é mais sensível à precipitação pelo  $\text{Ca}^{2+}$ . Diferentemente das outras caseínas, a  $\kappa$ -

caseína é uma glicoproteína e possui apenas um grupo fosfoserina, sendo, portanto, estável na presença de íons de cálcio e assumindo importante papel na estabilidade da micela de caseína. Por ser mais fosforilada que a  $\kappa$ -caseína, a  $\beta$ -caseína é mais sensível a altas concentrações de sais de cálcio, embora seja menos sensível à precipitação com cálcio do que as  $\alpha$ -caseínas (WALSTRA, 1999).

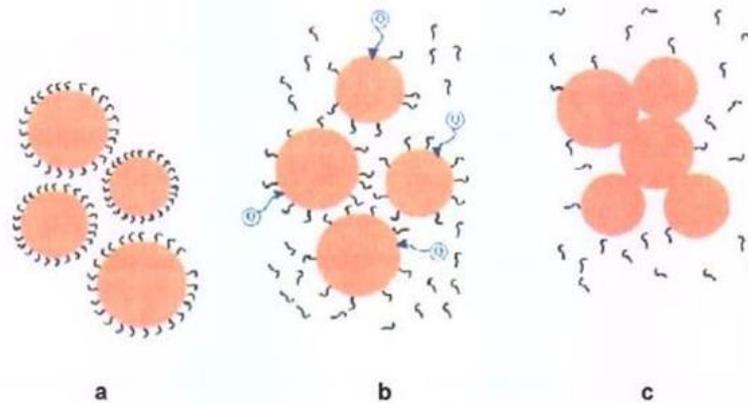
As micelas presentes na caseína são partículas coloidais formadas pela fosforilação da estrutura anfifílica que estão na composição das caseínas. São divididas em dois grupos: as que são de proteína – cerca de 94% das micelas – e as espécies que possuem baixa massa molecular, como o fosfato de cálcio coloidal – essas são cerca de 6%. Sua estrutura interna é constituída predominantemente por  $\alpha$ s1-,  $\alpha$ s2-,  $\beta$ -caseína e nanopartículas de fosfato de cálcio coloidal, enquanto a  $\kappa$ -caseína está localizada na superfície da micela (DALGLEISH, 2011; FOX *et al.*, 2015).

O interesse na caseína micelar mantém-se constante ao longo dos anos, e pesquisas sobre o assunto continuam a ser realizadas em todo o mundo, uma vez que muitas das propriedades tecnologicamente importantes do leite, por exemplo, a coloração branca, a estabilidade ao calor, ao etanol e a coagulação pelo coalho são devido às propriedades das micelas de caseína (FOX; BRODKORB, 2008).

### **3.3.1 Extração da caseína**

A extração da caseína é realizada a partir da separação química das proteínas presentes no leite. Um dos possíveis métodos é separação das proteínas em meio ácido, (pH 4,6), em que ocorre a precipitação ácida da caseína. Outra possibilidade é a separação da caseína feita com tratamento enzimático. A coagulação enzimática é dividida em dois estágios: ataque das enzimas proteolíticas às moléculas de  $\kappa$ -caseínas, desestabilizando a estrutura das micelas com a remoção da  $\kappa$ -caseína; e a coagulação das micelas (Figura 2) (ROMAN; SGARBIERI, 2005).

**Figura 2:** Representação da Extração da Caseína.



**Fonte:** Roman; Sgarbieri (2005).

Para esse processo, ocorre com a caseína a hidrólise enzimática, realizada por endopeptidases, que hidrolisam a ligação peptídica entre aminoácidos essenciais (fenilalanina e metionina) da cadeia peptídica da  $\kappa$ -caseína, eliminando sua capacidade estabilizante e gerando uma porção hidrofóbica, (para- $\kappa$ -caseína) e uma hidrofílica (caseínomacropeptídeo), provocando a desestabilização da micela e, conseqüentemente, a precipitação da caseína do leite (ORDOÑÉZ, 2005).

A hidrólise enzimática da proteína resulta em diminuição do peso molecular, aumento do número de grupos ionizáveis e exposição de grupos hidrofóbicos que estavam protegidos na estrutura original da caseína (DEETH, 2006; PANYAM; KILARA, 1996).

### 3.3.2 Caseína na indústria alimentícia

As caseínas são amplamente utilizadas na indústria alimentícia por oferecerem benefícios funcionais de formação de estrutura, emulsificação, aglutinação de água, formação de espuma, viscosidade e estabilidade térmica. Podem ser suplementos e constituintes em receitas de cereais matinais, biscoitos ao leite, pães e biscoitos. O tipo de caseínas e caseinatos utilizados deve ser cuidadosamente selecionado para ser compatível com a aplicação específica (FANI, 2023).

Além do elevado valor nutritivo e propriedades benéficas à saúde do consumidor resultantes do consumo de alimentos aditivados com ou que possuem em sua composição geral o leite, suas proteínas – tanto caseínas e caseinatos como as do soro –, conferem melhor aparência física e propriedades sensoriais para os produtos alimentícios (CHEN, 1995).

A caseína pode ser processada para ser utilizada na forma de caseinato, uma vez que não são solúveis. A diferença entre caseína e caseinato é que a primeira é, bioquimicamente, uma substância proteica presente no reino animal e vegetal, enquanto este último é um sal derivado da caseína através de coagulação (FANI, 2023).

A caseína também é de fácil adaptação em receitas graças às suas propriedades funcionais – solubilidade e dispersibilidade, opacidade, ligação e retenção de gordura, retenção de água, emulsificação, viscosidade, estabilidade térmica, geleificação e formação de filmes, entre outras – o que torna a proteína um composto muito atraente (CHEN, 1995; KRÜGER, 2003).

As principais aplicações das caseínas dentro da indústria alimentícia incluem produtos cárneos, lácteos, de panificação, chocolates e confeitos, coberturas comestíveis, bebidas lácteas e achocolatadas, cremes para café, salgadinhos e *snacks*, além da possibilidade de inclusão da caseína em certas receitas domésticas, fora de escala comercial (KINSELLA, 1984; KRÜGER, 2003; SOUTHWARD, 1989).

### **3.4 Fontes de Nutrientes Suplementares**

Com base nos hábitos alimentares presentes no Brasil, que têm preferência pelo consumo de bebidas e sucos industrializados mesmo com a disponibilidade de variados tipos de frutas cultivadas naturalmente e abundantemente comercializadas, a legislação brasileira permite a fortificação de produtos alimentícios com nutrientes essenciais que possam suprir esse déficit. O objetivo é reforçar o valor nutritivo e prevenir ou corrigir deficiências de vitaminas ou minerais presentes na alimentação popular para que seus índices se adequem aos números estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 1998).

### 3.4.1 Maracujá

O maracujá (*Passiflora edulis* Sims) é um dos frutos tropicais de maior importância comercial e econômica no território brasileiro. O maracujá-azedo, ou maracujá-amarelo, é a variedade mais comercializada no país, principalmente devido ao seu maior rendimento industrial. O Brasil atualmente é o maior produtor mundial de maracujá-amarelo, com produção anual de cerca de 554 mil toneladas (FALEIRO *et al.*, 2020).

Apesar de possuir teores satisfatórios de carboidratos e de lipídios, o valor nutritivo do maracujá é caracterizado, principalmente, pelos seus compostos bioativos. Entre seus lipídios, se destacam ácidos graxos, principalmente ômega 6, e fitosteróis, incluindo o  $\beta$ -sitosterol. O alto teor de carotenoides também se sobressai, uma vez que, além de darem a coloração característica do fruto, eles possuem importante papel como antioxidantes e precursores da vitamina A (ZERAİK *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a presença de vitaminas no maracujá é um fator de destaque para o valor nutricional do fruto. Além de possuir elevados teores de vitaminas lipossolúveis, incluindo as vitaminas A e E, ele também apresenta quantidades significativas de tiamina (vitamina B<sub>1</sub>), riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>), niacina (vitamina B<sub>3</sub>) e, especialmente, ácido ascórbico (vitamina C). Este último é um dos principais indicadores do valor nutritivo do fruto, desempenhando papel fundamental no metabolismo humano, além de também ser um composto antioxidante (COHEN *et al.*, 2008).

Além desses componentes, o maracujá também é rico em compostos fenólicos, principalmente flavonoides, que são metabólitos secundários com atividade antioxidante, ou seja, capacidade de captar radicais livres. A ingestão dessas substâncias reduz o risco de doenças cardíacas, vasculares e alguns tipos de tumores (PORFIRO *et al.*, 2020).

Dessa forma, o maracujá pode ser incluído em aplicações tecnológicas a fim de contribuir com suas características funcionais e bioativas. Como componente de bebidas lácteas, o maracujá é um importante fornecedor de vitamina C, além de contribuir com seu sabor e aroma, enquanto a composição nutricional do soro de leite fornece os componentes essenciais da nutrição. Assim, os compostos de ambas as matérias-primas

se complementam, gerando um produto de alto valor alimentar (SOUZA; MACHADO; MESQUITA, 2018).

### 3.5 Economia Circular

A economia circular é um conceito surgido em meados do século XX que se opõe ao modelo – até então dominante – de processos produtivos da economia linear. Seus conceitos nasceram quando o homem começou a perceber a limitação do planeta na produção de matérias-primas e absorção de seus resíduos, mas apenas em 1989, com a política pública ambiental holandesa *To Choose or to Lose*, que a economia circular foi devidamente incorporada (GARCIA; BENEDET, 2020; PEREIRA, 2019).

Dentro da economia circular, fim de vida e resíduos de um produto são substituídos por ideais de redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais continuamente em um ciclo, e já é extensivamente aplicada com rigidez em países como a China, o Japão e a Alemanha (GARCIA; BENEDET, 2020; PEREIRA, 2019).

Na Holanda, já são abordados desde os anos 1990 temas alinhados com a preservação do meio ambiente, e o governo instituiu uma série de políticas públicas e legislações nesta área desde então, tornando o país uma referência em manejo de recursos hídricos e remediação de solos. A Holanda também pode ser citada como exemplo na administração de resíduos, pois sua política pública tem base em prevenir, reutilizar, reciclar, incinerar e, em último caso, depositar em aterros (RODRIGUES, 2021).

Dentro da economia circular existem 9 R's, que pontuam e classificam as ações necessárias para o cumprimento dos objetivos estabelecidos pela sua aplicação: recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, reformar, remanufaturar, reaproveitar e reciclar (PEREIRA, 2019).

Nesse tipo de proposta de modelo econômico, portanto, são repensadas as práticas econômicas a longo prazo, unindo o modelo de sustentabilidade ao ritmo comercial e tecnológico do mundo moderno e se adequando às necessidades específicas do sistema onde essa gestão será aplicada. A economia circular tem como objetivos ser uma alternativa para superar o modelo de economia linear, pois promove um ciclo de

produção fechado, com maior eficiência dos recursos, ao mesmo tempo que contribui para um equilíbrio social, ambiental e econômico (GARCIA; BENEDET, 2020).

### **3.5.1 Economia circular aplicada à indústria de laticínios**

O Brasil produz cerca de 780 mil de toneladas de queijo anualmente, que exigem o uso de cerca de 7 milhões de toneladas de soro de leite, o que resulta em cerca de 2,8 milhões de toneladas de soro de leite descartado como efluente. Diante da importância econômica e das consequências ambientais geradas por este setor, é importante adotar estratégias para implementar a economia circular dentro da indústria láctea (EMBRAPA, 2021; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2023).

De acordo com Paulo do Carmo Martins, Chefe-Geral da Embrapa Gado de Leite de Juiz de Fora, no relatório anual de leite da Embrapa, durante muitos anos foi regra despejar os dejetos do processo industrial de produção de laticínios nos rios, sem que ocorresse qualquer tratamento, o que gerava forte passivo ambiental. No âmbito rural, muitos produtores não consideravam necessário descartar o leite do animal que estava sob uso de medicamentos que deixam resíduos no leite. Nos dois casos, os custos sociais descritos deixam de existir e se transformam em custos privados, quando o marco legal cerceia tais comportamentos (EMBRAPA, 2021).

