

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**A EXTRAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO PROCESSAMENTO DO
LEITE EM PÓ E AS CONTRIBUIÇÕES PARA PRESERVAÇÃO DOS
RECURSOS NATURAIS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Raíssa de Sousa Rodrigues Barcelos

UBERLÂNDIA/MG

2024

Raíssa de Sousa Rodrigues Barcelos

**A EXTRAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO PROCESSAMENTO DO
LEITE EM PÓ E AS CONTRIBUIÇÕES PARA PRESERVAÇÃO DOS
RECURSOS NATURAIS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como parte
das exigências da graduação em Engenharia
Ambiental, para obtenção do título de Engenheiro
Ambiental e Sanitarista

Orientadora Prof^a. Dr^a. Ângela Márcia de Souza

UBERLÂNDIA/MG

2024

Raíssa de Sousa Rodrigues Barcelos

**A EXTRAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA NO PROCESSAMENTO DO
LEITE EM PÓ E AS CONTRIBUIÇÕES PARA PRESERVAÇÃO DOS
RECURSOS NATURAIS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como parte
das exigências da graduação em Engenharia
Ambiental, para obtenção do título de Engenheiro
Ambiental.

Orientadora Prof^ª. Dr^ª. Ângela Márcia de Souza

Aprovado em ____ de ____.

Prof^ª. Dr^ª. Ângela Márcia de Souza ICIAG - UFU (Orientadora)

XXX

XXX

AGRADECIMENTOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lógica de reaproveitamento da água.	15
Figura 2 - Consumo de água na indústria.	18
Figura 3 - Diagrama geral da produção de laticínios.	23
Figura 4 - Processo fabril do leite em pó.	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais tipos de reuso da água na indústria.	14
Quadro 2 - Tipos de indústria que adotam práticas de reuso da água.	16
Quadro 3 - Políticas e regulamentações em diferentes países.	21
Quadro 4 - Áreas de utilização da água na indústria de laticínios.	26
Quadro 5 - Práticas de reutilização da água na indústria de laticínios.	27
Quadro 6 - Dados coletados na Empresa Alfa.	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção de leite em pó sem reembalo.	34
Gráfico 2 - Produção de leite em pó com reembalo.	35
Gráfico 3 - Produção de leite em pó (toneladas).	36
Gráfico 4 - Captação da água do poço.	38
Gráfico 5 - Volume produzido de água de vaca.	39
Gráfico 6 - Volume consumido de água de vaca.	40
Gráfico 7 - Comparativo entre o volume consumido versus produzido de água de vaca.	40
Gráfico 8 - Consumo da água de vaca na empresa Alfa.	41
Gráfico 9 - Consumo de água por tonelada de leite produzida e por 1000 litros de leite.	42

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso em uma empresa de laticínios localizada na cidade de Uberlândia – MG, que faz uso do resíduo conhecido como água de vaca em seu processo produtivo. Esse resíduo é o resultado da extração de água durante o processo de evaporação do leite. O termo água de vaca refere-se à água retirada do leite enquanto ele é concentrado para a produção de leite em pó ou outros derivados. Durante a evaporação, grande parte da água é removida, mas ela ainda contém nutrientes residuais como lactose, minerais e proteínas solúveis. O processo de produção de leite em pó consiste basicamente em separar a água do leite e remover sua umidade, resultando em um produto sólido, estável e de longa duração para armazenamento. Para isso, o leite passa primeiro por um processo de evaporação, onde parte de sua água é retirada, seguido pela secagem em torres de spray, que finalizam a remoção da umidade restante, transformando o líquido em pó. Durante a etapa de evaporação, a água removida é capturada pelos evaporadores, gerando o subproduto conhecido como água de vaca, que pode ser reaproveitado no ciclo produtivo. Após a análise dos resultados dos testes realizados em uma empresa de laticínios ao longo de 12 meses, foi possível verificar a eficiência do reaproveitamento da água de vaca nos processos de limpeza da fábrica e na economia de recursos. O consumo total de água da empresa variou entre 51.127 m³ e 81.765 m³ por mês, resultando em uma média anual de 66.566 m³ e um total de 798.792 m³. A água de vaca desempenhou um papel fundamental no balanço hídrico da fábrica. O volume de água de vaca produzido variou de 4.766 m³ em fevereiro a 16.360 m³ em março, com uma média anual de 9.936 m³ e um total de 119.234 m³. Por sua vez, o volume reutilizado variou entre 3.368 m³ e 11.562 m³, apresentando uma média anual de 7.022 m³ e um total de 84.264 m³. Esses dados ressaltam a importância do reaproveitamento da água de vaca, não apenas na redução do consumo de água potável, mas também na otimização dos recursos hídricos da empresa.

Palavras-chave: reuso; água de vaca; sustentabilidade; meio ambiente.

ABSTRACT

This study aimed to conduct a case study at a dairy company located in the city of Uberlândia, MG, which utilizes the residue known as "cow water" in its production process. This residue is the result of water extraction during the evaporation process of milk. The term "cow water" refers to the water removed from the milk while it is concentrated for the production of milk powder or other derivatives. During evaporation, a large portion of the water is removed, but it still contains residual nutrients such as lactose, minerals, and soluble proteins. The process of producing milk powder essentially involves separating water from milk and removing its moisture, resulting in a stable, solid product that can be stored for long periods. For this, the milk first undergoes an evaporation process, where part of its water is removed, followed by drying in spray towers, which complete the removal of the remaining moisture, transforming the liquid into powder. During the evaporation stage, the removed water is captured by the evaporators, generating the byproduct known as "cow water," which can be reused in the production cycle. After analyzing the results of tests conducted at the dairy company over 12 months, it was possible to verify the efficiency of reusing cow water in the factory's cleaning processes and resource savings. The total water consumption of the company ranged from 51,127 m³ to 81,765 m³ per month, resulting in an annual average of 66,566 m³ and a total of 798,792 m³. Cow water played a fundamental role in the factory's water balance. The volume of cow water produced ranged from 4,766 m³ in February to 16,360 m³ in March, with an annual average of 9,936 m³ and a total of 119,234 m³. In turn, the reused volume varied between 3,368 m³ and 11,562 m³, presenting an annual average of 7,022 m³ and a total of 84,264 m³. These data highlight the importance of reusing cow water, not only in reducing the consumption of potable water but also in optimizing the company's water resources.

Keywords: reuse; cow water; sustainability; environment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA	14
2.2 POLÍTICAS E REGULAMENTAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	20
2.3 PROCESSAMENTO DO LEITE EM PÓ: ETAPAS E GESTÃO DA ÁGUA COMO SUBPRODUTO	24
2.4 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	29
2.5 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA	32
2.6 PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA	33
3 METODOLOGIA	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital em muitos processos industriais, sendo utilizada em operações como resfriamento, limpeza, processamento de produtos, entre outros, e o uso intensivo de água gera grandes volumes de efluentes, que precisam ser tratados antes do descarte, aumentando os custos operacionais e o impacto ambiental (BAILONE et al., 2022).

A reutilização da água é um método que pode reduzir significativamente a dependência de fontes de água potável, diminuir os custos de tratamento de efluentes e minimizar os impactos ambientais, e trazer impactos positivos devido a sustentabilidade e eficiência operacional (BLANCO; HERMOSILLA; NEGRO, 2016). Zanatta (2017) afirma que empresas que adotam essas práticas sustentáveis e aplicam a gestão ambiental contribuem para a preservação dos recursos naturais e se tornam mais resilientes frente às mudanças climáticas e às flutuações no fornecimento de água.

No cenário atual da indústria de laticínios, a eficiência e a sustentabilidade são metas importantes para garantir a competitividade e a responsabilidade ambiental. Com a crescente demanda por produtos lácteos duráveis e de fácil armazenamento, o processamento de leite em pó se tornou uma prática amplamente adotada, e esse processo envolve a remoção da água do leite líquido, resultando em um produto em pó estável que pode ser armazenado por longos períodos sem a necessidade de refrigeração (RODRIGUEZ-GUERRA; MARTINEZ, 2020).

Durante esse processo, uma quantidade significativa de água é extraída do leite, conhecida como água de vaca, que é um subproduto gerado nas etapas de concentração e secagem do leite. Tradicionalmente, essa água poderia ser descartada como resíduo, mas com o avanço das tecnologias e uma maior conscientização ambiental, muitas empresas estão adotando práticas inovadoras para tratar e reutilizar essa água (NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al., 2012). A reutilização da água de vaca não só reduz o consumo de água potável, mas também diminui os custos operacionais e contribui para uma produção mais sustentável.

Venturini, Sarcinelli e Silva (2007) explicam o processamento de leite em pó, que consiste em várias etapas que asseguram a qualidade e a estabilidade do produto final. Inicialmente, o leite cru é recebido na fábrica e submetido a rigorosos testes de

qualidade para garantir que atende aos padrões exigidos. Posteriormente, o leite é pasteurizado, sendo aquecido a temperaturas específicas para eliminar microorganismos patogênicos e assegurar a segurança do produto.

O leite passa por um processo de evaporação a vácuo, onde parte da água é removida, resultando em um leite concentrado. Durante esta etapa, uma quantidade significativa de água é extraída, formando o que se denomina a água de vaca, e o leite concentrado é atomizado em uma câmara de secagem onde é exposto a ar quente, assim, a água restante é removida, resultando em partículas finas de leite em pó (ALVES et al., 2014).

No contexto da produção de leite em pó, a Empresa Alfa, atuante no setor de laticínios, está comprometida em buscar alternativas para o reaproveitamento da água de vaca gerada durante o processo. Essa iniciativa reflete uma preocupação com a sustentabilidade e a gestão responsável dos recursos naturais, alinhando-se às práticas contemporâneas do setor (SILVA; EYNG, 2012).

A produção de leite em pó, um dos produtos lácteos mais duráveis e versáteis, envolve a remoção de grandes quantidades de água do leite, gerando o subproduto mencionado. Comumente, a água era tratada como resíduo e descartada, o que representava não apenas uma perda de um recurso potencialmente valioso, mas também um desafio ambiental devido ao descarte inadequado de efluentes (GAMBA et al., 2020).

Com o crescente foco em práticas sustentáveis e a necessidade de gestão eficiente dos recursos hídricos, a reutilização da água de vaca emergiu como uma solução inovadora. A redução no consumo de água potável e a diminuição dos custos operacionais associados ao tratamento de efluentes são alguns dos principais benefícios, além disso, a reutilização contribui para a mitigação dos impactos ambientais, promovendo uma produção mais responsável e sustentável (GALVÃO; DOS SANTOS GOMES, 2015).

A implementação de um sistema eficiente de tratamento e reaproveitamento da água de vaca pode oferecer benefícios ambientais e econômicos substanciais para a Empresa Alfa, visto que, reduzindo o consumo de água potável e minimizando o impacto ambiental, a empresa contribuirá significativamente para a preservação dos recursos naturais enquanto adota práticas produtivas sustentáveis

A experiência da Empresa Alfa pode servir de modelo para outras empresas do setor, incentivando a adoção de tecnologias e práticas que melhoram a eficiência operacional e a sustentabilidade ambiental. Desta forma, este estudo de caso, portanto, justifica-se pela necessidade de explorar e documentar essas práticas, fornecendo uma base para a disseminação de conhecimentos e a implementação de soluções similares em outras indústrias de laticínios.

Este estudo, portanto, teve como objetivo analisar as práticas de tratamento e reutilização da água de vaca no processamento de leite em pó pela Empresa Alfa, destacando os benefícios econômicos e ambientais dessa abordagem. E os objetivos específicos consistem em identificar e avaliar as tecnologias usadas pela Empresa Alfa no tratamento da água de vaca para garantir sua qualidade para reutilização, além de avaliar as diversas aplicações da água tratada na fábrica, como limpeza de equipamentos, resfriamento de sistemas e alimentação de caldeiras.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 refere-se à introdução. O Capítulo 2 aborda o reuso da água na indústria, incluindo políticas e regulamentações específicas para a indústria alimentícia, o processamento do leite em pó e a reutilização de água na indústria de laticínios, além dos benefícios econômicos associados. O Capítulo 3 detalha a metodologia utilizada para a análise. No Capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Finalmente, o Capítulo 5 oferece as considerações finais e conclusões do estudo. Com esta estrutura, busca-se fornecer uma visão abrangente sobre o tratamento e reutilização da água de vaca na Empresa Alfa, destacando seu impacto ambiental e benefícios para a eficiência industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

O conceito de reuso da água, também conhecido como reutilização da água, refere-se ao processo de coleta, tratamento e reaproveitamento da água que já foi utilizada em determinadas atividades, para que possa ser utilizada novamente para o mesmo fim ou para outros fins compatíveis (MEDEIROS et al., 2005). Esse conceito está inserido dentro da gestão integrada dos recursos hídricos, visando maximizar a eficiência no uso da água e minimizar o impacto ambiental associado à sua captação e descarte. No Quadro 1 é evidenciado que existem diferentes tipos de reuso da água, cada um com características específicas e aplicações adequadas.

Quadro 1 - Principais tipos de reuso da água na indústria.

