



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



REAPROVEITAMENTO DO PERMEADO DO SORO DE LEITE

TAYNARA BRAGA DE ARAÚJO

Uberlândia– MG
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



REAPROVEITAMENTO DO PERMEADO DO SORO DE LEITE

Taynara Braga de Araújo

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química.

Uberlândia – MG
2018

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA DE TAYNARA BRAGA
DE ARAÚJO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM
07 DE DEZEMBRO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros
Orientador (FEQ/UFU)

Prof.^a Fabiana Regina Xavier Batista
FEQ/UFU

Doutoranda Carla Cristina de Sousa
FEQ/UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois devo a Ele todas as minhas conquistas.

A minha família, em especial a minha mãe, Lucimar, pelo apoio, paciência, atenção e conselhos durante toda a produção deste trabalho e na minha graduação.

Aos meus amigos, pela parceria e altruísmo ao ver meus sonhos como se fossem parte dos seus, a minha orientadora Larissa pelo incentivo e ensinamentos a mim transmitidos com tanto zelo e a banca examinadora pelos conhecimentos que carregarei durante toda minha vida profissional.

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

(Charles Chaplin.)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1Objetivos.....	3
1.1.1Objetivos específicos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Efluentes gerados.....	4
2.2 Leite	7
2.3 Soro.....	10
2.4 Permeado do soro de leite.....	15
2.5 Aplicações para reutilização do permeado	16
2.5.1 Discussões dos artigos citados.....	23
3. CONCLUSÃO	25
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de derivados do leite (Prefeitura Municipal de Campo Magro, 2016).....	1
Figura 2 - Processo de ultrafiltração (Revista Food Ingredients Brasil, 2017).	2
Figura 3 – Fluxograma do processo global para obtenção de produtos lácteos (Adaptado de MAGANHA, 2006).	9
Figura 4 – Quantidade de leite adquirido e industrializado no mês e no trimestre (Mililitros) para o 2º Trimestre de 2018 (Adaptado de IBGE, 2018).....	10
Figura 5 – Recuperador proteico Allprox (DIABÉTICO SAUDÁVEL, 2011).....	14
Figura 6 – Ultrafiltração usada para separação do concentrado e permeado (PENTAIR, 2018.).....	16
Figura 7 – Conversão de lactose em GOS pela enzima β – galactosidase (TOMAL et al.,2010).....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas do efluente de uma fábrica de laticínios processando cerca de 14.000,0 Litros/dia de leite (SILVA e BOLINI, 2006).	4
Tabela 2 – Exemplos de poluentes inorgânicos e orgânicos (Adaptado de Art.16, Resolução CONAMA N°430/2011).	5
Tabela 3 - Composição média do leite integral (Adaptado de ANTUNES, 2003).	8
Tabela 4 – Composições do soro de leite doce e ácido (BALDISSERA et al., 2011 apud JELEN, 2003).	11
Tabela 5 – Atividades biológicas de algumas proteínas presentes no soro (Adaptado de POPPI et al, 2010).	12
Tabela 6 - Percentual de lactose em produtos lácteos (Adaptado de LEITE, 2015).	13

RESUMO

O Brasil é atualmente o quarto maior produtor de leite do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, Índia e China, isso se atrela a grande quantidade de efluente gerado pelas fábricas de laticínios, aumentando a necessidade de reaproveitamento de produtos como o permeado de soro de leite, que é, muitas vezes, desvalorizado ou descartado por essas indústrias. O permeado é um subproduto obtido por meio do processo de ultrafiltração do soro de leite, é rico em lactose, minerais e água, sendo assim um produto de alto valor nutricional e com inúmeras possibilidades de reutilização. O objetivo do presente trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica a cerca do que é o permeado e de onde vem, abrangendo principalmente as formas de valorização do mesmo, que pode ser usado na obtenção de produtos e matérias-primas, e como consequência minimizar o descarte, reduzindo os gastos com tratamento e o impacto ambiental gerado pela deposição inadequada desse efluente. Uma indústria de laticínios produz cerca de onze litros de efluente para cada litro de leite processado, e esse efluente traz consigo elevadas cargas de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Os artigos citados mostrando as inúmeras utilizações do permeado como, por exemplo, na obtenção de oligossacarídeos que são amplamente incorporados a produção de alimentos e fármacos, só tem a contribuir para evitar que haja desperdício de um produto tão rico. Como mencionado às alternativas para reuso do permeado são vastas, ao empregá-lo na fabricação de novas mercadorias aumenta-se o catálogo de opções ofertadas pela empresa e se estende o mercado consumidor alcançado, ou seja, este só tem a acrescentar.

Palavras-chave: Permeado, Soro de leite, Reaproveitamento.

ABSTRACT

Brazil is currently the fourth largest milk producer in the world, behind only for United States, India and China. It is linked to the large amount of effluent generated by the dairy factories, increasing the need to reuse products such as milk whey which is often devalued or discarded by these industries. The permeate is a by-product obtained by the process of the whey ultrafiltration, being rich in lactose, minerals and water. Therefore is a product of high nutritional value with numerous possibilities of reutilization. The aim of the project work is to present a bibliographical review about what is the permeate and where it comes from, mainly covering the forms of valorization of the same, that can be used in obtaining products and raw materials, as a consequence to minimize the disposal, reducing treatment costs and the environmental impact generated by the inadequate disposal of this effluent. A dairy industry produces about eleven liters of effluent per liter of processed milk, this effluent brings with it high load of COD (Chemical Oxygen Demand) and BOD (Biochemical Oxygen Demand). Several papers showing the numerous uses of the permeate, such as obtaining oligosaccharides that are widely incorporated into food and pharmacy production. Basically you only have to contribute to avoid waste of such a rich product. As mentioned, the alternatives for the reuse of the permeate are vast when adding it in the manufacture of new commodities the catalog of options offered by the company is increased and the consumer market is extended, as result it only has to add.

Keywords: Whey permeate, Whey, Reuse.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de laticínios do mundo, sendo este setor de grande importância para a economia mundial. As regiões Sul e Sudeste se destacam nesta área, abrangendo 34,7% e 34,6% da produção de leite *in natura* no país, respectivamente. A relevância desse segmento ultrapassa o fato de colocar o Brasil como o quarto maior produtor mundial, trazendo consigo a geração de inúmeros empregos devido à extensa quantidade de estabelecimentos existente, sendo um setor de peso no agronegócio brasileiro (LIMA *et al*, 2017).

O produto advindo desse campo de atuação é o leite, um sistema complexo obtido pela secreção trifásica da glândula mamária, onde se encontram glóbulos de gordura emulsificados, micelas de caseína, proteínas, lactose, vitaminas e sais orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água (ANTUNES, 2003). Sua composição varia com a estação do ano e se diferenciam de acordo com a raça, alimentação e estágio de lactação do gado. Utilizando o leite como matéria-prima é possível chegar a uma variada gama de produtos como iogurte, manteiga, queijo, creme de leite, leite condensado, dentre outros, como pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 – Exemplos de derivados do leite (Prefeitura Municipal de Campo Magro, 2016).

Do processo de separação do coágulo do leite integral, creme ou leite desnatado é obtido o soro (ZALL, 1984). O soro é uma mistura de proteínas, lactose, sais minerais e contém uma pequena quantidade de gordura do leite. Dentre as proteínas contidas existem algumas com importantes propriedades funcionais como: emulsificante, espumante e gelificante, tornando-se um ingrediente de alto valor tecnológico.

O soro de leite bovino é um grande exemplo da possibilidade de aplicação de

proteínas como ingredientes funcionais. No Brasil, o soro resultante das indústrias voltadas para produção de queijos é, em sua maioria, descartado em esgotos ou mananciais geralmente após tratamento adequado, e em alguns casos usados como alimento animal. Além de contribuir para poluição ambiental se não for tratado de maneira adequada, perde a oportunidade de empregar um produto nobre em aplicações que levariam a maior valor comercial (ANTUNES, 2003), gerando assim uma nova fonte de renda quando reutilizado.

Uma das formas de utilização do soro de leite é como base para fabricação de produtos como wheyprotein, que é altamente aplicado no aspecto nutricional para evitar doenças crônicas e obesidade, que de acordo com a organização mundial da saúde (OMS), serão responsáveis por aproximadamente três quartos das mortes no mundo até 2020 (Revista Food ingredients Brasil, 2017).

Um subproduto obtido a partir de processos como ultrafiltração do soro, que separa proteínas dos demais constituintes, como lactose e minerais é o permeado de soro de leite ou soro desproteínado (WONG et al, 1978). Deste processo originam-se dois produtos: o concentrado (material retido pela membrana) e o permeado (material que passa através da membrana). Quase toda a lactose presente no soro é transmitida para o permeado, sendo assim seu componente mais importante. Tal procedimento é apresentado na Figura 2, este é considerado dispendioso, porém para aplicação não há necessidade de produtos químicos, possui alta eficiência de separação e baixo consumo energético.

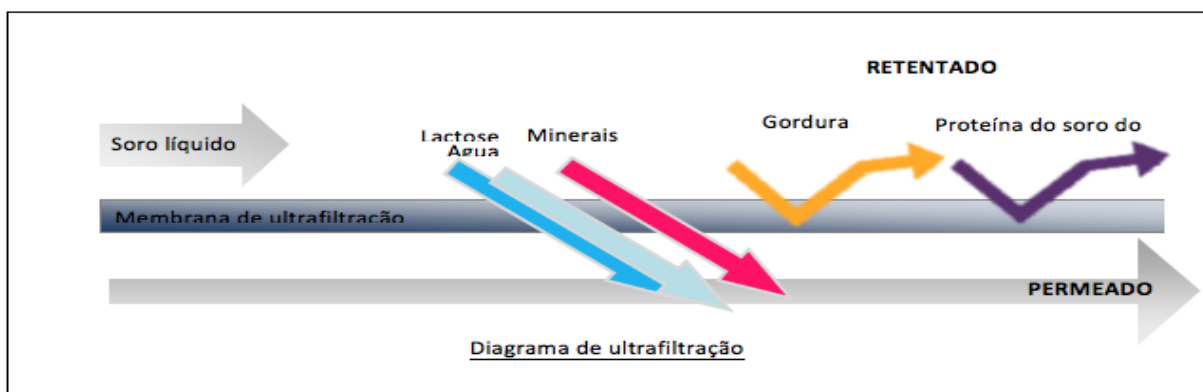


Figura 2 - Processo de ultrafiltração (Revista Food Ingredients Brasil, 2017).