A real mudança só veio a ocorrer na década de 1990, quando legislação e regulamentação foram incrementadas à produção láctea, o que acabou criando uma geração levemente mais preocupada com a administração dos resíduos e adequação da empresa às novas normas, e com elas, novas demandas, como a incorporação de conceitos da economia circular, representados pela busca de insumos alternativos, de desperdício zero, de resíduo zero, com reciclagem plena. (EMBRAPA, 2021).

Recentemente, o destaque tem sido a proposta de nova ordem de produção láctea pós-pandemia, com as demandas por rastreabilidade, bem-estar animal, pegada de carbono, resíduo e reciclagem, sustentabilidade, produtos locais e produtos naturais, entre outras tendências baseadas nas práticas de ESG (Ambiental, Social, Governança) para serem aplicadas e que traduzem compromissos com a sustentabilidade, por meio

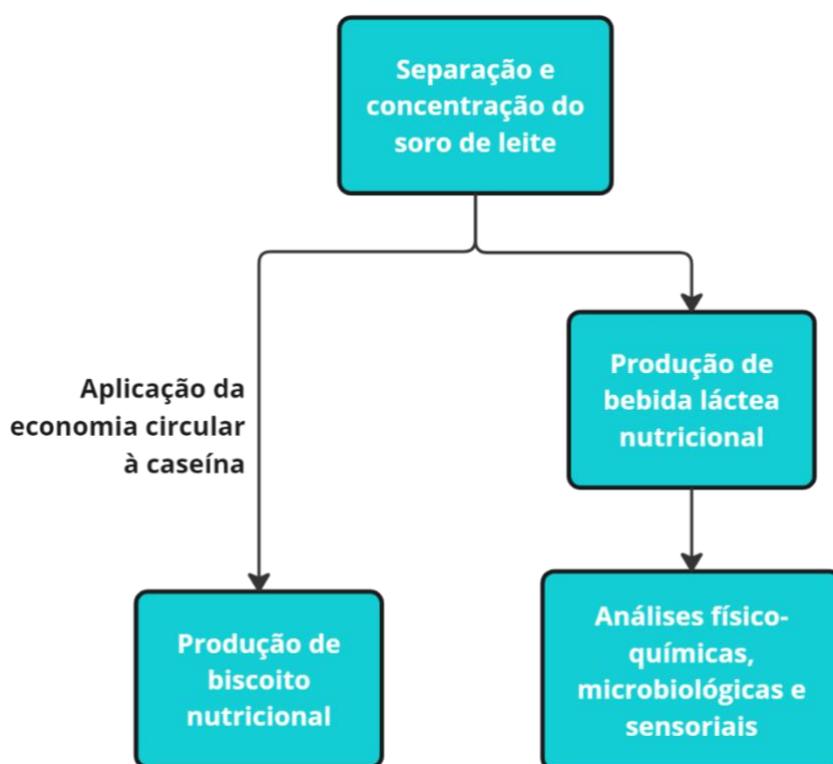
do respeito ambiental (E), respeito às minorias (S) e transparência na gestão e nos negócios (G) (EMBRAPA, 2021).

O desafio, entretanto, vem de estudos e colaboração com esforços de empresas e produtores, que têm seguido o caminho para garantir produzir leite de baixo impacto na geração de gases do efeito estufa (EMBRAPA, 2021).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades foram realizadas na Etec Trajano Camargo e na Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Unicamp de acordo com o fluxograma (Figura 3), sob a supervisão das professoras Dra. Gislaine Aparecida Barana Delbianco e Margarete Galzerano Francescato.

**Figura 3:** Fluxograma das atividades realizadas.

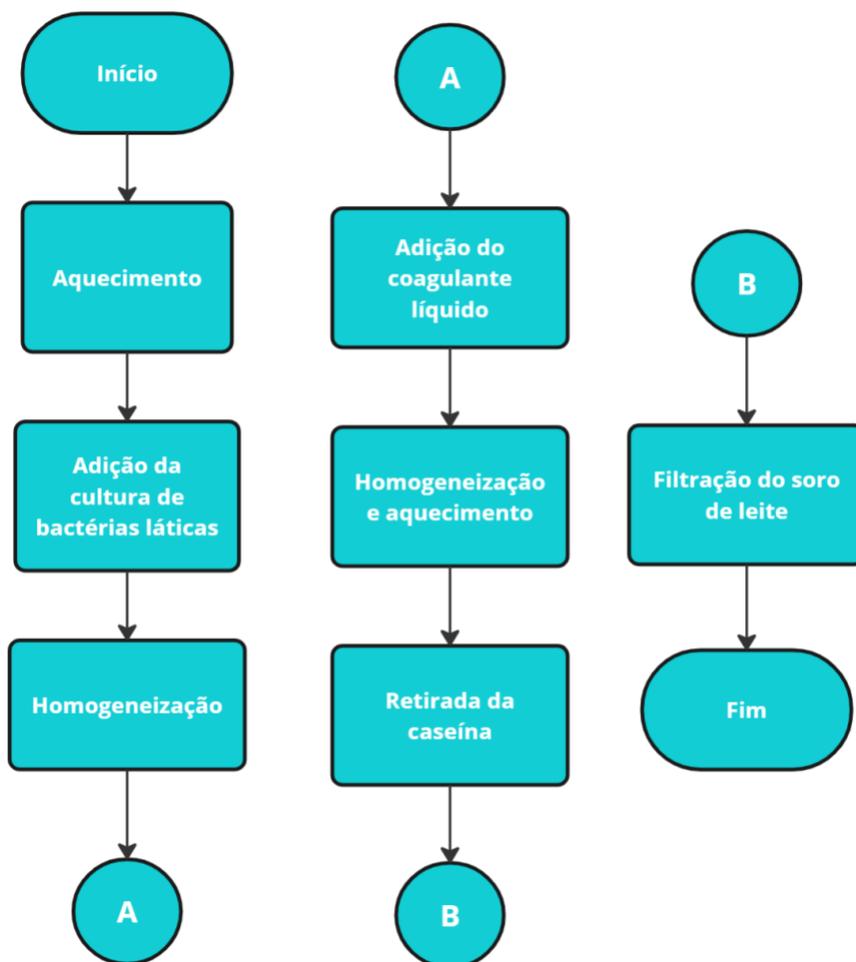


Fonte: Acervo pessoal (2024).

### 4.1 Separação e Concentração do Soro de Leite

Para realizar a separação do soro de leite da caseína, foi utilizada uma adaptação da metodologia de coagulação mista descrita por Garcia *et al.* (2012), com base nas orientações dadas pela coorientadora Margarete Francescato (Figura 4).

**Figura 4:** Processo de coagulação mista da caseína para separação do soro de leite.



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

O leite desnatado tipo A2 pasteurizado comercialmente (Xandô®, Araras, São Paulo) foi aquecido a 45 °C, para a adição da cultura de bactérias lácticas (Fermento Bio Rich®, Chr. Hansen Brasil, Valinhos, São Paulo), composta por *Lactobacillus acidophilus* LA-5®, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12® e *Streptococcus thermophilus*, na concentração de 400 mg L<sup>-1</sup> para inoculação direta.

Em seguida, foi adicionado o coagulante líquido (Ha-La®, Chr. Hansen Brasil, Valinhos, São Paulo), composto pela enzima quimosina, à concentração de 16 mL L<sup>-1</sup>. A mistura foi homogeneizada e aquecida por cerca de 40 minutos, até a coagulação

completa da caseína. A fração suspensa foi retirada, e a mistura foi filtrada, para separação total do soro de leite da caseína.

A concentração do soro de leite foi realizada por evaporação em reator aberto. A temperatura foi controlada por volta de 70 °C, e o soro de leite foi agitado durante todo o processo de evaporação. Após finalizada a concentração, o soro de leite concentrado foi resfriado e armazenado em frascos esterilizados.

## 4.2 Produção da Bebida Láctea Nutricional

A bebida láctea foi elaborada com base na metodologia desenvolvida nos trabalhos de Endres *et al.* (2021) e Souza, Machado e Mesquita (2018), com as alterações necessárias para o objetivo do presente trabalho (Figura 5).



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Foram desenvolvidas cinco formulações de bebidas lácteas, compostas e saborizadas com polpa de maracujá (Tabela 6). Com exceção da amostra controle (M0), que foi elaborada sem soro de leite, todas as formulações foram compostas por leite, soro de leite, açúcar e polpa de maracujá.

**Tabela 6:** Formulações das bebidas lácteas elaboradas.

Ingredientes	M0	M1	M2	M3	M4
Leite	80%	64%	56%	40%	16%
Soro de leite	-	16%	24%	40%	64%
Polpa de maracujá	17%	17%	17%	17%	17%
Açúcar	2%	2%	2%	2%	2%
Emulsificante	1%	1%	1%	1%	1%

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Para a elaboração da bebida, os ingredientes foram misturados e homogeneizados, e, posteriormente, submetidos à pasteurização rápida, a cerca de 75 °C por 15 a 20 segundos. Após esse processo, a bebida, então finalizada, foi armazenada em frascos esterilizados e refrigerada a cerca de 4 °C.

Foram repetidos os processos dissertados acima para garantir e prezar pela qualidade e integridade do produto e de suas diferentes formulações, além de uma produção realizada, inicialmente, à parte, para testar o procedimento e avaliar resultados iniciais (Tabela 7).

**Tabela 7:** Comparação de preparos e testes realizados até o momento.

<b>Preparos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Data</b>	09/07	05/08	29/08	08/09
<b>Objetivo</b>	Apenas teste teórico para garantir procedência.	Servir de modelo para o protótipo da pesquisa.	Servir de modelo para o protótipo da pesquisa.	Servir de protótipo da pesquisa.
<b>Testes realizados</b>	–	Identificação qualitativa de proteínas.	Análises de pH, teor de sólidos solúveis, teor de acidez e análise de vida de prateleira.	Quantificação de proteínas, análises de pH, teor de sólidos solúveis, teor de acidez, e vida de prateleira.
<b>Aspectos</b>	A geleia saiu muito espessa, a separação poderia ter ocorrido melhor, mas o gosto foi agradável.	A separação não foi completa, e o sabor foi menos marcante, tornando a bebida menos agradável sensorialmente.	Foi utilizada a quantidade recomendada de emulsificante na primeira amostra, e a consistência ficou indesejada.	Com a formulação do produto totalmente definida e com os erros prévios evitados, o grupo conseguiu atingir os aspectos ideais com o protótipo.

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

### 4.3 Análises Físico-Químicas, Microbiológicas e Sensoriais

As análises físico-químicas foram realizadas com base nas normas definidas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Cada resultado foi registrado e comparado com o permitido pela legislação vigente, nas Instruções Normativas nº 16, de 23 de agosto de 2005, e nº 161, de 1º de julho de 2022, com o objetivo de garantir um produto seguro para o

consumidor e que esteja de acordo com as normas legais estabelecidas (BRASIL, 2005; BRASIL, 2022).

#### 4.3.1 Teor de acidez em ácido láctico

A determinação do teor de acidez em ácido láctico foi realizada seguindo as instruções da análise 493/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesados 10 g da amostra em um Erlenmeyer, e adicionados aproximadamente 50 mL de água deionizada para homogeneização. Também foram adicionadas 5 gotas do indicador fenolftaleína. Após isso, a amostra foi titulada com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 M, utilizando bureta, até o aparecimento de uma coloração rósea. A partir do volume gasto da solução padrão, foi possível calcular o teor de ácido láctico presente na amostra, com base na equação a seguir:

$$\text{Teor de acidez} = \frac{V \times M \times 90 \times 100}{m \times 1000}$$

em que V é o volume gasto da solução de NaOH na titulação (mL), M é a concentração molar da solução de NaOH (mol/L), 90 é a massa molar do ácido láctico (g/mol), 100 é o fator de correção para a porcentagem, m é a massa da amostra utilizada na titulação (g) e 1000 é o fator de correção para a unidade de medida de V.

#### 4.3.2 Análise de pH

Utilizando o pHmetro disponibilizado pelo Laboratório de Química da Etec Trajano Camargo, foi determinado o pH, com o aparelho previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções do manual do fabricante.

