

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

LEANDRO VITOR ALVES

**GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS POR LATICÍNIOS NO
ESTADO DE MINAS GERAIS: UMA REVISÃO BASEADA EM RBS ROADMAP**

ALFENAS / MG

2024

LEANDRO VITOR ALVES

**GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS POR LATICÍNIOS NO
ESTADO DE MINAS GERAIS: UMA REVISÃO BASEADA EM RBS ROADMAP**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Diversidade Biológica e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Carmino Hayashi

ALFENAS / MG

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Alves, Leandro Vitor.

Gestão dos impactos ambientais gerados por laticínios no Estado de Minas Gerais : uma revisão baseada em RBS Roadmap / Leandro Vitor Alves.
- Alfenas, MG, 2024.

102 f. : il. -

Orientador(a): Carmino Hayashi.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Laticínio. 2. Gestão ambiental. 3. Mapeamento. 4. Agroindústria. 5. RBS Roadmap. I. Hayashi, Carmino, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

LEANDRO VÍTOR ALVES

“ Gestão dos impactos ambientais gerados por laticínios no Estado de Minas Gerais: uma revisão baseada em RBS Roadmap ”

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 03 de julho de 2024.

Prof. Dr. Carmino Hayashi

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi

Instituição: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Profa. Dra. Michelle Silva Ramos

Instituição: IFSuldeminas – Campus de Machado



Documento assinado eletronicamente por **Carmino Hayashi**, **Usuário Externo**, em 04/07/2024, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1278392** e o código CRC **132DA5A0**.

AGRADECIMENTOS

Chegado o momento de concluir esta dissertação, é com profundo reconhecimento e gratidão que dedico este espaço para expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço meu orientador, Prof. Dr. Carmino Hayashi, cuja orientação e disponibilidade constantes foram essenciais para superar os desafios encontrados ao longo do percurso.

Aos meus professores e colegas de curso, pelo apoio e pela partilha de saberes que enriqueceram não só este trabalho, mas também a minha formação acadêmica.

Aos meus familiares, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a seguir adiante, mesmo nos momentos mais difíceis. Em especial, a minha parceira, Elisangela, pelo amor, compreensão e encorajamento constantes.

Aos amigos, pela companhia e pelo apoio emocional, que foram fundamentais para manter a motivação e o equilíbrio ao longo desta jornada.

À Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) e a Secretária de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais (SEMAD-MG), pela oportunidade de desenvolver este trabalho, em especial, a secretária, Márcia Lúcia.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação e para o meu crescimento pessoal e profissional. A cada um de vocês, meu sincero obrigado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Com gratidão,

Leandro Vitor Alves

RESUMO

Esta dissertação buscou identificar, analisar e propor medidas de mitigação para os impactos ambientais gerados pelas agroindústrias de laticínios. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica através da metodologia RBS *Roadmap* e uma pesquisa de campo junto ao Núcleo de Autos de Infração da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais. A pesquisa bibliográfica demonstrou um certo consenso da literatura, elencando como os principais impactos: A geração de efluentes, a geração de resíduos sólidos e as emissões atmosféricas, seguida do alto consumo de recursos naturais, como água, energia elétrica, lenha e combustíveis. Entretanto, a análise dos dados da pesquisa de campo gerou informações que discordam da literatura referenciada, apontando que os principais impactos são na verdade: o consumo de água sem outorga (18,31%), o funcionamento dos laticínios sem possuir licença ambiental (18,31%), o lançamento de efluentes sem tratamento diretamente sobre o solo (13,15%) e o consumo de produtos da flora sem o devido registro no Instituto Estadual de Florestas (12,68%). Concluiu-se, que as principais soluções para esses problemas têm vínculo direto com melhorias na gestão dos laticínios, investimentos em tecnologia e melhor capacitação das pessoas e das equipes de trabalho. Este estudo, também, deu origem a uma nova metodologia que pode ser aplicada na geração de novas pesquisas sobre os impactos ambientais gerados pelas atividades potencialmente poluidoras do Estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Laticínio; Gestão ambiental; Mapeamento; Agroindústria, RBS *Roadmap*.

ABSTRACT

This dissertation aimed to identify, analyze, and propose mitigation measures for the environmental impacts generated by dairy agro-industries. A literature review was conducted using the RBS Roadmap methodology, along with field research conducted at the Infraction Records Center of the Environmental Secretariat of the State of Minas Gerais. The literature review demonstrated a certain consensus, listing the main impacts as effluent generation, solid waste generation, and atmospheric emissions, followed by high consumption of natural resources such as water, electricity, firewood, and fuels. However, field research data analysis provided information contradicting the referenced literature, indicating that the main impacts are actually: unauthorized water consumption (18.31%), dairy operations without environmental licensing (18.31%), discharge of untreated effluents directly onto the soil (13.15%), and consumption of flora products without proper registration with the State Forest Institute (12.68%). It was concluded that the main solutions to these problems are directly linked to improvements in dairy management, investments in technology, and better training for individuals and teams. This study also led to a new methodology that can be applied in generating new research on the environmental impacts generated by potentially polluting activities in the state of Minas Gerais.

Keywords: Dairy; Environmental management; Mapping; Agro-industry; RBS Roadmap

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	METODOLOGIA.....	11
2.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1	ALTO CONSUMO DE ÁGUA	14
3.1.1	Definições e cenário	14
3.1.2	Problemas e soluções quantitativas	16
3.1.3	Problemas e soluções qualitativas	18
3.2	GERAÇÃO DE EFLUENTES	19
3.2.1	Definições e cenário	19
3.2.2	Descarte inadequado de efluentes de laticínios	21
3.2.3	Soluções para os efluentes de laticínios	24
3.2.3.1	Redução e Controle	24
3.2.3.2	Reúso	24
3.2.3.3	Tratamentos de efluentes	25
3.2.3.4	Outras alternativas	36
3.3	GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	40
3.3.1	Definição e contexto	40
3.3.2	Problemas e soluções	41
3.4	CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	46
3.4.1	Definição e contexto	46
3.4.2	Problemas e soluções	47

4	A PESQUISA DE CAMPO	51
4.1	AMOSTRAGEM	51
4.2	MAPEAMENTO DOS “NOVOS” IMPACTOS AMBIENTAIS	53
4.3	AS CAUSAS DOS PROBLEMAS E SUAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES	60
4.4	CONFIRMAÇÕES, DISCORDÂNCIAS E NOVIDADES PARA A LITERATURA.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO

Laticínio é um termo que deixou de existir no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) no ano de 2020, sendo fracionado, então, nos termos “unidade de beneficiamento de leite e seus derivados” e “queijaria”. O primeiro, trata-se do estabelecimento que executa várias operações unitárias com a finalidade de se produzirem leite e derivados lácteos para o consumo humano e/ou industrial. Já, o termo “queijaria” refere-se ao estabelecimento destinado à fabricação de queijos (Brasil, 2017; 2020). No entanto, para fins desta dissertação, o termo “laticínio” será utilizado de forma genérica para ser referir a qualquer estabelecimento que beneficie o leite com a intenção de se produzirem derivados lácteos.

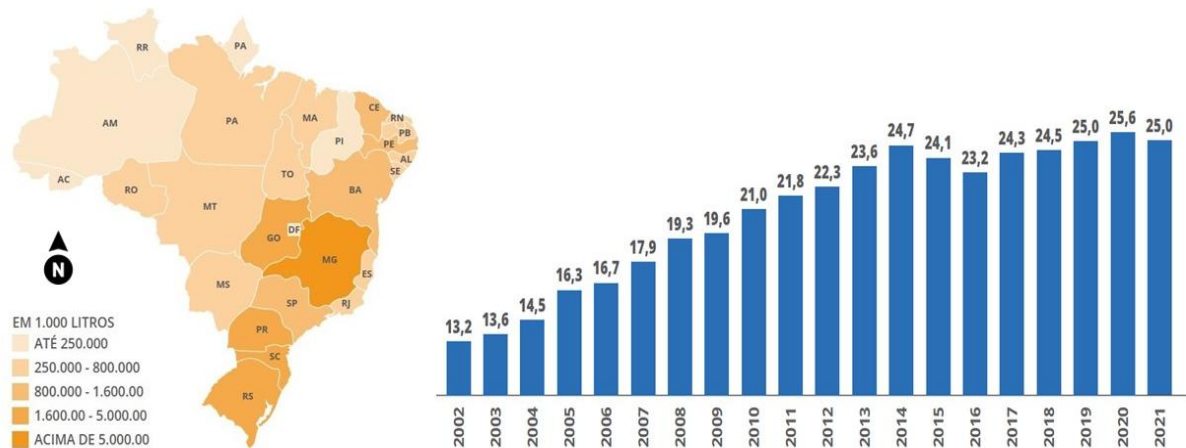
O setor de laticínios é altamente relevante para a economia brasileira e mundial, não apenas pela alta quantidade de leite e derivados produzidos, mas também, por compor parte significativa da dieta alimentar humana (Teixeira *et al.*, 2020). Em 2021, a produção leiteira no Brasil, foi de aproximadamente 25 bilhões de litros (Carvalho; Rocha, 2022), sendo as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, as que mais se produziram. O Estado de Minas Gerais, acumulou 27,22% da produção nacional de leite, seguido pelo Paraná (12,51%), Rio Grande do Sul (12,42%), Santa Catarina (8,96%) e Goiás (8,84%) (Hott, Andrade, Magalhães Júnior, 2023, p. 12-14), conforme demonstrado na Figura 1.

Tradicionalmente, o setor lácteo possui a característica de apresentar margens de lucros muito estreitas (Martins *et al.*, 2022, p. 22-24) e entre os anos de 2020 a 2021 a situação piorou, uma inflação acumulada de 60% impactou fortemente os custos de produção dos laticínios (Oliveira *et al.*, 2022, p. 26-28). Contudo, os produtores de leite, se mantiveram muitos atraídos pela recompensa financeira garantida pela industrialização do alto volume de leite produzido no período (Rentero, 2023, p. 5) e pela crescente demanda do mercado internacional pelos produtos lácteos do Brasil (Carvalho; Rocha, 2022, p. 8-9).

Os principais produtos fabricados nos laticínios brasileiros são: creme de leite, manteiga, queijo e requeijão, sendo que, a produção dos dois últimos, é expressivamente superior aos demais produtos (IBGE, 2020, p. 147). A qualidade dos produtos está diretamente associada às boas condições de higiene, conservação, transporte, sanidade e manejo dos animais (Brasil, 2017), bem como,

intrínsecas as características físico-químicas e microbiológicas do leite, que não tenha sofrido adulterações ou contaminações (FEAM, 2014).

Figura 1 – Mapa de distribuição da produção de leite no Brasil por Estados (2021) e Gráfico da produção nacional de leite em bilhões de litros (2002 a 2021).