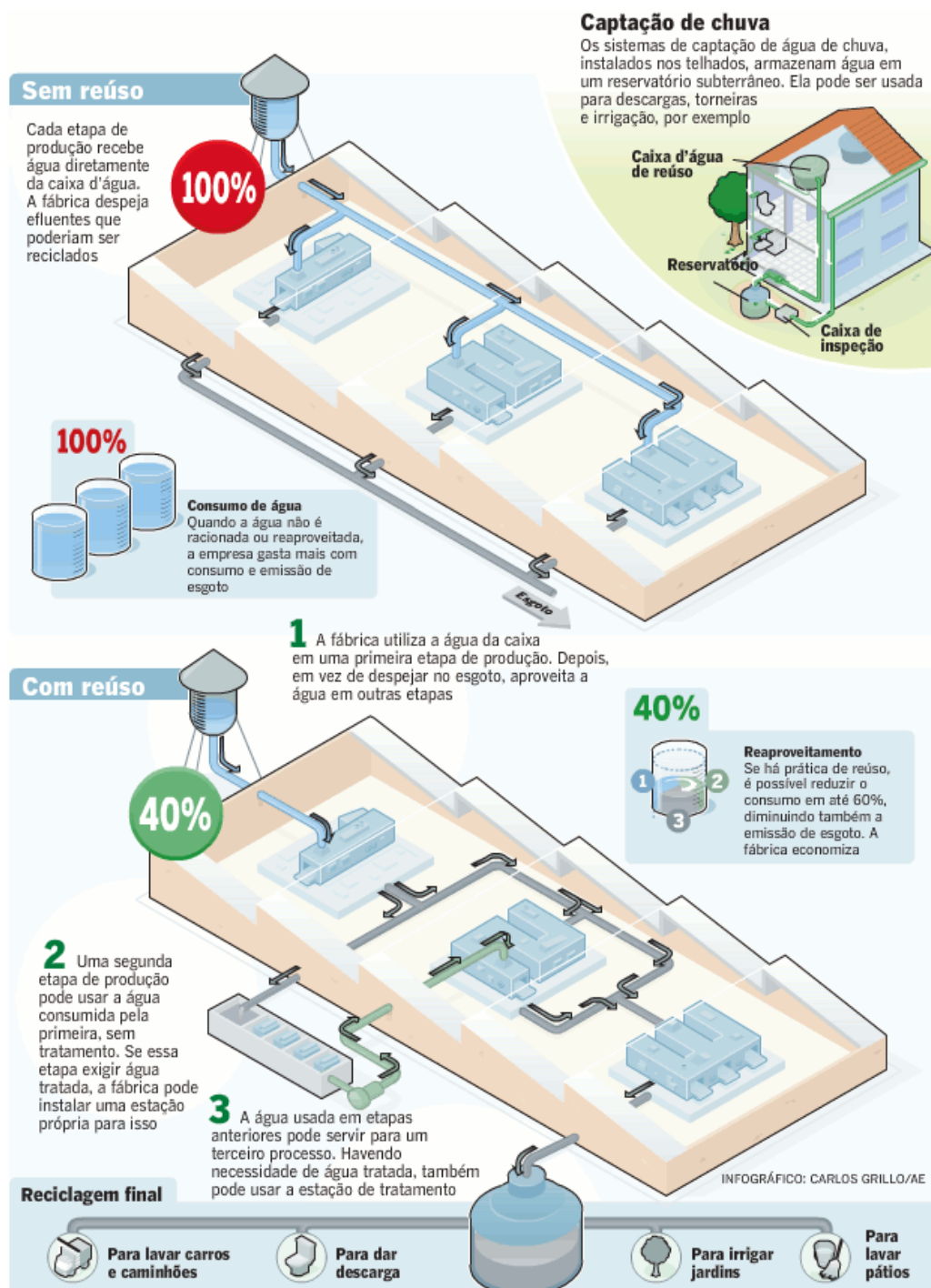
Tipo de Reuso	Descrição	Exemplos de Aplicações
Reuso Direto Não Potável	Uso da água tratada diretamente para aplicações que não requerem água potável, sem passar por tratamento adicional para consumo humano	Irrigação de parques, campos de golfe, descargas de vasos sanitários.
Reuso Indireto Não Potável	Tratamento da água para um nível mais elevado, permitindo que seja reintroduzida no meio ambiente	Recarga de aquíferos, manutenção de ecossistemas aquáticos.
Reuso Potável ou Indireto Potável	Tratamento avançado da água usada até atingir padrões de potabilidade, podendo ser utilizada para consumo humano direto	Abastecimento público, indústrias de alimentos e bebidas.

Fonte: Adaptado de Otênio et al. (2017).

O reuso da água é fundamental para enfrentar os desafios globais relacionados à escassez de água e à crescente demanda por recursos hídricos em diversas regiões do mundo (CANTELLE; DE CASTRO LIMA; BORGES, 2018). O uso de águas residuais desempenha um papel fundamental na gestão sustentável dos recursos

hídricos, enfrentando os desafios globais de escassez de água e atendendo à crescente demanda por serviços hídricos em diversas regiões do mundo, que fortalece a segurança hídrica e oferece uma série de benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos (BORDONALLI, 2007), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Lógica de reaproveitamento da água.



Fonte: Nossa São Paulo (2009).

A figura ilustra três aspectos essenciais do reaproveitamento da água. Primeiramente, destaca a captação da água da chuva por meio de sistemas de coleta que direcionam a água para caixas d'água, facilitando seu reuso futuro. Sem a prática do reuso, os efluentes que poderiam ser reaproveitados são descartados, resultando em desperdício e maior emissão de esgoto, além de maiores custos associados ao tratamento e à aquisição de água potável. Em contraste, ao adotar o reuso da água, a fábrica consegue reduzir seu consumo de água em até 60%. A água reutilizada é utilizada em diversas aplicações, como lavagem de carros, descarga de vasos sanitários, limpeza de áreas e jardinagem, promovendo uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e diminuindo o impacto ambiental.

Esta reutilização traz impacto em três âmbitos: econômico, ambiental e social. Economicamente, há redução dos custos associados à captação e tratamento de água potável, além de diminuir despesas com descarte de efluentes. Ao utilizar água tratada para fins não potáveis, como irrigação de áreas verdes públicas e privadas, lavagem de ruas e veículos, entre outros, há uma economia considerável de recursos financeiros (SALGOT; FOLCH, 2018).

Ambientalmente, o reuso contribui para a conservação dos recursos hídricos ao reduzir a pressão sobre fontes de água doce, especialmente relevante em regiões afetadas pela desertificação e mudanças climáticas (MOURA et al., 2020). Socialmente, promove uma gestão mais equitativa e inclusiva dos recursos hídricos, garantindo acesso continuado à água para diversos usos, incluindo agricultura, indústria e consumo humano. Frente a isto, ao mitigar os impactos ambientais negativos associados à captação de água e ao descarte de efluentes, o reuso contribui para a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais, protegendo a saúde pública e o bem-estar geral (URKIAGA et al., 2008).

Determinados setores industriais frequentemente implementam práticas de reuso da água devido à necessidade de gerenciar eficientemente os recursos hídricos e reduzir custos operacionais, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de indústria que adotam práticas de reuso da água.

Indústria	Descrição	Práticas de Reuso
Alimentícia	Engloba processamento de carnes, laticínios, bebidas e frutas/vegetais. Usa água para limpeza e processamento. Práticas de reuso visam reduzir custos e minimizar desperdícios.	Reuso para economia de água e gestão de resíduos.
Energia	Utiliza água para resfriamento e geração de energia. Práticas de reuso são adotadas para otimizar o uso de recursos hídricos e garantir a sustentabilidade operacional.	Reuso para otimização de recursos hídricos e sustentabilidade operacional
Mineração	Usa água em operações de extração, processamento e refino de minerais. Práticas de reuso são essenciais em áreas áridas para gerenciar a escassez de água.	Reuso essencial para gestão da água em regiões áridas e redução da contaminação ambiental.
Papel e Celulose	Utiliza água intensivamente na fabricação de papel e produtos de celulose. Práticas de reuso são comuns para minimizar o consumo de água doce e reduzir a carga de efluentes.	Reuso para redução de consumo de água doce e gestão de efluentes.

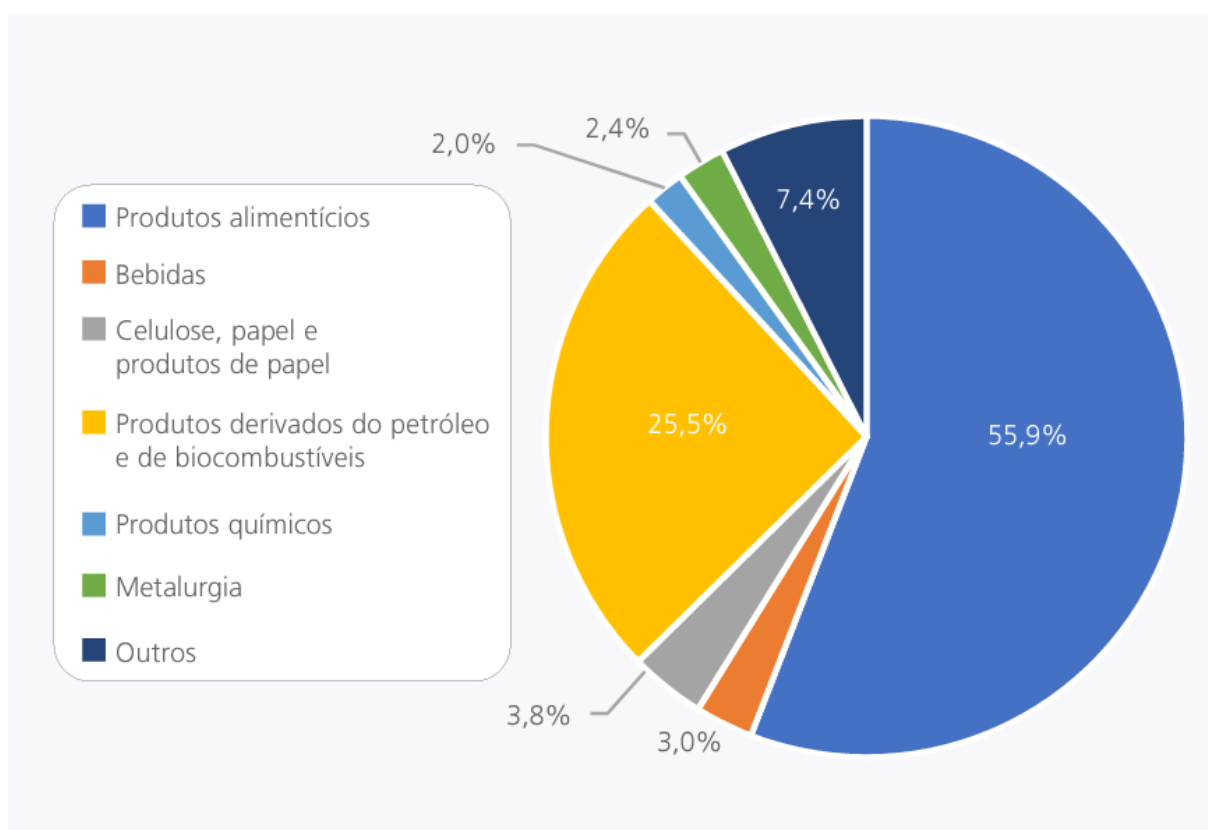
Química	Requer grandes volumes de água para resfriamento, lavagem e como solvente em processos industriais. O reuso da água é crucial para a eficiência e minimização de impactos ambientais.	Reuso para garantir eficiência dos processos e mitigar impactos ambientais.
Indústria	Descrição	Práticas de Reuso
Refino de Petróleo	Utiliza água em operações de resfriamento, refino e processamento. Estratégias de reuso são aplicadas para conservar água e gerenciar efluentes.	Reuso para conservação de água e tratamento de efluentes.
Têxtil	Requer água em grandes volumes para tingimento, lavagem e acabamento de tecidos. Práticas de reuso são comuns para economizar água e mitigar impactos ambientais.	Reuso para economia de água e minimização de impactos ambientais associados ao descarte de efluentes químicos.

Fonte: Adaptado de Luersen et al. (2012) e De Araújo, Ferreira e Ferreira (2017).

O reuso da água desempenha um papel importante na indústria, especialmente diante dos desafios globais relacionados à disponibilidade de água, eficiência operacional e sustentabilidade ambiental (BARBERA; GURNARI, 2018). De forma a viabilizar o reuso da água, diversas tecnologias de tratamento são empregadas, como a filtração, que remove partículas sólidas e impurezas; e a desinfecção, que elimina microrganismos patogênicos através de métodos como cloração, ozonização e luz ultravioleta (GARNIER et al., 2023).

A indústria alimentícia consome consideráveis volumes de água tornando essencial a implementação de práticas de reutilização para promover a sustentabilidade e eficiência, como evidencia a Figura 2.

Figura 2 - Consumo de água na indústria.



Fonte: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (2023).

A água tratada pode ser reaproveitada em várias aplicações dentro das instalações industriais, como na limpeza e sanitização, a reutilização de água tratada assegura a manutenção dos padrões de higiene sem desperdiçar água potável, ou em sistemas de resfriamento e caldeiras, a água reciclada permite a conservação de água de alta qualidade para outros usos críticos, aumentando a eficiência dos

recursos hídricos (OLMEZ, 2013; BARBERA, GURNARI, 2018; GARNIER et al., 2023).

Assim, a adoção dessas práticas não apenas contribui para a conservação dos recursos naturais e a redução de impactos ambientais, mas também proporciona benefícios econômicos e operacionais significativos. O reaproveitamento da água diminui os custos relacionados à aquisição e tratamento de água, reduz a geração de efluentes e assegura conformidade com as normas ambientais. Além disso, reforça o compromisso da indústria alimentícia com a sustentabilidade e aprimora sua eficiência operacional, destacando a importância de integrar práticas sustentáveis na gestão industrial.

2.2 POLÍTICAS E REGULAMENTAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A crescente escassez de recursos hídricos e a demanda por práticas industriais mais sustentáveis têm incentivado a criação e implementação de políticas e regulamentações que promovem o reuso de água na indústria alimentícia (TRIGUEIRO, 2013). As legislações brasileiras voltadas para o reuso de água na indústria alimentícia são essenciais para garantir a proteção ambiental, a saúde pública, a gestão sustentável dos recursos hídricos e a eficiência econômica das indústrias (BERTOLINO, 2009).

A conformidade com essas normas promove práticas industriais responsáveis e sustentáveis, assegurando a qualidade dos produtos alimentícios e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações, e tais leis são fundamentais para o desenvolvimento de uma indústria alimentícia mais sustentável e resiliente no Brasil.