#### 4.3.3 Teor de proteínas

Inicialmente, a determinação do teor de proteínas foi realizada no Laboratório de Biologia Molecular do Exercício (LaBMEx) da FCA da Unicamp, utilizando o método colorimétrico do ácido bicinonínico (BCA, do inglês, *bicinchoninic acid*), como

previamente descrito por Smith *et al.* (1985). Foram utilizadas onze soluções de BSA como soluções padrão, com concentrações variando de 0 a 2,5 µg/µL.

Em uma placa de Elisa, foram pipetados 10 µL de cada solução padrão em triplicata. Após isso, foram pipetados 2 µL de cada amostra da bebida láctea em triplicata, e também foram pipetados 2 µL de uma diluição 2:5 de cada amostra em água deionizada em triplicata. Foi preparada uma solução de CuSO<sub>4</sub> e BCA na proporção 1:50, que promoveu a coloração das amostras proteicas. Em cada poço da placa, foram pipetados 98 µL dessa solução, e, em seguida, a placa foi levada para a estufa a 37 °C por 30 minutos.

Após isso, a placa foi levada ao colorímetro Eon<sup>®</sup> (BioTek), para a leitura das absorbâncias de cada amostra. A partir do valor das absorbâncias das amostras padrão, foi possível construir uma curva padrão absorbância x concentração, e, a partir dela, calcular o teor de proteínas presentes em cada amostra.

#### **4.3.4 Teor de sólidos solúveis**

Utilizando o refratômetro disponibilizado pelo Laboratório de Química da Etec Trajano Camargo, foi determinado o teor de sólidos solúveis, em °Brix, com o aparelho previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções do manual do fabricante.

#### **4.3.5 Identificação de vitamina C**

A identificação do teor de vitamina C foi realizada seguindo as instruções da análise 364/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi preparada uma mistura de 5 g de amido em 200 mL de água aquecida até cerca de 50 °C. Foram adicionados 5 mL da mistura em um tubo de ensaio, juntamente com 2 mL da amostra.

Em seguida, foi adicionada gota a gota, a solução de lugol no tubo de ensaio, agitando até aparecimento da coloração azul. Quanto mais lugol foi necessário adicionar para tornar a mistura azul, mais vitamina C está presente na amostra.

#### **4.3.6 Análise de coliformes totais e *Escherichia coli***

Para analisar a presença e a quantidade de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras das bebidas lácteas, foi utilizado o kit microbiológico Colipaper® (Alfakit, Florianópolis, Santa Catarina). Ele se baseia em uma cartela com meio de cultura em gel desidratado, que indica a presença das bactérias analisadas.

Para a realização do teste microbiológico, foi coletada uma amostra da bebida láctea em recipiente estéril. A cartela do teste foi imersa na amostra por cerca de 20 segundos. O excesso de amostra foi removido e a cartela foi recolocada em sua embalagem plástica. As cartelas preparadas foram mantidas nas embalagens, e incubadas em estufa a 38 °C por cerca de 8 horas, devido a condições técnicas do Laboratório de Microbiologia da Etec Trajano Camargo. Após o período de incubação, foi realizada a contagem das colônias, que possibilitou calcular a concentração de unidades formadoras de colônias das bactérias analisadas.

#### **4.3.7 Vida de prateleira**

Os testes de vida de prateleira foram baseados nos trabalhos de Man (2004). O processo ocorreu com a simulação de uma estocagem mais próxima possível do ideal para o alimento, mas também considerando as piores condições de armazenamento possível para o produto específico. Ao se fazer a estocagem sobre estas condições tão diversas, o objetivo se tornou encontrar dados de vida-de-prateleira com uma boa margem de segurança. Os testes físico-químicos, sensoriais e microbiológicos já realizados foram repetidos para amostras com intervalos definidos de tempo e com observação constante.

Os testes foram usados para se obter informações utilizando as variáveis que influenciam no processo, como por exemplo, umidade e temperatura. O primordial para a condução nesse teste, também foi o conhecimento das características de qualidade do produto e dos mecanismos de deterioração, fazendo um estudo experimental da deterioração do produto, resultando na identificação de um tempo que marca o fim da vida-de-prateleira.

### 4.3.8 Análises sensoriais

Para a avaliação sensorial das formulações da bebida láctea, foi realizado um teste de aceitação baseado em Bento, Andrade e Silva (2013). O teste de aceitação teve como base uma escala hedônica de nove pontos, variando de “desgostei muitíssimo” a “gostei muitíssimo”. Os atributos analisados pelos provadores foram a aparência, o aroma, o sabor, a textura e a impressão global das bebidas lácteas (Figura 6).

**Figura 6:** Ficha utilizada para o teste de aceitação.

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**\*ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE BEBIDAS LÁCTEAS NUTRICIONAIS INFANTIS ELABORADAS A PARTIR DE SORO DE LEITE E FORTIFICADAS COM FRUTAS\***

Você está recebendo cinco amostras codificadas de bebidas lácteas com soro de leite e saborizadas com maracujá. Prove as amostras e indique sua opinião em relação aos critérios a seguir para cada amostra, utilizando a escala abaixo.

9 gostei muitíssimo  
8 gostei muito  
7 gostei moderadamente  
6 gostei ligeiramente  
5 nem gostei/ nem desgostei  
4 desgostei ligeiramente  
3 desgostei moderadamente  
2 desgostei muito  
1 desgostei muitíssimo

Amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
808					
417					
755					
239					
670					

**Assinale qual seria sua atitude em relação às amostras degustadas:**

	I	II	III	IV	V
I. Eu certamente compraria;	808 - ( ) ( ) ( ) ( ) ( )				
II. Eu provavelmente compraria;	417 - ( ) ( ) ( ) ( ) ( )				
III. Tenho dúvidas se compraria ou não;	755 - ( ) ( ) ( ) ( ) ( )				
IV. Eu provavelmente não compraria;	239 - ( ) ( ) ( ) ( ) ( )				
V. Eu certamente não compraria.	670 - ( ) ( ) ( ) ( ) ( )				

**Comentários:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Agradecemos desde já pela sua colaboração, que é de extrema importância para o desenvolvimento deste estudo. Atenciosamente, Gabriel Bombo Pierroti e Gabriela Tristão de Moura.

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Os provadores não-treinados foram aleatoriamente recrutados na Etec Trajano Camargo, visando a diversidade de fatores que possam influenciar no teste. As amostras

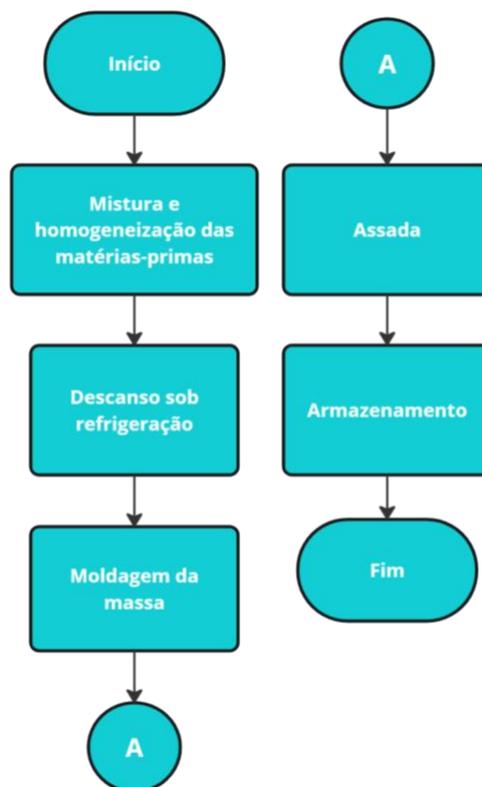
foram servidas em temperatura refrigerada, a cerca de 4 °C, em copos descartáveis de 50 mL codificados. Foi oferecido água gaseificada para limpeza do paladar.

Os resultados obtidos de cada provador, para cada formulação e atributo, foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância para a comparação entre as médias.

#### 4.4 Produção de Biscoito Nutricional

A formulação do biscoito fortificado nutricionalmente com a caseína do leite foi elaborada com base na metodologia desenvolvida no trabalho de Leite (2021), com as alterações necessárias para o objetivo do presente trabalho e adequações sensoriais que forem vistas como cruciais para o melhor desenvolvimento do produto (Figura 7).

**Figura 7:** Processo de produção do biscoito.



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foram elaboradas duas formulações (Tabela 8) com o objetivo de observar a possibilidade de substituição de ovos e óleo na receita pela caseína. Com exceção desse detalhe, ambas as formulações foram compostas pela mistura de farinha de trigo, aveia em flocos, açúcar mascavo, canela em pó e fermento químico.

**Tabela 8:** Formulações básicas do biscoito elaboradas.

<b>Ingredientes</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
Farinha de Trigo Integral	24,46%	20,21%
Aveia em Flocos	27,90%	23,05%
Óleo de Soja	-	1,42%
Ovos	-	15,96%
Açúcar mascavo	21,46%	17,73%
Canela em Pó	0,43%	0,35%
Fermento Químico em Pó	4,29%	3,55%
Caseína	21,46%	17,73%

\* B1 (biscoito integral sem adição de ovos e óleo) e B2 (biscoito integral com adição de ovos e óleo).

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Para a elaboração do biscoito, os ingredientes foram misturados e a massa homogeneizada e depositada em uma vasilha previamente esterilizada para que possa ser levada à geladeira a descanso por 10 minutos – período em que o forno deve ser pré-aquecido a 180 °C – e depois, a massa foi moldada no formato dos biscoitos e distribuída nas formas untadas para que, enfim, o biscoito seja levado ao forno por cerca de 45 minutos. O produto, então, foi armazenado em recipiente seco e esterilizado.

## 5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 5.1 Separação e Concentração do Soro de Leite

A separação do soro de leite da caseína mostrou ocorrência sob adição de cerca de 16 mL L<sup>-1</sup> do coagulante (Ha-La<sup>®</sup>, Chr. Hansen Brasil, Valinhos, São Paulo), composto pela enzima quimosina e da adição de 400 mg da cultura de bactérias lácticas (Fermento Bio Rich<sup>®</sup>, Chr. Hansen Brasil, Valinhos, São Paulo), sob aquecimento constante à cerca de 45°C para sua adição e cerca de 65°C durante a coagulação da caseína – na qual a temperatura era conferida constantemente e o aquecimento do leite era interrompido de tempos em tempos – para o resultado esperado (Figuras 8 e 9).

**Figuras 8 e 9:** Caseína separada do soro de leite ao final da coagulação (esquerda); Soro de leite puro (direita).



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Para o procedimento foram utilizados 2 L de Leite Integral Tipo A2 (com 3,4% de gordura e sem glúten) da marca Xandô, que rendeu cerca de 100g de caseína pura e 900 mL do soro de leite concentrado.

Juntamente com a separação do soro, o grupo realizou a sua concentração, diminuindo a quantidade de água – e, conseqüentemente, a atividade microbiana – presente nele, para retardar a degradação microbiana do produto e garantir um suplemento alimentar com maior valor nutricional, como descrito por Labuza *et al.* (1972).

No procedimento de aquecimento, que foi até cerca de 65 °C, durante a coagulação enzimática da caseína, a proteína já separada do soro foi retirada, e o líquido era agitado, o que facilitou sua concentração. O volume inicial de 1800 mL de soro de leite produzido foi reduzido a 500 mL pela evaporação de água, indicando a redução de cerca de 72,2% de sua umidade, o que o tornou mais concentrado e, por consequência, nutritivo (Figura 10).

**Figura 10:** Soro de leite sendo reduzido durante sua separação da caseína.



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

## 5.2 Produção da Bebida Láctea Nutricional

Para a produção da bebida láctea, o grupo optou por utilizar geleia de maracujá para dar sabor e mais valor nutricional ao produto final. A geleia foi produzida com 966g de polpa de maracujá extraída diretamente da fruta, com a adição de 94g (cerca de 1% da formulação total da bebida) de açúcar para que ocorresse a geleificação (Figura 11).

**Figura 11:** Produção da geleia de maracujá (canto superior esquerdo); separação da caseína do soro de leite (canto inferior direito); e esterilização dos recipientes para as bebidas (canto superior, na direita).