O soro desproteínado é um subproduto poluente que demanda grandes gastos para tratamento e descarte, pois tem elevada demanda química de oxigênio (DQO), por volta de 50.000 mg de O_2 /L de permeado, além de conter cerca de 90% dos sólidos totais e da demanda biológica de oxigênio (DBO) do soro original (ANDRADE e MARTINS, 2002). O permeado pode ser utilizado de inúmeras maneiras, um exemplo é o uso como substrato para

produção de bebidas lácteas através da fermentação, porém este tem uma baixa viscosidade quando comparado às bebidas lácteas disponíveis no mercado, necessitando assim de que outro produto seja misturado para compensar tal falha.

Apesar da ampla quantidade de produtos ofertados, empregos gerados e contribuição para a economia do país, a indústria de laticínios gera uma extensa gama de resíduos, assim como indústrias voltadas para outros segmentos, e a melhor maneira para prevenir a poluição é minimizar a geração de efluentes e recorrer às alternativas de reciclagem, reduzindo também gastos com tratamento e descarte. O soro do leite, geralmente, é descartado juntamente com os demais efluentes líquidos e eleva em grande escala o potencial poluidor, pois este é cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico (SILVA, 2011).

Nos últimos anos, não só no Brasil como em níveis mundiais, tem se notado maior conscientização das indústrias e também de órgãos governamentais em relação à adequada disposição final dos resíduos gerados por atividades industriais, percebendo-se a importância de trabalhos voltados para este fim. E o permeado, foco do trabalho aqui apresentado vem sendo um dos subprodutos das processadoras de laticínios que muitas vezes é descartado, perdendo assim a possibilidade de aplicações para a reutilização e incorporando mais um agente poluidor ao meio ambiente.

1.1 Objetivos

O presente trabalho teve como intuito realizar a revisão bibliográfica a cerca do reaproveitamento de um dos resíduos dispostos pela indústria de laticínios, o permeado de soro de leite, visando à redução do descarte e a valorização desse efluente.

1.1.1 Objetivos específicos

- 1- Descrever o processo de produção de leite;
- 2- Detalhar a obtenção do permeado e do concentrado do soro de leite;
- 3- Estudar os impactos ambientais causados pela disposição dos resíduos do leite, principalmente do permeado, sejam eles líquidos ou sólidos.
- 4- Analisar trabalhos que demonstrem a possibilidade de reaproveitamento do permeado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Efluentes gerados

O crescente interesse em produtos e serviços que tem como intuito a preservação do meio ambiente e o aumento da rigidez da legislação ambiental faz com que as empresas sejam levadas a se adequar aos novos padrões impostos pela população, procurando diminuir consideravelmente os impactos causados por sua atuação (DOTTO, 2012).

A melhoria da relação com o meio ambiente pode beneficiar todo o processo como economias de materiais, aumento de rendimento, conversão de desperdícios em forma de valor, menor consumo de energia usada na produção, melhor utilização dos subprodutos, eliminação ou redução dos custos de atividades relacionadas à descarga ou manuseio, transporte e descarte de resíduos, dentre outros (DOTTO, 2012). O volume de efluentes gerado pelas indústrias de laticínios varia em função de cada processo e produto produzido, mas devido ao grande volume de água utilizado no processo, estimam-se onze litros de efluente para cada litro de leite processado (BRIÃO et al., 2015). Na Tabela 1, encontra-se um exemplo das características físico-químicas do efluente gerado por uma indústria de laticínios.

Tabela 1 - Características físico-químicas do efluente de uma fábrica de laticínios processando cerca de 14.000,0 Litros/dia de leite.

Parâmetro	Faixa	Média	Desvio Padrão
pH	4,9 – 11,28	8,77	2,55
Temperatura (°C)	32 – 39	35,50	4,95
Sólidos totais (g/L)	0,9 – 3,76	2,06	0,87
S. suspensos (g/L)	0,23 – 0,78	0,47	0,20
S. Dissolvidos (g/L)	0,67 – 3,15	1,63	0,80
Sedimentáveis (mg/L)	0,0 – 27,00	3,10	8,26
Óleos e graxas (mg/L)	22,1 – 806	414	554,80
DQO (mg de O ₂ /L)	2120 – 4287	3567	762,39
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	496 – 1712	1033	417,24
Volume de efluente (m ³ /dia)	65,7 – 99,10	75,85	12,56
Carga orgânica total (Kg de DQO/dia)		270,63	
Carga orgânica específica (Kg de DQO/ m ³ de leite processado)		25,70	
Relação DBO ₅ /DQO		0,29	

Fonte: SILVA e BOLINI, 2006.

Na tabela acima, observa-se que o pH do efluente vai de ácido a básico, o que

dificulta o tratamento. A faixa de variação de DQO está dentro dos valores vistos e citados no trabalho de Brião e Tavares (2007) em que coloca como um valor usual por volta de 2000 mg/L para indústrias de laticínios, mas o valor varia até 10000 mg/L de acordo com este autor, o motivo da faixa de variação se dá pelo fato de que cada efluente possui características diferentes, pois é afetado pela forma de produção utilizada, a qualidade da água, dentre outros fatores. A relação DQO/DBO₅ varia de 1,7 a 2,4 para esgotos domésticos (Portal Tratamento de Água, 2008), em esgotos industriais a faixa se amplifica como a obtida no caso apresentado, que é de, aproximadamente, 3,4 e para estes valores é indicado tratamento biológico.

De acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N°430/2011 que dispõe sobre as condições para lançamento de efluentes, encontra-se descrito no Art. 16 as faixas de pH (entre 5 e 9), temperatura (< 40 °C), sólidos sedimentáveis (1 mg/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*), óleos e graxas (óleos minerais: até 20 mg/L, óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L), DBO₅ (geralmente remoção mínima de 60%), componentes inorgânicos e orgânicos (exemplos dispostos na Tabela 2) e também a vazão máxima diária e a inexistência de materiais flutuantes.

Tabela 2 – Exemplos de poluentes inorgânicos e orgânicos.

Parâmetros inorgânicos	Valores máximos
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L

Fonte: Adaptado de Art.16, Resolução CONAMA N°430/2011.

As condições estabelecidas pelo CONAMA devem ser seguidas para que o efluente

gerado possa ser descartado, o que é um processo dispendioso, com isso a otimização e o controle de processos na indústria se torna cada vez mais necessário, podendo diminuir consideravelmente o impacto ambiental gerado pela mesma e também reduzir os gastos com tratamento, a partir do reaproveitamento de água, combustível, produtos de limpeza e dos próprios resíduos gerados, como o soro de leite e também o permeado, pois a eficiência industrial é o melhor caminho para se adquirir uma eficiência ambiental (HENARES, 2015).

Para casos em que não há como reaproveitar os resíduos produzidos, os sistemas mais usados para tratamento de efluentes nas indústrias do setor de interesse são do tipo biológico, como filtros biológicos, lagoas de estabilização, lodos ativados e tratamentos primários (gradeamento e sedimentação primária).

Alguns trabalhos como os artigos publicados por Brum et al. (2009), Brião e Tavares (2007) e Brião et al. (2015) discutem sobre o reaproveitamento de resíduos em atividades de limpeza dos estabelecimentos industriais. Segundo Brum et al. (2009), nas indústrias de laticínios a maior preocupação na operação de higienização é a remoção de resíduos como gorduras, proteínas, carboidratos e minerais que estão aderidos à superfície, para isso é muito comum à utilização do sistema de limpeza “Cleaning in Place” (CIP), que é constituído das etapas: pré-enxágue, circulação com soda, circulação ácida e sanitização, sendo que há operação de enxágue entre cada um dos citados e no final do procedimento. Deste processo é gerado um efluente com grande porcentagem de gorduras, carboidratos e proteínas.

O lançamento dos resíduos advindo das processadoras de laticínios em corpos d’água aumenta a chance da ocorrência de eutrofização, que faz com que as plantas aquáticas cresçam excessivamente em níveis que inviabilizam a utilização da água, exemplos de poluentes inorgânicos que geram esta situação quando dispensados em excesso são fósforo e nitrogênio. Devido a estes e outros impactos causados pela má disposição de resíduos, Brum et al. (2009) defende o reuso e reciclo dos efluentes e a utilização de separação por membranas, o que vem sendo mencionada no decorrer de todo o presente trabalho, essa operação é muito difundida por conta de sua aplicação simples, não necessitam de mudança de fase e nem de aditivos químicos, apresenta fácil aplicação em escalas maiores. As maiores desvantagens associadas a essa separação são o tempo dispendido para limpeza do concentrado retido pela membrana e de sua fragilidade. O autor concluiu que, apesar das limitações da separação por membranas, a execução da técnica é viável para reutilização na fabricação de produtos lácteos.