A primeira promulgação ocorreu em 1997, com a Lei nº 9.433, conhecida como a Política Nacional de Recursos Hídricos, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com intuito de estabelecer diretrizes para a gestão sustentável dos recursos hídricos, incentivando práticas como o reuso de água (BRASIL, 1997).

Na década de 2000, três normativas foram publicadas referentes à indústria alimentícia, sendo duas em 2003 e duas em 2005. A Instrução Normativa MAPA nº 62, em 2003, que aprova o regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite, incluindo diretrizes para o uso da água na produção e no processamento de

produtos lácteos, garantindo que a água utilizada nos processos produtivos atenda aos padrões de qualidade necessários (BRASIL, 2003).

Em 2005, a Resolução CONAMA nº 357 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água e as diretrizes para a classificação dos corpos d'água e o estabelecimento de metas de qualidade da água, definindo os parâmetros de qualidade que a água deve atender antes de ser reutilizada (BRASIL, 2005a). No mesmo ano, a Resolução CONAMA nº 54, que estabelece critérios para o reuso agrícola de efluentes tratados, aplicáveis à irrigação de áreas verdes e paisagens dentro de instalações industriais, definindo parâmetros de qualidade e segurança para o reuso de água (BRASIL, 2005b).

A Resolução CONAMA nº 430, de 2011, complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005 e estabelece condições, padrões e diretrizes para o lançamento de efluentes em corpos d' água receptores, a fim de garantir que o reuso de água não prejudique a qualidade dos recursos hídricos (BRASIL, 2011). E em 2017, surgiu a Portaria de Consolidação MS nº 5, que consolida normas sobre ações e serviços de saúde, incluindo a Portaria nº 2914/2011, que estabelece os padrões de potabilidade da água (BRASIL, 2017). Esses padrões são essenciais para garantir que a água utilizada na indústria alimentícia não comprometa a saúde dos consumidores.

Após 2017, não houve grandes mudanças específicas nas regulamentações federais para o reuso de água na indústria alimentícia no Brasil, mas algumas atualizações e normas complementares têm sido implementadas em nível estadual e municipal. Ademais, as indústrias seguem orientações de boas práticas de fabricação e sustentabilidade, que são continuamente revisadas para acompanhar os avanços tecnológicos e as necessidades ambientais.

Entender as legislações de reuso de água na indústria alimentícia em outros países é essencial para promover a inovação, garantir a segurança e a saúde pública, incentivar práticas sustentáveis, aumentar a competitividade global e formular políticas públicas mais eficazes. Esta análise comparativa permite que os países aprendam uns com os outros e adotem as melhores práticas para enfrentar os desafios hídricos e ambientais de maneira eficaz e sustentável.

Diferentes países e regiões têm desenvolvido marcos regulatórios específicos para garantir que a reutilização da água ocorra de maneira segura e eficiente. No

Quadro 3, foi destacado algumas das principais regulamentações adotadas por países líderes neste setor.

Quadro 3 - Políticas e regulamentações da reutilização da água em diferentes países.

País	Lei	Descrição	Ano	Órgão Responsável
Brasil	Resolução CONAMA nº 357/2005	Estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água, incluindo diretrizes para o reuso de água em processos industriais.	2005	Conselho Nacional do Meio Ambiente
União Europeia	Diretiva 2000/60/EC (Diretiva-Quadro da Água)	Define um quadro para a ação comunitária na política da água, incluindo o reuso de águas residuais tratadas na indústria alimentícia para garantir segurança e sustentabilidade.	2000	Parlamento Europeu e Conselho da UE
Estados Unidos	Clean Water Act (Lei da Água Limpa)	Regula o descarte de poluentes nas águas superficiais e estabelece padrões de qualidade da água, incentivando práticas de reuso na indústria alimentícia.	1972 (emendas subsequentes)	Agência de Proteção Ambiental (EPA)
Austrália	National Water Quality	Proporciona diretrizes para o reuso de água em várias	1992	Conselho de Ministros do Meio

	Management Strategy (NWQMS)	indústrias, incluindo a alimentícia, enfatizando a proteção da saúde pública e a sustentabilidade ambiental.		Ambiente e Conselho de Governos Australianos
Japão	Water Pollution Control Law (Lei de Controle da Poluição da Água)	Regula a descarga de efluentes industriais e promove o reuso de águas tratadas na indústria para conservar recursos hídricos e proteger o meio ambiente.	1970 (revisada várias vezes)	Ministério do Meio Ambiente do Japão
País	Lei	Descrição	Ano	Órgão Responsável
Canadá	Canadian Environmental Protection Act (CEPA)	Estabelece padrões de qualidade da água e incentiva o reuso de água tratada na indústria alimentícia para minimizar o impacto ambiental e conservar recursos hídricos.	1999	Environment and Climate Change Canada

Fonte: Dantas e Sales (2009) e Cunha et al. (2012).

Os governos frequentemente promovem práticas sustentáveis, como o reuso de água, por meio de incentivos fiscais e subsídios, que abrangem créditos tributários, apoio financeiro para investimentos em tecnologias de tratamento de água e financiamento direto para sistemas de reuso hídrico. A compreensão detalhada desses incentivos é essencial para avaliar o retorno sobre o investimento em projetos de reuso de água, assegurando sua viabilidade econômica e contribuição para a sustentabilidade ambiental (OECD, 2018).

Adicionalmente, torna-se necessário que os governos implementem sistemas robustos de monitoramento e fiscalização para garantir o cumprimento das regulamentações, prevenir a contaminação da água e proteger a saúde pública. Uma análise da eficácia desses sistemas pode identificar lacunas e oportunidades de melhoria na implementação das políticas de reuso de água (WHO, 2020).

Portanto, para garantir o sucesso dos projetos de reuso de água e maximizar seus benefícios econômicos e ambientais, é fundamental que os governos não

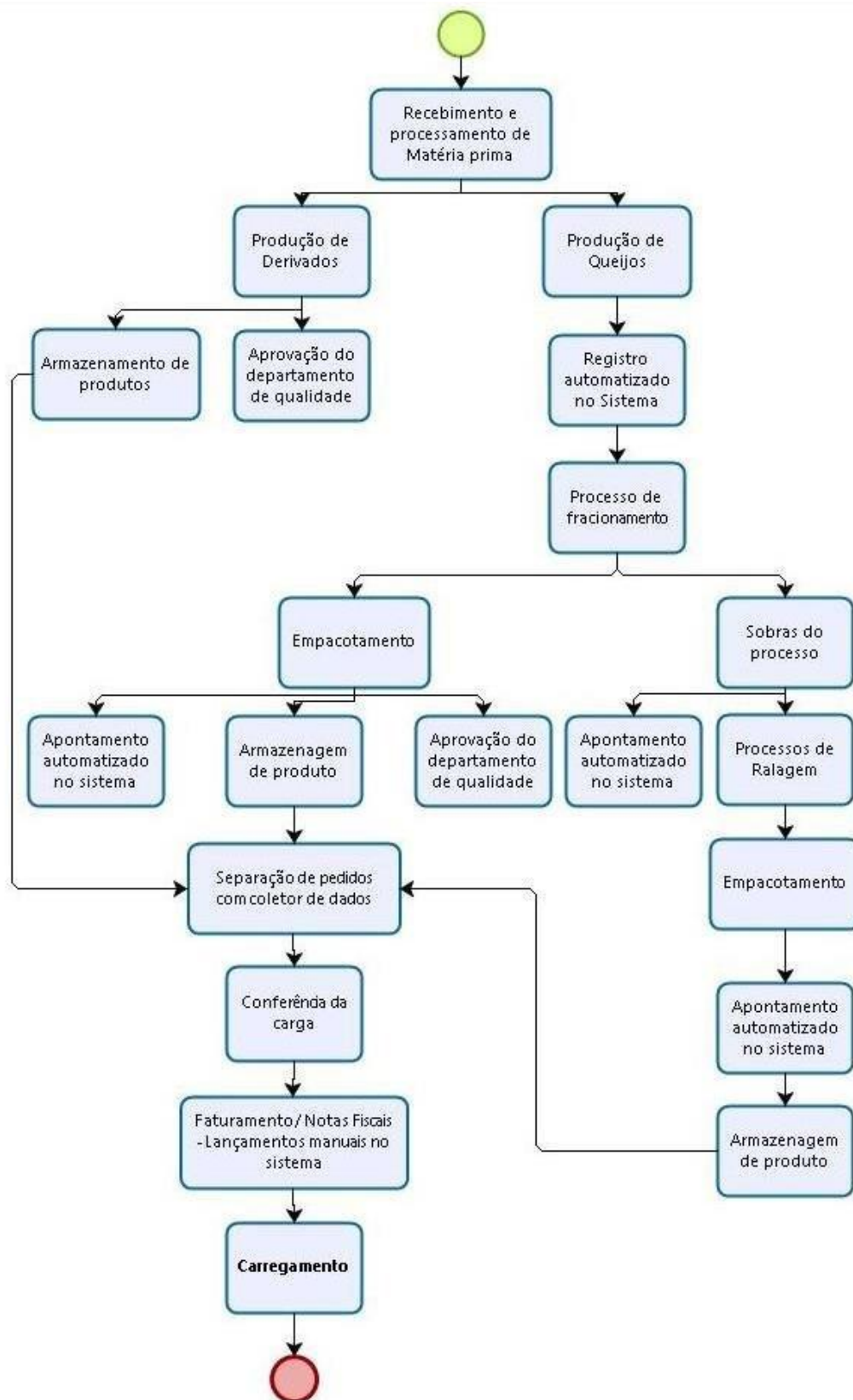
apenas ofereçam incentivos fiscais e subsídios, mas também implementem sistemas robustos de monitoramento e fiscalização. Esses mecanismos devem ser avaliados continuamente para identificar e corrigir possíveis falhas, assegurando que as regulamentações sejam cumpridas e que a qualidade da água seja preservada. A integração efetiva dessas práticas contribuirá para uma gestão hídrica sustentável, protegendo a saúde pública e promovendo um retorno positivo sobre o investimento em tecnologias de reuso hídrico.

2.3 PROCESSAMENTO DO LEITE EM PÓ: ETAPAS E GESTÃO DA ÁGUA COMO SUBPRODUTO

O processamento do leite em pó é um procedimento complexo que envolve várias etapas para transformar o leite líquido em um produto seco e estável, conhecido como leite em pó. Cada fase desse processo é projetada não apenas para garantir a qualidade do produto final, mas também para maximizar a eficiência e minimizar o desperdício (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001).

A Figura 3 apresenta os detalhes e diferenças entre processos, procedimentos e produtos. O processo se inicia com a recepção do leite cru na fábrica, proveniente de fazendas leiteiras e deve atender a padrões rigorosos de qualidade e segurança alimentar. A inspeção inicial envolve testes para verificar a presença de contaminantes, como antibióticos, resíduos de pesticidas, e também a avaliação da composição nutricional e da qualidade microbiológica (DAS NEVES; CARBONERA; SANTOS, 2012).

Figura 3 - Diagrama geral da produção de laticínios.



Fonte: Dos Santos et al. (2019).

Segundo Alecrim e Amorim (2010), o leite cru passa por um processo de filtração para remover quaisquer partículas indesejadas, como detritos e células

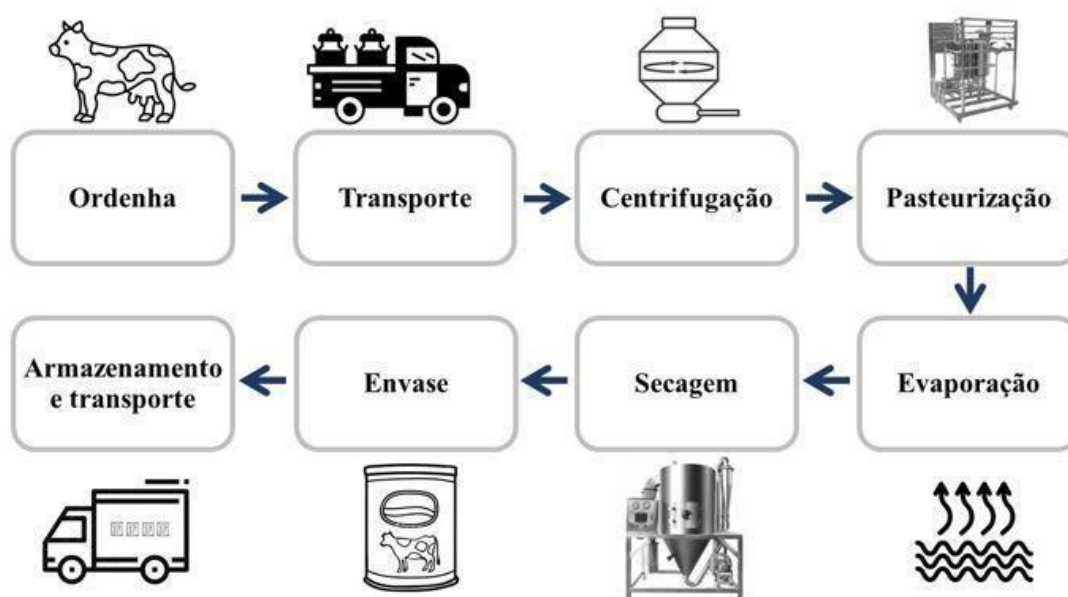
somáticas, e é padronizado para garantir que o teor de gordura e outros componentes estejam dentro dos parâmetros desejados para o produto final. Na pasteurização, o leite é aquecido a uma temperatura específica, geralmente entre 72°C a 75°C, por um período determinado para eliminar patógenos potenciais, como bactérias e vírus., a fim de prolongar a vida útil do leite (DE SOUZA, 2007).