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

O grupo seguiu com a formulação que mais se destacou nos aspectos sensoriais e físicos durante o período de prototipagem (Tabela 9) levando em conta que cada protótipo possui um conteúdo de 500 mL.

**Tabela 9:** Formulações definitivas das bebidas lácteas elaboradas como protótipo.

<b>Ingredientes</b>	<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
Leite	400 mL	320 mL	280 mL	200 mL	80 mL
Soro de leite	-	80 mL	120 mL	200 mL	320 mL
Polpa de maracujá	100 mL				
Açúcar	10 g				

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

### 5.3 Análises Físico-Químicas, Microbiológicas e Sensoriais

#### 5.3.1 Teor de acidez em ácido láctico

Os dados obtidos na determinação do teor de acidez em ácido láctico estão representados na Tabela 10, para o preparo 3, e na Tabela 11, para o preparo 4.

**Tabela 10:** Dados obtidos na determinação do teor de acidez das amostras do preparo 3.

Amostras	Massa de amostra pesada	Volume gasto da solução de NaOH 0,1108 mol/L	Teor médio de acidez em ácido láctico
M0	10,1885 g	6,65 mL	0,65%
	10,0395 g	6,50 mL	
	10,0430 g	6,60 mL	
M1	10,1998 g	13,20 mL	1,30%
	10,1964 g	13,40 mL	
	10,0053 g	13,00 mL	
M2	10,2001 g	14,30 mL	1,42%
	10,0260 g	14,20 mL	
	10,0205 g	14,40 mL	
M3	10,2004 g	11,70 mL	1,23%
	10,1783 g	13,00 mL	
	10,2752 g	13,00 mL	

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

**Tabela 11:** Dados obtidos na determinação do teor de acidez das amostras do preparo 4.

Amostras	Massa de amostra pesada	Volume gasto da solução de NaOH 0,09683 mol/L	Teor médio de acidez em ácido láctico
M0	10,0738 g	15,70 mL	1,35%
	10,0415 g	15,50 mL	
M1	10,4632 g	16,90 mL	1,42%
	10,0788 g	16,70 mL	
M2	10,1518 g	16,10 mL	1,43%
	9,9548 g	16,90 mL	
M3	10,2787 g	17,00 mL	1,47%
	10,0115 g	17,30 mL	
M4	10,1345 g	17,50 mL	1,53%
	10,2059 g	18,30 mL	
Soro de leite	10,0111 g	2,70 mL	0,22%
	10,1193 g	2,40 mL	

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foi possível observar que o teor de acidez em cada amostra se mostrou crescente conforme foi maior o teor de soro de leite, indicando que essa matéria-prima é fonte de acidez na bebida, além do ácido cítrico presente na polpa de maracujá. O teor de acidez obtido em cada amostra condiz com a teoria, uma vez que Paula *et al.* (2012) e Frutuoso, Andrade e Pereira (2012), obtiveram em seus trabalhos, respectivamente, 1,83% de acidez para uma bebida láctea fermentada com leite, soro de leite e polpa de morango e 1,03% de acidez para uma bebida láctea fermentada com leite, soro de leite, maracujá e mel.

### 5.3.2 Análise de pH

Os dados obtidos na análise de pH estão representados na Tabela 12, para os preparos 3 e 4, além dos dados obtidos do trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018), que produziram bebidas lácteas com diferentes teores de soro de leite e água, além de polpa de maracujá, para fins de comparação.

**Tabela 12:** Análise de pH e comparação com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).

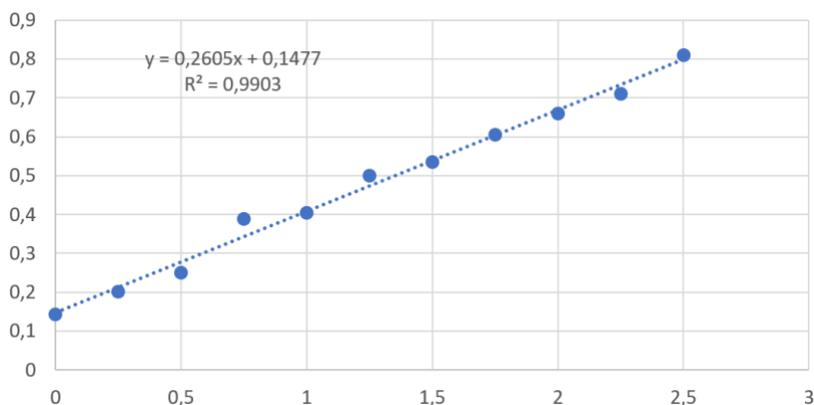
Teor de soro de leite em cada amostra	pH medido para o preparo 3	pH medido para o preparo 4	pH medido no trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018)
0%	4,65	4,06	3,17
16%	3,89	3,99	3,34
24%	3,85	3,95	3,38
40%	3,79	3,84	3,55
64%	-	3,79	-
Amostra de soro de leite	-	5,96	-

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foi possível observar que o pH em cada amostra diminuiu conforme foi maior o teor de soro de leite, como era esperado por conta da determinação do teor de acidez, cuja relação obtida foi a mesma. O pH obtido em cada amostra condiz com a teoria, em comparação com os dados do trabalho mencionado.

### 5.3.3 Teor de proteínas

A curva padrão obtida e formada a partir do tratamento dos dados empíricos coletados na análise de proteínas está representada na Figura 12.

**Figura 12:** Curva padrão absorbância x concentração das amostras de proteínas de BSA.

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

A partir da regressão linear da curva, foi obtida a equação  $y = 0,2065x + 0,1477$ , utilizada para calcular o teor de proteínas de cada amostra baseado na absorbância lida (Tabela 13)

**Tabela 13:** Valores lidos de absorbância para cada amostra e teor de proteínas calculado.

<b>Amostra</b>	<b>Absorbância lida</b>	<b>Teor de proteínas calculado (g/100 mL)</b>
M0	1,4950	25,85988484
M1	1,7503	30,76071657
M2	1,3745	23,54702495
M3	1,3260	22,61612284
M4	1,1953	20,1081254
Amostra de soro de leite	0,7740	12,02111324
<b>Amostras diluídas</b>		
M0	0,8893	35,58701216
M1	0,9763	39,76167626
M2	0,8777	35,0271913
M3	0,7363	28,24536148
M4	0,8120	31,87619962
Amostra de soro de leite	0,4087	12,52239283

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foi possível observar que o teor de proteínas em cada amostra se mostrou decrescente conforme foi maior o teor de soro de leite, indicando que, apesar de essa matéria-prima ser fonte de proteínas, o leite contribuiu com o maior teor proteico. Foi observado também que o teor de proteínas obtido em cada amostra não condiz com a teoria, como se pode observar na Tabela 14, em comparação com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).

**Tabela 14:** Comparação da análise de proteínas com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).

Teor de soro de leite em cada amostra	Teor de proteínas para o preparo 4	Teor de proteínas no trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018)
0%	25,85988484 g/100 mL	0,15 g/100 mL
	35,58701216 g/100 mL	
16%	30,76071657 g/100 mL	0,49 g/100 mL
	39,76167626 g/100 mL	
24%	23,54702495 g/100 mL	0,50 g/100 mL
	35,0271913 g/100 mL	
40%	22,61612284 g/100 mL	0,61 g/100 mL
	28,24536148 g/100 mL	
64%	20,1081254 g/100 mL	-
	31,87619962 g/100 mL	
Amostra de soro de leite	12,02111324 g/100 mL	-
	12,52239283 g/100 mL	

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Os valores obtidos na quantificação de proteínas podem ser consequência de erros na leitura durante a colorimetria. Como as amostras não são transparentes, mas sim turvas, devido ao leite adicionado, a leitura da absorbância de cada amostra pode ter sido prejudicada, mesmo para as amostras diluídas, que também eram turvas.

Alternativamente à quantificação experimental, pôde ser realizada uma estimativa do teor de proteínas com embasamento na composição proteica da matéria-prima. O leite desnatado tipo A2 Xandô®, que foi utilizado, possui concentração proteica de 3,3 g/100 mL. Levando em conta o volume inicial de leite utilizado, de 2 L, e a razão entre caseínas e proteínas do soro presentes no leite, a concentração de proteínas calculada no soro de leite concentrado é de 5,94 g/100 mL.

Dessa forma, pode-se estimar a concentração de proteínas em cada amostra de bebida láctea (Tabela 15).

**Tabela 15:** Teor de proteínas estimado para cada amostra.

<b>Amostra</b>	<b>Teor de proteínas estimado (g/100 mL)</b>
M0	2,64
M1	3,06
M2	3,27
M3	3,70
M4	4,14
Amostra de soro de leite	5,94

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

### 5.3.4 Teor de sólidos solúveis

Os dados obtidos na análise de sólidos solúveis estão representados na Tabela 16, para os preparos 3 e 4, além dos dados obtidos do trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018), para fins de comparação.

**Tabela 16:** Análise do teor de sólidos solúveis e comparação com o trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018).

Teor de soro de leite em cada amostra	Teor de sólidos solúveis para o preparo 3	Teor de sólidos solúveis para o preparo 4	Teor de sólidos solúveis no trabalho de Souza, Machado e Mesquita (2018)
0%	10,2 °Brix	11,3 °Brix	12,00 °Brix
16%	12,2 °Brix	12,0 °Brix	13,00 °Brix
24%	12,2 °Brix	12,2 °Brix	13,20 °Brix
40%	13,4 °Brix	13,1 °Brix	14,60 °Brix
64%	-	13,7 °Brix	-
Amostra de soro de leite	-	11,2 °Brix	-

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foi possível observar que o teor de sólidos solúveis em cada amostra aumentou conforme foi maior o teor de soro de leite, indicando que essa matéria-prima é fonte de sólidos solúveis na bebida, como a alta concentração de proteínas solúveis e açúcares, como a lactose, presentes nele. O teor de sólidos solúveis obtido em cada amostra condiz com a teoria, em comparação com os dados do trabalho mencionado.

### 5.3.5 Identificação de vitamina C

Os dados obtidos na identificação de vitamina C estão representados na Tabela 17, para o preparo 4.

**Tabela 17:** Análise do teor de Vitamina C nas amostras.

Amostra	Gotas de lugol utilizadas
M0	4
M1	4
M2	4
M3	4
M4	4
Amostra de soro de leite	1

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Foi possível observar que todas as formulações da bebida láctea apresentaram resultado positivo para a identificação da vitamina C, enquanto a amostra de soro de leite apresentou resultado negativo, indicando que o maracujá presente nas formulações é fonte da vitamina na bebida.

### 5.3.6 Análise de coliformes totais e *Escherichia coli*

Após o período de incubação, as amostras foram analisadas uma a uma, e não houve identificação de contaminação a partir da análise dos meios de cultura (Figura 13).

**Figura 13:** Amostras utilizadas na análise microbiológica pós-estufa.

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

A ausência de coliformes que foi identificada nas amostras é um indicativo de boas práticas de fabricação ao longo do processo de elaboração das bebidas lácteas. Resultados similares para a análise de coliformes totais foram obtidos por Oliveira *et al.* (2023), na análise de bebidas lácteas fermentadas de tamarindo, indicando que o processamento atendeu aos padrões de qualidade vigentes na legislação.

### 5.3.7 Vida de prateleira

Os testes de vida de prateleira consistiram nas análises e tratamento dos dados apresentados como resultados das análises físico-químicas e ensaios realizados com as amostras feitas de tempos em tempos, observando as alterações identificadas em cada amostra após determinado tempo sob condições adequadas de armazenamento.

Também foi considerada observação direta como um fator de análise, visto que, conforme o produto foi sendo exposto ao tempo e a condições diversas durante esse período, suas características sensoriais e visuais foram sendo alteradas também. Os dados coletados foram das amostras produzidas nos dias 29/08 e 08/09 (Tabela 18).