Brião e Tavares (2007) ressalta a importância do reuso da água e aproveitamento dos

resíduos, pois o volume de efluente gerado pelas processadoras é enorme, existe uma grande demanda de água para operações de lavagem dos equipamentos e tubulações. Essa reutilização é uma alternativa para evitar a sobrecarga na estação de tratamento de efluentes (ETE) e minimizar custos. Nesse artigo, mais uma vez, é usada para realizar a separação, a ultrafiltração, que retém moléculas com massa molar entre 500 daltons a 500000 daltons, os autores veem como um desafio, pois cada efluente varia em carga e volume, neste trabalho a ultrafiltração foi realizada com dois tipos de membrana, espiral e tubular, ambas apresentam bons resultados, o que o leva a reafirmar que a utilização de tal metodologia é benéfica e pode reduzir a quantidade de efluente levado aos corpos hídricos. Também conclui que o permeado pode ser usado no enxague inicial na limpeza da unidade fabril, pois essa visa apenas à remoção grosseira, em sequência é feito o enxague com água, diminuindo o gasto. Para evitar que haja recontaminação é aplicada a limpeza CIP que remove matéria orgânica e sais minerais que podem ainda estar presente no permeado e se houver necessidade também é realizada a sanitização.

No artigo publicado por Brião et al. (2015), o autor reforça tudo que já foi dito em seu trabalho de 2007, inclusive o cita como referência para dar suporte a sua afirmação de que as características dos efluentes das fábricas de laticínios são variadas, com DQO média obtida na publicação anterior de 2491 mg/L mas que pode chegar até 10000 mg/L. Porém, neste ele realiza a ultrafiltração em um efluente modelo e um real, ainda aplicado nas membranas tubular e espiral. A ultrafiltração nos dois tipos de efluentes apresentaram faixas de rejeição semelhantes em relação à DQO, proteínas, óleos e graxas, lactose, cálcio e fósforo, no entanto o efluente industrial observou maior resistência à filtração por conta da grande quantidade de sólidos suspensos. Mas esse autor como foi dito no trabalho de 2007, mesmo com a dificuldade encontrada na filtração do efluente industrial, enxerga a possibilidade de reaproveitamento do efluente ou de ao menos parte dele em atividades como limpeza da fábrica.

2.2 Leite

A partir da definição do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), e também de acordo com a Normativa MERCOSUL do Setor Lácteo, o leite é o produto oriundo da ordenha completa e sem interrupção, em condições de higiene de vacas leiteiras saudáveis, bem alimentadas e descansadas (MAGANHA, 2006). Este é comercializado

em forma líquida integral ou desengordurado, pasteurizado ou esterilizado e também de todos os citados aplicados a forma em pó (SGARBIERI, 2004).

De acordo com o MAPA, o leite considerado normal apresenta quantidades mínimas de seus componentes, são essas: 3% teor de gordura, 4,3% de lactose, 11,5% extrato seco total (EST), onde este é a soma das porcentagens de gordura, proteína, lactose e sais minerais, 8,5% extrato seco desengordurado (ESD), composto por percentuais de extrato seco total exceto a gordura e 2,9 g por 100 mL de proteína (SIGNORETTI, 2001).

O leite é um dos produtos mais nobres de origem animal, devido a seu alto valor nutricional para adultos e crianças, assim como seus derivados que constituem iguarias de grande importância nutritiva (RIBEIRO et al., 2009). Os grandes componentes do leite bovino estão dispostos na Tabela 3. As proteínas podem ser divididas em dois grandes grupos: as caseínas, insolúveis em pH 4,6 e 20°C, e as proteínas do soro (SILVA e BOLINI, 2006).

Tabela 3 - Composição média do leite integral.

Componentes	Teores (%)
Água	87,00
Gordura	3,90
Proteína	3,60
Lactose	4,60
Sais Minerais	0,80

Fonte: Adaptado de ANTUNES, 2003.

As proteínas possuem inúmeras funções biológicas, dentre elas: reparação celular, prover energia e a construção e reparação de músculos e ossos. As caseínas compreendem cerca de 80% das proteínas totais do leite e constituem uma grande família de fosfoproteínas, os 20% restantes são formados por proteínas do soro (ANTUNES, 2003).

As indústrias de laticínios são unidades fabris que processam leite, produzindo diversos derivados como queijo, iogurte, manteiga, leite condensado. Sendo um setor de demasiada importância, pois traz um produto essencial para o desenvolvimento humano e a partir de pesquisas feitas durante os anos foi comprovado a importância destes produtos na prevenção de doenças como osteoporose, diabetes do tipo 2, obesidade e hipertensão arterial.

Na Figura 3, o fluxograma mostra o processo global de obtenção de produtos lácteos e inclui também os impactos ambientais mais comuns neste tipo de produção.

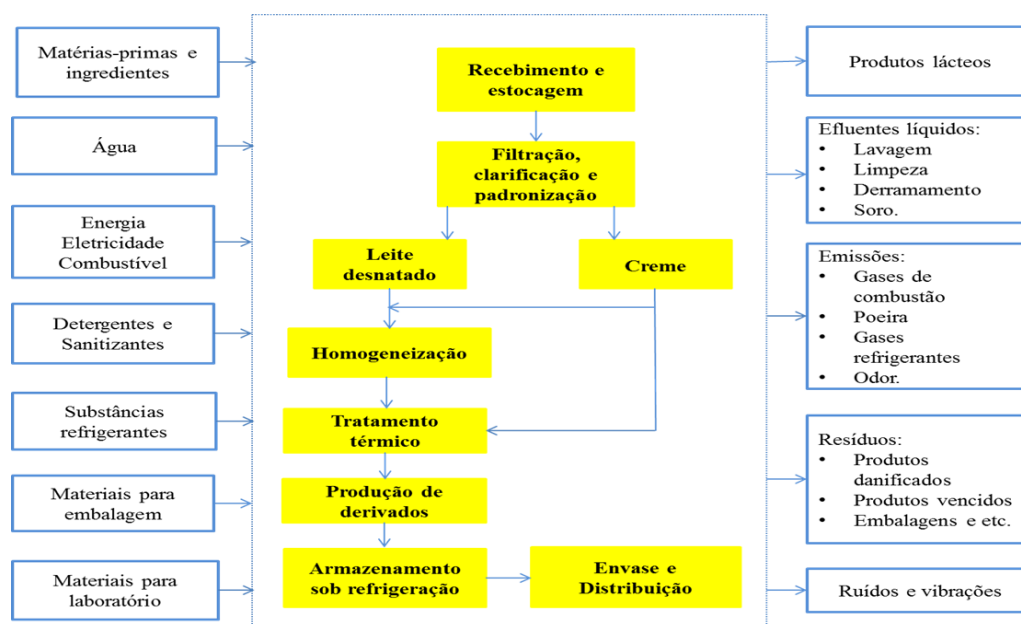


Figura 3 – Fluxograma do processo global para obtenção de produtos lácteos (Adaptado de MAGANHA, 2006).

Anteriormente, ao recebimento nas unidades fabris, o leite cru é transportado em recipientes adequados de seus produtores iniciais até as fábricas, mantendo a temperatura necessária para sua conservação. Ao chegar às indústrias é estocado em tanques de recepção e mantido em refrigeração, a fim de manter a qualidade e as propriedades do produto.

Com auxílio do Guia técnico-ambiental de produtos lácteos (MAGANHA, 2006) será descrito a seguir as etapas mostradas na Figura 3. Na segunda etapa que pode ser vista no fluxograma, o leite *in natura* é submetido a processos de filtração para a retirada de possíveis impurezas, a clarificação onde ocorre a centrifugação ainda para remoção de resíduos e a padronização que consiste na separação e ajuste de teor de gordura do leite, onde é removida a quantidade desejada de gordura ou creme de leite. Em seguida, a etapa de homogeneização para evitar a existência de mais de uma fase no produto, que então é levado para tratamento térmico, onde é aquecido até determinada temperatura em certo período de tempo e depois é resfriado novamente, isto é feito para dizimação de microrganismos infecciosos.

Parte do leite é então encaminhado para elaboração de seus derivados, a produção varia de acordo com o produto de interesse. Sendo levados, assim como o leite que será comercializado em sua forma original, para armazenamento, sob refrigeração, e após serão embalados e transportados para seu destino final, com cuidados específicos para conservação da mercadoria.

De acordo com pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), a quantidade de leite cru, resfriado ou não, adquirido e industrializado, no 2º trimestre de 2018 é de aproximadamente 5,5 milhões de litros cada um, como pode ser visto na Figura 4, comparado ao último trimestre houve um queda na produção de aproximadamente 600 mil litros, porém nada que afetasse o lucro de tal ramo. Mas comparado há anos anteriores à produção de leite está em constante crescimento, mais um motivo para investir nesse ramo e no caso desse trabalho, valorizar os resíduos provenientes desse setor, que com a maior produção de leite também crescem gradativamente.

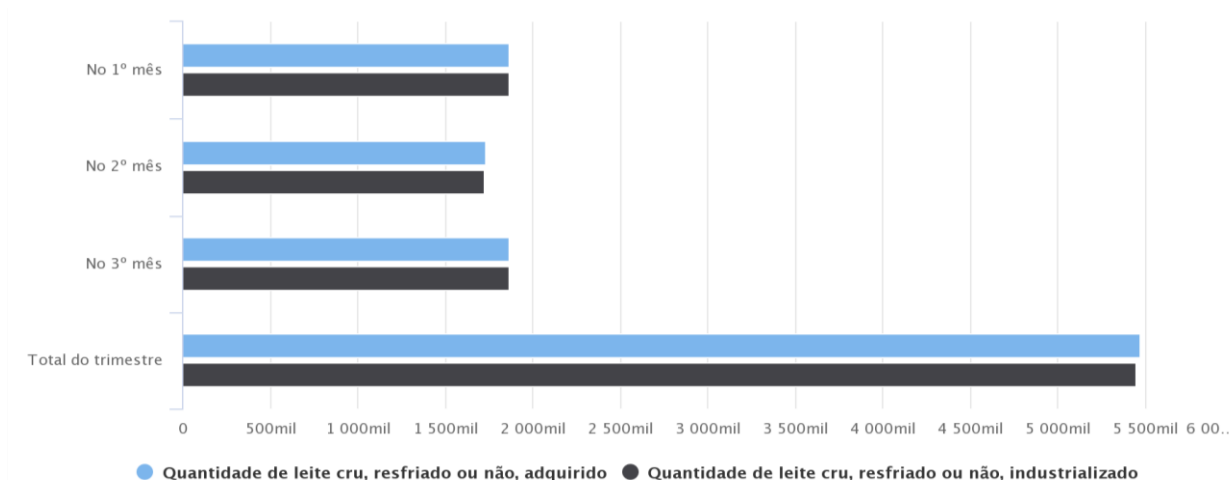


Figura 4 – Quantidade de leite adquirido e industrializado no mês e no trimestre (Millitros) para o 2º Trimestre de 2018 (Adaptado de IBGE, 2018).