Fonte: Hott; Andrade; Magalhães Jr. (2023, p. 12, mapa); Carvalho; Rocha (2022, p. 8, gráfico).

Saraiva *et al.* (2012) relataram que, apesar da forte representação do leite no mercado nacional, sua dimensão “social”, ainda, não é adequadamente discutida. Isso ocorre em função da falta de um modelo que leve em consideração aspectos sociopolíticos e culturais dos pequenos segmentos de produção, em razão de sua baixa visibilidade aos olhos do mercado, apesar de serem representativos e culturalmente mais importantes. Por outro lado, em 2022, Fernandes (p. 46-48) relatou que a produção de leite está evoluindo para uma consciência baseada na sustentabilidade. Pois, trata-se de uma cadeia produtiva que gera muitos impactos sociais, possuindo também, grandes desafios e oportunidades na área ambiental, além de sua importância nas questões econômicas, dada a ampla distribuição da atividade pelo Brasil.

Diante desse cenário, que se volta para a sustentabilidade, cabe dizer que pouco se fala de Gestão Ambiental no setor de laticínios. Nesse sentido, esta pesquisa objetivou identificar e analisar impactos ambientais gerados pelos laticínios, propor medidas de controle e mitigação, e discutir o assunto do ponto de vista da gestão e da conservação ambiental, visando reunir essas informações em um único texto, a fim de facilitar futuras pesquisas e orientar empreendedores.

2 METODOLOGIA

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi realizada utilizando a técnica denominada “**Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) Roadmap**”, elaborada por Conforto, Amaral e Silva (2011, grifo nosso), os quais, propuseram um roteiro estruturado para realização de pesquisas bibliográficas mais metódicas, transparentes e replicáveis, que aumentam a confiabilidade e acuracidade das conclusões e resultados dos estudos, de forma mais veloz e com menores custos. Essa técnica consiste em coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico sobre um determinado assunto. Trata-se de uma técnica que possui caráter exploratório e qualitativo, pois permite a ampliação do conhecimento sobre um determinado assunto através de uma sequência de atividades que envolvem a redução dos dados, sua categorização, interpretação e redação de um relatório (Gil, 2002).

Assim, utilizando a RBS *Roadmap*, foram realizadas pesquisas nas bases de dados do *Web of Science*, *Elsevier* e *Google Scholar*, incluindo também, a criação de um “alerta” do *Google Scholar*, por um período de 6 meses (outubro/2022 a março/2023). As palavras-chave utilizadas nas buscas foram: leite, laticínios, gestão ambiental, conservação ambiental, impactos ambientais e medidas mitigadoras. O corte temporal estabelecido foi de 2012 a 2023. Como critério de aceite/inclusão das obras encontradas, foram selecionadas aquelas que apresentaram soluções práticas para resolução ou mitigação dos impactos ambientais gerados em laticínios, especialmente aquelas realizadas no Estado de Minas Gerais. As obras foram lidas, fichadas e categorizadas de acordo com o impacto ambiental que tratavam, extraindo-se de cada uma, as informações relevantes a este estudo.

As pesquisas nas bases de dados retornaram 518 textos, dentre eles: artigos, monografias, dissertações, teses, capítulos de livros, anuários e relatórios, dos quais, após a aplicação dos critérios estabelecido, restaram 88 textos (17%). Realizada a leitura desses, para gerar os fichamentos, 24 textos (4,63%) foram eliminados, pois seu conteúdo não condizia como os objetivos desta pesquisa, restando 64 textos (12,36%). Fato esse, que corresponde ao evidenciado por Dias *et al.* (2017), Cídon,

Theis e Schreiber (2021), e Freire S. *et al.* (2023), que também verificaram um baixo volume de publicações sobre o assunto “mitigação de impactos ambientais”.

Dentre as 64 obras selecionadas, foi obtida uma representatividade territorial de 9 das 10 mesorregiões de MG. Sendo que, apenas para a mesorregião X – Rio Doce, não foram localizados estudos sobre impactos ambientais gerados por laticínios.

Essas obras foram lidas na íntegra e fichadas em editor de texto para facilitar a recuperação das informações em momento oportuno. Os fichamentos destacaram as seguintes informações: Título, autoria, parâmetro ambiental abordado e solução/medida mitigadora proposta ou aplicada, conforme orientado por Conforto, Amaral e Silva (2011).

Cabe registrar que uma exceção foi aberta ao trabalho de Silva (2011), que apesar de estar fora do critério temporal, seu conteúdo foi relevante para a construção desta dissertação.

A redação de cada capítulo buscou seguir a lógica de apresentar 4 tópicos, sendo: O cenário e as definições do impacto ambiental abordado, As razões e formas de sua ocorrência, os efeitos gerados no meio ambiente e as principais formas de realizar seu controle.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Brasil é um país localizado na parte sul do continente americano, sendo formado pela união indissolúvel de 27 Estados-Membros que estão subdivididos em 5.570 municípios. Possui uma população de 203.080.756 pessoas, sendo 51% mulheres e 49% homens. O PIB per capita gira em torno de R\$ 2.994,64/mês, sendo sua economia baseada principalmente em atividades ligadas a agricultura, pecuária e mineração, segundo informações divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023).

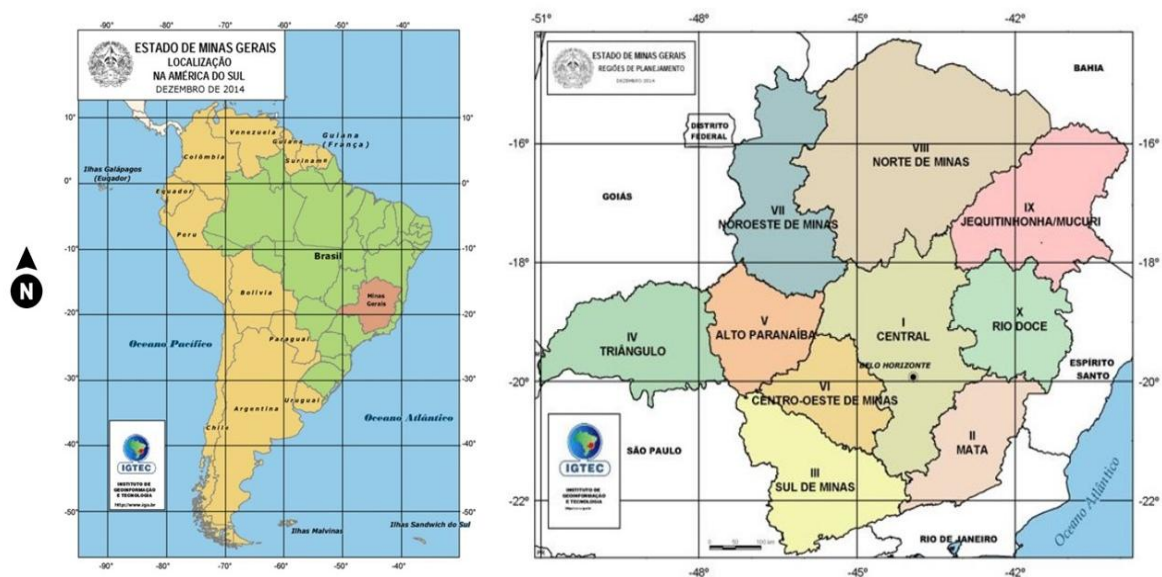
Minas Gerais (MG) é o 2º Estado mais populoso do Brasil, com 20.539.989 habitantes (10,11%) e o 4º maior em extensão territorial (586.513.983 km²). Possui 853 municípios, um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,774 – o 4º melhor do País e a renda mensal per capita é de R\$1.529,00 (IBGE, 2023). Dentre suas atividades econômicas, destacam-se a mineração, a cafeicultura e a pecuária leiteira. O Estado é conhecido como o mais importante do Brasil, quando o assunto

é a produção de leite e derivados (Oliveira *et al.*, 2022, p. 26-28), existindo 964 estabelecimentos formais que executam atividades relativas ao processamento e transformação do leite (SEMAD-MG, 2023c), dos quais, cerca de 80% são de pequeno porte (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018). Considerando as 20 maiores fazendas produtoras de leite do Brasil, 6 delas estão localizados em MG, sendo 2 na região do Alto Paranaíba e 4 na região Sul de Minas (Rentero, 2023, p. 50-53). Em parâmetros nacionais, MG é o maior produtor de leite, sendo responsável por 27,22% da produção (Hott, Andrade, Magalhães Júnior, 2023, p. 12-14) e detêm 35,1% da produção nacional de queijo e requeijão (IBGE, 2020, p. 141).

Quanto a sua geografia, o Estado de Minas Gerais está localizado na região sudeste do País, entre os paralelos 14°13'58" e 22°54'00" de latitude sul e os meridianos de 39°51'32" e 51°02'35" a oeste, ocupando o fuso horário -3 (menos 3) horas em relação a Greenwich. Em razão de sua vasta variabilidade socioeconômica e cultural, os municípios que apresentavam características semelhantes foram reunidos em 10 mesorregiões no ano de 1995, com a intenção de melhor direcionar as ações dos sucessivos governos. Essas mesorregiões receberam os nomes de: I – Região Central, II – Zona da Mata, III – Sul de Minas, IV – Triângulo Mineiro, V – Alto Paranaíba, VI – Centro-Oeste Mineiro, VII – Noroeste de Minas, VIII – Norte de Minas, IX – Jequitinhonha-Mucuri e X – Rio Doce (Minas Gerais, 2023).

A área de estudo está graficamente demonstrada na Figura 2. De Norte a Sul, MG possui 986 km de extensão e de Leste a Oeste possui 1.248 km.

Figura 2 – Mapa da área de estudo (América do Sul – Brasil – Minas Gerais)



Fonte: Minas Gerais (1995).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os empreendimentos do setor agroindustrial, aqueles que produzem alimentos são considerados, também, os que mais geram poluição e degradação do meio ambiente (Alves, 2017). Nesse quadro, os laticínios estão diretamente ligados à alimentação humana e ao mesmo tempo, essa atividade tem contribuído para o aumento significativo dos danos ao meio ambiente (Vizú, 2018, p. 26). Assim, é de fundamental importância que os empreendedores conheçam os tipos de resíduos que são gerados em suas atividades, suas características, fontes de geração e formas de controle, buscando sempre pelo equilíbrio entre o lucro, a justiça social e a conservação do meio ambiente (Silva, 2011b), pois, “as empresas devem sim continuar sendo rentáveis e cumprindo sua função social, mas o meio ambiente também tem o direito de continuar vivo” (Alves, 2014).