**Tabela 18:** Comparação das amostras realizadas pelo grupo consideradas no teste de prateleira.

<b>Amostras (29/08)</b>	<b>Intervalo de tempo em armazenamento</b>	<b>Características</b>
M0	27 dias	Tornou-se mais opaco com o tempo, e o cheiro já dava indícios de um início de contaminação devido ao tempo de armazenamento. Cheiro mais “azedo”, devido à presença do leite em provável processo de degradação.
M1	27 dias	Processo de fermentação (devido aos microrganismos fermentadores na composição) já em andamento com possíveis sinais de contaminação. Cor opaca, aspecto mais espesso.
M2	27 dias	Processo de fermentação (devido aos microrganismos fermentadores na composição) já em andamento com possíveis sinais de contaminação. Cor opaca, aspecto mais espesso.
M3	27 dias	Fermentou totalmente após cerca de 23 dias, transbordando e seu aroma ficou mais forte. A cor ficou mais opaca e seu aspecto mais espesso.
M4	27 dias	Processo de fermentação (devido aos microrganismos fermentadores na composição) já em andamento com possíveis sinais de contaminação. Cor opaca, aspecto mais espesso.
Soro de leite	27 dias	Possíveis sinais de contaminação. Cor opaca, aspecto mais aquoso e aroma desagradável.

**Continuação da tabela 18****Amostras (08/09)**

M0	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.
M1	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.
M2	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.
M3	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.
M4	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.
Soro de leite	18 dias	Os aspectos não apresentaram mudanças notáveis sensorialmente, tirando uma ênfase maior no cheiro das bebidas, provavelmente proveniente de atividade microbiológica.

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

Notou-se que, no preparo 3, após tanto tempo de armazenamento, todas as amostras apresentaram mudanças tanto nos resultados das análises físico-químicas quanto nos aspectos sensoriais que indicavam sua degradação. Os frascos das amostras da bebida láctea do dia 29/08 foram dificultosos de se abrir devido ao gás que estava sendo armazenado dentro deles devido à fermentação, além do aumento de volume do conteúdo dos protótipos.

As análises físico-químicas realizadas incluíram análise de pH e teor de sólidos solúveis, para o preparo 3, e análise de teor de acidez, pH e teor de sólidos solúveis, para o preparo 4. Os dados obtidos nas análises de pH e teor de sólidos solúveis para o preparo 3 estão representadas na Tabela 19.

**Tabela 19:** Dados das análises de pH e sólidos solúveis das amostras do preparo 3 para a análise de vida de prateleira.

Amostras	pH	Teor de sólidos solúveis
M0	4,78	10,2 °Brix
M1	4,18	11,9 °Brix
M2	4,00	12,1 °Brix
M3	4,00	13,4 °Brix

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

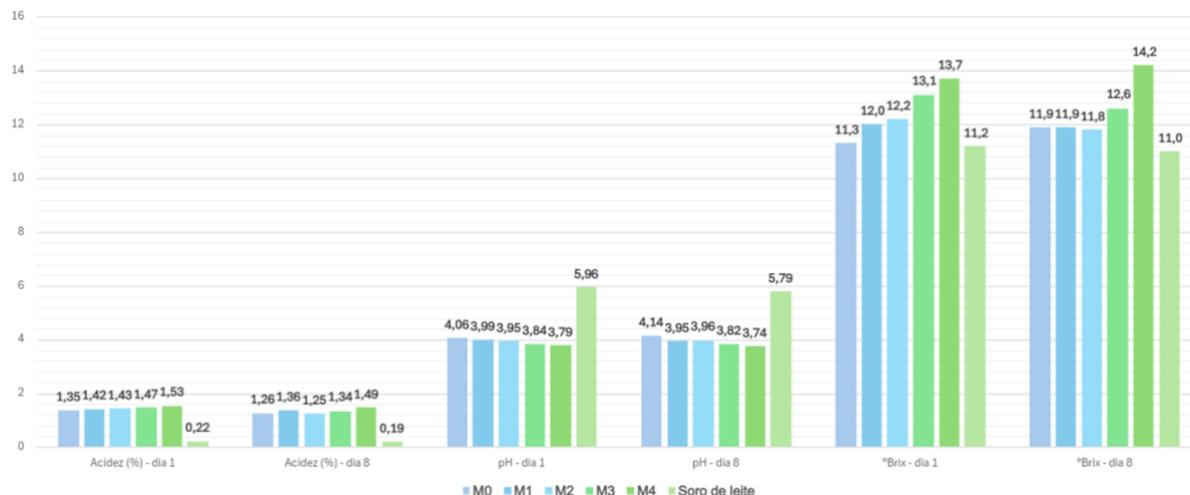
Os dados obtidos nas análises de teor de acidez, pH e teor de sólidos solúveis para o preparo 4 estão representadas na Tabela 20.

**Tabela 20:** Dados das análises de acidez, pH e sólidos solúveis das amostras do preparo 4 para a análise de vida de prateleira.

Amostras	Teor de acidez	pH	Teor de sólidos solúveis
M0	1,26%	4,14	11,9 °Brix
M1	1,36%	3,95	11,9 °Brix
M2	1,25%	3,96	11,8 °Brix
M3	1,34%	3,82	12,6 °Brix
M4	1,49%	3,74	14,2 °Brix
Soro de leite	0,19%	5,79	11,0 °Brix

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

A partir dos dados obtidos na análise de vida de prateleira para o preparo 4, foi feita a comparação para cada propriedade da bebida ao decorrer do tempo, como representado na Figura 14.

**Figura 14:** Comparação dos dados obtidos para as análises realizadas para o preparo 4.

Fonte: Acervo pessoal (2024).

### 5.3.8 Análises sensoriais

A partir dos resultados obtidos na avaliação sensorial, foi realizada a ANOVA, que possibilitou verificar que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as avaliações das formulações apenas para o atributo aroma. O julgamento dos avaliadores, porém, apresentou diferença significativa para todos os atributos avaliados.

O teste de Tukey permitiu comprovar a existência de diferença significativa entre as avaliações das formulações apenas para o atributo aroma, além de analisar quais das formulações diferiram entre si. A média dos resultados obtidos no teste de aceitação pode ser observada na Tabela 21 e na Figura 15.

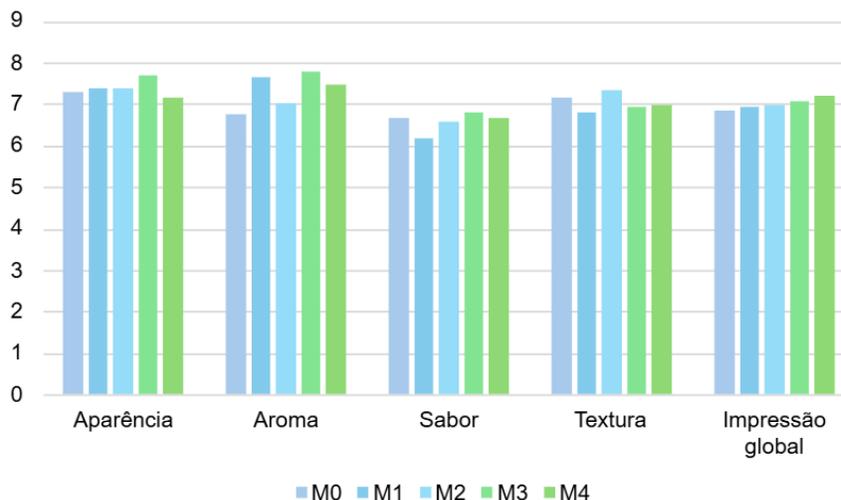
**Tabela 21:** Médias das avaliações para cada atributo das formulações de bebidas lácteas.

Amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
M0	7,28 ± 1,51 <sup>a</sup>	6,76 ± 1,48 <sup>c</sup>	6,66 ± 1,59 <sup>a</sup>	7,14 ± 1,22 <sup>a</sup>	6,84 ± 1,42 <sup>a</sup>
M1	7,38 ± 1,45 <sup>a</sup>	7,66 ± 1,37 <sup>ab</sup>	6,17 ± 1,79 <sup>a</sup>	6,79 ± 1,50 <sup>a</sup>	6,93 ± 1,13 <sup>a</sup>
M2	7,38 ± 1,52 <sup>a</sup>	7,00 ± 1,22 <sup>bc</sup>	6,59 ± 1,59 <sup>a</sup>	7,34 ± 1,14 <sup>a</sup>	6,98 ± 1,26 <sup>a</sup>
M3	7,69 ± 1,26 <sup>a</sup>	7,76 ± 1,21 <sup>a</sup>	6,79 ± 1,68 <sup>a</sup>	6,93 ± 1,65 <sup>a</sup>	7,07 ± 1,36 <sup>a</sup>
M4	7,17 ± 1,56 <sup>a</sup>	7,48 ± 1,50 <sup>ab</sup>	6,66 ± 2,09 <sup>a</sup>	6,96 ± 1,35 <sup>a</sup>	7,20 ± 1,57 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Médias na mesma coluna acompanhadas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Acervo pessoal (2024).

**Figura 15:** Médias das avaliações para cada atributo para as formulações de bebidas lácteas.



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

#### 5.4 Produção de Biscoito Nutricional

Para a elaboração do biscoito, o grupo optou por armazenar a caseína residual da separação do soro de leite e a deixar em repouso na geladeira por uma noite antes de iniciar. As massas foram preparadas com base nas formulações definitivas (Tabela 22 e Tabela 23), depositadas em vasilhas e levadas à geladeira a descanso por 5 minutos – período em que o forno foi pré-aquecido a 180 °C – e depois, as formulações, ambas com massa total de 180 g, foram moldadas de acordo com a preferência do grupo.

As massas já prontas foram distribuídas em formas untadas e levadas ao forno, onde passaram cerca de 40 minutos ambas até atingir o ponto ideal. O produto final – 24 biscoitos, 12 de cada formulação – foi degustado e aprovado nos aspectos sensoriais pelo grupo. A quantidade de caseína a disposição do grupo para a utilização nas receitas foi de cerca de 72 g – 40 g para B1 e 32 g para B2 (Figuras 16, 17 e 18).

**Tabela 22:** Formulações definitivas do biscoito nutricional.

Ingredientes	B1	B2
Farinha de Trigo Integral	24,46%	20,21%
Aveia em Flocos	27,90%	23,05%
Óleo de Soja	-	1,42%
Ovos	-	15,96%
Açúcar mascavo	21,46%	17,73%
Canela em Pó	0,43%	0,35%
Fermento Químico em Pó	4,29%	3,55%
Caseína	21,46%	17,73%

\* B1 (biscoito integral sem adição de ovos e óleo) e B2 (biscoito integral com adição de ovos e óleo).

**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

**Figuras 16, 17 e 18:** Biscoitos formulação B1 finalizados; Biscoitos formulação B2 finalizados; Biscoitos de ambas as formulações armazenados.



**Fonte:** Acervo pessoal (2024).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O soro de leite é um subproduto da indústria de laticínios gerado em larga escala tanto no território brasileiro quanto mundial. Apesar de seu alto valor nutricional, grande parte dele é utilizada de formas pouco nobres, ou ainda descartada como efluente, o que pode acarretar graves desequilíbrios ambientais. Em razão desses impactos negativos, as bebidas lácteas são alternativas que vêm sendo desenvolvidas para aproveitar essa matéria-prima tão nutricionalmente rica, principalmente na alimentação de grupos sociais mais vulneráveis, como crianças.

Assim, este trabalho buscou estudar as propriedades de diferentes formulações de bebidas lácteas nutricionais elaboradas a partir de soro de leite e adicionadas de maracujá, de forma consciente e que abordasse o reaproveitamento adequado do soro, suprimindo as necessidades alimentares de crianças.

Para a melhor compreensão da problemática do soro de leite e do desenvolvimento de tecnologias para o seu reaproveitamento, foi feita, inicialmente, uma pesquisa teórica que abrangesse todos esses aspectos. Após a revisão bibliográfica, foram produzidas diferentes formulações de bebidas lácteas adicionadas maracujá com diferentes teores de soro de leite, a fim de comparar suas propriedades e observar a influência dessa matéria-prima no produto.