Ao passar por esse processo, o leite é concentrado para reduzir seu teor de água, geralmente feito por meio de evaporação a vácuo, onde o leite é aquecido suavemente sob vácuo para remover uma parte significativa de sua água, se tornando mais espesso e possui uma maior concentração de sólidos lácteos (PERRONE et al., 2010). Durante as etapas de filtração, padronização e principalmente na evaporação a vácuo, ocorre a remoção de água do leite.

A água removida, conhecida como "água de leite" ou "soro de leite", é um subproduto líquido do processamento do leite em pó. Com a crescente conscientização ambiental e avanços tecnológicos, muitas indústrias de laticínios têm adotado práticas para reutilizar essa água de diversas maneiras, como para limpeza e lavagem de equipamentos, resfriamento de sistemas ou até mesmo para ser tratada e devolvida ao processo produtivo (GAMBA et al., 2020).

Após a concentração, o leite concentrado é enviado para a etapa de secagem, que é realizada em uma torre de secagem por pulverização, onde o leite é pulverizado em uma corrente de ar quente, garantindo que a maior parte da água restante no leite evapore rapidamente, resultando em pequenos grânulos de leite em pó que são coletados no fundo da torre (BALDASSO, 2008). Os grânulos de leite em pó são então resfriados para evitar a absorção de umidade e garantir a estabilidade do produto, e são embalados em recipientes herméticos, como sacos ou latas, para proteger contra a umidade e a contaminação, e então é realizado o envase (TORRES et al., 2016). Na Figura 4, é mostrado todas as etapas citadas que permitem o leite ser transformado em leite em pó.

Figura 4 - Processo fabril do leite em pó.



Fonte: MilkPoint (2024).

Durante as diversas etapas deste processo industrial, que incluem desde a recepção do leite cru até a filtragem, padronização e pasteurização, é realizada uma gestão criteriosa da água produzida como subproduto. Essa água, resultante do processo de concentração e secagem do leite, é submetida a tratamento adequado e reintegrada ao ciclo produtivo dentro das instalações da fábrica.

A prática não apenas reduz o consumo de água potável, mas também está alinhada aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental cada vez mais enfatizados no setor de laticínios. A eficiente gestão da água como subproduto não apenas contribui para a preservação dos recursos hídricos, mas também reafirma o compromisso com práticas industriais responsáveis, essenciais para assegurar um futuro sustentável para a indústria.

Em suma, a gestão cuidadosa da água gerada como subproduto na indústria de laticínios, desde o tratamento até a reintegração no ciclo produtivo, reflete um forte compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental. Ao reduzir a necessidade de água potável e diminuir o impacto sobre os recursos hídricos, essa prática não só apoia a preservação dos recursos naturais, mas também fortalece a posição da indústria como um exemplo de responsabilidade e inovação, desta forma, esse enfoque contribui para uma operação mais eficiente e sustentável, garantindo um futuro mais equilibrado e responsável para a indústria de laticínios.

2.4 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Na indústria, o processo de conservação da água é crucial para minimizar o desperdício e promover o uso eficiente desse recurso essencial, que envolve a implementação de tecnologias avançadas de tratamento que permitem a reciclagem e reutilização da água em várias etapas do processo produtivo.

Por outro lado, práticas de gestão sustentável são adotadas para monitorar o consumo de água, identificar oportunidades de redução e garantir a conformidade com regulamentações ambientais rigorosas, que contribuem para a sustentabilidade ambiental e para a eficiência operacional das indústrias (BRUM; SANTOS JÚNIOR; BENEDETTI, 2009).

A indústria de laticínios é uma das que mais utiliza água, principalmente para a higienização de equipamentos, limpeza de instalações, processamento de produtos lácteos e como parte integrante dos produtos finais, como o leite e seus derivados. A água é essencial em todas as etapas da produção, desde a recepção do leite cru até o envase e embalagem dos produtos finais, sendo utilizadas em diversas etapas e áreas (GAMBA et al., 2015), como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Áreas de utilização da água na indústria de laticínios.

Área de Uso	Descrição
-------------	-----------

Caldeiras e Sistemas de Aquecimento	Uso em sistemas de caldeiras para geração de vapor utilizado no aquecimento de grandes volumes de leite e operação de equipamentos.
Circulação e Resfriamento	Utilização em sistemas de resfriamento para manter temperaturas estáveis durante processos como pasteurização e fermentação.
Controle de Poeira e Umidade	Aplicação para controlar a poeira e manter umidade adequada em áreas de armazenamento e processamento.
Geração de Vapor	Aquecimento de água para geração de vapor, utilizado em processos de esterilização e limpeza com alta temperatura.
Lavagem de Embalagens	Necessária para assegurar a higiene das embalagens antes do envase, preservando a qualidade e segurança dos produtos.
Limpeza de Instalações e Áreas	Água é essencial para a limpeza diária de pisos, paredes, tetos e outras superfícies dentro das instalações da fábrica de laticínios.
Processamento de Leite	Utilização para limpeza de tanques, tubulações e equipamentos, garantindo higiene e prevenção contra contaminação microbológica.
Produção de Produtos Lácteos	Uso na diluição de ingredientes, limpeza de superfícies e equipamentos, e incorporação nos produtos finais, como em bebidas lácteas.
Tratamento de Água de Descarte	Necessidade de tratamento antes do descarte, visando garantir a conformidade com normas e evitar impactos negativos no meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Torres et al. (2018).

Diante de tamanha utilidade, remete-se a importância do uso eficiente da água na indústria de laticínios não se limita apenas à conservação desse recurso natural precioso, pois envolve também a minimização dos custos associados ao tratamento e ao descarte de efluentes, além da conformidade com as regulamentações ambientais rigorosas (GARNIER et al., 2023). A eficiente gestão da água na indústria de laticínios não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental e a conformidade regulatória, mas também ajuda a melhorar a eficiência operacional e a reduzir os custos de

produção, beneficiando tanto a empresa quanto a comunidade onde está inserida, permitindo o reuso da água (SARAIVA et al., 2009), como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Práticas de reutilização da água na indústria de laticínios.

Práticas de Reuso	Descrição
Irrigação de áreas verdes	Uso de água tratada para irrigar jardins, gramados e outras áreas paisagísticas dentro do complexo industrial, promovendo o uso eficiente de recursos hídricos.
Monitoramento e controle de qualidade	Implementação de sistemas para monitorar e assegurar a qualidade da água reutilizada, garantindo conformidade com normas ambientais e sanitárias.
Reciclagem da água de lavagem	Tratamento da água utilizada na lavagem de equipamentos e instalações para ser reutilizada em outras etapas do processo produtivo.
Reutilização em processos de limpeza não críticos	Utilização de água tratada em processos de limpeza que não exigem água potável, como na higienização de pisos e áreas externas.
Reutilização em sistemas de resfriamento	Reciclagem da água resfriada após uso em processos industriais para sistemas de resfriamento, reduzindo o consumo de água potável.
Tratamento para reuso em caldeiras	Reaproveitamento da água tratada em caldeiras para geração de vapor utilizado no aquecimento de leite e esterilização de equipamentos.

Fonte: Adaptado de Mierzwa e Hespanhol (2005).

O reuso da água significa minimizar desperdícios e maximizar a produtividade em todas as atividades que dependem desse recurso. Para alcançar esses benefícios de forma sustentável, é crucial que as empresas desenvolvam estratégias integradas que considerem não apenas aspectos técnicos e econômicos, mas também aspectos sociais e ambientais, incluindo a conformidade com regulamentações ambientais, o

engajamento das partes interessadas e o investimento contínuo em tecnologias e práticas que promovam o uso responsável da água.

Assim, ao adotar o reuso da água tem-se uma abordagem estratégica para minimizar desperdícios e maximizar a produtividade em atividades que dependem desse recurso vital. Para atingir esses objetivos de maneira sustentável, é essencial que as empresas adotem estratégias integradas que abordem não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também considerem fatores sociais e ambientais, o que inclui assegurar a conformidade com regulamentações ambientais, engajar as partes interessadas e investir continuamente em tecnologias e práticas que promovam um uso responsável da água. Assim, o reuso eficiente da água não apenas otimiza o desempenho operacional, mas também fortalece o compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

2.5 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

O reuso de água na indústria alimentícia não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também oferece uma gama de benefícios econômicos diretos e indiretos. Em primeiro lugar, o reuso de água possibilita uma significativa redução nos custos operacionais das empresas alimentícias.

Ao incorporar sistemas de tratamento de água que permitem a reutilização em múltiplas etapas do processo produtivo, as empresas podem diminuir sua dependência de água potável. Isso não apenas reduz os gastos com abastecimento de água e tratamento de efluentes, mas também melhora substancialmente a rentabilidade operacional (LU et al., 2020).

Adicionalmente, o reuso de água desempenha um papel crucial na mitigação dos riscos associados à escassez hídrica, uma preocupação cada vez mais presente em diversas regiões globais. Ao diversificar suas fontes de água e reduzir a demanda por recursos hídricos frescos, as empresas tornam-se mais resilientes a eventos como secas prolongadas e restrições no fornecimento de água, o que assegura a continuidade das operações mesmo em condições ambientais adversas, garantindo a estabilidade e a segurança de produção (CALDA; SAMUDIO, 2016).

Outro benefício econômico significativo do reuso de água é o potencial para promover a inovação e o desenvolvimento de novos produtos. Adotar práticas sustentáveis não apenas melhora a imagem de marca das empresas, destacando seu

compromisso com a responsabilidade ambiental, mas também estimula a inovação em tecnologias de tratamento de água, permeando oportunidades para o desenvolvimento de soluções mais eficientes e econômicas, contribuindo para a competitividade no mercado alimentício global (GARCIA-SEGURA et al., 2020).

Frente a isto, o reuso de água na indústria alimentícia oferece uma série de benefícios econômicos tangíveis e intangíveis. Além de reduzir custos operacionais e mitigar riscos relacionados à água, essa prática também fomenta a inovação e o desenvolvimento sustentável. Ao investir em estratégias de reuso de água, as empresas não apenas fortalecem sua posição no mercado, mas também contribuem positivamente para a conservação de recursos hídricos e para a construção de um futuro mais sustentável.

Ao reduzir significativamente os custos operacionais, minimizar riscos associados à escassez hídrica e fomentar a inovação, as empresas não apenas melhoram sua eficiência e resiliência, mas também reforçam seu compromisso com práticas sustentáveis. Investir em estratégias de reuso de água fortalece a posição competitiva das empresas no mercado, ao mesmo tempo em que contribui para a conservação dos recursos hídricos e promove um futuro mais sustentável. Essa abordagem integrada, portanto, não só otimiza a rentabilidade, mas também assegura a continuidade das operações em um cenário de crescente preocupação ambiental.

2.6 PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA

A preservação dos recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais são pilares fundamentais para uma indústria moderna e sustentável. Na atualidade, diversas indústrias enfrentam o desafio de equilibrar a produção eficiente com a responsabilidade ambiental, o que se tornou um imperativo diante das crises ambientais globais, como a escassez de água, a degradação dos ecossistemas e as mudanças climáticas (ZANATTA, 2017).

Como mencionado, a reutilização de água no processamento industrial, em especial na indústria de laticínios, desempenha um papel crucial na preservação dos recursos naturais e na mitigação dos impactos ambientais. A água é um recurso cada vez mais escasso em várias regiões do mundo, e sua utilização inadequada pode

levar à degradação de ecossistemas e ao comprometimento de reservas hídricas (ZANATTA, 2017).

A indústria, especialmente setores de alto consumo de recursos hídricos, como o de alimentos, pode desempenhar um papel significativo na redução dos impactos ambientais ao adotar práticas de gestão sustentável da água. A reutilização da água no processamento industrial é uma solução eficaz para preservar os recursos hídricos e minimizar a geração de resíduos, visto que, no lugar de descartar a água utilizada nos processos produtivos, as empresas podem tratá-la e reaproveitá-la, reduzindo a dependência de fontes de água potável e, consequentemente, aliviando a pressão sobre os mananciais naturais (BLANCO et al., 2016).

Ao adotar tecnologias de tratamento que permitam o uso dessa água em atividades não potáveis, como a limpeza de equipamentos e o resfriamento de sistemas, as empresas conseguem reduzir significativamente a captação de água potável, aliviando a pressão sobre mananciais e diminuindo a geração de efluentes (SILVA; EYNG, 2012). Essa abordagem, além de minimizar os impactos diretos no meio ambiente, proporciona economia financeira, já que os custos de captação e tratamento de água são reduzidos (GALVÃO; GOMES, 2015).

Além disso, o reuso da água de vaca contribui para a redução da poluição hídrica, uma vez que o volume de efluentes descartados é menor, favorecendo o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e a qualidade da água dos corpos receptores (MOURA et al., 2020). Essa prática está alinhada com políticas públicas nacionais e internacionais que incentivam o uso racional dos recursos hídricos e promovem uma produção industrial mais sustentável e responsável (BRASIL, 2005).

Dessa forma, ao incorporar práticas de reutilização de água, a indústria de laticínios não só preserva os recursos naturais, mas também reforça seu compromisso com a sustentabilidade, mitigando os impactos ambientais e promovendo uma produção mais consciente e eficiente. O uso de tecnologias avançadas e o monitoramento contínuo da qualidade da água garantem que esse processo seja seguro e que a qualidade dos produtos finais não seja comprometida, assegurando a competitividade da empresa no mercado global.

Moura et al. (2020) ainda ressalta que essa prática reduz a poluição ambiental, uma vez que a quantidade de efluentes liberados nos corpos d'água diminui, contribuindo para a conservação da qualidade dos rios, lagos e outros ecossistemas

aquáticos. A reutilização de água tratada também pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a demanda energética para bombear e tratar grandes volumes de água nova é significativamente maior do que para reutilizar água dentro do próprio ciclo produtivo.