Realizada a análise das obras selecionadas, foi identificado um certo consenso entre vários autores, os quais apontaram que os principais impactos ambientais causados por laticínios são: a geração de efluentes líquidos, de resíduos sólidos e de emissões atmosféricas, “[...] que sem uma adequada sistemática de controle e mitigação, possuem grande potencial de degradação do meio ambiente” (SEMAD-MG, 2023b). A geração desses impactos ambientais é comum a todos os tipos de laticínios, sem exceção (Henares, 2015) e a todos geram efeitos negativos, mas também, todos podem ser controlados (Bezerra, 2017). Por isso, independentemente da capacidade operativa dos laticínios, eles devem ser devidamente estruturados para lidar com suas questões ambientais e atender os parâmetros estabelecidos na legislação vigente (SEMAD-MG, 2023b).

Apesar desses três tipos de impactos ambientais serem os mais discutidos na literatura, eles não são os únicos. Na sequência, são detalhados cada um dos impactos ambientais encontrados na literatura de referência.

3.1 ALTO CONSUMO DE ÁGUA

3.1.1 Definições e cenário

Água é o elemento-chave da vida no planeta. Tanto é, que a Organização das Nações Unidas – ONU, possui o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº

6 (Figura 3): “Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos” (ONU, 2023).

Figura 3 – ODS 6: Água potável e saneamento



Fonte: ONU Brasil (2019).

A preocupação com a disponibilidade de água foi intensificada com as recorrentes crises hídricas que assolaram muitas regiões nos últimos anos (Otenio, 2020, p. 94-96). Trata-se de um recurso essencial para a pecuária leiteira e para os laticínios, que exigem cada vez mais tecnologias que diminuam seu desperdício e de outorgas, para assegurar aos usuários o direito de utilizar esse recurso legalmente (Viana; Mendonça; Otenio, 2021).

Segundo Vaz *et al.* (2017), a principal característica dos laticínios é a sua alta demanda por água durante a fabricação de seus produtos. Esse elevado consumo, também, está intimamente ligado às questões sanitárias e de higiene, uma vez que a atividade exige várias operações de limpeza e sanitização do ambiente de trabalho, lavagem de massas, resfriamento e geração de vapor (Silva M. *et al.*, 2015). Isso, sem contar o desperdício causado por negligência dos operadores ou ineficiências das máquinas e dos processos (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018).

O consumo de água varia em razão de vários fatores, como o tamanho do laticínio e sua capacidade produtiva, o tipo de produtos que são fabricados, a eficiência dos operadores, das máquinas e equipamentos, os tipos de limpeza e sanitização empregados, etc. Nesse sentido, Rabelo (2016) esclarece que em laticínios, quanto maior for o recebimento de leite, maior será a utilização de água com a limpeza dos caminhões-tanque, das tubulações e dos equipamentos. Silva M. *et al.* (2015) estimaram que, para cada litro de leite recebido, os laticínios consomem de 1 a 6 litros de água (média: 4L). Por outro lado, Rabelo (2016) calculou que o coeficiente médio de consumo de água em laticínios de grande porte é de “1,21”, considerando a razão obtida da divisão dos “litros de água consumidos” pelos “litros

de leite processados”. Assim, pode se afirmar que, em média, são gastos 1.000 litros de água para cada 826 litros de leite processados. Na mesma linha, Saraiva *et al.* (2012) encontraram coeficientes que variaram de “0,43 a 2,35” em laticínios de pequeno porte.

O Quadro 1 mostra como era o coeficiente de consumo de água em alguns países nórdicos e europeus no ano de 2001, e ao compará-los aos resultados de Saraiva *et al.* (2012) e Rabelo (2016), pode-se inferir que existem laticínios no Brasil, com grande capacidade de gerenciamento de seus recursos hídricos.

Quadro 1 – Coeficiente de água consumida em laticínios (Litros de água / Litros de leite processado) em países nórdicos e europeus em 2001

Produto	Suécia	Dinamarca	Finlândia	Noruega
Leite e logurte	0,96 a 2,8	0,60 a 0,97	1,2 a 2,9	4,1
Queijos	2 a 2,5	1,2 a 1,7	2 a 3,1	2,5 a 3,8
Leite em pó e/ou produtos líquidos	1,7 a 4	0,69 a 1,9	1,4 a 4,6	4,6 a 6,3

Fonte: Nordic Council of Ministers *et al.* (2001) *apud* FEAM (2014).

3.1.2 Problemas e soluções quantitativas

Sobre o elevado consumo de água, Santos, Queiroz e Almeida Neto (2018) observaram que o principal problema dos laticínios era a falta de contabilização do consumo. Bezerra (2017) constatou práticas muito superficiais e sem efetividade sobre esse assunto. Saraiva *et al.* (2012) entrevistaram, seis proprietários de laticínios de pequeno porte, dos quais 85,71% não souberam opinar sobre a redução do consumo de água em seus estabelecimentos, declarando não ser necessária, pois a água da nascente era “de graça” ou que não dispunham de informações suficientes.

Essas informações revelam que além do problema do alto consumo de água, existe também, pouca preocupação dos empreendedores com a quantidade de água consumida em seus laticínios. Para resolver casos como esse, a legislação mostrou-se alinhada com a atual disponibilidade tecnológica, e força os laticínios a se adequarem, seja preventivamente ou coercitivamente, por vontade própria ou logo após a fiscalização dos órgãos competentes (Teixeira, 2011, p. 46-47), uma vez que é obrigatória a instalação de equipamentos de medição do consumo de água superficial ou subterrânea e também, a emissão de outorga, para os laticínios que

não utilizem os serviços prestados pela concessionária responsável pelo abastecimento público e o tratamento de esgoto municipal (IGAM, 2019). O ato de extrair ou captar águas públicas sem a devida outorga constitui infração de natureza “grave” punida com multa e acompanhada pela obrigação de se regularizar perante o órgão ambiental (Minas Gerais, 2018).

A obrigação de regularizar a captação e o uso de águas públicas, gera uma mudança de postura dos empreendedores – afinal, a água passa a ter um determinado preço, que é contabilizado na estrutura de custos operacionais do laticínio e reduzindo a margem de lucro líquido do empreendedor. Dessa forma, se fazem necessárias novas estratégias para reduzir o consumo e otimizar o uso dos recursos hídricos (Silva, 2011a). Algumas dessas estratégias são bastante simples, mas muito eficientes:

- O primeiro passo é a identificação das etapas que mais consomem água dentro do processo produtivo. Essa mensuração balizará a viabilidade de cada tipo de solução proposta (Otenio, 2020, p. 94-96);
- Conscientizar os colaboradores sobre a importância de se reduzir o consumo de água, evitando-se o desperdício (Bezerra, 2017);
- Santos, Queiroz e Almeida Neto (2018) sugerem utilizar métodos de pré limpeza a seco, com a remoção de resíduos por raspagem ou ar comprimido. Feito isso, Cídon; Theis; Schreiber (2021), acrescentaram a utilização de equipamentos de água sob pressão, aumentando a “força” da limpeza e reduzindo o consumo de água;
- Adoção de uma limpeza mais econômica, que mantenha as torneiras fechadas, quando não estiverem sendo usadas (Saraiva *et al.*, 2012), tapando-se os pontos de vazamentos de água (Silva, 2011b) e utilizando equipamentos do tipo “gatilhos” na ponta das mangueiras, impedindo o fluxo contínuo de água (Teixeira, 2011, p. 46-47);
- Realizar as operações de limpeza apenas uma vez por dia, sempre que possível (Barbosa *et al.*, 2019);
- Instalação da limpeza CIP (*Clean in Place*), que circula uma mistura de água e produtos químicos de higienização dentro de um sistema fechado (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018);
- Reaproveitamento da água da chuva, que pode ser captada através de canaletas instaladas nos telhados dos galpões e armazenada em cisternas

para os períodos de escassez hídrica, podendo ser usada na dessedentação de animais (Otenio, 2020, p. 94-96) ou na irrigação de pastagem (Rabelo, 2016)., na geração de vapor pela caldeira, na torre de resfriamento ou na lavagem de pisos (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018).

3.1.3 Problemas e soluções qualitativas

Vistos os problemas e possíveis soluções sobre a disponibilidade de água, cabe relatar também, situações em que o problema não foi a quantidade de água, mas sim, sua baixa qualidade. Nesse sentido, Hordones (2022, p. 73-95) relata que quantificar os sólidos totais na água ajuda a verificar a presença de substâncias filtráveis inorgânicas e orgânicas, que podem ter sua origem em lixiviações, escoamento de fontes naturais, atividades agrícolas ou descarte inadequado de efluentes. Dentre esses compostos, os sulfatos e os cloretos causam corrosão em estruturas hidráulicas, gerando desgaste precoce nas instalações dos laticínios. Para se evitar problemas, é necessário o acompanhamento dos parâmetros de qualidade dos corpos hídricos. Recomendação essa, que acompanha a opinião de Silva A. (2022): – “os pontos de contaminação devem ser identificados, para assim, traçar um plano de assistência técnica”, e também de Diniz (2021, p. 50-51), que afirma: “muitos problemas com a qualidade da água podem ser resolvidos simplesmente através da recuperação de nascentes”.

Por sua vez, Souza, Mobayed e Andrade (2019) apontam que acúmulo de proteínas e gorduras nas ranhuras e fendas dos equipamentos dos laticínios tendem a formar uma comunidade de microrganismos, conhecida como biofilme. Esse tipo de contaminação gera riscos a saúde dos consumidores de produtos lácteos e pode inutilizar equipamentos, utensílios e tubulações inteiras. Para evitar essa situação recomenda-se que a higienização seja realizada com detergente alcalino.

Em outro caso, Freire A. *et al.* (2023) identificaram a presença de *Pseudomonas* ssp. na água de um poço artesiano que era utilizada para abastecimento de um laticínio. A água não era tratada, mas era utilizada na pasteurização do leite destinado a fabricação de queijos e na composição da salmoura. Em certa época, os produtos começaram a apresentar uma coloração azulada, sendo separados e enviados para análise laboratorial, que confirmou a contaminação pela bactéria. Para resolver esse tipo de problema, deve-se investir

no tratamento da água de entrada (Barbosa *et al.*, 2019). E assim foi feito. A água do poço passou a ser tratada com uma concentração de cloro livre de $1,2 \text{ mg.L}^{-1}$, o tratamento da água passou a ser controlado com mais frequência, foi realizada uma revisão das máquinas e equipamentos e adotada uma higienização reforçada de todo o laticínio com ácido peracético 0,3% e fumaça de sanitização semanalmente, com a finalidade de não ocorrerem novas contaminações (Freire A. *et al.*, 2023).