2.3 Soro

Na produção de queijo e de caseína, que são derivados do leite cru, ocorre a obtenção de um subproduto, denominado soro de leite ou lacto-soro, que varia entre a cor amarela e verde, podendo ser doce ou ácido conforme o método de coagulação pelo qual foi obtido. Possui de 50% a 55% dos sólidos totais presentes no leite (CIÊNCIA DO LEITE, 2013) e também é uma mistura de proteínas, lactose, minerais como cálcio, fósforo, magnésio, zinco e uma pequena porção de gordura (BARBOSA et al., 2010). Como já citado, existem dois tipos de soro de leite, o doce e o ácido. O soro doce é obtido pela fabricação de queijos produzidos com enzimas, como queijo cheddar e mussarela, já o ácido é derivado da produção de queijos como cottage e ricota (SANTIN, 2004).

O soro é considerado o principal subproduto da indústria de laticínios, na Tabela 4 está disposto composições típicas para os dois tipos de soro de leite que podem ser obtidos, o

lactato, que é a forma ionizada do ácido láctico, é proveniente da fermentação da lactose. A composição mostrada reforça ainda mais a necessidade de reutilização do soro que ainda é visto em muitos casos como apenas um resíduo, além de causar um grande impacto ambiental se a disposição for realizada sem tratamento adequado, ainda se perde um produto de grande potencial e alta qualidade nutricional. O soro é mais descartado por indústrias de médio e pequeno porte, pois as empresas maiores utilizam este para produção de suplementos, bebidas lácteas e aprimoramento de seus produtos (ANDRADE et al., 2015).

Tabela 4 – Composições do soro de leite doce e ácido.

Componentes (g/L)	Soro doce	Soro ácido
Sólidos totais	63-70	63-70
Lactose	46-52	44-46
Proteínas	6-10	6-8
Cálcio	0,4-0,6	1,2-1,6
Fosfato	1-3	2-4,5
Lactato	2	6,4
Cloreto	1,1	1,1

Fonte: BALDISSERA et al., 2011 apud JELEN, 2003.

É possível produzir aproximadamente dez litros de soro para cada quilo de queijo fabricado. O soro gerado pode ser usado na produção de soro de leite em pó, soro de leite com lactose reduzida e o soro desmineralizado (SANTIN, 2004). Além disso, pode ser utilizado para alimentação animal, fabricação de ricota e bebida láctea (GIROTO e PAWLOWSKY, 2001) e, mais recentemente, usada na fabricação de aguardente, como foi disposto em artigo publicado por Barbosa e colaboradores (2010).

A proteína concentrada do soro se diferencia da proteína isolada em relação à porcentagem do nível proteico, na concentrada varia de 34 a 85% e na isolada, pouco comum em comparação a anterior, no mínimo 90% em uma base de peso seco e contém quantidades desprezíveis de lactose e gordura, ao contrário da proteína concentrada onde essas estão presentes em maior escala. A partir da proteína isolada com o uso de novas tecnologias é possível obter aminoácidos biologicamente ativos e peptídeos (SANTIN, 2004).

Alguns exemplos de proteínas contidas no soro são beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbumina, imunoglobulinas, albumina de soro bovino, lactoferrina e lactoperoxidase. A Tabela 5 apresenta funções biológicas que proteínas presentes no soro podem agregar a saúde humana. Essas também possuem alta digestibilidade, que pode ser comprovado por SANTIN

(2004), que afirma que as proteínas do soro do leite rapidamente deixam o estômago e se encaminham para o intestino.

Tabela 5 – Atividades biológicas de algumas proteínas presentes no soro.

Proteína	Função Biológica
β- Lactoglobulina	Transporte de retinol; efeito protetor na destruição térmica da vitamina C.
α-Lactoalbumina	Prevenção da úlcera gástrica.
Albumina de Soro bovino	Atividade Anti-carcinogênica.
Imunoglobulinas	Transmitir imunidade passiva aos recém-nascidos; propriedades antimicrobianas e antivirais.
Lactoferrina	Ação antimicrobiana, ação anti-inflamatória, ação contra vírus da Herpes tipo 1.

Fonte: Adaptado de POPPI et al., 2010.

As proteínas presentes no soro de leite, que muitas vezes são tratadas como resíduo gerado na produção de queijo se mostram uma fonte rica em componentes bioativos que atuam na prevenção de doenças quando incorporadas na fabricação de alimentos funcionais. Doenças estas como hipertensão, diabetes do tipo 2, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, que são muitas vezes desenvolvidas por má alimentação e falta de atividade física, e em alguns casos por nutrição excessiva e feita de maneira errônea. Essas têm várias aplicações como a beta-lactoglobulina, a proteína mais abundante no soro de leite bovino, que pode ser usada como agente estabilizante em produtos como iogurte, a alfa-lactoalbumina que é fonte de aminoácidos essenciais, sendo comercialmente usada em suplementos para formulas infantis por conta da semelhança com proteínas presentes no leite humano (SHARMA, 2018).

O soro de leite desmineralizado, outro produto do soro, é encontrado com a remoção de parte dos minerais do soro de leite pasteurizado e apresentam níveis de mineralização de 25%, 50% e 90%. É produzido por métodos como filtração, precipitação e aplicado a produtos lácteos de padaria e confeitaria, utilizados também em fórmulas para bebês. No soro de leite

com lactose reduzida se aplica o mesmo método descrito para o desmineralizado, porém o teor de lactose deve ser menor que 60%, a importância deste cresce com o aumento do número de pessoas intolerantes à lactose (THINK USA DAIRY, 2017). Na Tabela 6, temos a porcentagem de lactose encontrada em alguns produtos.

Tabela 6 - Percentual de lactose em produtos lácteos.

Produto	Percentual de lactose (por 100g)
Leite integral/semidesnatado/desnatado	4,9%
Leite com lactose reduzida a 90%	0,49%
Iogurte integral	4,5%
Leite condensado	12,3%
Manteiga	0,9%
Queijo cheddar	1%
Ricota	3,6%
Queijo parmesão	1%
Queijo mozzarella light	3,1%
Leite em pó integral	37,5%
Leite em pó desnatado	51,3%
Soro de leite em pó	69%

Fonte: Adaptado de LEITE, 2015.

Outro produto adquirido por meio do soro é o permeado, obtido após a realização do processo de ultrafiltração do soro, onde as proteínas ficam retidas no concentrado, enquanto os demais componentes do soro formam o permeado. Devido ao alto teor de lactose e a presença de vitaminas e minerais, pode ser usado como meio de fermentação (MOULIN e GALZY, 1984).

Além do uso para obtenção dos produtos mencionados, o soro pode ser reaplicado na produção de etanol e de alimentos funcionais como será mostrado a seguir. Um dos métodos de reutilização do soro de leite é o descrito por Andrade et al. (2015), que investe na valorização biotecnológica do soro pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* para produção de etanol por fermentação alcoólica. Neste a fermentação acontece por meio de microrganismos que consomem o substrato, o soro de leite, em condições anaeróbias para obtenção de álcool e gás. O estudo da levedura em questão para tal aplicação foi realizada por Guimarães et al. (2010), partindo do pressuposto que a levedura possui níveis elevados de eficácia na fermentação alcoólica porém, o uso da lactose como fonte de carbono para o processo

depende da adição de β -galactosidade e o sistema lactasepermease, pois a *Saccharomyces cerevisiae* não os tem incluídos em sua composição. O combustível produzido pode ser comercializado ou utilizado na própria indústria, reduzindo os gastos com combustível na unidade fabril. Outro modo de reaproveitamento citado por Andrade et al. (2015) consiste na degradação e estabilização da matéria orgânica visando à obtenção de metano, que se mostra uma alternativa de baixo custo e sustentável, evitando o descarte inadequado do soro.

O soro pode também ser usado na formulação de alimentos funcionais como disposto por Baldissera et al. (2011), alimentos estes que oferecem benefícios além daqueles obtidos na alimentação comum, demonstrando assim a grande versatilidade tecnológica desse subproduto. Bebidas a base de leite e soro de leite representam considerável parte dos lançamentos globais voltados para esse ramo. O soro possui grande potencial funcional, podendo assim ser usado como matéria-prima na fabricação desses produtos, no entanto existem algumas limitações como problemas com a estabilidade física deste no momento de inserção em tal função. Porém, pesquisas indicam que este “resíduo” das processadoras de laticínios pode contribuir positivamente para construção óssea, controle de peso corporal e nutrição esportiva. Com tantos aspectos positivos há a procura por método de correção dessas limitações e na pesquisa em questão foram colocadas três abordagens para obter maior aceitabilidade no mercado consumidor e estabilidade do produto, a centrifugação, ajuste de pH e adição de ingredientes como açúcares, poli álcoois, sais e aminoácidos. Um exemplo real de bebida funcional com soro de leite em sua composição, citada por Baldissera et al. (2011) é o recuperador proteico pós-treino Allprox, mostrado na Figura 5, que possui altos teores de proteína isolada de soro de leite.



Figura 5 – Recuperador proteico Allprox (DIABÉTICO SAUDÁVEL, 2011).