Dessa forma, análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais foram conduzidas com o objetivo de avaliar a qualidade e a aceitação das bebidas, além de sua conformidade com os padrões legislativos estabelecidos. Entre elas, estão as análises de teor de acidez em ácido láctico, pH, teor de proteínas, teor de sólidos solúveis, identificação de vitamina C, presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*, vida de prateleira e análise sensorial.

Os resultados obtidos destacaram que o teor de proteínas estimado variou de 3,06 g/100 mL a 4,14 g/100 mL, sendo maior nas formulações com menor teor de soro de leite. O pH apresentou variação de 3,79 a 4,06, com maior acidez proporcional ao teor de soro de leite, assim como o teor de sólidos solúveis, que variou de 11,3 °Brix a 13,7 °Brix. Todos os resultados obtidos foram compatíveis com bebidas lácteas avaliadas em

outros estudos, assim como bebidas lácteas comerciais. As análises sensoriais indicaram alta aceitação dos consumidores, crescente conforme maior era o teor de soro de leite.

Por fim, este estudo apenas é o início de muitos outros, com diversas possibilidades e caminhos a serem seguidos. Em pesquisas futuras na área, pode-se explorar maior variedade de frutas na formulação das bebidas, a fim de avaliar diferentes propriedades que podem ser conferidas a elas, e também estudar a capacidade proteica da bebida de acordo com diferentes concentrações do soro de leite.

## REFERÊNCIAS

- AIRES, A. G. **O soro de leite como suplemento proteico para atletas**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/28405>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- ALMEIDA, L. M. *et al.* Fatores associados ao sobrepeso e obesidade infantil. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 58, t. e4406, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/reas.e4406.2020>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- ALMEIDA, R. P.; SILVA, W. K. **Soro do leite, descarte e reaproveitamento**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Laticínios) – Instituto Federal de Alagoas, Satuba, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifal.edu.br/handle/123456789/344>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- ALVES, G. M.; CUNHA, T. C. O. A importância da alimentação saudável para o desenvolvimento humano. **Revista Perspectivas Online: Humanas & Sociais Aplicadas**, v. 10, n. 27, p. 46-62, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25242/8876102720201966>. Acesso em: 22 fev. 2024.
- ALVES, M. P. *et al.* Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, v. 69, n. 3, p. 212-226, maio/jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i3.341>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- ANTHONY, J., C. *et al.* Signaling pathways involved in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 3, p. 856-860, mar, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/131.3.856s>. Acesso em: 15 mar. 2024
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri: Manole, 2003.
- AOYAMA, S. *et al.* Distribution of dietary protein intake in daily meals influences skeletal muscle hypertrophy via the muscle clock. **Cell Reports**, v. 36, n. 1, p. 1-13, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109336>. Acesso em: 13 jan. 2024.
- BALDASSO, C. **Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/13453>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- BARROS, L. K. N. **A desnutrição infantil e sua relação com a rede social e a segurança alimentar e nutricional da família**. 2020. Dissertação (Mestrado em

Nutrição) – Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/7306>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BENTO, R. A.; ANDRADE, S. A. C.; SILVA, A. M. A. D. **Análise sensorial de alimentos**. Recife: UFRPE, 2013. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/handle/123456789/950?show=full>. Acesso em: 27 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa - IN nº 16, de 23 de agosto de 2005. [Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea]. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 163, p. 7-10, 24 ago. 2005. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=24/08/2005&jornal=1&pagina=7&totalArquivos=144>. Acesso em: 01º maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022. [Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos]. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 126, p. 235-238, 6 jul. 2022. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/07/2022&jornal=515&pagina=235>. Acesso em: 01º maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa - IN nº 211, de 1º de março de 2023. [Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos]. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 161, n. 46, p. 110-430, 8 mar. 2023. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/03/2023&jornal=515&pagina=110&totalArquivos=455>. Acesso em: 01º maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS). Portaria nº 31, de 13 janeiro de 1998. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de alimentos adicionados de nutrientes essenciais. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 136, n. 11-E, p. 4, 16 jan. 1998. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/01/1998&jornal=1&pagina=4&totalArquivos=80>. Acesso em: 21 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, ano 148, n. 92, p. 89-92, 16 maio 2011. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/05/2011&jornal=1&pagina=89&totalArquivos=132>. Acesso em: 10 jan. 2024.

CAMPBELL, B.; KREIDER, R.B.; ZIEGENFUSS, T.; BOUNTY, P.L.; ROBERTS, M.; BURKE, D.; *et al.* International society of sports nutrition position stand: Protein and exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, n. 8, p. 1-7, set, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-8>. Acesso em: 15 mar. 2024

CASTAGNOLI, J., L. *et al.* Elaboração e Aceitabilidade de logurte de Quefir Adicionado de Caseína por Atletas e Esportistas. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 13. n. 79. p.312-320. maio/jun. 2019. ISSN 1981-9927.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 11, p. 2563-2583, nov. 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76885-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76885-0). Acesso em: 15 mar. 2024.

COHEN, K. O. *et al.* **Compostos Fenólicos e Vitamina C na Polpa Extraída dos Frutos do Híbrido de Maracujazeiro Azedo BRS Ouro Vermelho**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/570684>. Acesso em: 14 abr. 2024.

COSTA, F. R. *et al.* Proteínas do soro do leite: propriedades funcionais e benefícios para a saúde humana. **Lecturas: Educación Física y deportes**, v. 25, n. 272, p. 106-120, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46642/efd.v25i272.691>. Acesso em: 25 fev. 2024.

CRISTOVAM, B. S. *et al.* Impactos da insegurança alimentar e nutricional no desenvolvimento infantil. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 47, t. e14876, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25248/REAC.e14876.2024>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DALGLEISH, D. G. On the structural models of bovine casein micelles – Review and possible improvements. **Soft Matter**, v. 7, p. 2265–2272, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/234102491\\_On\\_the\\_structural\\_models\\_of\\_bovine\\_casein\\_micelles\\_-\\_Review\\_and\\_possible\\_improvements](https://www.researchgate.net/publication/234102491_On_the_structural_models_of_bovine_casein_micelles_-_Review_and_possible_improvements). Acesso em: 15 mar. 2024.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Ed. 4, Artmed. 2010. Disponível em: Download Química de Alimentos de Fennema - 4ª ed. by Owen R. Fennema, Srinivasan Damodaran, Kirk L. Park (zlib.pub). Acesso em: 24 mar. 2024.

DEETH, H. C. Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 555–562, jun. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.08.011>. Acesso em: 26 abr. 2024.

EMBRAPA. **Anuário do Leite 2021**: Saúde única e total. 102 p. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2021. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224371/1/Anuario-Leite-2021.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ENDRES, C. M. *et al.* Elaboration of an unfermented dairy beverage from sheep's milk whey. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 7, p. 65335-65343, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-010>. Acesso em: 23 abr. 2024.

FALEIRO, F. G. *et al.* Maracuyá: *Passiflora edulis* Sims. In: CARLOSOMA, A. R. *et al.* **Pasifloras: especies cultivadas en el mundo**. Brasília: ProImpress, 2020. Capítulo 1, p. 15-28. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124053/maracuya-passiflora-edulis-sims>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FANI, M. **Onde e por que usar caseína em produtos alimentícios**. Aditivos Ingredientes. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/artigos/052023-artigos-editoriais/onde-e-por-que-usar-caseina-em-produtos-alimenticios>. Acesso em: 15 mar. 2024.

FERREIRA, R. A.; CASTRO, N. C.; ARAÚJO, F. F. Reaproveitamento do soro de leite da indústria de queijaria. **Revista de Trabalhos Acadêmicos – Universo**, Belo Horizonte, v. 1, n. 7, 2022. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=3universobelohorizonte3&page=article&op=view&path%5B%5D=10662>. Acesso em: 31 mar. 2024.

FISCHBORN, S. C. A influência do tempo de ingestão da suplementação de Whey Protein em relação à atividade física. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 3, n. 14, p. 132-143, mar./abr. 2009. Disponível em: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/109>. Acesso em: 11 jan. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS *et al.* **The State of Food Security and Nutrition in the World 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable**. Roma: FAO, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0639en>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FOX, P. F.; BRODKORB, A. The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. **International Dairy Journal**, Canadá, v. 18, p. 677- 684, jul. 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223769207\\_The\\_casein\\_micelle\\_Historical\\_aspects\\_current\\_concepts\\_and\\_significance](https://www.researchgate.net/publication/223769207_The_casein_micelle_Historical_aspects_current_concepts_and_significance). Acesso em: 15 mar. 2024.

FOX, P.F, *et al.* Vitamins in Milk and Dairy Products. In: FOX, P.F, *et al.* **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Ed. 2. Springer, Cham, 2015. Cap. 6, p. 271–297. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_6). Acessado em: 22 mar. 2024.

FRUTUOSO, A. E.; ANDRADE, P. L.; PEREIRA, J. O. P. Inovação no desenvolvimento de bebida láctea fermentada com leite de vaca e soro de queijo de cabra. **Revista do**

Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”, v. 67, n. 386, p. 29-37, maio/jun. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2238-6416.20120033>. Acesso em: 25 set. 2024.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. The State of the World's Children 2019: Children, **Food and Nutrition: Growing well in a changing world**. Nova Iorque: UNICEF, 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/reports/state-of-worlds-children-2019>. Acesso em: 10 mar. 2024.

GARCIA, D. S. S.; BENEDET, G. O ciclo dos resíduos eletroeletrônicos sob o viés da economia circular e da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12305/2010. **Revista Saberes da Amazônia**, Porto Velho, v. 5, n. 10, p. 172-190, 2020.

GARCIA, E. F. *et al.* Development and quality of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n. 8, p. 947-956, maio 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.687367>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GARCIA, L. R. S.; RONCALLI, A. G. Determinantes socioeconômicos e de saúde da desnutrição infantil: uma análise da distribuição espacial. **Saúde e Pesquisa**, v. 13, n. 3, p. 595-606, jul./set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9206.2020v13n3p595-606>. Acesso em: 22 fev. 2024.

KRÜGER, C. C. H., *et al.* Biscoitos tipo "cookie" e "snack" enriquecidos, respectivamente com caseína obtida por coagulação enzimática e caseinato de sódio. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 81-86, jan./abr. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000100017>. Acesso em: 08 mar. 2024.

GOFF, H. D. University of Guelph. **Dairy Science and Technology**. 2009. Disponível em: <https://www.uoguelph.ca/foodscience/dairy-science-andtechnology/dairy-chemistry-and-physics>. Acesso em: 15 mar. 2024

GRILLO, A. C. *et al.* Importância e atuação dos sais minerais no organismo. **Revista Científica Eletrônica de Enfermagem da FAEF**, v. 4, n. 3, fev. 2020. Disponível em: <https://enfermagem.revista.inf.br/artigo/26>. Acesso em: 11 jan. 2024.

GRUMMER-STRAWN, L. M., SCANLON, K. S.; FEIN, S. B. Infant feeding and feeding transitions during the first year of life. **Pediatrics**, v. 122, n. 2, p. 36-42, out. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1315d>. Acesso em: 01 mar. 2024.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 479-488, jul./ago. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000400007>. Acesso em: 09 jan. 2024.

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**, Germany, v. 33, p. 421-434, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KINSELLA, J. E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. **RCR Review in Food Science and Nutrition**, v. 21, n. 3, p. 197-262, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398409527401>. Acesso em: 08 mar. 2024.

KOSIKOWSKI, F. V. Whey Utilization and Whey Products. **Journal of Dairy Science**, Ithaca, v. 62, n. 7, p. 1149-1160, jul. 1979. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83389-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83389-5). Acesso em: 11 jan. 2024.

LABUZA, T. P. *et al.* Stability of intermediate moisture foods. **Journal of Food Science**, v. 37, n. 1, p. 154-159, jan. 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1972.tb03408.x>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LEITE, J. L. **Elaboração e avaliação nutricional de biscoitos integrais com e sem biomassa de banana verde**. 2021. Dissertação (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2021. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/4037>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LESSER, L. I.; MAZZA, M. C.; LUCAN, S. C. Nutrition myths and healthy dietary advice in clinical practice. **American Family Physician**, v. 91, n. 9, p. 634-638, maio 2015. Disponível em: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2015/0501/p634.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

LIMA, J. S.; SILVA, F. B.; SILVA, S. K. Análise de viabilidade para investimento em uma planta de aproveitamento do soro do leite. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 1881-1906, jul./ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv5n4-012>. Acesso em: 31 mar. 2024.