Hordones (2022, p. 40; 85; 88) também destaca que é de muita importância a implantação de um protocolo de monitoramento de cianobactérias junto aos recursos hídricos de captação de água superficial, tendo como objetivo, minimizar os riscos de contaminação por cianotoxinas, que são geradas pelas cianobactérias. Esses microrganismos são responsáveis por causar alterações na cor, sabor e cheiro das águas, bem como, danos a saúde humana e animal. Suas florações ocorrem de forma mais acentuada em rios de baixa profundidade, em fotoperíodo prolongado, altas temperaturas e presença de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, que são comuns em efluentes de laticínios e esgoto doméstico. Sua presença pode ser identificada por uma análise de Clorofila-A, que é um indicador da biomassa fitoplanctônica (algas) e do estado trófico de ambientes aquáticos, sendo diretamente relacionada com a densidade das cianobactérias (Hordones, 2022, p. 85; 88).

3.2 GERAÇÃO DE EFLUENTES

3.2.1 Definições e cenário

Efluentes são os despejos líquidos originários das atividades desenvolvidas nas indústrias (Silva, 2011b). Suas características variam de acordo com o tipo de indústria e do processo adotado. Em laticínios, os efluentes são constituídos principalmente por compostos orgânicos, como lipídeos (óleos, graxas, gorduras e ácidos graxos livres), proteínas e carboidratos (Longaretti *et al.*, 2016). Podem conter também: salmoura (Silva, 2011b), detergentes, esgoto sanitário (Rabelo, 2016), cinzas, serragens (Dias *et al.*, 2017), restos de leite, águas de higienização, partículas sólidas, produtos químicos como cloretos, nitrato de prata, soluções alcalinas, soluções ácidas, ácido sulfúrico (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), soro, leite e/ou leite ácido (Teixeira; Pires, 2022). Apresenta um aspecto bastante

oleoso com coloração esbranquiçada (Borges; Costa; Gontijo, 2019) e é considerado o principal agente poluidor gerado pelos laticínios (Silva, 2011b), sendo, muitas vezes, disposto sem tratamento em rios, lagoas ou lançado na rede municipal de esgoto (Jerônimo *et al.*, 2012), o que pode afetar a qualidade e a biodiversidade ambiental (Gavlak *et al.*, 2022, p. 63). Os efluentes são gerados principalmente pela higienização dos laticínios, através das operações de lavagem e limpeza de tanques, caminhões, máquinas e equipamentos, além de Vazamentos, derramamento e operações ineficientes. Estima-se que, para cada litro de leite processado, sejam gerados de 4 (Silva M. *et al.*, 2015) a 5,3 litros de efluentes, possivelmente, pela falta de controle do consumo e a alta disponibilidade de água (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018). Esse parâmetro de 4 a 5,3 litros está dentro dos resultados encontrados por Henares (2015), que divulgou que são gerados de 1 a 6 litros de efluentes para cada litro de leite processado.

Dessa mistura de resíduos que formam os efluentes de laticínios, o soro é o componente mais importante, em razão do alto volume produzido e de sua qualidade como matéria-prima para a fabricação de outros produtos (Jerônimo *et al.*, 2012), mas quando incorporado aos efluentes, perde sua função nutricional e passa a ser considerado apenas pela sua alta capacidade de poluir o meio ambiente (Silva A. *et al.*, 2015), sendo aproximadamente cem vezes (100x) mais poluente que o esgoto doméstico (Silva, 2011b). Existem 2 tipos de soro, o ácido e o doce. O soro ácido apresenta maiores teores de cálcio, fósforo e de ácido láctico, enquanto o soro doce apresenta mais lactose (Assunção *et al.*, 2022). A quantidade de soro gerada por um laticínio, varia de acordo com os produtos que nele são fabricados (Jerônimo *et al.*, 2012), podendo variar de 60% a 90% de soro sobre a quantidade de leite processado (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), conforme exemplificado no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantidade de soro gerada em laticínios x Tipo de produto

Produto (kg)	Soro (L)	Referência
Queijos (Diversos)	0,8	Silva I. (2022)
Queijos (Diversos)	0,9	Silva, Siqueira e Nogueira (2018)
Queijo “Minas Frescal”	4,58	Assunção <i>et al.</i> (2022)
Queijo “Padrão”	7	Assunção <i>et al.</i> (2022)
Queijo “Mussarela”	8,84	Mendes <i>et al.</i> (2015)

Fonte: Autor (2024).

Depois do soro, o leiteiro (Buttermilk) é o resíduo mais importante a ser analisado, mas ele não é gerado em todos os tipos de laticínios, apenas naqueles que realizam a operação de batidura do creme pasteurizado para fabricação de manteiga (Brasil, 2017). O leiteiro possui alto valor nutritivo e muita matéria orgânica (Teixeira; Pires, 2022). Para cada quilo de manteiga produzida são gerados cerca de 1,8 litro de leiteiro, o qual apresenta uma capacidade poluidora duas vezes (2x) maior que a do soro (Assumpção; Paula, 2013 *apud* Teixeira; Pires, 2022).

Sobre a geração de efluentes, devem ser considerado também, os despejos sanitários, dos refeitórios e das lavanderias. A principal característica desses efluentes é a grande quantidade de bactérias e vírus patogênicos, por essa razão, não devem ser misturados aos efluentes do processo produtivo, antes de serem devidamente tratados (FEAM, 2014). Contudo, na prática, Alves (2017) verificou a existências de uma mistura dos efluentes, industrial e sanitário, em uma lagoa de aeração durante suas pesquisas e Jerônimo *et al.* (2012), verificaram que em laticínios desprovidos de sistemas de tratamento, ambos os efluentes eram lançados *in natura* na mesma fossa séptica.

A geração de efluentes é inerente a atividade produtiva dos laticínios, sendo o problema real, a falta de informações e de controle sobre o volume e sobre as características do efluente gerado (Bezerra, 2017). Dessa forma, sobre os efluentes devem ser realizadas análises de pH, temperatura, materiais sedimentáveis, regime de lançamento, óleos e graxas, ausência de materiais flutuantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), substâncias tensoativas, sólidos em suspensão e outras, julgadas necessárias pelos técnicos responsáveis ou órgãos de controle, para que assim, seja selecionada a tecnologia mais adequada para realizar o devido tratamento dos efluentes, que é obrigatório, por razões legais, ambientais e sanitárias (Viana; Mendonça; Otenio, 2021). Sobre essas análises físicas, químicas e biológicas, convidamos o leitor a visitar o “APÊNDICE A” desta dissertação.

3.2.2 Descarte inadequado de efluentes de laticínios

Para Henares (2015), as indústrias são as principais responsáveis pela contaminação das águas e dos solos, uma vez que seus efluentes, muitas vezes, são lançados diretamente nesses locais sem o devido tratamento.

Durante muitos anos foi costumeiro despejar diretamente nos rios todo tipo de resíduos de processos industriais sem qualquer tipo de tratamento, como o soro do leite, por exemplo, o que gerava forte passivo ambiental (Diniz, 2021, p. 50-51). Opinião essa, compartilhada por Silva, Siqueira e Nogueira (2018), que verificaram a existência de um grande passivo ambiental nos laticínios que visitaram, onde perceberam duas situações: ou os efluentes eram lançados diretamente nos cursos d'água sem o devido tratamento, ou o tratamento era realizado de forma ineficiente, denotando a necessidade de maior atenção e cuidado por parte dos técnicos e gestores.

Os recursos hídricos, ao receberem o lançamento inadequado de efluentes, sofrem aumento de sua sodicidade, que é um aumento dos sais de sódio e bicarbonato, onde esse último reage com cálcio e magnésio, gerando sólidos precipitáveis e alterando seu Potencial Hidrogeniônico (pH) pelo excesso de sódio (Cídon; Theis; Schreiber, 2021), aumentam sua concentração de sólidos, surfactantes, gorduras, proteínas e esgoto doméstico (Borges; Costa; Gontijo, 2019) e também, reduzem o oxigênio dissolvido na água, causando eutrofização do meio e consequente morte dos organismos aquáticos, que necessitam de ao menos 2 a 5 mg.L⁻¹ O₂ para sobreviverem (Hordones, p. 59-60, 2022). Todos esses elementos, alteram a qualidade das águas, sendo, portanto, uma significativa fonte de poluição ambiental (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018).

De igual maneira, ocorrem também lançamentos de efluentes de laticínios sem o devido tratamento diretamente sobre a superfície do solo ou em fossas sépticas, como relatado por Jerônimo *et al.* (2012). Isso ocorre por dois motivos centrais. O primeiro, refere-se a “crença”, ou “desinformação”, de que os efluentes de laticínios contém nutrientes adequados para a revitalização do solo, servindo como uma espécie de fertilizante alternativo de baixo custo (Saraiva *et al.*, 2012). “Crença” essa, que não encontra amparo sólido na ciência. Apesar de existirem muitas pesquisas sobre aproveitamento agronômico de diversos tipos de efluentes, aqueles gerados por laticínios, ainda, foram pouco estudados. O que se sabe, é que o Sódio (Na⁺) é o elemento químico como maior potencial de degradação da qualidade química e física do solo, devendo ser o elemento referencial nos estudos

de aproveitamento agrônômico e ambiental de efluentes de laticínios (Teixeira *et al.*, 2020). O segundo motivo, por lógica mercadológica, é o custo do tratamento dos efluentes, sendo muito mais barato e prático, optar pela utilização de técnicas de disposição no solo, tais como: sistema de infiltração e percolação, escoamento superficial e fertirrigação (Saraiva *et al.*, 2012).

Todavia, quando os esses efluentes são dispostos sem tratamento diretamente sobre o solo, a gordura pode penetrar em sua estrutura porosa, atingir as águas subterrâneas e contaminá-las (Lima, 2020, p. 103), nas águas superficiais e na superfície dos solos, formam uma camada impermeabilizante que impede ou reduz as trocas gasosas, reduzindo o oxigênio e gerando prejuízos aos ecossistemas (Longaretti *et al.*, 2016). As águas e os solos, também podem ser contaminadas pelo excesso de sais, principalmente por potássio (K), cálcio (Ca), sódio (Na) e magnésio (Mg) (Teixeira *et al.*, 2020), podendo ocorrer a salinização do ambiente por potássio (K) nas camadas superiores do solo e por sódio (Na) nas camadas inferiores e no lençol freático (Souza *et al.*, 2020), resultando na redução de sua qualidade ambiental através de efeitos deletérios em plantas por metais pesados e influenciando negativamente as características físico-químicas do solo (Saraiva *et al.*, 2012).

O ato de lançar efluentes não tratados diretamente nos recursos hídricos ou solo, configura infração de natureza “grave” e, caso provoque a morte da fauna aquática, existirá uma segunda infração de natureza “gravíssima”, conforme consta no Decreto Estadual nº 47.383/2018, código 438 (Minas Gerais, 2018). O mesmo fato pode configurar também, as seguintes situações previstas na Lei 9.605/98:

- O artigo 33 prevê que é crime ambiental o descarte inadequado de efluentes nos cursos d'água ou carreamento de materiais, que, de forma direta ou indireta, provoquem o perecimento da fauna aquática;
- O artigo 48 prevê que é crime ambiental qualquer ato que impeça ou dificulte a regeneração natural de vegetação, ocorrendo o agravo da pena, de um sexto a um terço, se o crime gerar diminuição das águas naturais e/ou causar erosão do solo (art. 53, I);
- O artigo 54 prevê que é crime ambiental “Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”, com aumento da pena, se o fato interromper o

abastecimento público de água ou se a substância lançada irregularmente tiver característica oleosa, que é típica em laticínios;

- Cabe lembrar, que a punição pelo crime não isenta, substitui ou anula as sanções administrativas, nem a obrigação de se realizar a reparação civil pelo dano causado (Brasil, 1998).