As aplicações do soro são inúmeras, além da indústria de laticínios, alcança também

os setores de panificação, carnes, chocolates, bebidas, dentre outras, o leque é enorme, mas ainda assim, grande parte do soro produzido é visto apenas como resíduo e tratado para descarte (ANDRADE e MARTINS,2002). Na cidade de Uberlândia (Minas Gerais), por exemplo, a Cooperativa Agropecuária Ltda. de Uberlândia (CALU), o soro produzido a partir da fabricação de mussarela é geralmente utilizado na formulação de bebidas lácteas e ricota e quando não aplicado para este serviço é comercializado para produtores a um preço irrisório para alimentação de criação de suínos, assim como o soro de leite liberado na produção de manteiga, mostrando um uso benéfico desse subproduto ao invés de tratá-lo como algo que só deve ser descartado.

2.4 Permeado do soro de leite

Assim como o soro, que é muitas vezes considerado resíduo, o permeado advindo deste também é. Este subproduto é adquirido por meio do processo de separação por membrana e geralmente descartado pela maioria das indústrias, perdendo assim uma possibilidade de reutilizar e com isso aumentar também seu cardápio de mercadorias, abrangendo um mercado ainda maior.

O método usado para a obtenção do permeado foi aderido ao grupo de métodos comumente aplicados por volta do ano de 1970, esse meio de separação funciona como barreira seletiva para o transporte de componentes entre duas soluções a partir da aplicação de uma força externa. As membranas sintéticas vieram no intuito de reproduzir membranas naturais, trazendo principalmente suas características de seletividade e permeabilidade, é formada por uma fina camada de material orgânico ou inorgânico que separa a corrente de alimentação em concentrado e permeado, a parcela retida e removida, respectivamente, a quantidade que irá atravessar a membrana depende do tamanho dos poros de cada uma, que varia com a necessidade do cliente. Como já dito, é preciso uma força externa para que a passagem aconteça e isso depende do tipo de filtração, em relação às técnicas mais difundidas, temos microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) onde é necessário inserir pressão hidráulica para realização e no caso da eletrodialise, outra técnica bastante utilizado, é aplicado a diferença de potencial elétrico. Esse tipo de prática cada dia se expande mais, pois apesar do alto custo apresenta grande eficiência na separação e baixo consumo energético (MOREIRA et al., 2011).

Nas indústrias de laticínios o mais utilizado é o processo de ultrafiltração, que é representado na Figura 6, este consiste na separação por membrana, muito empregado para

reter macromoléculas do leite, proporcionando uma variação da concentração dos componentes do soro e também do leite, pois retém proteínas e possui permeabilidade seletiva de minerais, lactose, água e compostos com baixa massa molar (BALDASSO, 2011).

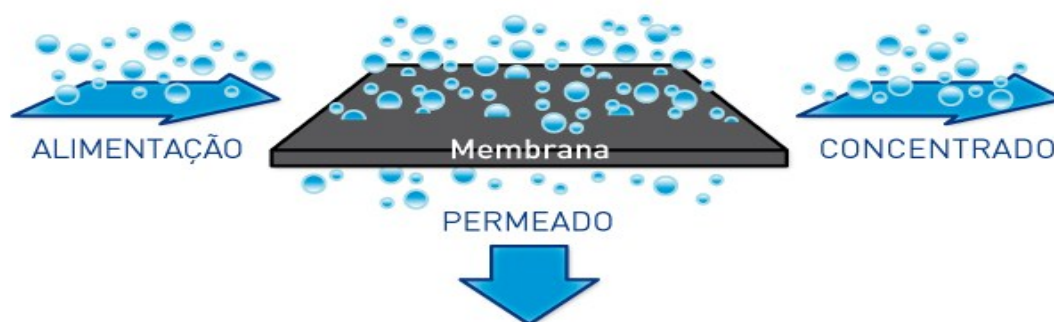


Figura 6 – Ultrafiltração usada para separação do concentrado e permeado (PENTAIR, 2018).

Neste processo, onde a corrente de alimentação é formada pelo soro de leite é obtido o concentrado, rico em proteínas e o permeado, composto por lactose e minerais. O soro desproteínado possui aproximadamente 90% dos sólidos totais do soro original e demanda química de oxigênio (DQO) perto de 50.000 mg de O_2 / L de permeado, o que torna difícil o descarte e tratamento devido ao alto custo para realizar tal operação (ANDRADE e MARTINS, 2002).

O permeado obtido pela ultrafiltração possui alto potencial poluente, acarretado pela elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em função da lactose contida, afirmando a necessidade de utilização e do impacto causado quando descartado junto aos demais efluentes da fábrica, porém as aplicações industriais deste resíduo são mínimas e, muitas vezes, inexistentes, daí a preocupação e as pesquisas em busca de meios de reaproveitamento.

2.5 Aplicações para reutilização do permeado

Devido à necessidade de reaproveitamento do permeado, muitos artigos com esse intuito vem sendo publicados, serão dispostos abaixo trabalhos sobre o uso na alimentação, dieta animal, fermentação para produção de etanol e na obtenção de oligossacarídeos que serão posteriormente aplicados em indústrias farmacêuticas e alimentícias.

- **Alimentação:**

O interesse em bebidas que servem pra complementação ou reposição de calorias, principalmente entre praticantes de atividades físicas, tem aumentado bastante com isso pesquisas voltadas para esse ramo também se estenderam. O permeado pode ser aplicado neste mercado, trazendo ainda mais nutrientes para essa bebidas, Oliveira et al.(2006) utilizaram o permeado obtido por meio da ultrafiltração do leite pasteurizado tipo C, que se diferencia dos demais tipos, pois não passa por um processo de refrigeração após sua coleta, sendo transportado diretamente para as processadoras onde é submetido a pasteurização. Após o processo de ultrafiltração o permeado passou por dois tratamentos, onde no primeiro foi adicionado 6% de sacarose a este e no segundo houve a adição de 6% de sacarose e 10% de leite tipo C. Os produtos obtidos a partir dos tratamentos citados passaram por processos de pasteurização, ajuste de temperatura e pH após as adições e em seguida foi acrescentado saborizante, o qual atribuiu sabor e coloração a bebida correspondente ao esperado pelo mercado, passaram por fim por análises microbiológicas, químicas e sensoriais. A análise sensorial foi realizada em relação ao quesito sabor e o teste de aceitação foi feito com um grupo de 60 pessoas, a bebida submetida ao segundo tratamento obteve um índice de aceitação de 84,4%, bem maior que a outra bebida em análise que apresentou um sabor residual salgado, não agradando aos participantes do teste. As demais análises ficaram dentro dos padrões desejados, indicando que a bebida mais aceita pode sim ser introduzida ao mercado e ainda acrescenta sais como potássio, magnésio e cloretos ao produto.

Outra pesquisa dentro do mesmo segmento de interesse de Oliveira e colaboradores (2006), foi a realizada por Fontes et al.(2015), onde foi elaborada uma bebida repositora eletrolítica a base do permeado provindo da ultrafiltração do leite desnatado pasteurizado, onde o sistema para realização da ultrafiltração foi equipado com uma membrana espiral de polisulfona/poliamida. Após a obtenção do permeado, este foi envasado e refrigerado até sua utilização. Para elaboração da bebida foi adicionado à matéria-prima, sacarose e ácido cítrico com posterior pasteurização lenta, em sequência a bebida foi resfriada a 40 °C onde foi misturada a benzoato de sódio, sorbato de potássio e aroma artificial de limão. O produto foi armazenado em câmaras com temperaturas de 7 °C e 25 °C por 30 dias para avaliar a vida de prateleira da mercadoria, verificando a atividade microbiológica, e o resultado encontrado foi satisfatório quando comparado a outras bebidas da mesma linhagem.

Andrade e Martins (2002) constataram que para o permeado de soro ser usado na fabricação de bebidas lácteas é necessário à adição de alguma substância que aumente a

viscosidade, pois a do permeado é baixa quando comparado com outras bebidas lácteas, e mesmo após o processo de fermentação aplicado na produção não há mudança significativa nesta característica. No trabalho realizado foi adicionada a fécula de batata-doce ao permeado, que age como agente espessante aumentando a viscosidade e neste se encontra uma opção para futura elaboração de produtos. Os resultados obtidos indicam que a fécula possui bom potencial para este uso, pois é de fácil dissolução no meio utilizado.

Outro meio de aplicabilidade é na substituição do sal, pois uma dieta rica em sal pode levar a hipertensão, ocasionando assim uma maior incidência de doenças cardiovasculares. As indústrias alimentícias buscam então abordagens para reduzir a quantidade de sódio contida em seus produtos, mas é um item de difícil modificação, pois o sabor e a textura do alimento estão diretamente ligados ao composto em questão. O experimento elaborado por Smith e colaboradores (2016) visa à substituição do sal por permeados de diferentes fontes, como o permeado do leite, o permeado obtido a partir do soro de queijo cottage, cheddar e mussarela e também o permeado livre de lactose. O que leva a crer que este subproduto da indústria de laticínios é capaz de tal substituição se deve a presença de componentes como cloreto de sódio, cloreto de potássio e ácido lático. Após a realização de experimentos com os permeados citados anteriormente, o permeado provindo do soro de queijo cottage e o livre de lactose apresentaram sabor mais salgado que os demais, esse fato foi atribuído a menor concentração de lactose presente nestes. Foi efetuado um teste de aceitação com sopas de brócolis onde o sal foi substituído pelos permeados citados, onde a adição de permeados provenientes do queijo cheddar, mussarela e do leite obtiveram melhor avaliação pelos participantes, porém há sempre a necessidade de ajustes, pois a inclusão destes aos alimentos pode trazer novos sabores como toques de doce ou azedo, dependendo do tipo de queijo. No entanto, a substituição do sal pelos permeados levou a uma diminuição de aproximadamente 60% do teor de sódio.