MAN, C. M. D. Shelf Life testing. *In*: STEELE, R. (Ed.). **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Washington: Woodhead Publishing Limited, 2004. Cap. 15. p. 340-354. Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9781855739024.2.340>. Acesso em: 26 abr. 2024.

MARTINI, G. L. **Elaboração e avaliação da composição química, física e sensorial de barras alimentícias adicionadas de proteína do soro do leite (whey protein)**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/151458>. Acesso em: 11 jan. 2024.

MICHAELSEN, K. F.; GREER, F. R. Protein needs early in life and long-term health. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, n. 3, p. 718S-722S, mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.072603>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MIRANDA, N. L.; RECK, I. M.; CLEMENTE, E. Utilização de polpa de abacate em formulações de bebidas lácteas probióticas. **Uningá Review**, v. 26, n. 3, p. 35-39, abr./jun. 2016. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1803>. Acesso em: 05 abr. 2024.

MIZUBUTI, I. Y. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 15, n. 1, p. 80-94, mar. 1994. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/5030>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MIZUTA, A. G.; SILVA, J. F.; MADRONA, G. S. Tecnologias convencionais e emergentes aplicadas no processamento de bebidas a base de soro de leite: uma revisão. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 60, n. 3, p. 993-1002, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6527>. Acesso em: 31 mar. 2024.

NUNES, L. A. *et al.* O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 301-326, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p301-326>. Acesso em: 18 mar. 2024.

OLIVEIRA, C. H. S. *et al.* Análise microbiológica de bebida láctea fermentada dietética e convencional de tamarindo. **Cadernos Macambira**, Serrinha, v. 8, n. especial 1, p. 79-83, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.59033/cm.v8iespecial1.1134>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, v. 67, n. 385, p. 64-71, mar./abr. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120025>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ORDOÑÉZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, p. 294, nov. 2005.

PANYAM, D.; KILARA, A. Enchanting the functionality of food proteins by enzymatic modification. **Trends in Food Science & Technology International**, Cambridge, v.7, n.4, p.120-125, abr. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10012-1](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10012-1). Acesso em: 26 abr. 2024.

PAULA, J. C. J. *et al.* Aproveitamento de soro de queijo de coalho na elaboração de bebida láctea fermentada. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, v.

67, n. 388, p. 25-33, set./out. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2238-6416.20120061>. Acesso em: 25 set. 2024.

PEREIRA, R. B. **Proposta de inclusão de armazenamento temporário no gerenciamento de resíduos para atendimento à economia circular: estudo de caso dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. 2019. 58 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

PORFIRO, W. P. T. *et al.* Caracterização físico-química e compostos bioativos em frutos de maracujá de duas cultivares e colhidos em duas épocas. *In*: CORDEIRO, C. A. M. (org.). **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos – Volume 1**. 1. ed. Guarujá: Editora Científica Digital, 2020. Capítulo 32, p. 407-420. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/livros/livro-tecnologia-de-alimentos-topicos-fisicos-quimicos-e-biologicos-volume-1>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PRATES, R. P.; PEREIRA, M. M.; PINHO, L. Implantação da estratégia de fortificação da alimentação infantil em um município do Sudeste do Brasil: relato de experiência. **Revista de APS**, v. 24, n. 1, p. 168-175, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34019/1809-8363.2021.v24.15870>. Acesso em: 29 abr. 2024.

QUARESMA, M. V. L. S.; OLIVEIRA, E. P. Proteína para síntese proteica e hipertrofia muscular de adultos: quanto, quando e como consumir? **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 5, n. 2, p. 24-27, 2017. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/aces/article/view/2099>. Acesso em: 13 jan. 2024.

REZENDE, S. O.; COELHO, M. O.; COSTA, F. F. Bebida emulsionada a base de soro de leite e polpa de abacate (*Persea americana* Mill): desenvolvimento e estudo de estabilidade físico-química. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 1436-1450, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-119>. Acesso em: 05 abr. 2024.

RILEY, L. K.; RUPERT, J.; BOUCHER, O. Nutrition in toddlers. **American Family Physician**, v. 98, n. 4, p. 227-233, ago. 2018. Disponível em: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2018/0815/p227.html>. Acesso em: 01 mar. 2024.

ROCHA-MENDOZA, D. *et al.* Invited review: Acid whey trends and health benefits. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 2, p. 1262-1275, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19038>. Acesso em: 10 jan. 2024.

RODRIGUES, J. A. **Sustentabilidade de Marketing na Holanda e sua Relação com os 17 ODS**. ECODEBATE, 2021. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/04/20/sustentabilidade-de-marketing-na-holanda-e-sua-relacao-com-os-17-ods/>. Acesso em: 13 maio 2023.

ROLLAND-CACHERA, M. F.; AKROUT, M.; PÉNEAU, S. Nutrient Intakes in Early Life and Risk of Obesity. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 6, t. 564. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph13060564>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ROMAN, J. A.; SGARBIERI, V. C. Obtenção e caracterização química e nutricional de diferentes concentrados de caseína. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 1, p. 75–83, jan. 2005. Acesso em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732005000100007>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SALDIVA, S. R. D. M. *et al.* The consumption of unhealthy foods by Brazilian children is influenced by their mother's educational level. **Nutrition Journal**, v. 13, n. 33, abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-33>. Acesso em: 01 mar. 2024.

SANTOS, A. C. B. *et al.* Caracterização de bebida láctea tipo *cappuccino* com diferentes concentrações de soro de queijo caprino. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 6, n. 1, p. 48-65, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i1-1665>. Acesso em: 31 mar. 2024.

SANTOS, M. A. A.; SANTOS, R. P. Uso de suplementos alimentares como forma de melhorar a performance nos programas de atividade física em academias de ginástica. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 174-185, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5904.rpef.2002.138710>. Acesso em: 13 jan. 2024.

SARAIVA, C. B.; PINTO, C. C. Do descarte ao valor: estratégias inovadoras de reutilização do soro de leite. **Revista Foco**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 01-09, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n1-174>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 397-409, out./dez. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000400001>. Acesso em: 09 jan. 2024.

SHARMA, N. *et al.* Distinction between glycomacropeptide and  $\beta$ -lactoglobulin with 'stains all' dye on tricine SDS-PAGE gels. **Food Chemistry**, v. 340, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127923>. Acesso em: 22 fev. 2024.

SMITH, P. K. *et al.* Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v. 150, n. 1, p. 76-85, out. 1985. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(85\)90442-7](https://doi.org/10.1016/0003-2697(85)90442-7). Acesso em: 29 abr. 2024.

SOUSA, C. R. F. **Propriedades nutricionais e funcionais do abacate**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/handle/123456789/8475>. Acesso em: 04 abr. 2024.

SOUZA, T.; MACHADO, T. O. X.; MESQUITA, R. V. S. C. Aproveitamento do soro de leite na elaboração de uma bebida de maracujá com tecnologia de produção do néctar soro. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 6, n. 2, p.84-93, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v6i2.114>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SOUTHWARD, C. R. Use of casein and caseinates. In: **Developments in Dairy Chemistry**. Fox, PF (ed.), Elsevier Applied Science Publishers, New York, 1989, 38 p. 978-1851663682. Acesso em: 08 mar. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Dairy – Production for Brazil**. Washington: 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>. Acesso em: 18 mar. 2024.

UNITED STATES DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. **Dietary Guidelines for Americans 2020 – 2025**. 9. ed. Washington: 2020. Disponível em: <https://www.dietaryguidelines.gov/resources/2020-2025-dietary-guidelines-online-materials>. Acesso em: 01 mar. 2024.

VITOLLO, M. *et al.* Impactos da implementação dos dez passos da alimentação saudável para crianças: ensaio de campo randomizado. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 5, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2005000500018>. Acesso em: 01 mar. 2024.

VOS, M. B. *et al.* Added Sugars and Cardiovascular Disease Risk in Children: A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation**, v. 135, n. 19, p. e1017-e1034. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000439>. Acesso em: 10 mar. 2024.

WALSTRA, P. Casein sub-micelles: do they exist? **International Dairy Journal**, v. 9, p. 189-192, mar. 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00059-X). Acesso em: 26 abr. 2024.

WHERRY, B.; BARBANO, D. M.; DRAKE, M. A. Use of acid whey protein concentrate as an ingredient in nonfat cup set-style yogurt. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 8768-8784, out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16247>. Acesso em: 10 jan. 2024.

WILSON, J.; WILSON, G. Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. **Journal of the International Society of**

**Sports Nutrition**, v. 3, n.1, p. 7-27, jun. 2006. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1186/1550-2783-3-1-7>. Acesso em: 15 mar. 2024

WIT, J. N. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 3, p. 597-608, mar. 1998. Disponível em:  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75613-9). Acesso em: 09 jan. 2024.

ZERAIK, M. L. *et al.* Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 459-471, jun./jul. 2010. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000300026>. Acesso em: 14 abr. 2024.

ZUTAVERN, A. *et al.* Timing of solid food introduction in relation to atopic dermatitis and atopic sensitization: results from a prospective birth cohort study. **Pediatrics**, v. 117, n. 2, p. 401-411, fev. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2521>. Acesso em: 01 mar. 2024.

## APÊNDICE A – Análise de variância (ANOVA) entre os atributos das formulações de bebidas lácteas e entre os julgadores

Se o valor de F calculado for maior ou igual ao do F tabelado, podemos afirmar que existe diferença significativa entre pelo menos duas amostras testadas. Para sabermos quais amostras diferem entre si são aplicados testes de comparação de médias, podendo ser o teste Tukey dentre outros.

- Total tratamento: totais das notas para cada tratamento.
- Total julgador: totais das notas para cada julgador.
- Total: somatória de todas as notas das avaliações dos tratamentos ou julgadores
- Fator de correção:  $FC = \frac{Total^2}{Número\ de\ avaliações}$
- Soma dos quadrados do total:  $SQ_{Total} = Soma\ dos\ quadrados\ de\ cada\ avaliação - FC$
- Soma dos quadrados dos tratamentos:  $SQ_{Trat} = \frac{Soma\ dos\ quadrados\ do\ total\ para\ cada\ tratamento}{Número\ de\ julgadores}$
- Soma dos quadrados dos julgadores:  $SQ_{Julg} = \frac{Soma\ dos\ quadrados\ do\ total\ para\ cada\ julgador}{Número\ de\ tratamentos}$
- Somas dos quadrados dos resíduos:  $SQ_{Res} = SQ_{Total} - (SQ_{Julg} + SQ_{Trat})$
- Grau de liberdade:
  - Tratamento:  $GL = n - 1$
  - Julgador:  $GL = j - 1$
  - Resíduo:  $GL = (N - 1) - (n - 1) - (j - 1)$
  - Total:  $GL = N - 1$

Em que: n = número de tratamento; j = número de julgadores; N = número total de observações = n x j

Fontes de variação da ANOVA:

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	n - 1	$SQ_{trat}$	$SQ_{trat} / GL_{trat}$	$QM_{trat} / QM_{res}$
Julgadores	(j - 1)	$SQ_{julg}$	$SQ_{julg} / GL_{julg}$	$QM_{julg1} / QM_{res}$
Resíduo	$(N - 1) - (n - 1) - (j - 1)$	$SQ_{res}$	$SQ_{res} / GL_{res}$	
Total	N - 1	$SQ_{total}$		