3.2.3 Soluções para os efluentes de laticínios

3.2.3.1 Redução e Controle

Das soluções possíveis, controlar e reduzir a geração de efluentes sempre deve ser a primeira alternativa a ser considerada. Num primeiro momento, deve-se estimular o uso racional da água, que, por consequência, reduz o volume de efluentes a serem tratados (Favaretto *et al.*, 2015). Para que isso ocorra, são necessárias ações de gerenciamento e ações de engenharia de processos (Silva, 2011b). Assim, é de fundamental importância a conscientização dos colaboradores quanto as diversas formas de desperdício de recursos naturais, bem como, é igualmente necessária, a aquisição de equipamentos que incorporem as preocupações com os aspectos ambientais em seus *layouts*, com a finalidade de facilitar a coleta e o aproveitamento dos subprodutos, e otimizar os procedimentos de higienização, reduzindo, assim, o consumo de água, energia e a geração de resíduos, inclusive de efluentes (Silva, 2011a).

3.2.3.2 Reúso

Sobre o reúso de recursos hídricos, Favaretto *et al.* (2015) apontaram que os laticínios devem investir em tratamentos de água e efluentes, visando seu reaproveitamento nas operações de limpeza e manutenção de equipamentos, concordando com Silva (2011a), que afirmou que os laticínios têm grande potencial para tratar e reutilizar as águas, apesar dessa prática ainda ser pouco utilizada. Na mesma linha, Andrade (2011, p. 197-198) discutiu que o custo da água tratada impacta diretamente no resultado final do laticínio e propõe que seja adotado um sistema de reúso do efluente tratado quando as tarifas da concessionária forem superiores a R\$10,00/m³. Esse reúso, pode aumentar os lucros da empresa, reduzir

custos com a compra de água tratada e ainda, melhorar a imagem do laticínio perante a comunidade. Segundo os estudos de Otenio (2020, p. 94-96), as empresas que adotaram um sistema de limpeza hidráulica baseado no reúso, conseguiram economizar até 96% de água nesta etapa do processo produtivo.

Para otimizar o reúso de água, Silva (2011a) sugeriu a instalação de um sistema CIP (*Cleaning in Place*) projetado para garantir a operacionalidade, viabilidade e segurança na aplicação da técnica, bem como, obter a eficiência desejada na higienização. Em seus experimentos, o autor testou o sistema CIP com soluções ácidas e alcalinas, onde, ambas demonstraram eficiência satisfatória na higienização dos equipamentos e tubulações, visto que, não foram detectadas alterações microbiológicas nas estruturas higienizadas ao longo dos sucessivos reúsos. Sendo assim, concluiu-se que o sistema demonstrou viabilidade técnica, econômica e ambiental, uma vez que foi possível reutilizar até cinco vezes a solução alcalina para a linha de envase e quatro vezes para a linha de pasteurização. Por sua vez, a solução ácida foi reutilizada até duas vezes para cada linha testada, gerando uma economia mensal de R\$ 1.145,00 em relação a aquisição de produtos químicos.

Entretanto, mesmo que o laticínio seja altamente competente em controlar, reduzir e reutilizar seus efluentes, ainda assim, uma certa quantidade deverá passar por tratamento. Sendo esse, o assunto do próximo tópico.

3.2.3.3 Tratamentos de efluentes

Por obrigação legal, sanitária e ambiental, todo empreendimento deve tratar e dar destinação adequada a seus efluentes (CONAMA, 2011), mas para decidir qual será essa “forma mais adequada”, é necessário primeiramente conhecer suas características físico-químicos e biológicos¹ (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Além disso, algumas outras situações devem ser consideradas na avaliação do sistema de tratamento que será adotado:

- O volume dos efluentes produzidos, influenciam diretamente no tamanho das estações de tratamento de efluentes (ETE's). Por essa razão, os laticínios que implantarem um adequado sistema de gerenciamento e engenharia, poderão

¹ Ver “Apêndice A”.

reduzir a geração de efluentes para uma faixa de 0,5 a 2,0 litros de efluente por litro de leite processado (Silva, 2011b);

- O soro e o leiteiro são substâncias nutritivas e devem ser encarados como insumos para a fabricação de outros produtos (Santos *et al.*, 2015);
- O soro, o leiteiro, o leite ácido e a salmoura não devem ser misturados aos efluentes da indústria, pois sua presença nas ETE's aumentam o custo e o tempo necessário para degradar suas elevadas cargas orgânicas (Silva, 2011b);
- Deve ser instalação um sistema específico para o tratamento do esgoto sanitário e outro para o industrial (Dias *et al.*, 2017); e
- Caso a presença de antibióticos seja detectada nas amostras de algum lote de leite durante sua recepção, o lote deve ser rejeitado e o leite deve ser descartado, por ser impróprio para fabricação (Henares, 2015). Todavia, esse descarte gera uma maior pressão sobre a ETE, sendo então, recomendada sua devolução ao produtor.

A partir do momento que o empreendedor conhece o volume e as características dos efluentes que seu laticínio produz, passa a ter o poder de escolher a técnica mais adequada a sua realidade. Segundo a FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente (2014), os tratamentos de efluentes devem contemplar uma sequência de 3 operações unitárias básicas:

a) Tratamento Preliminar

O objetivo dessa fase é reter e remover todos os sólidos grosseiros. Para isso, são utilizadas peneiras estáticas autolimpantes, com fendas horizontais espaçadas a uma distância de 0,5 mm, dotadas de barras de seção trapezoidal, formando telas (FEAM, 2014). Também pode ser usado um desarenador (caixa de areia), com a finalidade de evitar que areia ou terra cheguem até as lagoas de tratamento e causem abrasão nos equipamentos e tubulações, facilitando a transferência do lodo (Vaz *et al.*, 2017).

b) Tratamento Primário

O objetivo dessa fase é a remoção de sólidos em suspensão e das gorduras, reduzindo a DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio (FEAM, 2014). O sistema promove a separação dos sólidos flutuantes por gradeamento, decantação, flotação, separação de óleo, equalização e neutralização (Viana; Mendonça; Otenio, 2021).

Na remoção de lipídeos, podem ser utilizadas caixas de gordura que permitem sua limpeza manual ou por meio de raspadores mecânicos na superfície (Longaretti *et al.*, 2016). Mas quando se opta pela flotação realizada através de coagulantes e floculantes, ocorre uma maior eficiência da separação do material sobrenadante, além da economia de área (FEAM, 2014).

Para tratamento específico do leiteiro, Teixeira e Pires (2022) realizaram testes de coagulação e purificação utilizando o coagulante natural TANFLOC®, que é fabricado a base de tanino extraído da casca da árvore “Acácia Negra” (*Acacia decurrens*). Durante os experimentos, os autores contabilizaram que, em média, 3,5 mL de TANFLOC® por litro de leiteiro num ambiente de pH 7,7 a 8,3 geravam os bons resultados, ou seja, “um purificado mais límpido e livre de sólidos em solução e um concentrado capturando a maior parte dos sólidos presentes no leiteiro inicial”, sem necessidade de aquecer ou resfriar o sistema, podendo, esse concentrado resultante, ser dessecado e utilizado como matéria orgânica não poluente. Dos vários experimentos realizados, o coagulante apresentou seu ótimo desempenho nas seguintes condições: 22,1°C, pH 7,94 e 0,44 mL TANFLOC®/L Leiteiro. Concluindo-se, que é uma alternativa viável para o tratamento de efluentes de laticínios.

c) Tratamento Secundário

O objetivo dessa fase é a redução da matéria orgânica (FEAM, 2014). Os tratamentos biológicos realizados com bactérias aeróbias, necessitam de uma fonte de oxigênio para funcionarem. Efluentes ricos em lipídeos reduzem a eficiência das ETE's pela flotação da gordura, que impede a difusão do oxigênio no ambiente, causando a morte dos microrganismos e o desenvolvimento de bactérias filamentosas que dificultam a sedimentação do lodo (Longaretti *et al.*, 2016). Já os reatores biológicos favorecem a biodegradação da matéria orgânica, tanto em ambiente aeróbio quanto anaeróbio, podendo chegar a uma eficiência de até 99,5% da DBO (Viana; Mendonça; Otenio, 2021).

O sistema mais comum de reatores biológicos, é o “Sistema Australiano”. Ele é composto por uma lagoa anaeróbia, onde ocorre a estabilização da matéria orgânica e a redução de 50 a 60% da DBO e logo após, o efluente segue para uma lagoa facultativa, onde ocorre a conversão da matéria orgânica em ácidos, gás metano, gás carbônico e água, aumentando a eficiência do tratamento (FEAM, 2014). As lagoas facultativas possuem a característica de liberarem oxigênio em sua superfície aeróbia e de acumularem lodo em sua parte inferior, que é anaeróbia. Esse lodo sedimentado, libera gradativamente gás carbônico e gás metano, a medida que se decompõe. A eficiência de remoção de DBO dessas lagoas varia de 70 a 90% (Vaz *et al.*, 2017). No processo, também é liberado gás sulfídrico, mas normalmente não há mau cheiro, pois é facilmente oxidado durante os processos químicos e bioquímicos, na camada aeróbia superior, mas caso haja, recomenda-se verificar o processo de tratamento, pois é um indicativo de que algo está sendo realizado de forma incorreta (FEAM, 2014).

Nessa etapa podem ser implantadas, também, uma lagoa aerada, com a finalidade de auxiliar a oxigenação do efluente e uma lagoa de decantação, que funciona como um “reservatório” de bactérias biodegradadoras da matéria orgânica (FEAM, 2014).

Ao final dessa etapa, é comum que haja partículas de matéria orgânica dissolvida e também matéria orgânica em suspensão na lagoa. Para se eliminar o restante desses particulados, Silva A. *et al.* (2015) recomendam o uso de “leitões cultivados por macrófitas”. Trata-se do uso de uma vegetação que absorve o restante da matéria orgânica, dos macro e micronutrientes disponibilizados pelos efluentes, evitando seu acúmulo e a conseqüente salinização do meio. É uma técnica eficiente, rápida (3 dias de TDH – Tempo Detenção Hidráulica) e de baixo custo para a depuração final do efluente. Como exemplo, cita-se o uso de “Vetiver” (*Chrysopogon zizanioides*) que é usado na ETE do laticínio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), campus Machado/MG (Figura 4) (Alves; Alves; Ramos, 2023).