- **Obtenção de lactose:**

Com a maior atenção ambiental e a possibilidade de geração de valor, a recuperação de proteínas e lactose a partir dos resíduos gerados pela indústria de laticínios se torna mais atrativo. Devido a isso muitas pesquisas são voltadas para esse objetivo como a desenvolvida por Khaire e Gogate (2018). Foram aplicados pré-tratamentos com intenção de obter uma maior quantidade de lactose recuperada do soro de leite advindo do queijo cottage. Esses autores indicam que a presença de pré-tratamentos térmicos, com uso de ultrassom e

termosônicos, posterior ultrafiltração seguida de evaporação e sonocristalização favorecem a recuperação de lactose. No trabalho realizado, após o já citado e conhecido processo de ultrafiltração, é feita a evaporação do excesso de água presente no permeado obtido em uma placa quente e o uso de ultrassom para cristalização, em sequência ocorre a sonocristalização, processo onde se adiciona etanol com elevada pureza no concentrado de soro de leite, com a cristalização total realizada, aplica-se os processos de filtração e secagem, para obtenção da lactose em pó. Os autores concluíram por meio deste experimento que os pré-tratamentos utilizados aumentaram a permeabilidade do soro, diminuindo sua viscosidade, aumentaram a inativação microbiana e como consequência obteve uma maior recuperação de lactose.

- **Fermentação para produção de etanol:**

Bronstein (1997) citou em sua pesquisa vários autores que estudaram a aplicação do permeado do soro para fermentação combinado a uma fonte de nitrogênio, onde também dispôs que o permeado pode ser usado na extração de lactose. Os estudos realizados tinham como objetivo a verificação do uso do soro e do permeado deste como substrato para fermentação de microrganismos para conversão de lactose em etanol, leveduras de pão, galactose e ácido láctico por *Lactobacillus helveticus* também a aplicação do permeado como fonte de crescimento para fermento.

Uma alternativa para utilização do permeado do soro de leite na fermentação de trigo para produção de etanol empregando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é proposta por Parashar et al. (2016). O permeado foi hidrolisado por enzimas para retirada de açúcares fermentáveis e em seguida aplicado no processo de fermentação de trigo como co-substrato e na substituição parcial da água utilizada, as incorporações foram feitas com permeados de dois laticínios diferentes, com composições parecidas e viscosidades baixas o suficiente para não influenciar no meio de fermentação. Testes realizados ao final do procedimento mostraram que o uso do permeado em substituição de até 10% da água de processo não alterou significativamente o rendimento de etanol produzido, diminuindo em apenas 4,8% na planta A e 6% na planta B quando comparado com o rendimento usando apenas água, com isso considera-se esse método de grande valia para redução dos resíduos gerados nas processadoras, contribuindo para diminuir o impacto causado ao meio ambiente e agregando valor ao subproduto da indústria de laticínios que pode ser comercializado e aplicado no setor de biocombustíveis. O autor também afirma que tal método de fermentação pode ser aplicado na produção de outros produtos além do etanol, mostrando que o permeado não deve ser mais

visto como resíduo e que o descarte dele é na verdade um claro desperdício.

You et al. (2017), relatam em seu artigo a necessidade do gerenciamento do soro voltada para o desenvolvimento de tratamentos biológicos e físico-químicos e também na fabricação de produtos de valor agregado como soro em pó, etanol e lactulose, devido o crescente aumento da taxa de produção deste subproduto. Os autores enxergam o soro em pó como um substrato mais atrativo que o soro de leite, por oferecer nutrientes e lactose concentrada, pois essas características se mostram uma vantagem na fermentação de etanol, acarretando elevada produção e custos reduzidos de destilação para obtenção do etanol puro. Neste trabalho foi utilizado o soro em pó como matéria-prima para preparação de β -galactosidase e etanol como subproduto com uso da levedura *Kluyveromyces lactis*, que realiza fermentação e assimila lactose convertendo em etanol. Após a obtenção de β -galactosidase, esta foi destilada, permeabilizada e passou por processo de secagem por atomização. O etanol gerado por esse método pode ter diversas aplicações como na fabricação de solventes farmacêuticos e industriais. Portanto, essa estratégia se mostra satisfatória para o reaproveitamento do soro, favorecendo também o meio ambiente.

- **Substituição de alimentos na dieta animal:**

Woyengo e colaboradores (2015) estudam em sua pesquisa a utilização do permeado de soro de leite na substituição de alimentos que são usados como fonte de energia e aminoácidos na dieta de suínos, pois os gastos com esses insumos pelos produtores de carne suína só tem aumentado com o decorrer dos anos. Como não é algo que pode ser dispensado, a proposta desses pesquisadores é a utilização de ovos e produtos derivados deste que não são levados para comercialização, a partir de uma parceria com as instalações que fazem este trabalho, e também o uso do permeado, que é um subproduto abundante das processadoras de laticínios. Ambos podem ser aplicados, após secagem, na dieta dos animais, mas o permeado pode cristalizar depois de seco, para evitar isso é necessário a mistura com ovo. Essa mistura pode ser inserida como fonte de energia e proteína na alimentação dos rebanhos suínos, pois a junção é rica em proteína bruta e lactose.

- **Obtenção de oligossacarídeos:**

Os oligossacarídeos são açúcares formados pela união de dois a seis monossacarídeos. Os dissacarídeos são considerados os mais importantes oligossacarídeos e

são obtidos pela junção de duas unidades de monossacarídeos liberando uma molécula de água, alguns exemplos deste são sacarose, maltose e lactose, sendo essa última o objeto de interesse nos trabalhos dispostos a seguir (SÓ BIOLOGIA, 2008). Segundo Gosling et al (2010), citado por Mano et al. (2018), os galacto-oligossacarídeos (GOS), geralmente obtidos pela enzima β -galactosidase como mostrado na Figura 7, são moléculas com propriedades funcionais, sendo consideradas prebióticos (em sua maioria, carboidratos ou fibras solúveis em água). Os alimentos prebióticos estimulam o desenvolvimento da microbiota intestinal, trazendo inúmeros benefícios à saúde humana. A seguir serão apresentados alguns trabalhos que tem como intuito a obtenção desses açúcares.

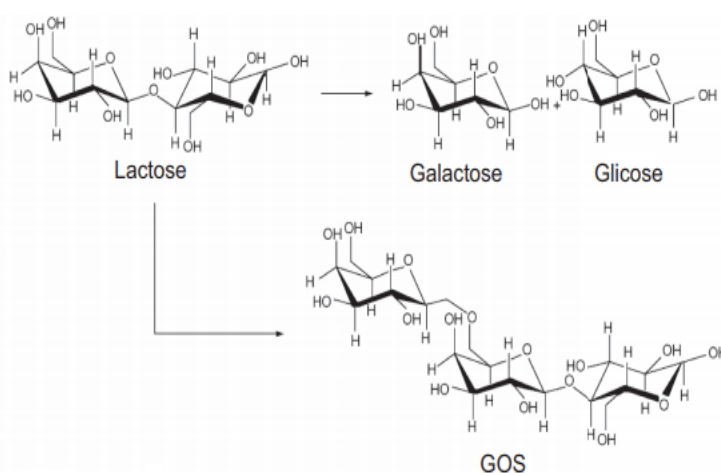


Figura 7 – Conversão de lactose em GOS pela enzima β – galactosidase (TOMAL et al.,2010).

Saron (2003) estudou o aproveitamento do permeado por meio da transformação da lactose em lactulose, um dissacarídeo que possui inúmeras aplicações farmacêuticas, como no tratamento de encefalopatia porto-sistêmica e constipação crônica, a lactulose, considerada um prebiótico, também promove o crescimento de bactérias probióticas (como *Lactobacillus spp.* e *Bifidobacterium spp.*) no intestino grosso, o que propicia síntese de vitaminas, inibição de bactérias patogênicas e redução da amônia do sangue, contribuindo para melhoria da saúde humana. No trabalho em questão, após a obtenção do permeado por ultrafiltração, este foi concentrado e deixado em repouso, processo no qual houve precipitação da lactose e posterior centrifugação para separação da mesma. A lactose foi então purificada com uso de solução alcoólica e por fim isomerizado a lactulose por meio de uma reação catalisada por borato de sódio. A purificação da lactulose, para retirada do catalisador, foi realizada a partir de cromatografia de troca iônica e exclusão molecular em colunas.

De acordo com Bell et al. (2017) o permeado de soro de leite é fonte de

oligossacarídeos bioativos com ampla aplicação na nutrição humana, oligossacarídeos estes que estão presentes no leite bovino e que possuem estrutura semelhantes aos contidos no leite humano, ambos apresentam oligossacarídeos ramificados como glicose, galactose, N-acetilglucosamina e ácido sálico. Porém, existe uma grande dificuldade na separação devido à baixa quantidade do carboidrato alvo perante a alta concentração de lactose, diminuindo a pureza do oligossacarídeo obtido. A diafiltração, uma ultrafiltração modificada na qual água é adicionada a alimentação durante a filtração para lavar os componentes que passarão pela membrana, é a opção que obteve maior grau de pureza, aumentando de 1,4% para 10,6% em relação à nanofiltração, porém acarretou um decaimento na retenção da membrana, que foi de 70 a 97% pra 32 a 56%. O objetivo do estudo realizado por Bell e colaboradores (2017) foi encontrar um procedimento que maximize a concentração e a pureza dos oligossacarídeos do leite bovino, para isso foi executado um processo para recuperação desse carboidrato a partir do permeado de soro de leite em escala laboratorial, neste foi combinado três diferentes técnicas: hidrólise enzimática, fermentação com uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e filtração por membrana. Essa integração de técnicas levou a obtenção de oligossacarídeos com 99% de pureza, ou seja, praticamente livres de açúcares como glicose, galactose e lactose, provando a eficácia do método adotado.

Eskandarloo e Abbaspourrad (2018) ressalta a importância do reaproveitamento dos resíduos de leite, e assim como Bell et al (2017) pretende obter oligossacarídeos que são ingredientes em potencial para fabricação de produtos funcionais. Um exemplo deste carboidrato já empregado é o galacto-oligossacarídeo (GOS), popular na indústria alimentícia, é um tipo de oligossacarídeo formado por ligações de galactose usadas em bebidas lácteas e possui resultados positivos para manutenção da saúde humana. Para conversão de lactose em GOS, utiliza-se β -galactosidase em estado livre, a produção enzimática de GOS foi realizada em fluxo contínuo, mas antes foi feita a imobilização das enzimas em suportes adequados para bloquear algumas desvantagens acarretadas pelo uso de enzimas livres, como alto custo e baixa estabilidade de operação e também a dificuldade de reutilização.