No contexto da legislação ambiental, diversas normativas, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, estabelecem padrões e diretrizes que incentivam as indústrias a adotarem práticas mais sustentáveis, incluindo o tratamento e reuso de água para minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2005). Essas políticas públicas não apenas reforçam a necessidade de preservação ambiental, mas também incentivam o desenvolvimento de tecnologias que otimizem o uso de recursos naturais na indústria.

Portanto, a adoção de práticas industriais que preservem os recursos naturais e mitiguem os impactos ambientais é essencial para garantir a sustentabilidade a longo prazo. A integração dessas práticas na indústria contribui para uma produção mais consciente, que alia eficiência produtiva à responsabilidade ambiental, minimizando os impactos negativos ao meio ambiente e promovendo o uso racional dos recursos naturais.

3 METODOLOGIA

Este estudo de caso teve como objetivo analisar a dinâmica operacional da indústria de laticínios, focando na relação entre a entrada de leite, a produção de leite em pó, a utilização do resíduo de água de vaca e o tratamento de água na Estação de Tratamento de Água (ETA).

Quanto à metodologia da pesquisa, trata-se de uma pesquisa explicativa, quantitativa que busca explorar como esses diferentes aspectos operacionais acontecem durante o processo produtivo do leite e seus subprodutos. Ao adotar essa metodologia, o estudo de caso como procedimento visa proporcionar uma compreensão da dinâmica do setor.

A pesquisa envolveu a coleta de dados primários sendo utilizado o *software* de *Excell* em forma de planilhas e através de registros e documentos da empresa Alfa que foram disponibilizados, abrangendo informações detalhadas sobre a quantidade de leite recebido, a produção de leite em pó, a quantidade de água de vaca gerada e a qualidade da água tratada na ETA. Os dados foram coletados mensalmente durante todo o ano de 2022 sendo os dados a vazão de entrada e saída do leite na ETA.

Os dados coletados foram organizados e tabulados utilizando a ferramenta do *Python*, software de análise quantitativa. Para esse fim, empregou-se o *Excell* para a organização e visualização inicial dos dados, aproveitando suas funcionalidades de criação de gráficos e tabelas dinâmicas para identificar padrões e realizar análises exploratórias.

Em conjunto, o *Python* foi utilizado para análises, que permitiram uma manipulação mais robusta e a aplicação de técnicas estatísticas avançadas.

Foram aplicadas também, técnicas como análise de regressão, utilizada para fazer comparação entre produção sem reembolso e com reembolso, produção de leite em pó em toneladas, captação de água nos poços da fábrica, volume produzido de água de vaca, volume consumido de água de vaca, consumo da água de vaca na empresa, consumo de água por tonelada de leite produzido.

A interpretação dos resultados levou em conta tanto as implicações práticas da reutilização da água de vaca na produção de leite em pó quanto às possíveis melhorias nos processos produtivos.

Dessa forma, a combinação dessas ferramentas e técnicas possibilitou uma análise dos dados, contribuindo para uma compreensão mais detalhada dos efeitos e benefícios da reutilização da água de vaca na indústria.

O estudo de caso proporcionou diferentes perspectivas sobre a gestão da água na indústria de laticínios, enfatizando a importância estratégica da reutilização da água de vaca como parte integrante de um modelo de negócios sustentável e eficiente. Em suma, a metodologia adotada para o estudo forneceu uma abordagem robusta e detalhada para entender a dinâmica da indústria de laticínios em relação ao reuso de água.

A combinação do uso de ferramentas como *Excel* e *Python* permitiu uma análise abrangente, desde a organização e visualização preliminar dos dados até a aplicação de técnicas estatística. A coleta de dados ao longo do ano de 2022, abrangendo diversos aspectos operacionais da empresa Alfa, possibilitou uma avaliação completa dos impactos econômicos e ambientais da reutilização da água de vaca. Esta abordagem metodológica garantiu uma visão aprofundada das práticas de gestão hídrica, ressaltando a importância do reuso de água como uma estratégia eficaz e sustentável, essencial para melhorar a eficiência operacional e promover práticas responsáveis na indústria de laticínios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo tem como objetivo analisar a dinâmica operacional da indústria de laticínios, focando na relação entre a entrada de leite, a produção de leite em pó, a utilização de água de vaca e o tratamento de água na ETA. Para isso, foram coletados dados detalhados através de registros e documentos da empresa Alfa, abrangendo informações sobre a quantidade de leite recebido, a produção de leite em pó, a quantidade de água de vaca gerada e a qualidade da água tratada na empresa, evidenciados no Quadro 6.

Quadro 6 - Dados coletados na Empresa Alfa.

Métrica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Produção Fábrica sem reembalo (ton)	3.473,9	3.401,267	4.169,408	4.019,848	4.135,825	879,803	4.289,329	3.820,376	3.911,334	4.258,800	4.044,154	3.973,4
Produção Fábrica Total - com reembalo (ton)	3.484,2	3.406,966	4.104,789	3.975,568	4.058,666	1.787,822	4.042,561	3.896,896	3.850,487	4.391,789	3.849,389	4.048,039
Litros de leite aplicado (L)	25.311.0	26.275.425	29.571.269	29.324.572	30.273.408	996.865	30.533.402	31.571.431	30.366.784	32.947.625	26.656.050	30.954.307
Água - Captação poço (m³)	20.392	17.596	18.052	17.421	21.236	21.802	21.631	21.534	16.532	16.762	18.686	19.364
Água - Concessionária (m³)	25.030	29.680	26.510	33.330	39.320	31.700	40.560	45.970	51.460	52.140	50.880	56.940

Total água utilizado (m³)	51.127	50.644	56.124	60.466	69.636	57.129	69.313	75.011	76.173	75.783	75.621	81.765
Métrica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Água de Vaca - Volume produzido (m³)	8.073	4.766	16.360	13.747	12.848	5.132	10.078	10.622	11.576	9.737	8.568	7.727
Reuso Água de Vaca - Volume consumido (m³)	5.705	3.368	11.562	9.715	9.080	3.627	7.122	7.507	8.181	6.881	6.055	5.461
Consumo Total-3R água (m³)	45.422	47.276	44.562	50.751	60.556	53.502	62.191	67.504	67.992	68.902	69.566	76.304
m³ água/ton produzida	14,67	14,86	13,67	15,21	17,16	31,95	17,15	19,25	19,78	17,26	19,64	20,20
m³ água/1000 L leite	2,02	1,93	1,90	2,06	2,30	57,31	2,27	2,38	2,51	2,30	2,84	2,64

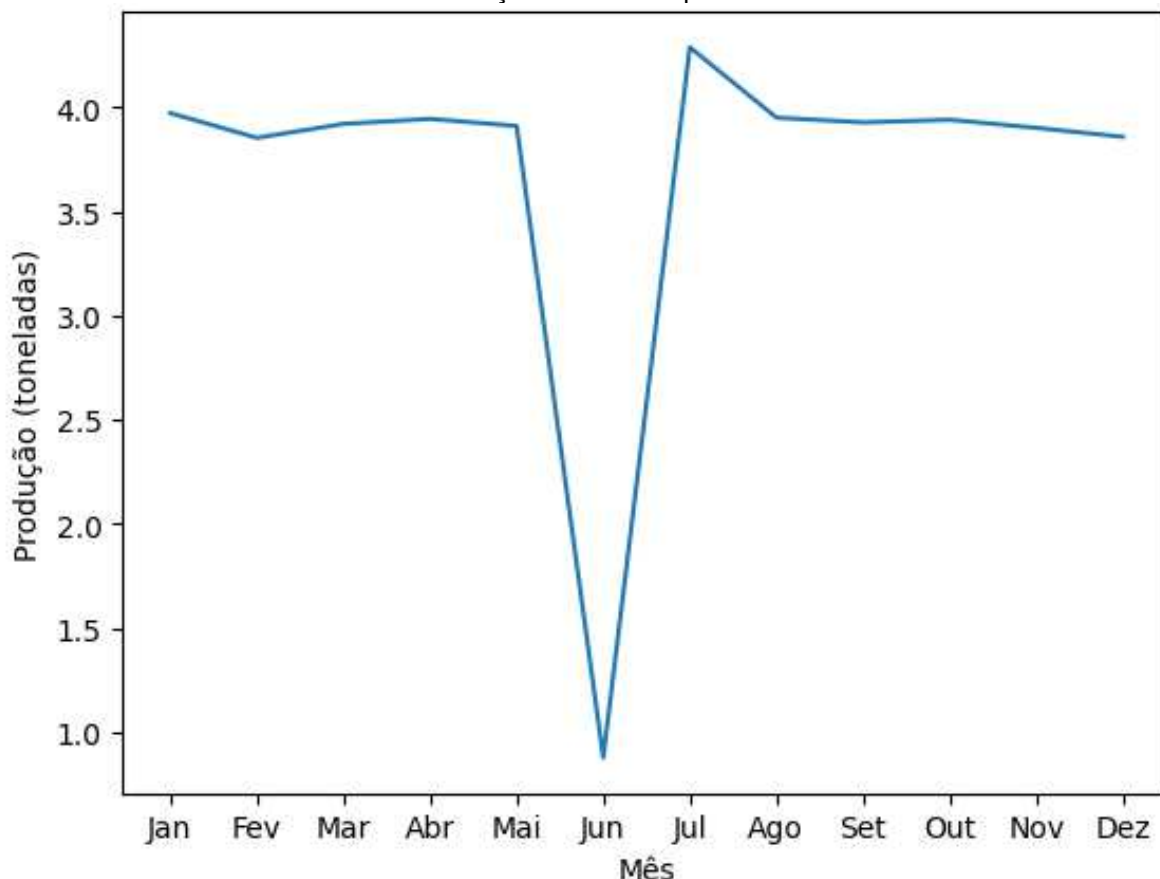
Fonte: Dados disponibilizados pela empresa Alfa (2024).

O processamento de leite em pó em uma fábrica é um processo complexo que envolve múltiplos fatores operacionais, sendo o gerenciamento de água um dos mais críticos. A análise detalhada dos dados anuais relacionados à produção de leite em pó e à gestão da água de vaca fornece percepções sobre a eficiência e sustentabilidade da operação.

A produção de leite em pó sem reembalo ao longo do ano mostrou variações significativas. Os dados indicam que janeiro começou com uma produção de 3.473,954 toneladas. A produção manteve-se relativamente estável nos primeiros meses, com uma ligeira queda em fevereiro (3.401,267 toneladas) e um aumento notável em março (4.169,408 toneladas). Abril registrou uma leve queda para 4.019,848 toneladas, seguido por uma produção de 4.135,825 toneladas em maio.

Um ponto crítico ocorreu em junho, onde a produção caiu drasticamente para 879,803 toneladas. Essa queda pode ser atribuída a fatores sazonais, manutenção de equipamentos ou uma redução na demanda. Após junho, a produção se recuperou, atingindo um pico anual em julho com 4.289,329 toneladas. A produção em agosto foi de 3.820,376 toneladas, seguida por 3.911,334 toneladas em setembro e um aumento para 4.258,800 toneladas em outubro. Nos últimos dois meses do ano, a produção foi de 4.044,154 toneladas em novembro e 3.973,432 toneladas em dezembro. Essas variações podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo a disponibilidade de leite cru, a eficiência da fábrica, a demanda do mercado e eventuais paradas para manutenção., como evidencia o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Produção de leite em pó sem reembolso.



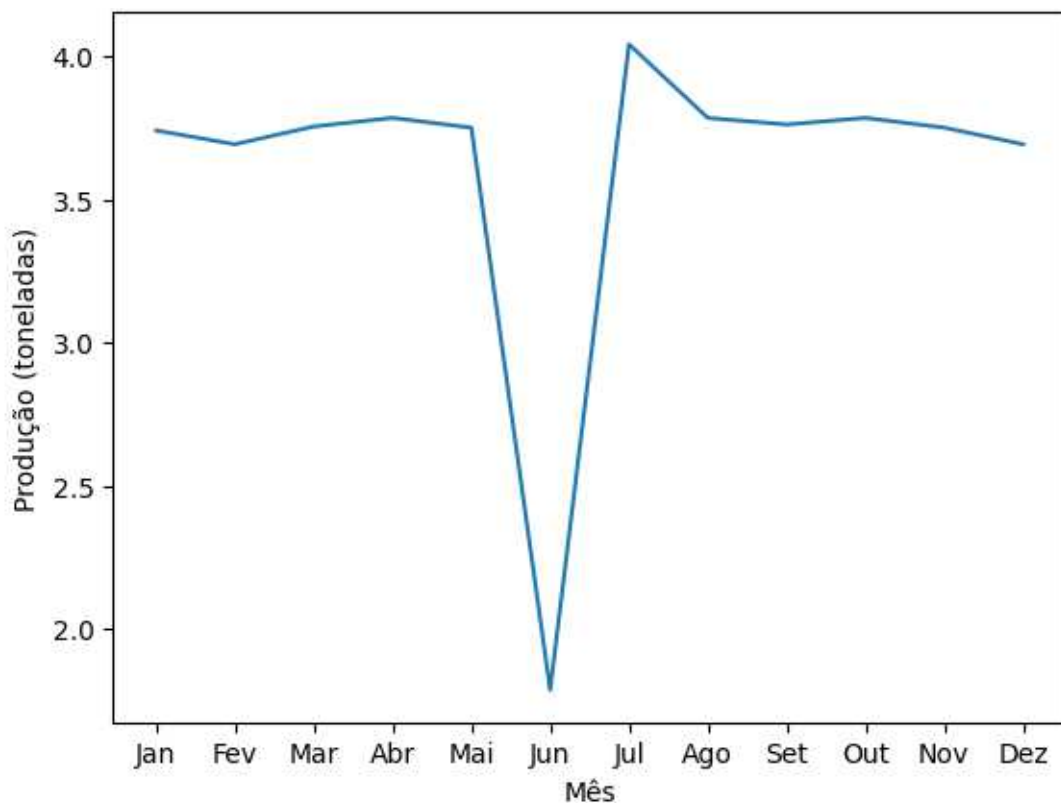
Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

A produção de leite em pó com reembolso também apresentou variações ao longo do ano, embora com padrões ligeiramente diferentes. Janeiro registrou uma produção de 3.484,298 toneladas, similar ao valor sem reembolso. Em fevereiro, a produção foi de 3.406,966 toneladas, seguida por um aumento em março para 4.104,789 toneladas. Abril teve uma produção de 3.975,568 toneladas, e em maio registrou 4.058,666 toneladas.