Alternativamente aos tratamentos biológicos, existe a opção de tratamentos físico-químicos, utilizando sulfato de alumínio, óxidos de cálcio ou sais de ferro. Essas substâncias produzem flocos sedimentáveis e reduzem a carga orgânica em até 85% (Braile; Cavalcanti, 1993 *apud* Favaretto *et al.*, 2015).

Figura 4 – Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Laticínio do IFSULDEMINAS - Campus Machado (MG)



Fonte: Alves; Alves; Ramos (2023).

Favaretto *et al.* (2015), buscando alternativas físico-químicas para melhorar o desempenho dos tratamentos de efluentes de laticínios, testou o Policloreto de Alumínio (PAC) e conseguiu uma eficiência média de 75% de despoluição, como observado no Quadro 3 e ainda eliminou quantidades significativas de fósforo e nitrogênio. Contudo, a utilização do PAC por si só, não foi suficiente para cumprir os parâmetros mínimos da legislação.

Quadro 3 – Remoção de poluentes na ETE do laticínio utilizando PAC

Parâmetro	Tratamento Físico-Químico	Tratamento Biológico	ETE Total
DBO (%)	68 ± 14	81 ± 17	95 ± 5
DQO (%)	70 ± 17	82 ± 18	95 ± 6
Sólidos Suspensos (%)	83 ± 13	64 ± 35	93 ± 5
Nitrogênio Total (%)	78 ± 15	65 ± 40	94 ± 7
Fósforo Total (%)	77 ± 20	74 ± 40	96 ± 4

Fonte: Adaptado de Favaretto *et al.* (2015).

d) Tratamento Terciário (Opcional)

Alguns empreendedores optam por implantar mais essa etapa em suas ETE's com a finalidade de melhorar qualidade do efluente final, remover alguma substância específica, como nitrogênio e fósforo², por exemplo ou até mesmo, eliminar microrganismos patogênicos (Longaretti *et al.*, 2016). Trata-se de uma fase que demanda o uso de altas tecnologias como:

- Adsorção por carvão ativado, onde os poluentes se aderem ao carvão por ligações química ou interações intermoleculares;
- Osmose reversa, na qual os poluentes ficam presos por pressão a uma membrana semipermeável;
- Ultrafiltração, que fraciona os poluentes com a utilização de altas pressões;
- Ozonização, que é um processo oxidativo avançado, que possui a capacidade de destruir os compostos e os transformar em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos.
- Reatores de biofilmes de leito móvel, que é uma sequência de estágios aeróbicos sob constante agitação por insuflação de ar, que remove 99,5% de DBO, 99,2% de DQO, 97,03% de lipídeos, 99,18% de sólidos, mantêm o pH próximo a 7,5, a temperatura entre 24-25°C e gera um lodo reaproveitável por compostagem (Viana; Mendonça; Otenio, 2021).
- Fotocatálise para redução de turbidez e até 93% da DQO – Demanda Química de Oxigênio,
- Uso de enzimas para “quebrar” lipídeos no pré-tratamento (Longaretti *et al.*, 2016),
- Lodos ativados com a incorporação de todas as unidades, processos e operações, em um único tanque reator (FEAM, 2014).

Como visto, são várias as técnicas disponíveis para se realizar o tratamento dos efluentes de laticínios, mas os estudos de Henares (2015) mostram que os tratamentos do tipo biológico são os mais adequados, pois os efluentes de laticínios são ricos em matéria orgânica facilmente biodegradável. No mesmo ano, Favaretto *et al.* (2015) demonstraram que tratamentos físico-químicos resultaram em 49% de remoção de DBO, enquanto os tratamentos biológicos resultaram em uma redução de 95% de DBO e 95% de DQO. Igualmente, os estudos conduzidos por

² Ver “Apêndice A”.

Pokrywiecki *et al.* (2013) já haviam apresentado uma eficiência de 90,15% na redução de DBO e 94% de DQO em tratamentos biológicos.

Por outro lado, Cídon, Theis e Schreiber (2021) apontaram que não existe tratamento perfeito, pois as características dos efluentes podem ser diferentes, e apontaram que o ideal é utilizar uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos. Em seus estudos, relataram que os tratamentos físico-químicos e biológicos, quando executados separadamente alcançavam uma eficiência média de 75% cada, mas quando utilizados em sinergia, a eficiência subia para 95%. Sendo relatado como empecilho, apenas a formação de uma maior quantidade de lodo, quando o tratamento era realizado pela associação de um método físico-químico e um método biológico (Favaretto *et al.*, 2015). Fato esse, que também foi relatado por Alves (2017).

Silva A. *et al.* (2015) demonstraram que era possível remover 99,51% de DBO e 99,56% de DQO utilizando caixas de gordura como reatores anaeróbios (TDH 12 horas), seguido de um reator anaeróbio compartimentado com leitos vegetados por *Typha sp.* (Taboa), brita #1 como meio suporte e TDH de 5 dias. De forma semelhante, Longaretti *et al.* (2016) constataram que com a aplicação de um pré-tratamento enzimático seguido de um tratamento biológico era possível alcançar 93% de eficiência na remoção de DQO de sistemas aeróbios e 80% em sistemas anaeróbios.

Por conseqüente, vale dizer que qualidade dos processos industriais e também do leite recebido pelos laticínios exerce influência inversamente proporcional na geração de efluentes. Quanto menor a qualidade maior o descarte, gerando prejuízos de ordem ambiental, econômica (Silva, 2011a) e refletindo na qualidade de vida da população (Andrade, 2011, p. 197-198).

Finalizados os procedimentos de tratamento dos efluentes de laticínio, é hora de dar destinação adequada às águas residuárias e ao lodo gerado, conforme preveem as Resoluções 430/2011, 498/2020 e 503/2021 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, podendo então, serem lançados nos corpos hídricos, no solo, recepcionados pela concessionária de água e esgoto ou aterro sanitário (Hordones, 2022, p. 21).

Importante lembrar que os efluentes industriais, mesmo após o tratamento, ainda apresentam certa carga poluidora (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Por essa

razão, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH (MG) nº 8, de 21 de novembro de 2022, indicou os parâmetros mínimos de lançamento de efluentes em corpos hídricos que devem ser observados, sendo eles:

- pH: 5 a 9;
- Temperatura: <math><40^{\circ}\text{C}</math>, sendo que a variação na zona de mistura deve ser $\leq 3^{\circ}\text{C}$;
- Materiais Sedimentáveis: $\leq 1\text{ mL/L}$, sendo virtualmente ausentes;
- Óleos e graxas: óleos minerais $\leq 20\text{ mg/L}$, óleos vegetais e gorduras animais $\leq 50\text{ mg/L}$;
- Ausência de materiais flutuantes;
- DBO 5 dias a 20°C: $\leq 60\text{ mg/L}$ ou tratamento com eficiência $\geq 85\%$ e média anual $\geq 90\%$;
- DQO: $\geq 180\text{ mg/L}$ ou tratamento com eficiência $\geq 80\%$ e média anual $\geq 85\%$;
- Substâncias Tensoativas (Detergentes, Surfactantes): $\leq 2,0\text{ mg/L}$; e
- Sólidos em Suspensão Totais: $\leq 100\text{ mg/L}$ ou $\geq 150\text{ mg/L}$ nos casos de lagoas de estabilização (COPAM-CERH, 2021).

Quanto não são lançados nos corpos hídricos, em geral, os efluentes tratados – e muitas vezes os não tratados também – são lançados sobre o solo na forma de “fertirrigação”, pois a matéria orgânica inerente aos produtos lácteos possuem nutrientes que servem como fertilizante do solo, principalmente para plantas forrageiras que se convertem em alimento para animais ruminantes, como o próprio gado de leite, por exemplo (Cídon; Theis; Schreiber, 2021).

Fertirrigação, portanto, é definida como uma técnica de adubação que utiliza efluentes para levar nutrientes de interesse agrônômico ao solo. Considera-se o efluente estabilizado e apto à fertirrigação quando apresentar:

- pH entre 5 e 9;
- Óleos e graxas minerais $\leq 20\text{ mg/L}$ ou vegetal/animal $\leq 50\text{ mg/L}$;
- Exame de monitoramento microbiológico para *Escherichia coli*;
- O atendimento das condições previstas na Res. CONAMA nº 430/2011. Cabe observar, que a norma federal e estadual se complementam, e caso o laticínio esteja instalado em Minas Gerais, deverá ser obedecida, além dessa, a DN Conj. COPAM-CERH nº 8/2022, já citada anterior;

- Análises de pH, condutividade elétrica, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Al, S, Na, B, Cu, Fe, Zn, Mn, H+Al³; teores de areia, argila e silte; e de ensaio de infiltração de água no solo, compatíveis com o interesse agrônomo para o solo alvo da aplicação;
- Projeto agrônomo de aplicação, elaborado e assinado por profissional devidamente habilitado, que atenda aos critérios e procedimentos estabelecidos pelas normas e regulamentos, conforme o caso concreto (CONAMA, 2021).

Apesar de normatizado, Mendes (2018) afirmou ser imprescindível o desenvolvimento de mais estudos sobre os efeitos que os efluentes de laticínios causam nas características químicas do solo agrícola. Tomando a iniciativa, o autor realizou experimentos de fertirrigação sobre um solo argissolo vermelho amarelo eutrófico, aplicando diferentes doses de efluentes de laticínios diluídos por um período de 240 dias. Ao final, observou:

- Um aumento do pH (6,2 a 7,4) na camada 0-10 cm causado pela presença de bicarbonato, mas que se reduzia ao longo do perfil em razão da lixiviação dos sais e das variações nos teores de argila;
- Houve um incremento significativo de Fósforo (P) e de Condutividade Elétrica que na camada de 10-20 cm. Essa elevação de P tem potencial para causar poluição nas águas superficiais e subterrâneas quando carregados por escoamentos superficiais e erosões; e
- Os teores de Potássio (K⁺) subiram para a classificação “muito bom” (K⁺ > 120 mg.dm⁻³) na camada de 0-20 cm.

No mesmo ano, Vizú (2018, p. 24, 39, 66) analisou os efeitos de efluentes tratados de laticínios sobre a química do solo. Seu experimento foi realizado em um cultivo consorciado entre alface e beterraba e ao final foi observado que houve melhora na fertilidade química do solo, com incremento de fósforo, cálcio e magnésio, e o feijão-de-porco, usado como adubo verde (cobertura), apresentou produção de fitomassa fresca semelhante ao convencional. Houve também,

³ P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), Al (Alumínio), S (Enxofre), Na (Sódio), B (Boro), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Mn (Manganês) e H+Al (Acidez Total ou Potencial).

aumento da porcentagem de sódio trocável, da condutividade elétrica, dos macronutrientes, soma de bases, V% e da capacidade de troca de cátions.