A pesquisa realizada por Mano e colaboradores (2018) ressalta a importância da utilização do permeado na obtenção de outros produtos, atribuindo o seu potencial na produção de mercadorias de alto valor agregado à considerável quantidade de lactose presente. Estes pesquisadores tem como intuito a produção de galacto-oligossacarídeo (GOS) por meio de três enzimas comerciais diferentes, a *Aspergillus oryzae*, β -galactosidase comercial de *Escherichia coli* K12 e Lactozyme 2600 L da *Kluyveromyces lactis*, utilizando o

permeado como matéria-prima e a lactose contida neste, como substrato. O objetivo destes é comparar o rendimento, produtividade e taxa de conversão de lactose encontrada para aplicação de cada uma das enzimas citadas e definir qual delas desempenha melhor papel quando se trata da obtenção de GOS a partir desta matéria-prima. Ao fim do experimento foi definido que os melhores resultados dentro dos fatores já ditos foi por meio do uso da enzima *Kluyveromyces lactis*.

2.5.1 Discussão dos artigos citados

A obtenção do permeado em si já é um processo dispendioso, pois a ultrafiltração é um método considerado caro. No entanto alguns procedimentos para reutilização deste subproduto são mais caros e de maior dificuldade de aplicação, há também preocupação com a aceitabilidade e a difusão de tal uso.

Dentre os artigos referidos no presente trabalho, é notável a menção a um maior número daqueles que buscam a utilização do permeado na extração de oligossacarídeos. Estes são utilizados como ingredientes de cosméticos, produtos agrícolas, medicamentos e vem sendo bastante difundido em indústrias alimentícias. Além dos usos citados, estes açúcares podem ser aplicados em processos biológicos com intuito de reconhecer infecções virais e bacterianas (GIESE et al., 2011).

Os artigos apresentados por Oliveira et al. (2006) e Fontes et al. (2015) mostram como o permeado pode ser usado para formulação de bebidas eletrolíticas e na substituição do sal na fabricação de alguns produtos alimentícios como sopas e bolachas. O uso de bebidas eletrolíticas vem sendo muito propagado devido a crescente preocupação com a saúde e o aumento do interesse por atividades físicas, estas evitam fadiga, tontura e dores de cabeças, além de outros problemas associados à deficiência de sais e carboidratos. São divididas em hipertônicas, para reposição de eletrólitos e carboidratos, isotônicas usados para hidratação instantânea do corpo e hipotônicos, também para hidratação, pois são absorvidas pelo organismo mais rapidamente quando comparado com a água (AVELAR, 2016). A partir do que já foi dito torna-se claro que esse é um produto promissor atualmente.

A substituição do sal por permeado se mostrou uma aplicação interessante e que merece atenção, pois diminui consideravelmente o teor de sódio existente nos alimentos em que este é adicionado, prevenindo doenças como hipertensão ocasionada por uma dieta rica em sal, porém a aceitação pelos consumidores pode ser um desafio, pois o permeado,

dependendo da sua origem como foi dito no parágrafo referente a tal uso, agrega traços doces ou azedos aos produtos nos quais é incorporado.

O trabalho publicado por Saron (2003) teve como intuito a obtenção da lactose por meio do tratamento do permeado e posterior transformação desta em lactulose (oligossacarídeo não-digerível). O produto final deste experimento é usado no tratamento de constipação e encefalopatia hepática, ou seja, tem grande importância no setor de medicamentos (BOZA et al., 2011). Já a pesquisa desenvolvida por Khair e Gogate (2018), teve como objetivo final a obtenção de lactose, que é amplamente usada na produção de pães, sorvetes, farinha, iogurte, queijo. Seu uso foi ampliado a partir da década de 60, em que está foi adotada como matéria-prima em indústrias farmacêuticas e químicas para chegar a produtos como o ácido lactobiónico e a lactulose (BOZA et al., 2011).

Bronstein (1997) e Parashar et al. (2016) aplicaram o permeado na fermentação, o primeiro com objetivo de utilizar este subproduto combinado a uma fonte de nitrogênio para fermentação de microrganismos e assim converter lactose em etanol, levedura de pão e ácido láctico e o seguinte empregar o permeado como co-substrato na fermentação do trigo para produção do etanol, e também como substituinte de parte da água usada no processo, como proposta de redução do desperdício de água. Em ambos temos a intenção de obter um produto em comum, o etanol, que possui inúmeras e necessárias utilizações como combustível para veículos, matéria-prima para fabricação de remédios, bebidas, alimentos, produtos de limpeza e em sua forma pura, álcool anidro, auxilia na produção de tintas e solventes (NOVACANA.COM, 2013).

Também foi apresentado o artigo de Woyengo et al. (2015) que tem como pretensão o uso do permeado na substituição de alimentos voltados para fornecer energia e aminoácidos para animais, pois mantimentos pra esse fim estão cada vez mais caros. O permeado misturado ao ovo, após seco é então misturado com a ração fornecida aos rebanhos, sendo fonte de proteínas para esses animais e diminuindo o gasto gerado para manter a criação saudável.

Após elencar os artigos apontados e a aplicabilidade dos produtos alcançados por cada um deles é visível à extensa quantidade de alternativas de uso, mas mostra-se uma fonte mais promissora o reaproveitamento do permeado para obtenção de oligossacarídeos, devido ao amplo campo de uso dos açúcares adquiridos. A bebida eletrolítica também seria uma boa aposta no contexto atual, dado a alta busca por uma vida mais saudável e como foi mostrado no trabalho de Fontes et al. (2015), o permeado agrega ao produto mais benefícios que os

encontrados em bebidas já comercializadas do mesmo segmento. Porém, não se deve descartar nenhuma das opções, todas podem ser introduzidas e utilizadas como meios de reutilização desse subproduto e se levadas a diante irão trazer benefícios ao meio ambiente, aos donos de processadoras que vão lucrar com a venda do subproduto para empresas que o reaproveitem ou com os produtos gerados a partir deste, além de evitar o desperdício de um material tão rico.

3. CONCLUSÃO

Diante do que foi apresentado fica evidente o grande número de alternativas que podem ser aplicadas para reutilização desse subproduto tão rico em lactose e sais minerais que em muitas empresas é desperdiçado. Foram citados doze artigos relacionados ao reaproveitamento do permeado, mostrando as possibilidades de uso nos ramos de alimentos, produção de etanol e para obtenção de lactose e oligossacarídeos para aplicação em setores como o farmacêutico e alimentício, além dos vistos no decorrer desse trabalho pode ser encontrado um número considerável de artigos para reuso nos segmentos dispostos e também em outros que não foram aqui abrangidos. A importância de tal aproveitamento se mostra cada vez mais necessário no cenário atual, pois a procura por meios que minimizem o impacto causado ao meio ambiente é crescente, devido à tentativa de preservar o que ainda não foi atingido pelo uso, muitas vezes imprudente, de mananciais e do solo, e este subproduto como foi aqui mostrado possui alto índice de DQO e DBO. Há também a questão econômica, onde o tratamento para descarte desse subproduto, que como foi relatado é considerado resíduo em algumas processadoras de laticínios, é dispendioso e essas aplicações que visam o uso do permeado para a fabricação de outros produtos pode ser lucrativo, aumentando o catálogo de mercadorias oferecidas pela empresa e levando assim a abrangência de um mercado consumidor mais extenso. O permeado de soro de leite não precisa mais ser visto como um subproduto descartável e sem estímulo para seu aproveitamento, mas sim como uma fonte de novas aplicações onde esse, como foi mostrado, só tem a acrescentar em diversos ramos do mercado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allprox: Repositor de proteínas totalmente isento de açúcar e carboidratos na composição. **Diabético Saudável**. 07 dez.2011. Disponível em:

<<https://diabeticosaudavel.wordpress.com/2011/12/07/allprox-repositor-de-proteinas-totalmente-isento-de-acucar-e-carboidratos-na-composicao/>>. Acesso em: 09 nov.2018.

ANDRADE, R. S.; NETO, J. A. A.; LOPES, R. C. S. Q. Valorização biotecnológica de soro de leite por fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 11, n. 2, 2015.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Editora Manole Ltda, 2003.

Aplicações e usos do etanol. **novaCana.com**, 2013. Disponível em:

<<https://www.novacana.com/etanol/aplicacoes>>. Acesso em: 31 out.2018.

AVELAR, L. Bebidas eletrolíticas: para que servem os hipotônicos, isotônicos e hipertônicos. **Dicas de mulher**, 21 jun.2016. Disponível em: <<https://www.dicasdemulher.com.br/bebidas-eletroliticas/>>. Acesso em: 31 out.2018.

BALDASSO, C.; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. **Desalination**, v. 278, n. 1-3, p. 381-386, 2011.

BALDISSERA, A. C.; BETTA, F. D.; PENNA, A. L. B.; LINDNER, J. D. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas proteicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1497-1512, 2011.

BARBOSA, A. S.; FLORENTINO, E. R.; FLORÊNCIO, I. M.; ARAÚJO, A. S. Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: Estudo cinético da produção de etanol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.1, p. 07-25, 2010. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/240/240>>. Acesso em: 24 set.2018.

BELL, J. M. L. N. de M.; COHEN, J. L.; DE AQUINO, L. F. M. C.; LEE, H.; SILVA, V. L. de M.; LIU, Y.; DOMIZIO, P.; BARILE, D. An integrated bioprocess to recover bovine milk oligosaccharides from colostrum whey permeate. **Journal of food engineering**, v. 216, p. 27-35, 2018.