O mês de junho também apresentou uma queda significativa, com a produção caindo para 1.787,822 toneladas. No entanto, diferente da produção sem reembolso, o pico de produção ocorreu em julho, com um valor de 4.042,561 toneladas. Agosto registrou uma produção de 3.896,896 toneladas, setembro teve 3.850,487 toneladas, e outubro foi o mês com a maior produção anual, atingindo 4.391,789 toneladas. Novembro apresentou uma leve queda para 3.849,389 toneladas, e dezembro fechou o ano com 4.048,039 toneladas.

Essas variações indicam que, apesar das flutuações sazonais e operacionais, a produção com reembolso manteve-se mais estável em comparação à produção sem reembolso, como mostra o gráfico 2. A prática de reembolso pode oferecer flexibilidade adicional, permitindo ajustes na produção para atender às demandas do mercado e maximizar a utilização dos recursos.

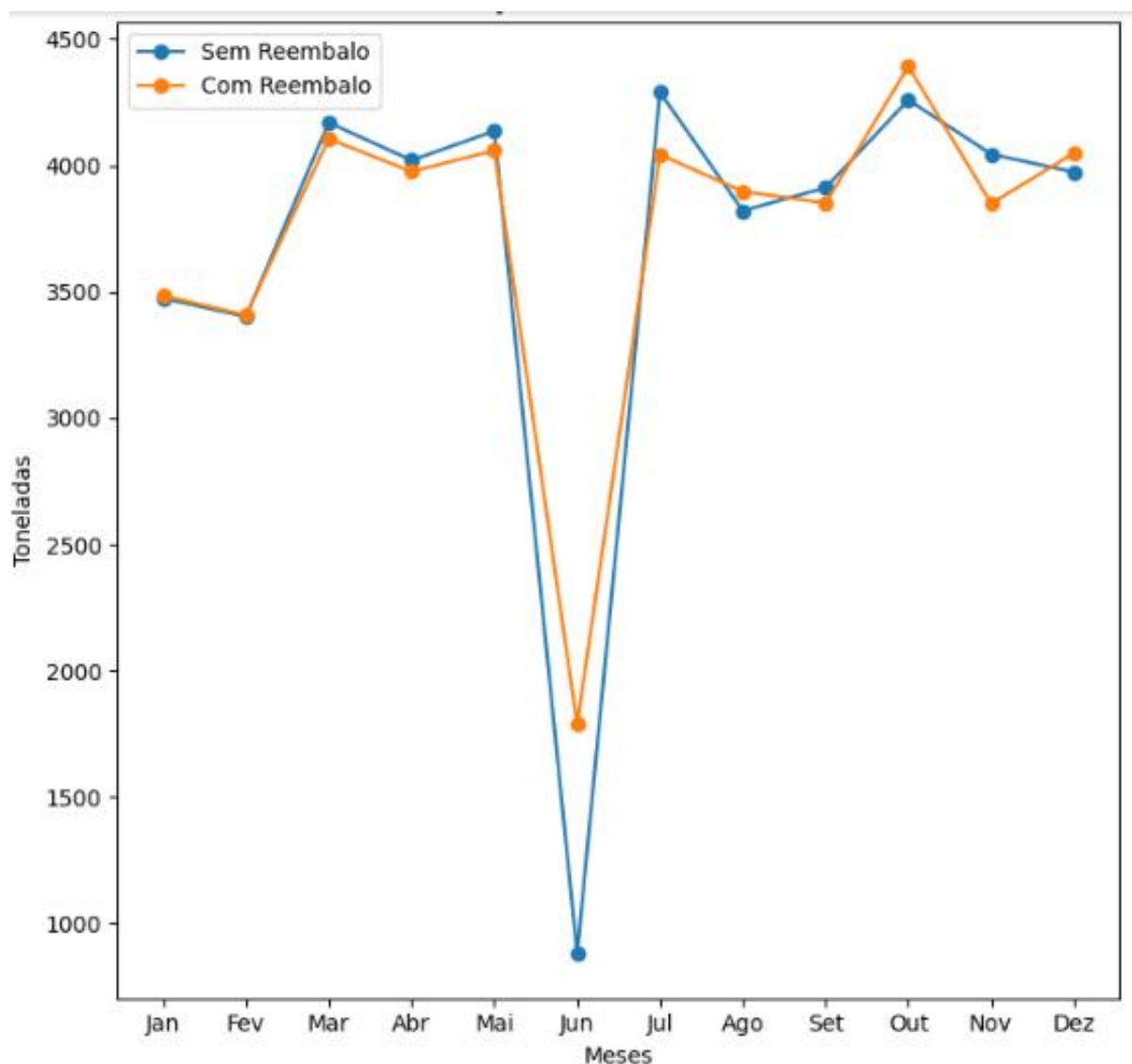
Gráfico 2 - Produção de leite em pó com reembolso.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

O volume de leite aplicado à produção de leite em pó variou consideravelmente ao longo do ano. Começou em 25.311.057 litros em janeiro e atingiu um máximo de 32.947.625 litros em outubro, com uma média anual de 30.954.307 litros e um total de 324.782.194 litros. Esse aumento no volume aplicado em determinados meses pode estar relacionado ao aumento da produção ou a variações na eficiência dos processos, e as flutuações estão demonstradas no gráfico 3.

Gráfico 3 - Produção de leite em pó (toneladas).



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

As variações na produção de leite em pó, tanto sem reembolso quanto com reembolso, refletem a complexidade da gestão de uma planta de processamento de leite. Fatores sazonais, operacionais e de mercado influenciam significativamente a produção, e entender essas variações é crucial para otimizar a produção, reduzir custos e melhorar a eficiência geral da fábrica. A prática de reembolso, em particular, parece oferecer uma vantagem em termos de flexibilidade e estabilidade na produção, permitindo ajustes rápidos e eficientes para atender às demandas flutuantes do mercado.

A produção de leite cru varia sazonalmente, influenciando diretamente a quantidade de leite disponível para processamento. Durante os meses mais frios ou

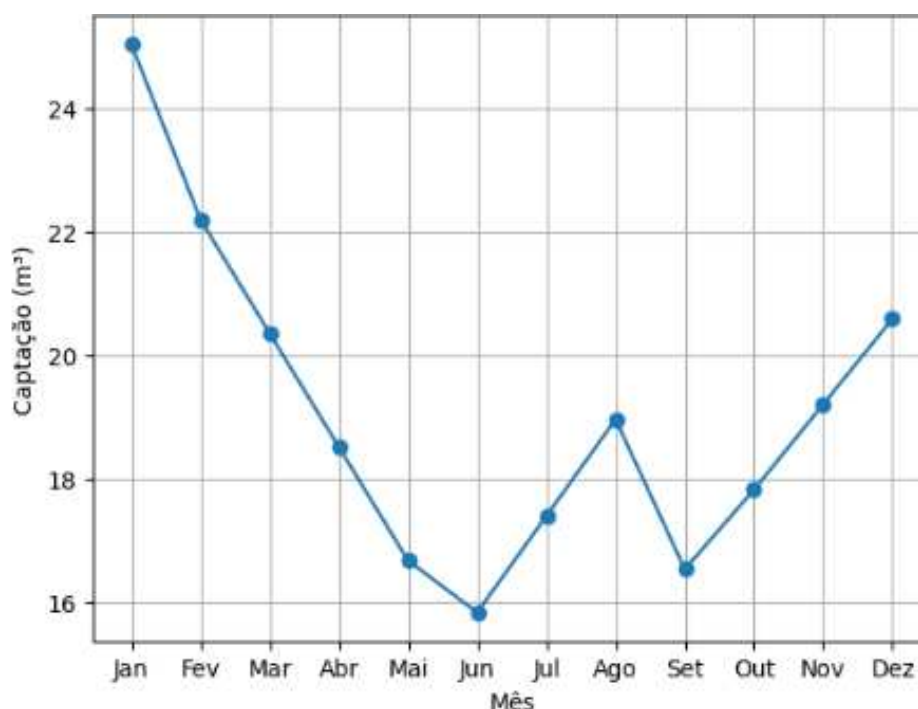
mais quentes, a produção de leite cru pode diminuir, impactando a produção de leite em pó. Além disso, a demanda por leite em pó pode variar ao longo do ano, sendo influenciada por fatores econômicos, campanhas de marketing e mudanças no comportamento do consumidor. A fábrica pode ajustar sua produção para atender a essas demandas, aumentando ou diminuindo a produção conforme necessário.

A manutenção e o desempenho dos equipamentos da fábrica afetam diretamente a capacidade de produção. Paradas para manutenção ou melhorias na eficiência operacional podem causar variações na produção. A produção com reembalo oferece uma flexibilidade adicional, permitindo a reutilização e reembalagem de produtos para maximizar a produção e atender às necessidades específicas do mercado.

A captação de água do poço apresentou uma variação ao longo do ano, com um pico em janeiro e um ponto baixo em junho, atingindo 15.834 m³. A partir de julho, houve uma recuperação gradual, com um aumento constante até dezembro, chegando a 20.583 m³. Em contraste, a água captada da concessionária aumentou continuamente ao longo do ano, começando com 25.030 m³ em janeiro e alcançando 56.940 m³ em dezembro.

O consumo total de água variou entre 51.127 m³ e 81.765 m³ por mês, com uma média anual de 66.566 m³ e um total anual de 798.792 m³. A combinação das fontes de água resultou em um consumo total crescente ao longo do ano, refletindo o aumento na produção e a necessidade de mais água para os processos industriais, como mostrado no Gráfico 4. As variações na produção de leite em pó, tanto com quanto sem reembalo, podem ser influenciadas por fatores como a sazonalidade do leite cru, a demanda de mercado, a eficiência operacional e a flexibilidade do reembalo.

Gráfico 4 - Captação da água do poço.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

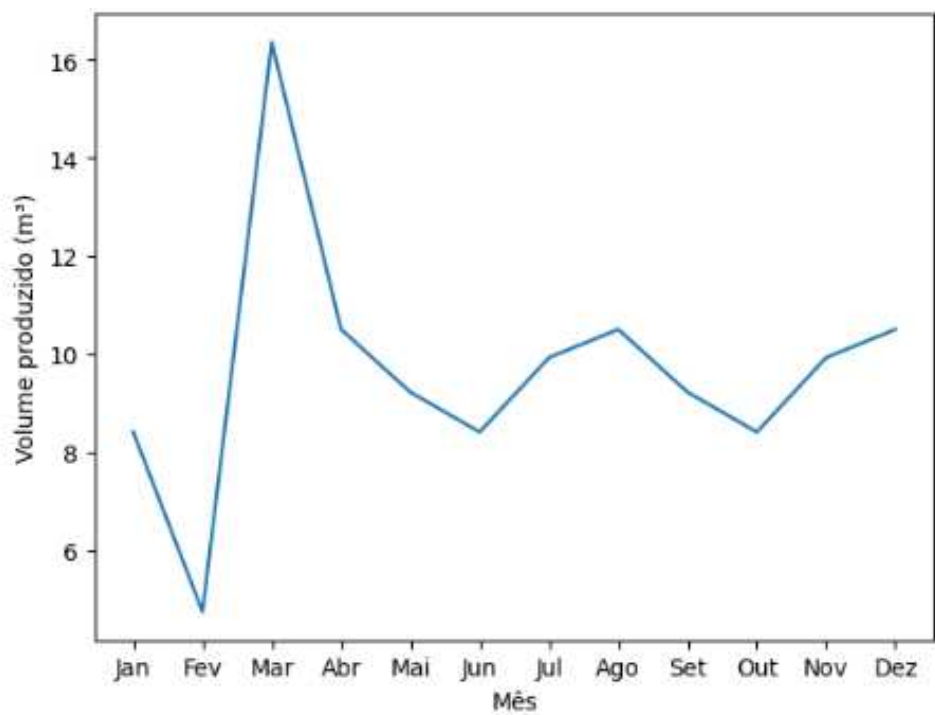
A água de vaca, tanto em volume produzido quanto consumido, desempenha um papel significativo no balanço hídrico da fábrica. O volume produzido variou de 4.766 m³ em fevereiro a 16.360 m³ em março, com uma média anual de 9.936 m³ e um total de 119.234 m³, como mostrado no gráfico. O volume consumido, que representa o reuso da água de vaca, também variou consideravelmente, de 3.368 m³ em fevereiro a 11.562 m³ em março, com uma média anual de 7.022 m³ e um total de 84.264 m³.

Essas variações mensais podem ser atribuídas a diversos fatores, como a sazonalidade da produção de leite cru, as flutuações na demanda de mercado, a eficiência operacional da fábrica e a flexibilidade do reembalo. Durante certos meses, a produção de leite cru pode aumentar, proporcionando mais água de vaca como subproduto. Da mesma forma, melhorias na eficiência operacional ou a necessidade de atender a picos de demanda podem influenciar tanto a produção quanto o consumo de água de vaca.