E algum tempo depois, em 2020, Teixeira *et al.* estudaram o efeito da utilização de efluentes de laticínios no capim Mombaça (*Panicum maximum*) no cultivado em Latossolo vermelho amarelo, tendo em mente que o aumento excessivo de sódio (Na^+) no solo tem a capacidade de prejudicar a absorção dos nutrientes pelas culturas e modificar as propriedades físicas no solo, sendo necessário, então, avaliar a concentração mais adequada para aplicação, de forma a causar menores impactos ambientais e agrônômicos. Chegando a uma dose ideal de até $600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Na^+ , para o cultivo de capim Mombaça. Mas alertou, que em caso de aplicação inadequada, o solo pode sofrer salinização por excesso de Potássio (K^+) nas camadas superiores do solo, e de Sódio (Na^+) nas camadas inferiores, que pode resultar na salinização do lençol freático devido por lixiviação de sais. O uso de $600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Sódio (Na^+) proporcionou maiores produtividades de matéria seca e fresca de capim, sem contaminação sanitária e sem problemas físicos ou químicos ao solo, nem a cultura (Teixeira, 2020, p. 47).

Em última análise, quando o efluente não é lançado nos corpos hídricos ou sobre o solo, tratado ou não, resta o seu envio para a ETE da concessionária responsável pelo abastecimento e tratamento de água e esgoto do município. Contudo, esse lançamento na rede municipal de esgoto gera uma taxa adicional o empreendedor, que diante de uma fiscalização dos órgãos ambientais, deve comprovar a anuência da concessionária em receber e tratar esses efluentes extras que são diferentes do esgoto doméstico que lidam rotineiramente (ARSAE-MG, 2019).

Vencida a apresentação dos efluentes, suas características, formas de tratamento e disposição final, resta a questão: Por qual motivo ainda se veem efluentes de laticínios sendo descartados de maneira inadequada?

Vários autores tentaram responder a essa questão durante suas pesquisas e a resposta foi, invariavelmente, a mesma – O custo de implantação e operação de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE's) é incompatível com a realidade econômica dos empreendedores, principalmente aos de pequeno porte e artesanais (Saraiva *et al.*, 2012; Silva M. *et al.*, 2015; Bezerra, 2017; Barbosa *et al.*, 2019).

Figura 5 – Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Laticínio do IFSULDEMINAS, campus Inconfidentes/MG



Fonte: Silva A. *et al.* (2015).

Barbosa *et al.* (2019) também apontam uma dificuldade de espaço físico para a construção de lagoas, que são o tipo de tratamento mais barato que se conhece e Bezerra (2017) apontou que o preço de venda do soro para a alimentação animal (R\$0,05/Litro) não cobre os custos de armazenamento do produto, sendo mais viável o seu descarte ou doação, no mesmo dia em que são produzidos, conclusão está, também relatada por Silva, Siqueira e Nogueira (2018). Por essas razões, os pequenos laticínios são considerados mais poluentes que os grandes, por apresentarem pouca capacidade de dar destinação adequada a seus efluentes (Silva A. *et al.*, 2015). Mas não precisam ser! Pois, trabalhos como os de Silva A. *et al.* (2015) (Figura 5), bem como, os trabalhos de Alves, Alves e Ramos (2023) (Figura 4), realizados em unidades produtivas do IFSULDEMINAS, demonstraram que ETE's simples e baratas podem ser bastante eficientes no tratamento de efluentes de laticínios.

Outro argumento bastante contundente sobre a necessidade de regularizar uma ETE nos laticínios, mesmo que de pequeno porte, é a certeza da autuação ambiental por ocasião da visita fiscalizatória como detalhado no item 3.2.1.

3.2.3.4 Outras alternativas

Para tentar reduzir as dificuldades econômicas e a degradação ambiental, as agroindústrias, de modo geral, devem encarar seus resíduos como potenciais insumos para a elaboração de novos produtos (Lucas, 2022). Nesse contexto, o capítulo que se abre visa apresentar formas de se reaproveitar esses efluentes.

Legalmente, soro de leite é definido como “o produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, de caseína e de produtos similares” (Brasil, 2017), possui coloração amarelo-esverdeado, com sabor um tanto ácido (pH 4,3 a 4,6) ou doce (pH 5,9 a 6,6), a depender do tipo de produto que o originou, é composto por frações de gordura, proteínas, minerais e lactose, sendo altamente poluente (DBO: 25.000 a 80.000 mg.L⁻¹) (Conrad *et al.*, 2023). Mas trata-se também, de um subproduto com elevado valor nutricional que pode ser reinserido na cadeia produtiva na forma de diversos outros produtos, gerando renda extra e economia no tratamento de efluentes (Silva M. *et al.*, 2015).

Investimentos e pesquisas na área de aplicabilidade do soro tem apresentado bons resultados na economia de custos e na agregação de valor a novos produtos (Assunção *et al.*, 2022). Nesse contexto, os efluentes podem ser reaproveitados nos seguintes setores e produtos:

a) Alimentação animal

Segundo a pesquisa de Assunção *et al.* (2022), 89% do soro gerado nos laticínios era destinado a alimentação animal. Constatação que reflete o resultado da pesquisa de Jerônimo *et al.* (2012), onde 100% do soro tinha o mesmo destino, principalmente a alimentação de suínos.

Essa destinação do soro à alimentação animal é muito importante para os laticínios, pois reduz custos no tratamento de efluentes e na compra de rações para alimentação dos animais, ao mesmo tempo que evita que o maior poluente gerado seja destinado para a ETE ou para o sistema público de tratamento de esgoto, gerando benefícios financeiros e ambientais (Rabelo, 2016).

Contudo, essa alimentação deve ser corretamente balanceada, para que não prejudique a saúde dos animais (Assis, 2019, p. 20 *apud* Assunção *et al.*, 2022). Nesse caso, o processo de ultrafiltração pode auxiliar na separação dos nutrientes,

facilitando sua utilização e formulação de dietas mais adequadas (Cídon; Theis; Schreiber, 2021).

b) Produção de sabão

Os efluentes de laticínios apresenta um aspecto bastante oleoso em razão da gordura presente neles (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Segundo Lima (2020, p. 102-111), essa gordura é a matéria-prima para a produção de sabão. Seu reaproveitamento pode se tornar uma nova fonte de renda ou reduzir o custo com a compra de sabão para o laticínio, e ainda reduzir o impacto ambiental gerado pelo seu descarte em aterros sanitários. Com a gordura acumulada de 1 a 3 semanas em laticínios de pequeno porte, podem ser produzidos de 20 a 25 sabões a um custo de R\$ 15,50. Sendo possível, também, formar cooperativas entre vários laticínios para destinação da gordura e geração de empregos.

c) Ricota

A produção da ricota é baseada no reaproveitamento do soro que sobra da produção de queijos. Segundo Mendes *et al.* (2015), para cada quilo de queijo “Mussarela” produzido, sobram cerca de 9 litros de soro, que podem ser aproveitados na produção de ricota.

Essa produção consiste na precipitação das proteínas solúveis, principalmente albumina e a globulina, remanescentes do “soro de queijo”, realizada pela combinação de calor e ácidos orgânicos adicionados ao soro (FEAM, 2014). Apesar de ser bastante utilizada pelos laticínios, seu rendimento é baixo. Somente 5% do soro se convertem em ricota, restando ainda, 95% de “soro de ricota” que possui pH ácido ($5,14 \pm 0,05$) e é composto por “0,19% ácido láctico, sais minerais (de sódio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo), zero gordura. A título de ilustração, a cada 15-20L soro geram apenas 1 kg de ricota (Silva I, 2022, p. 13-18; 57).

d) Bebidas

Além da ricota, o soro proveniente da produção de queijos, pode ser aproveitado na produção de bebidas lácteas (Bezerra, 2017). Legalmente falando,

bebida láctea é o produto lácteo obtido a partir do leite com adição ou não de outros ingredientes (Brasil, 2017).

Como exemplo do reaproveitamento do soro na produção de bebidas lácteas, Lucas (2022) cita que bebidas fermentadas com grãos de kefir contribuem para o aproveitamento integral do leite e na redução do desperdício de alimentos. Ampliando a argumentação do autor, diversos estudos confirmam os benefícios nutricionais dos grãos de kefir, pois são bebidas reconhecidas como alimentos probióticos, ou seja, contêm microrganismos vivos que podem gerar benefícios à saúde do hospedeiro, especialmente a regulação intestinal e redução do risco de obesidade (Siqueira; Schettino; Vieira, 2022, p. 110-111).

No mesmo sentido, Rebouças (2022) testou a aceitação de uma bebida láctea sabor goiaba formulada com o reaproveitamento de soro gerado pela produção de queijo “Minas Frescal”. A bebida recebeu aceitação acima de 70% para todos os atributos sensoriais mensurados, pois trata-se de um produto com quase zero gordura, pouco açúcar, nutritivo e biofuncional, sendo indicado para qualquer tipo de dieta.

Portanto, a formulação de novas bebidas lácteas é um campo de estudos bastante promissor, uma vez que é crescente o consumo de bebidas alternativas pelo mundo afora, abrindo novas oportunidades no mercado de alimentos (Fernandes, 2022, p.46-48).

e) Biogás

Alguns laticínios produzem a própria matéria-prima para suas atividades – o leite. Para tal propósito, contam com instalações pecuárias (currais, pastos, etc.), onde cuidam de seus animais produtores de leite, que são predominantemente vacas. Ocorre que essas instalações, também, produzem efluentes devido a constante higienização (Reis, 1998). Considerando isso, Cídon; Theis e Schreiber (2021) citando Traversi *et al.* (2013) propuseram que o soro de leite pode ser biodegradado em biogás quando digerido junto a estrume diluído, sem adição de qualquer produto químico. Seus experimentos mostraram que a digestão destes dois resíduos é mais vantajosa do que se fossem processadas separadamente, quando realizada pela via anaeróbia, gerando uma conversão de 76 a 99% em energia elétrica, térmica e favorecendo o processo de certificações ambientais.

f) Soro em pó

O soro é um coproduto potencialmente lucrativo para uso na produção de outros produtos, contendo cerca de 55% dos sólidos totais do leite. A albumina e a globulina não coagulam pela ação do coalho durante o processo de produção de queijos, podendo ser separadas, concentradas e desidratadas (FEAM, 2014). Quando na forma em pó, o soro do leite aumenta significativamente sua aplicação em diversos produtos, substituindo, total ou parcialmente o leite em pó, também em produtos não alimentícios (Mirabella *et al.*, 2014 *apud* Assunção *et al.*, 2022).