BOZA, Y.; GOMES, R. A. R.; BLUMER, P. Lactose: Alternativa para uso do soro e para diversificação do setor de lácteos. **Revista Laticínios**, p.62-66, 2011. Disponível em: <<http://revistalaticinios.com.br/wp-content/uploads/2011/09/10-Fazer-Melhor-104.pdf>>. Acesso em: 31 out.2018.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 430/2011. Dispõe sobre 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). 13 mai.2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 03 set.2018.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reúso de efluentes de laticínios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 134-138, 2007.

BRIÃO, V. B., TAVARES, C. R. G., FAVARETTO, D. P. C., HEMKEMEIER, M. Ultrafiltração de efluente modelo e efluente industrial de laticínios. **Revista de Ciências Exatas Aplicadas e Tecnológicas da Universidade de Passo Fundo (CIATEC-UPF)**, v.7, n.1, p. 1-12, 2015. Disponível em: <<http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/3367/3335>>. Acesso em: 24 nov.2018.

BRONSTEIN, V. Estudo dos parâmetros da ultrafiltração do permeado de soro de queijo fermentado por *lactococcus lactis* subsp. *lactis* (Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campinas, 1997.

BRUM, L. F. W.; SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; BENEDETTIC, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. In: **International workshop advances in cleaner production**. 2009.

DA SILVA, D. J. P. Resíduos na indústria de laticínios. **Série Sistema de Gestão Ambiental**. Universidade Federal de Viçosa, 2011. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais2.pdf>>. Acesso em: 24 nov.2018.

DE ANDRADE, R. L. P., MARTINS, J. F. P. Influência da adição da fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.22, n.3, p.249-253, 2002.

DOTTO, V. R. Sistema de gestão ambiental: Estudo de caso em uma agroindústria de laticínios. Dissertação (Mestrado em Concentração em Qualidade e Produtividade) – **Centro de Tecnologia**, Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

ESKANDARLOO, H.; ABBASPOURRAD, A. Production of galacto-oligosaccharides from whey permeate using β -galactosidase immobilized on functionalized glass beads. **Food chemistry**, v. 251, p. 115-124, 2018.

FONTES, E. A. F.; ALVES, Y. P. C.; FONTES, P. R.; MINIM, V. P. R. Bebida eletrolítica a base de permeado da ultrafiltração de leite: avaliação física, química e microbiológica durante o armazenamento. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 342-348, 2015.

GIESE, E. C.; HIROSI, T.; DA SILVA, M. de L. C.; DA SILVA, R.; BARBOSA, A. de M. Produção, propriedades e aplicações de oligossacarídeos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 683-700, 2011.

GIROTO, J.M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Brasil Alimentos**, v.2, n.5, p.43-46, 2001.

GUIMARÃES, P. M. R.; TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. **Biotechnology advances**, v. 28, n. 3, p. 375-384, 2010.

HENARES, J. F. **Caracterização do efluente de laticínio**: Análise e proposta de tratamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

KHAIRE, R. A., GOGATE, P. R. Intensified Recovery of Lactose from Whey using Thermal, Ultrasonic and Thermosonication Pretreatments. **Journal of Food Engineering**, 2018.

LEITE, D. Intolerância à lactose: Saiba mais. **Daniele Leite**, 11 ago. 2015. Disponível em: <<https://danieleleite.com/intolerancia-a-lactose-saiba-mais/>>. Acesso em: 02 set.2018.

LIMA, L. P.; PEREZ, R.; CHAVES, J. B. P. A indústria de laticínios no Brasil – Um estudo exploratório. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.35, n.1, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55942/33718>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

MAGANHA, M. F. B. Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos. **São Paulo: Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB)**, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 22 nov.2018.

MANO, M. C. R.; PAULINO, B. N.; PASTORE, G. M. Whey permeia como matéria-prima na síntese de galacto-oligossacarídeos usando enzimas comerciais. **Food Research International**, 2018.

MOREIRA, G. E.; ROCHA, J. de C. G.; RAMOS, A. M. A ultrafiltração e sua aplicabilidade na área de alimentos. **Portal Tratamento de Água**, 3 nov. 2011. Disponível: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/a-ultrafiltracao-e-sua-aplicabilidade-na-area-de-alimentos/>>. Acesso em: 03 set.2018.

MOULIN, G.; GALZY, P. Whey, a potential substrate for biotechnology. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, v.1, n.1, p.347-374, 1984.

Oligossacarídeos: Nem tão simples, nem tão complexos. **Só Biologia**, 2008. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/quimica_vida/quimica2.php>. Acesso em: 26 out. 2018.

OLIVEIRA, M. C. L., BENEDET, H. D., PRUDÊNCIO, E. S. Caracterização química e avaliação sensorial de bebida hidroeletrólítica fermentada obtida a partir de permeado de leite tipo C. **Revista Tecnologia Fortaleza**, v. 27, n. 1, p. 50-57, 2006. Disponível em: <<http://periodicos.unifor.br/tec/article/view/86/4435>>. Acesso em: 30 out.2018.

PARASHAR, A., JIN, Y., MASON, B., CHAE, M., BRESSLER, D. C. Incorporation of whey permeate, a dairy effluent, in ethanol fermentation to provide a zero waste solution for the dairy industry. **Journal of dairy science**, v. 99, n.3, p. 1859-1867, 2016.

Pesquisa Trimestral do Leite. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html?edicao=22541&t=destaques>>. Acesso em: 29 ago.2018.

POPPI, F. A.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Soro de leite e suas proteínas: composição e atividade funcional. **Journal of Health Sciences**, v. 12, n. 2, p.31-37, 2015.

Prefeitura realiza curso de derivados do leite. **Prefeitura Municipal de Campo Magro**. Mai. 2016. Disponível em: <<http://www.campomagro.pr.gov.br/noticias/prefeitura-realiza-curso-de-derivados-do-leite/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

Proteína é solução para vida saudável. **Revista Food Ingredients Brasil**, São Paulo, p.80-82, 2017. Disponível em: <http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201708/2017080668392001502910777.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2018.

RIBEIRO, M. G.; GERALDO, J. S.; LANGONI, H.; LARA, G. H. B.; SIQUEIRA, A. K.; SALERNO, T.; FERNANDES, M. C. Microrganismos patogênicos, celularidade e resíduos de antimicrobianos no leite bovino produzido no sistema orgânico. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, p. 52-58, 2009.

SANTIN, J. Benefícios do soro do leite para saúde. **Revista Milkpoint**, 12 mar. 2004. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>>. Acesso em: 22 ago.2018.

SARON, M. L. G. Aproveitamento do permeado do soro de leite bovino através da transformação da lactose em lactulose e como ingrediente para meios de cultura de bactérias probióticas (Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

Separação por membrana. **Pentair**, 2018. Disponível em: <<https://xflow.pentair.com/pt-pt/technologies/membrane-technology-in-general/membrane-separation>>. Acesso em: 25 ago.2018.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, p. 397-409, 2004. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/34480/1/S1415-52732004000400001.pdf>>. Acesso em: 22 de nov. 2018.

SHARMA, R. Whey Proteins in Functional Foods. In: DEETH, H.C.; BANSAL, N. (Orgs.). **Whey Proteins: From Milk to Medicine**. Academic Press, 2018, p.637-663.

SIGNORETTI, R. D. Qualidade do leite: Interpretação dos resultados de sólidos totais. **SCOT Consultoria**, 27 dez. 2011. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22150/qualidade-do-leite:-interpretacao-dos-resultados-de-solidos-totais.htm>>. Acesso em: 24 nov.2018.

SILVA, K.; BOLINI, H. M. A. Avaliação sensorial de sorvete formulado com produto de soro ácido de leite bovino. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 116-122, 2006.

SMITH, S. T.; METZGER, L.; DRAKE, M. A. Evaluation of whey, milk, and delactosed permeates as salt substitutes. **Journal of dairy science**, v. 99, n. 11, p. 8687-8698, 2016.

Soro de leite com lactose reduzida. **Think USA Dairy**, 2017. Disponível em: <<http://www.thinkusadairy.org/pt-br/home/products/whey-protein-and-ingredients/whey-categories/reduced-lactose-whey>>. Acesso em: 20 nov.2018.

Soro de leite desmineralizado. **Think USA Dairy**, 2017. Disponível em: <<http://www.thinkusadairy.org/pt-br/home/products/whey-protein-and-ingredients/whey-categories/demineralized-whey>>. Acesso em: 20 nov.2018.

TOMAL, A. A. B.; DA CUNHA, M. E. T.; BOSSO, A.; YOUSSEF, E.Y.; SUGUIMOTO, H. H. Avanços tecnológicos na obtenção, purificação e identificação de galacto-oligossacarídeos e estudo de suas propriedades prébióticas. **Journal of Health Sciences**, v. 12, n. 4, p.41-49, 2010.

Uso do soro de leite na indústria de laticínios. **Ciência do Leite**, 12 mar. 2013. Disponível em: <<https://cienciadoleite.com.br/noticia/3095/uso-do-soro-de-leite-na-industria-de-laticinios>>. Acesso em: 24 nov.2018.

WONG, N. P.; LACROIX, D. E.; MCDONOUGH, F. E. Minerals in whey and whey fractions. **Journal of dairy science**, v. 61, n. 12, p. 1700-1703, 1978.

WOYENGO, T. A., SÁNCHEZ, J. E., YÁÑEZ, J. L., CERVANTES, M., ARAIZA, B. A., ZIJLSTRA, R. T. Nutritional value of whey permeate and egg products in ileal-cannulated grower pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 209-216, 2015.

YOU, S.; CHANG, H.; YIN, Q.; QI, W.; WANG, M.; SU, R.; HE, Z. Utilization of whey powder as substrate for low-cost preparation of β -galactosidase as main product, and ethanol as by-product, by a litre-scale integrated process. **Bioresource technology**, v. 245, p. 1271-1276, 2017.

ZALL, R. R. Trends in whey fractionation and utilization, a global perspective. **Journal of dairy science**, v. 67, n. 11, p. 2621-2629, 1984.