Analisando os gráficos 5, 6 e 7, observa-se que o volume produzido de água de vaca tem picos em março e um valor mais baixo em fevereiro, enquanto o volume consumido segue um padrão semelhante, o que indica uma correlação entre a quantidade de água de vaca gerada e a quantidade reutilizada, o que é crucial para a gestão sustentável dos recursos hídricos da fábrica. A reutilização eficaz da água de

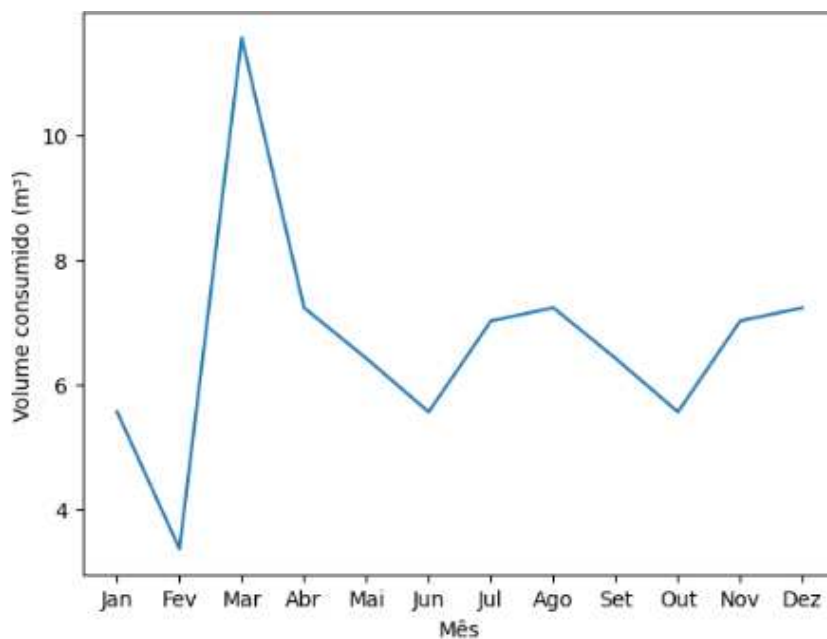
vaca contribui para a redução do consumo total de água e melhora a sustentabilidade das operações fabris. A compreensão dessas dinâmicas é fundamental para otimizar o uso da água, reduzir custos operacionais e minimizar o impacto ambiental. Tais análises podem ajudar a fábrica a planejar melhor a produção e a gestão dos recursos hídricos, garantindo um balanço hídrico mais eficiente e sustentável.

Gráfico 5 - Volume produzido de água de vaca.



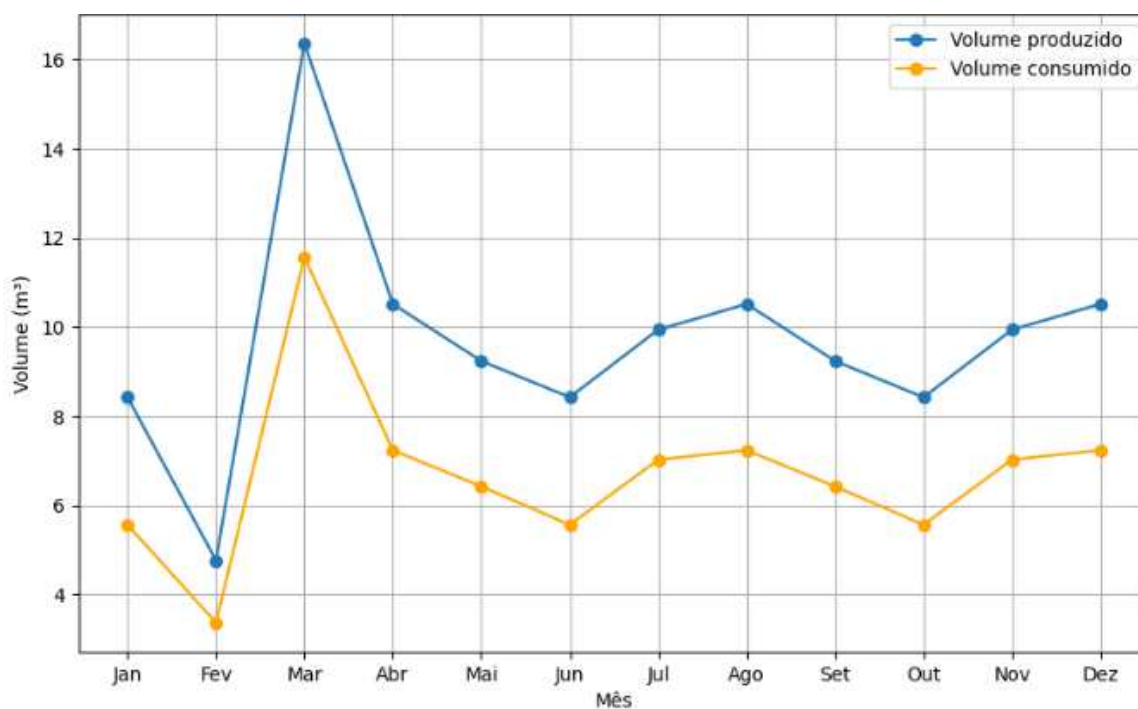
Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

Gráfico 6 - Volume consumido de água de vaca.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

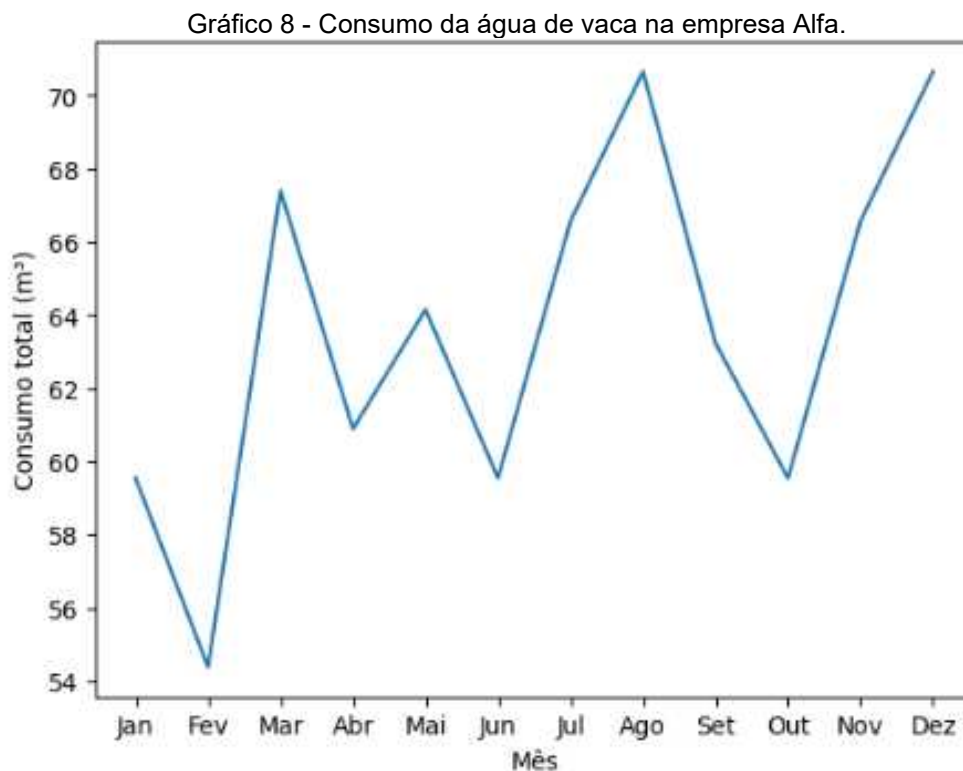
Gráfico 7 - Comparativo entre o volume consumido versus produzido de água de vaca.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

A água de vaca, tanto em volume produzido quanto consumido, desempenha um papel significativo no balanço hídrico da fábrica. O volume produzido variou de 4.766 m³ em fevereiro a 16.360 m³ em março, com uma média anual de 9.936 m³ e um total de 119.234 m³. O volume consumido, que representa o reuso da água de

vaca, também variou consideravelmente, de 3.368 m³ em fevereiro a 11.562 m³ em março, com uma média anual de 7.022 m³ e um total de 84.264 m³, como mostra o Gráfico 8.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

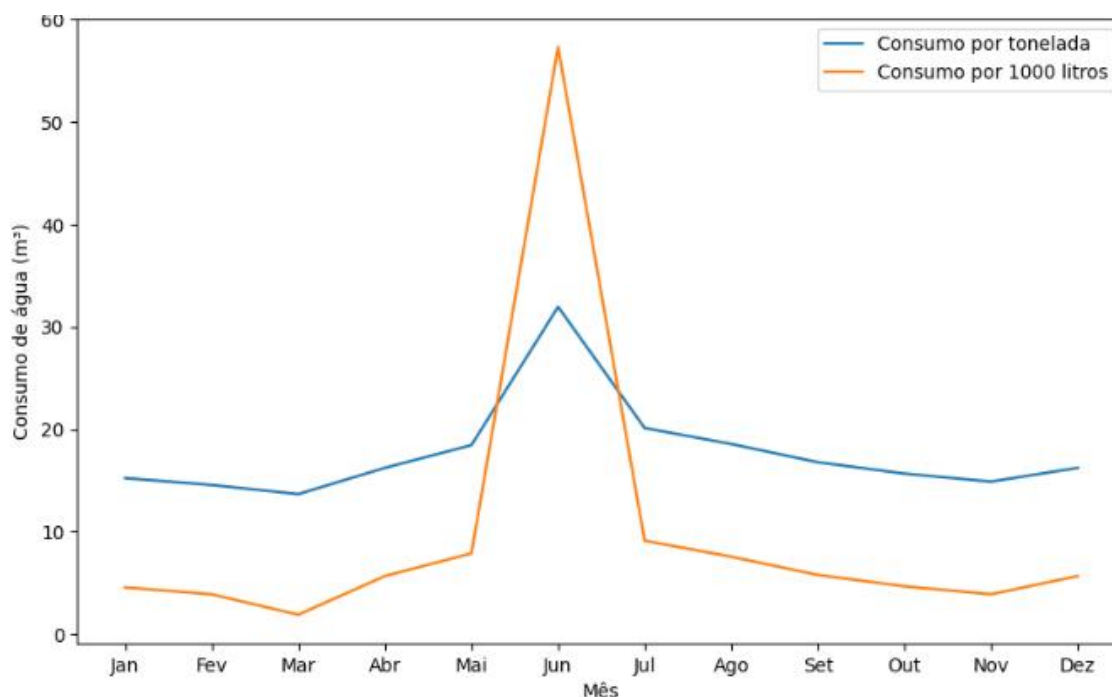
Essas variações mensais podem ser atribuídas a diversos fatores, como a sazonalidade da produção de leite cru, flutuações na demanda de mercado, eficiência operacional da fábrica e a flexibilidade do reembalo. Durante certos meses, a produção de leite cru pode aumentar, proporcionando mais água de vaca como subproduto. Da mesma forma, melhorias na eficiência operacional ou a necessidade de atender a picos de demanda podem influenciar tanto a produção quanto o consumo de água de vaca.

A importância da reutilização da água de vaca não pode ser subestimada. Primeiramente, ela contribui significativamente para a redução do consumo de água doce, um recurso cada vez mais escasso e valioso. Além disso, a redução do consumo de água doce tem um impacto direto na diminuição dos custos operacionais, já que menos água precisa ser captada e tratada. Isso, por sua vez, melhora a eficiência operacional da fábrica.

Do ponto de vista ambiental, a reutilização da água de vaca reduz a quantidade de efluentes gerados, minimizando o impacto negativo sobre os corpos d'água locais e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. A prática também demonstra um compromisso com a responsabilidade ambiental e a sustentabilidade, valores cada vez mais valorizados pelo mercado e pelos consumidores.

Os indicadores de água revelam a eficiência no uso da água em relação à produção e ao volume de leite aplicado. O consumo de água por tonelada de leite produzida variou de 13,67 m³ em março a 31,95 m³ em junho, com uma média anual de 17,79 m³. A elevação no consumo de água por tonelada em junho, comparada a outros meses, pode ser atribuída a uma maior demanda de produção ou a um aumento no consumo de água para limpeza e manutenção. O consumo de água por 1000 litros de leite variou de 1,90 m³ em março a 57,31 m³ em junho, com uma média anual de 6,87 m³. O valor excepcionalmente alto em junho sugere que houve um aumento significativo na demanda por água durante esse período, possivelmente devido a um aumento na produção ou a processos de limpeza mais intensivos.

Gráfico 9 - Consumo de água por tonelada de leite produzida e por 1000 litros de leite.



Fonte: Dados disponibilizados pela Empresa Alfa (2024).

A análise dos dados revela uma forte dependência da água no processo de produção de leite em pó. A variação nos volumes de água captada e utilizada, bem

como o volume de água de vaca produzida e utilizada, ilustra a complexidade do gerenciamento hídrico na fábrica. A reutilização da água de vaca se destaca como uma prática altamente vantajosa, contribuindo significativamente para a redução do consumo de água fresca e proporcionando benefícios ambientais.

A água de vaca produzida variou de 4.766 m³ em fevereiro a 16.360 m³ em março, com uma média anual de 9.936 m³ e um total de 119.234 m³. O reuso da água de vaca, por sua vez, variou de 3.368 m³ em fevereiro a 11.562 m³ em março, com uma média anual de 7.022 m³ e um total de 84.264 m³. Esses dados destacam a importância de uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

No entanto, as variações significativas no consumo de água ao longo do ano indicam oportunidades para melhorar a eficiência operacional. Por exemplo, a alta média de água utilizada por tonelada de leite produzida e por 1000 litros de leite em certos meses evidencia a necessidade de uma gestão mais eficaz da água. A soma do consumo total de água, incluindo o reuso da água de vaca, foi de 714.528 m³, com uma média anual de 59.544 m³. Esses números sugerem que a fábrica pode se beneficiar de uma análise mais detalhada dos seus processos para identificar áreas de desperdício e oportunidades para otimização.

O processo de extração e aproveitamento da água no processamento de leite em pó, exemplificado pela água de vaca gerada durante a evaporação, desempenha um papel crucial na sustentabilidade da indústria de laticínios. Ao longo deste estudo, foi evidenciado que o reaproveitamento da água extraída do leite durante as etapas de evaporação e secagem oferece não apenas uma economia significativa de água potável, mas também contribui para a preservação de recursos naturais, ao minimizar o impacto ambiental das operações industriais.