Aparência						
Julgador	Amostras					Total
	808 (M1)	417 (M3)	755 (M0)	239 (M2)	670 (M4)	
Gislaine	8	9	7	7	8	39
Reinaldo	4	5	8	4	4	25
Patrícia	8	8	9	8	8	41
Thiago	9	9	9	9	9	45
Josiane	4	5	6	8	8	31
Gabriel	8	8	9	9	9	43
Renato	7	8	6	7	8	36
Kevyn	8	6	5	5	7	31
Ana Clara	4	9	9	8	7	37
Sarah	8	8	8	8	7	39
Débora	9	9	8	9	7	42
Luma	8	8	5	7	7	35
Luiza	9	8	9	9	8	43
Guilherme	8	8	9	9	9	43
Evilyn	9	7	7	9	5	37
Maurício	8	8	7	7	8	38
Jullya	8	7	8	8	7	38
Marcos	7	8	5	7	5	32
Isabele	9	9	5	5	6	34
Arthur	8	8	9	9	8	42
Sofia	7	8	7	7	9	38
Heitor	6	8	4	4	5	27
Bento	6	4	8	8	3	29
Caio	8	7	7	7	8	37
Nicole	6	8	9	9	7	39
Mariana	8	8	8	8	8	40
Beatriz	7	8	7	5	6	33
Carolina	7	8	6	7	8	36
Livya	8	9	7	7	9	40
Totais	214	223	211	214	208	1070
Média	7,37931	7,689655	7,275862	7,37931	7,172414	
Desvio	1,449478	1,25651	1,509412	1,521601	1,559967	
FC	SQ total					
7895,862	304,1379					

Fontes variação	GL	SQ	QM	F	F 5%	Significativo?
Tratamento	4	4,344828	1,086207	0,767758	2,45	não
Julgadores	28	141,3379	5,047783	3,567897	1,55	sim
Resíduo	112	158,4552	1,414778			
Total	144	304,1379				

Aroma						
Julgador	Amostras					Total
	808 (M1)	417 (M3)	755 (M0)	239 (M2)	670 (M4)	
Gislaine	8	9	7	7	8	39
Reinaldo	7	5	5	7	7	31
Patrícia	4	6	8	4	4	26
Thiago	9	8	7	7	7	38
Josiane	5	7	5	5	5	27
Gabriel	7	8	7	8	7	37
Renato	6	7	6	7	7	33
Kevyn	8	8	7	7	9	39
Ana Clara	6	8	5	5	5	29
Sarah	9	9	8	8	7	41
Débora	7	9	7	9	8	40
Luma	8	9	7	6	9	39
Luiza	8	8	5	7	9	37
Guilherme	9	8	9	9	9	44
Evilyn	8	6	9	5	4	32
Maurício	9	8	9	8	9	43
Jullya	8	5	5	7	7	32
Marcos	9	9	5	8	9	40
Isabele	9	9	8	8	9	43
Arthur	9	8	9	7	8	41
Sofia	9	9	7	7	8	40
Heitor	6	8	5	6	9	34
Bento	9	8	8	9	8	42
Caio	8	7	5	7	8	35
Nicole	7	7	7	7	7	35
Mariana	8	6	8	8	6	36
Beatriz	6	8	7	6	8	35
Carolina	9	9	7	7	7	39
Livya	7	9	4	7	9	36
Totais	222	225	196	203	217	1063
Média	7,655172	7,758621	6,758621	7	7,482759	
Desvio	1,369981	1,214648	1,479748	1,224745	1,502871	
FC		SQ total				
	7792,89	282,1103				

Fontes variação	GL	SQ	QM	F	F 5%	Significativo?
Tratamento	4	21,69655	5,424138	4,509932	2,45	sim
Julgadores	28	125,7103	4,489655	3,732951	1,55	sim
Resíduo	112	134,7034	1,202709			
Total	144	282,1103				

Sabor						
Julgador	Amostras					Total
	808 (M1)	417 (M3)	755 (M0)	239 (M2)	670 (M4)	
Gislaine	8	9	7	7	8	39
Reinaldo	5	5	5	6	4	25
Patrícia	2	6	9	2	4	23
Thiago	9	8	7	6	7	37
Josiane	7	7	4	9	9	36
Gabriel	6	6	8	7	7	34
Renato	3	7	4	7	9	30
Kevyn	8	7	7	7	8	37
Ana Clara	7	9	7	6	7	36
Sarah	7	7	8	7	6	35
Débora	6	7	6	4	5	28
Luma	5	9	6	7	7	34
Luiza	5	4	4	5	5	23
Guilherme	8	9	9	9	9	44
Evilyn	2	4	6	6	4	22
Maurício	7	8	7	8	7	37
Jullya	8	7	9	9	8	41
Marcos	6	5	4	4	4	23
Isabele	9	7	5	7	6	34
Arthur	7	6	9	8	6	36
Sofia	6	9	8	6	9	38
Heitor	4	4	5	5	4	22
Bento	6	5	8	7	4	30
Caio	7	6	8	6	9	36
Nicole	5	4	7	8	9	33
Mariana	6	7	7	6	2	28
Beatriz	7	8	6	8	9	38
Carolina	6	8	7	8	8	37
Livya	7	9	6	6	9	37
Totais	179	197	193	191	193	953
Média	6,172414	6,793103	6,655172	6,586207	6,655172	
Desvio	1,794216	1,677143	1,587358	1,592779	2,092092	
FC		SQ total				
	6263,51	439,4897				

Fontes variação	GL	SQ	QM	F	F 5%	Significativo?
Tratamento	4	6,455172	1,613793	0,823271	2,45	não
Julgadores	28	213,4897	7,624631	3,889678	1,55	sim
Resíduo	112	219,5448	1,960222			
Total	144	439,4897				

Textura						
Julgador	Amostras					Total
	808 (M1)	417 (M3)	755 (M0)	239 (M2)	670 (M4)	
Gislaine	8	9	7	7	8	39
Reinaldo	4	6	8	6	4	28
Patrícia	7	8	9	7	7	38
Thiago	8	8	7	7	8	38
Josiane	7	7	7	7	9	37
Gabriel	4	3	8	9	4	28
Renato	5	5	4	6	7	27
Kevyn	7	7	7	8	8	37
Ana Clara	4	8	8	6	9	35
Sarah	8	7	8	8	6	37
Débora	7	7	6	4	5	29
Luma	8	8	5	6	7	34
Luiza	9	8	6	7	8	38
Guilherme	7	7	7	8	8	37
Evilyn	9	9	8	9	7	42
Maurício	7	8	8	8	7	38
Jullya	7	4	8	8	7	34
Marcos	8	9	9	8	6	40
Isabele	9	7	5	8	5	34
Arthur	7	6	7	8	6	34
Sofia	7	9	7	7	8	38
Heitor	5	5	6	6	6	28
Bento	8	8	8	8	7	39
Caio	7	6	7	7	7	34
Nicole	7	7	8	9	9	40
Mariana	4	3	7	7	6	27
Beatriz	6	7	6	8	8	35
Carolina	6	8	7	7	8	36
Livya	7	7	9	9	7	39
Totais	197	201	207	213	202	1020
Média	6,793103	6,931034	7,137931	7,344828	6,965517	
Desvio	1,497124	1,646013	1,216674	1,142549	1,349147	
FC		SQ total				
	7175,172	272,8276				

Fontes variação	GL	SQ	QM	F	F 5%	Significativo?
Tratamento	4	5,241379	1,310345	0,901695	2,45	não
Julgadores	28	104,8276	3,743842	2,576271	1,55	sim
Resíduo	112	162,7586	1,453202			
Total	144	272,8276				

Impressão global						
Julgador	Amostras					Total
	808 (M1)	417 (M3)	755 (M0)	239 (M2)	670 (M4)	
Gislaine	8	9	7	7	8	39
Reinaldo	5	5	6	6	4	26
Patrícia	7	7	5	7	7	33
Thiago	9	9	8	7	8	41
Josiane	7	7	6	9	9	38
Gabriel	7	7	9	8	7	38
Renato	6	7	5	7	8	33
Kevyn	8	7	6	6	8	35
Ana Clara	5	9	8	8	7	37
Sarah	8	7	8	8	7	38
Débora	6	7	6	4	4	27
Luma	7	9	5,5	6,5	6,8	34,8
Luiza	7	5	4	5	6	27
Guilherme	8	8	9	9	9	43
Evilyn	6	5	7	7	5	30
Maurício	7	8	8	7	8	38
Jullya	8	6	9	9	7	39
Marcos	7	6	5	5	8	31
Isabele	9	8	6	7	7	37
Arthur	7	7	9	8	8	39
Sofia	7	9	8	7	9	40
Heitor	4	5	5	5	5	24
Bento	7	6	8	8	6	35
Caio	8	7	7	7	8	37
Nicole	6	6	8	8	9	37
Mariana	7	5	6	6	4	28
Beatriz	6	7	7	8	9	37
Carolina	7	8	7	7	8	37
Livya	7	9	6	6	9	37
Totais	201	205	198,5	202,5	208,8	1015,8
Média	6,931034	7,068966	6,844828	6,982759	7,2	
Desvio	1,131719	1,360962	1,421163	1,257	1,568439	
FC	SQ total					
	7116,204	259,5356				

Fontes variação	GL	SQ	QM	F	F 5%	Significativo?
Tratamento	4	2,138345	0,534586	0,481324	2,45	não
Julgadores	28	133,0036	4,750128	4,276861	1,55	sim
Resíduo	112	124,3937	1,110658			
Total	144	259,5356				

## APÊNDICE B – Teste de Tukey entre os atributos das formulações de bebidas lácteas

O teste de Tukey utiliza do cálculo da mínima diferença significativa (DMS) entre as médias. A diferença entre as médias aritméticas das amostras são comparadas com o valor crítico DMS. Quando essa diferença é maior ou igual ao valor de DMS, os dois tratamentos, cujas médias foram testadas, diferem entre o nível de significância testado.

$$\bullet \quad DMS = q \sqrt{\frac{QM_{Res}}{n}}$$

Em que: q é um valor tabelado para o teste de Tukey; n é o número de julgamentos no qual a média foi baseada.

Aparência			
DMS	0,777478		
Amostras pareadas	Diferença	Módulo	Diferença significativa?
0-1	-0,10345	0,103448	não
0-2	-0,10345	0,103448	não
0-3	-0,41379	0,413793	não
0-4	0,103448	0,103448	não
1-2	0	0	não
1-3	-0,31034	0,310345	não
1-4	0,206897	0,206897	não
2-3	-0,31034	0,310345	não
2-4	0,206897	0,206897	não
3-4	0,517241	0,517241	não

Aroma			
DMS	0,716843		
Amostras pareadas	Diferença	Módulo	Diferença significativa?
0-1	-0,89655	0,896552	sim
0-2	-0,24138	0,241379	não
0-3	-1	1	sim
0-4	-0,72414	0,724138	sim
1-2	0,655172	0,655172	não
1-3	-0,10345	0,103448	não
1-4	0,172414	0,172414	não
2-3	-0,75862	0,758621	sim
2-4	-0,48276	0,482759	não
3-4	0,275862	0,275862	não

Sabor			
DMS	0,915158		
Amostras pareadas	Diferença	Módulo	Diferença significativa?
0-1	0,482759	0,482759	não
0-2	0,068966	0,068966	não
0-3	-0,13793	0,137931	não
0-4	0	0	não
1-2	-0,41379	0,413793	não
1-3	-0,62069	0,62069	não
1-4	-0,48276	0,482759	não
2-3	-0,2069	0,206897	não
2-4	-0,06897	0,068966	não
3-4	0,137931	0,137931	não

Textura			
DMS	0,787965		
Amostras pareadas	Diferença	Módulo	Diferença significativa?
0-1	0,344828	0,344828	não
0-2	-0,2069	0,206897	não
0-3	0,206897	0,206897	não
0-4	0,172414	0,172414	não
1-2	-0,55172	0,551724	não
1-3	-0,13793	0,137931	não
1-4	-0,17241	0,172414	não
2-3	0,413793	0,413793	não
2-4	0,37931	0,37931	não
3-4	-0,03448	0,034483	não

Impressão global			
DMS	0,688864		
Amostras pareadas	Diferença	Módulo	Diferença significativa?
0-1	-0,08621	0,086207	não
0-2	-0,13793	0,137931	não
0-3	-0,22414	0,224138	não
0-4	-0,35517	0,355172	não
1-2	-0,05172	0,051724	não
1-3	-0,13793	0,137931	não
1-4	-0,26897	0,268966	não
2-3	-0,08621	0,086207	não
2-4	-0,21724	0,217241	não
3-4	-0,13103	0,131034	não