Os dados apresentados mostram que, em um período de 12 meses, o volume de água de vaca produzido e reutilizado pela Empresa Alfa trouxe uma redução considerável na captação de água potável. Esse reaproveitamento, conforme discutido, alivia a pressão sobre fontes hídricas locais, contribuindo diretamente para a preservação dos mananciais e redução dos custos operacionais. Ao reutilizar a água no resfriamento de equipamentos e limpeza, por exemplo, a empresa consegue não apenas atender às exigências produtivas, mas também reduzir os volumes de efluentes gerados, diminuindo o potencial de contaminação ambiental e o impacto sobre os ecossistemas aquáticos.

A adoção de tecnologias eficientes de tratamento de água, como os filtros de carvão e areia utilizados na Estação de Tratamento de Água (ETA), assegura a qualidade da água de vaca para sua reutilização, sem comprometer a segurança e a higiene dos processos produtivos. Este estudo sugere que, ao investir em tecnologias avançadas de tratamento e reaproveitamento, as indústrias podem alcançar uma operação mais sustentável, com menor dependência de fontes de água externas e uma contribuição significativa para a mitigação dos impactos ambientais.

A reutilização da água contribui para a redução da pegada hídrica da indústria, uma métrica cada vez mais importante em contextos de escassez de água e regulamentações ambientais mais rígidas. A empresa Alfa, ao incorporar práticas de reaproveitamento de água, também diminui sua pegada de carbono, uma vez que a energia necessária para captar e tratar grandes volumes de água potável é superior à utilizada no tratamento da água de vaca.

No entanto, para maximizar os benefícios dessa prática, é importante que a empresa mantenha um monitoramento rigoroso da qualidade da água e busque melhorias contínuas nas tecnologias de tratamento e reaproveitamento. A implementação de sistemas de monitoramento e o ajuste contínuo dos processos são fundamentais para garantir que a sustentabilidade alcançada seja mantida a longo prazo, promovendo tanto a eficiência produtiva quanto a responsabilidade ambiental.

Assim, a extração e o aproveitamento da água no processamento do leite em pó não apenas proporcionam uma alternativa viável para a gestão hídrica industrial, como também se alinham com os objetivos globais de sustentabilidade. Ao mitigar os impactos ambientais e promover a preservação dos recursos naturais, essas práticas contribuem significativamente para o desenvolvimento de uma indústria de laticínios mais sustentável e responsável.

Recomenda-se a implementação de medidas adicionais para otimizar o uso da água e melhorar a eficiência dos processos, o que pode incluir a adoção de tecnologias avançadas de reciclagem e tratamento de água, bem como a revisão dos processos operacionais para identificar e minimizar desperdícios. A utilização de tecnologias mais eficientes pode ajudar a reduzir a quantidade de água necessária para a produção, diminuindo assim o impacto ambiental e os custos operacionais.

A adoção de práticas de gestão hídrica mais eficazes não apenas ajudará a reduzir o impacto ambiental, mas também pode resultar em economias significativas e em uma operação mais sustentável e eficiente.

A fábrica deve considerar a implementação de um sistema de monitoramento contínuo do uso da água para garantir que todas as oportunidades de eficiência sejam identificadas e aproveitadas. A análise detalhada e a gestão eficaz dos recursos hídricos são decisivas para a sustentabilidade e a competitividade da fábrica ao longo do tempo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões do estudo forneceram uma compreensão aprofundada sobre os benefícios econômicos e ambientais do reuso de água na indústria de laticínios. Além de reduzir os custos operacionais associados ao consumo de água potável, a prática demonstrou ser uma estratégia eficaz para mitigar os riscos relacionados à escassez de recursos hídricos. A análise também destacou oportunidades potenciais para inovação e melhorias nos processos de produção, promovendo práticas sustentáveis e responsáveis na indústria.

Este estudo enfatiza a importância da água na produção de leite em pó e examina a eficácia da reutilização da água de vaca como uma estratégia essencial de gestão hídrica. A análise dos dados revela uma dependência substancial da água, evidenciada pelas variações nos volumes captados e utilizados ao longo do ano, bem como na quantidade de água de vaca produzida e reutilizada.

A reutilização da água de vaca se destaca como uma prática decisiva para a sustentabilidade operacional, contribuindo significativamente para a redução do consumo de água potável e minimizando o impacto ambiental do processo de produção.

Os dados mostram que a média anual de água de vaca produzida foi de 9.936 m³, com um total anual de 119.234 m³, enquanto a média anual de água reutilizada foi de 7.022 m³. Esses números demonstram o impacto positivo da reutilização da água de vaca, que não só ajuda a reduzir o uso de água nova, mas também apoia práticas mais sustentáveis.

Contudo, as variações no consumo de água ao longo do ano, assim como a alta média de água utilizada por tonelada de leite produzida e por 1000 litros de leite em certos meses, indicam que ainda há oportunidades significativas para melhorar a eficiência operacional.

O total de água consumida, incluindo o reuso, foi de 714.528 m³, com uma média anual de 59.544 m³. A eficiência na utilização da água pode ser aprimorada por meio da adoção de tecnologias avançadas para reciclagem e tratamento de água, bem como pela revisão detalhada dos processos produtivos para identificar e eliminar desperdícios.

Essas ações não só ajudarão a reduzir os custos operacionais, mas também promoverão uma operação mais sustentável e ambientalmente responsável. Adicionalmente, o monitoramento e controle rigoroso da qualidade da água de vaca reutilizada são essenciais para garantir que não haja impactos negativos na produção.

A qualidade da água deve ser mantida dentro dos padrões necessários para assegurar uma produção segura e eficiente. Investir em tecnologias avançadas de tratamento e reciclagem pode oferecer soluções mais eficazes, reduzir a dependência de água potável e melhorar a eficiência geral dos processos.

É igualmente importante realizar uma análise detalhada das variações sazonais no consumo de água. Compreender essas flutuações permitirá ajustes mais precisos na gestão da água e na produção, evitando picos desnecessários e otimizando o uso dos recursos hídricos ao longo do ano, o que facilitará um planejamento mais eficiente e uma alocação mais adequada dos recursos.

A gestão eficiente da água é primordial para garantir a sustentabilidade e a eficiência da produção de leite em pó. A implementação de melhorias operacionais, o monitoramento rigoroso da qualidade da água, o investimento em tecnologias inovadoras e uma análise detalhada das variações sazonais são fundamentais para fortalecer a eficiência operacional da fábrica e reduzir seu impacto ambiental.

Continuar a avaliar e inovar na gestão hídrica é essencial para assegurar uma operação ambientalmente responsável no longo prazo, garantindo a competitividade das organizações e promovendo uma produção mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA). (2017). Resolução nº 54/2017. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/legislacao/resolucoes/441-resolucao-ana-no-54-de-20-de-abril-de-2017>. Acesso em 03 de julho de 2023. Environmental Protection Agency (EPA). (2019). Industrial Water Efficiency Program. Disponível em: <https://www.epa.gov/watersense/industrial-water-efficiency-program>. Acesso em 03 de julho de 2023.

ALECRIM, Laura; AMORIM, Luiz; USINAS DE PASTEURIZAÇÃO DO RECIFE, Das. A forma segue o leite ou o leite segue a forma. **Da arquitetura das usinas de pasteurização do Recife. Arquitectos**, ano, v. 11, p. 1-12, 2010.

ALVES, Maura Pinheiro 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, 2014.

BAILONE, R. L. et al. Water reuse in the food industry. **Discover Food**, v. 2, n. 1, p. 5, 2022.

BALDASSO, Camila. Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BARBERA, Marcella; GURNARI, Giovanni. **Wastewater treatment and reuse in the food industry**. Cham: Springer International Publishing, 2018.

BARBOSA, L. C., RODRIGUES, C. E., & Cerqueira, M. M. O. (2019). Avaliação da qualidade do leite em pó. *Boletim de Indústria Animal*, 76(2), 176-188.

BERTOLINO, Marco Túlio. **Sistemas de gestão ambiental na indústria alimentícia**. Artmed Editora, 2009.

BLANCO, Angeles; HERMOSILLA, Daphne; NEGRO, Carlos. Water reuse within the paper industry. **Wastewater Reuse and Current Challenges**, p. 213-237, 2016.

BORDONALLI, Angela Cristina Orsi. **Reúso de água em indústria de reciclagem de embalagens plásticas: aspectos econômicos e ambientais em modelo de escala real**. 2007. Tese de Doutorado. [sn].

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 54, de 24 de novembro de 2005. Estabelece critérios e diretrizes para o reúso de água em edificações e processos industriais. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 nov. 2005b.

BRASIL. 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 CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Tipo A, Leite Pasteurizado e Leite Cru Refrigerado. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 set. 2003. Seção 1, p. 13.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolida normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 out. 2017. Seção 1, p. 360.

BRUM, Luis Fernando Wentz; SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. In: **2º International Workshop-Advances in Cleaner Production. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. Anais...** São Paulo. 2009.

CALDA, Solange Alves Batista; SAMUDIO, Edgar Manuel Miranda. ÁGUA DE REÚSO PARA FINS INDUSTRIAIS ESTUDO DE CASO. **Brasil Para Todos-Revista Internacional**, v. 3, n. 2, 2016.

CANTELE, Tatiana Dias; DE CASTRO LIMA, Eudes; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259-1282, 2018.

CUNHA, Iara Nunes et al. ASPECTOS REGULATÓRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, II. 2012.

DANTAS, Danielly Luz; SALES, Alessandro Wilckson Cabral. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e ambiental**, v. 3, n. 3, p. 04-19, 2009.

DAS NEVES, Marcelo Weyer; CARBONERA, Nádia; SANTO, Milton Luiz Pinho Espírito. Avaliação da qualidade do leite e seu processamento na produção de leite em pó associado a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 266-273, 2012.

DE ARAUJO, Alessandra Rodrigues Machado; FERREIRA, Luiz Felipe; FERREIRA, Denize Demarche Minatti. Gestão dos recursos hídricos: estudo sobre práticas ambientais adotadas por uma indústria têxtil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 99-109, 2017.

DE SOUZA, Poliana Mendes. **Estudo comparativo da pasteurização de leite pelo método convencional e por microondas**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

DOS SANTOS, Marieli Ferreira et al. Mapeamento de processos de uma empresa de laticínios. **Saber Humano: Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti**, v. 9, n. 15, p. 84-104, 2019.

GALVÃO, Douglas Felipe; DOS SANTOS GOMES, Eliane Rodrigues. Os processos de separação por membranas e sua utilização no tratamento de efluentes industriais da indústria de laticínios: revisão bibliográfica. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 6, p. 349-360, 2015.

GAMBA, Verônica et al. Reúso de águas evaporadas na produção de leite condensado, leite em pó e leite UHT por osmose inversa e adsorção. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2658-2669, 2020.

GARCIA-SEGURA, Sergi et al. Disparities between experimental and environmental conditions: Research steps toward making electrochemical water treatment a reality. **Current Opinion in Electrochemistry**, v. 22, p. 9-16, 2020.

GARNIER, Céline et al. Water reuse in the food processing industries: A review on pressure-driven membrane processes as reconditioning treatments. **Journal of Food Engineering**, v. 344, p. 111397, 2023.

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.

LU, Zhiying et al. Water reuse for sustainable microalgae cultivation: current knowledge and future directions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, p. 104975, 2020.

LUERSEN, Karl Heinz et al. Reuso do efluente tratado na indústria curtidora. **Tecno-lógica. Santa Cruz do Sul. Vol. 16, n. 1 (jan./jun. 2012), p. 05-10, 2012.**

MEDEIROS, Salomão de S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 603-612, 2005.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reúso**. Oficina de Textos, 2005.

MOURA, Priscila Gonçalves et al. Water reuse: a sustainable alternative for Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, p. 791-808, 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. **Understanding Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater**. National Academies Press, 2012.

ÖLMEZ, Hülya. Water consumption, reuse and reduction strategies in food processing. **Sustainable food processing**, p. 401-434, 2013.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). Policy Instruments to Support Water Reuse.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Policy Instruments to Support Water Reuse*. Paris: OECD Publishing, 2018.

OTÊNIO, M. H. et al. Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite em confinamento: conteúdos elaborados conforme a metodologia e-Rural. Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

PERRONE, Ítalo Tuler et al. Determinação da composição e do rendimento de queijo prato obtido a partir de leite concentrado por evaporação a vácuo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 376, p. 35-41, 2010.

RODRÍGUEZ-GUERRA, Andrea; MARTÍNEZ, Fernanda S. Responsabilidade social e gestão ambiental da água, solução na indústria de laticínios do Equador. **Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria**, v. 4, n. 12, p. 211-230, 2020.

SALGOT, Miquel; FOLCH, Montserrat. Wastewater treatment and water reuse. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 64-74, 2018.

SARAIVA, Claudety Barbosa et al. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 10-18, 2009.

SILVA, Francielen Kuball; EYNG, Jonathan. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 1, n. 2, p. 4-22, 2012.

TORRES, Jansen Kelis Ferreira et al. Hidrólise da lactose e produção de leite em pó: Aspectos tecnológicos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 2, p. 94-105, 2016.

TRIGUEIRO, André. **Mundo sustentável 2**. Globo Livros, 2013.

URKIAGA, Ana et al. Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse. **Desalination**, v. 218, n. 1-3, p. 81-91, 2008.

VENTURINI, Katiani Silva; SARCINELLI, Miryelle Freire; SILVA, Luís C. Processamento do leite. **Espírito Santo: Pró-reitoria de Extensão–Programa Institucional de Extensão**, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Water Reuse for Agriculture: Guidelines for Safe Application of Wastewater in Agriculture*. Geneva: WHO, 2020.

ZANATTA, Paula. Gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 296-312, 2017.