Desse pó, podem ser produzidos alguns tipos de polímeros e também, exopolissacarídeos (EPS) que tem a função de melhorar a resposta imune do organismo (Baptista, 2010 *apud* Lucas, 2022), soro de leite em pó e concentrado proteico (Bernardi, 2020 *apud* Assunção *et al.*, 2022).

g) Ácido láctico

Segundo a pesquisa de Conrad *et al.* (2023), o ácido láctico é um líquido viscoso que possui apenas um isômero ópticos biocompatível com o corpo humano – o L-Ácido Láctico, que pode ser obtido a partir do reaproveitamento do soro de leite e possui amplas aplicações nas indústrias:

- Farmacêutica: Pomadas, loções, tônicos, lubrificantes, hidratantes, solventes, perfumes, colas, umectantes, soluções antiacne, lactatos e ácido acrílico;
- Alimentos: Conservante, controlador de pH, inibidor de bactérias, acidulante, flavorizante, e ácido propiônico; e
- Polímeros: Poliácido Láctico – Polímero ecológico, utilizado na fabricação de plásticos, fraldas, resinas e espumas.

Sua produção é relativamente simples, quando utilizado hidróxido de cálcio, apesar de não propiciar resultados ambientalmente sustentáveis em decorrência da exagerada geração de gesso residual na etapa de purificação. Todavia, esse resultado negativo pode ser contornado, utilizando-se um processo de produção baseado em fermentação e aplicação de hidróxido de magnésio, evitando a geração de gesso e reduzindo o custo do processo (Conrad *et al.*, 2023).

h) Outros produtos e ingredientes

Além dos produtos já citados, o soro de leite e o soro em pó, podem ser utilizados em diversos outros produtos alimentícios, como: realçador de sabor de molhos, agente espessante e emulsificante (Pfrimer, 2018), gelados comestíveis (Rodrigues *et al.*, 2018), pão doce (Duarte *et al.*, 2020), doces de “leite” (Guerra *et al.*, 2020; Papa, 2018; Vilela *et al.*, 2020), suplemento alimentar proteico (Belloli *et al.*, 2020), adoçantes a base de xarope de lactose (Endres *et al.*, 2015), sendo que, todos estes produtos apresentaram boa aceitação em testes sensoriais. Ressalta-se, que os autores deste parágrafo foram citados na pesquisa de Assunção *et al.* (2022).

3.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

3.3.1 Definição e contexto

A conceituação de resíduos sólidos é divergente na literatura. Para Silva (2011b) e Rabelo (2016), trata-se de todo tipo de material que sobra de um processo produtivo, sendo descartado na forma sólida. Enquanto que, para Silva M. *et al.* (2015), são aqueles resíduos gerados, também na forma sólida, mas fora do processo industrial. Entretanto, observando-se a legislação, verifica-se que: Resíduo Sólido é todo material, substância, objeto ou bem resultante de atividades humanas, descartado nos estados sólido, semissólido, gasoso (quando contido em recipiente), líquido (quando contiver partículas que tornem inviável seu lançamento em corpos d’água ou na rede de pública esgoto sem prévio tratamento), o lodo resultante dos tratamentos de efluentes e os resíduos acumulados nas estações destinadas ao controle de poluição (CONAMA, 2002; ABNT, 2004; Brasil, 2010). Em laticínios, esses resíduos podem ser: restos de produção, lodo, metal (Silva, 2011b), papelão, plástico, sacos, gordura, lixo doméstico (Jerônimo *et al.*, 2012), e com a queima da lenha nas caldeiras, são geradas as cinzas (Bezerra, 2017).

Aqui, há de se fazer um adendo. Considerando a definição apresentada para resíduo sólido, percebe-se que esse, pode também se apresentar na forma líquida, quando se referir a águas que necessitem de tratamento antes de seu descarte, ou seja, os efluentes industriais, como visto no item 3.2 desta dissertação. Assim, caso

o empreendedor de um laticínio seja flagrado lançando efluentes sem tratamento em cursos d'água, no solo ou na rede pública de esgoto, poderá ser enquadrado em acréscimo, no código 120 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, que define o ato como infração "gravíssima" (Minas Gerais, 2018) e sem prejuízo da aplicação das situações previstas nos artigos 33, 48 e 54 da Lei 9.605/98, como já discutido anteriormente.

Lançar resíduos sólidos sem tratamento ou controle, seja em ambiente rural ou urbano, além de ser ilegal, causa prejuízos ao meio ambiente e gera riscos a saúde pública (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018). Abaixo, estão elencados os principais problemas e suas possíveis soluções, dentro do contexto dos laticínios.

3.3.2 Problemas e soluções

a) Disposição final inadequada

Como relatado na pesquisa de Jerônimo *et al.* (2012), laticínios em área rural, dispunham seus resíduos sólidos em lixões improvisados e os queimavam sem qualquer forma de tratamento ou controle. Questionados, os empreendedores informaram que não tinha outro recurso, pois não eram atendidos pelo sistema de coleta pública. Sobre isso, os mesmos autores, ampliaram a reflexão e comentaram que, no setor de laticínios, a geração de resíduos sólidos é geralmente baixa, por isso, na verdade, soluções cômodas e simples de disposição final têm sido adotadas sem a utilização de critérios técnicos, o que representava possíveis perdas econômicas e agressões ao meio ambiente.

O mesmo fato, foi constatado por Saraiva *et al.* (2012), onde, 42,8% de seus entrevistados disseram queimar os resíduos sólidos gerados (plásticos e papelão), pois era uma prática bastante corriqueira na região e os demais (57,2%) afirmaram ser a coleta pública o destino final dos resíduos sólidos. Por outro lado, por vezes, os laticínios deixam de adotar ações internas de manuseio e separação de seus resíduos sólidos, atribuindo toda a responsabilidade à coleta municipal, tratando todo seu resíduo, como lixo (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018). Nesse sentido, Silva (2011b) contabilizou que, sobre os resíduos sólidos, 75% das perdas econômicas são associadas ao processamento dos produtos, enquanto, 25% estão relacionados ao processo de embalagem ou perdas de produtos acabados.

Por essas razões, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, inovou o ordenamento jurídico-ambiental e atribuiu a vários setores, incluindo o setor alimentício, a responsabilidade de adotar medidas que promovam a redução da geração dos resíduos sólidos. Essas medidas devem ser estruturadas em um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, elaborado e acompanhado por um responsável técnico devidamente habilitado (Brasil, 2010, 2022 adaptado de Lucas, 2022). A nova regra forçou o início de uma mudança de hábitos em âmbito nacional, pois até então, muitos empreendedores não conheciam o tipo e nem a quantidade de resíduos sólidos que geravam (Rabelo, 2016), e a partir desse marco, os resíduos sólidos gerados em muitos laticínios, passaram a ser segregados, acondicionados, armazenados e posteriormente encaminhado para destinação final mais adequada, o que favoreceu as práticas de reuso e reciclagem, bem como reduziu custos com tratamentos e impactos ambientais (Silva, 2011b).

Abaixo, seguem alguns exemplos de como operacionalizar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos nos laticínios:

- O primeiro passo é reduzir a geração na fonte, através da otimização de processos, treinamentos e uso de materiais de boa qualidade (Silva, 2011b);
- Embalagens de produtos químicos (detergentes, cloro, agrotóxicos, etc.) devem ser devolvidas às empresas produtoras (Saraiva *et al.*, 2012), aplicando-se as técnicas da logística reversa (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018);
- O resíduo orgânico pode ser tratado por compostagem (Jerônimo *et al.*, 2012);
- Para facilitar a coleta de papel, papelão, plástico e sucata metálica, realizar a instalação de recipientes coletores em diversos pontos, encaminhar para estocagem temporária e posteriormente para a reciclagem (Rabelo, 2016);
- Uso de copos individuais, e os descartáveis, somente para os visitantes (Barbosa *et al.*, 2019), bem como o uso racional de todos os recursos disponíveis, reusando-os, sempre que possível (Bezerra, 2017);
- Resíduos e embalagens de óleos lubrificantes e lâmpadas fluorescentes queimadas ou quebradas podem ser temporariamente estocados para posterior envio a aterros especiais autorizados pela FEAM (Rabelo, 2016), para empresas especializadas em seu reaproveitamento (Barbosa *et al.*, 2019), ou devolvidas por meio da logística reversa (Bezerra, 2017);

- Encaminhar os resíduos não recicláveis para aterros sanitários e manter as áreas, interna e externa, do laticínio em condições de higiene e organização (Bezerra, 2017);

b) Cinzas das caldeiras

Laticínios são agroindústrias que consomem grande quantidade de energia térmica na forma de vapor de água, que, predominantemente, é gerado por meio de caldeiras alimentadas a lenha. Dessa operação unitária, restam carvão, cavacos e cinzas. Essas cinzas, são resíduos sólidos aproveitáveis na forma de adubos, por conterem micronutrientes essenciais ao desenvolvimento de pastagens, como visto nas pesquisas de Rabelo (2016), e Santos; Queiroz e Almeida Neto (2018).

c) Lodo do sistema de tratamento de efluentes

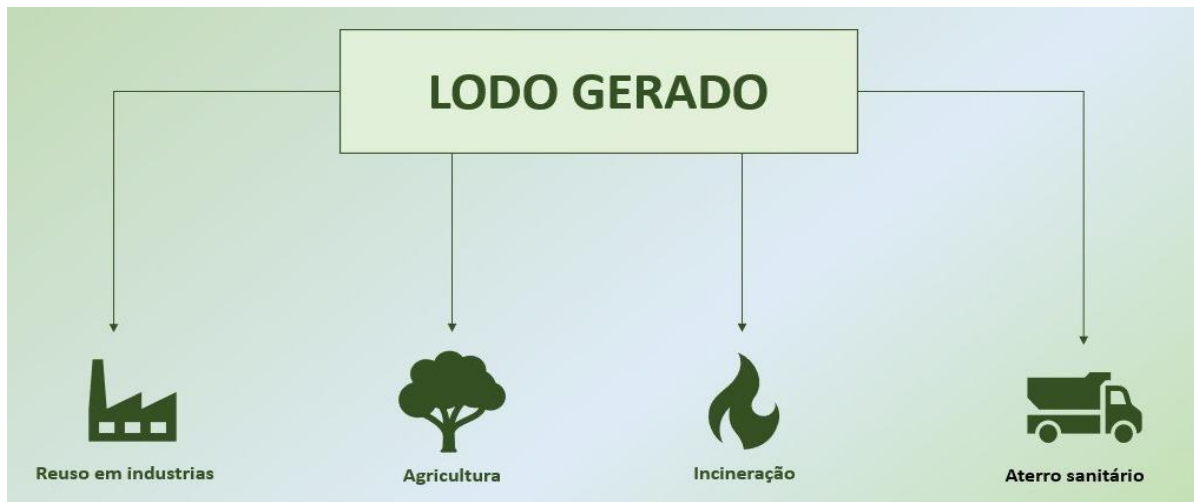
Ao se resolver o problema do tratamento de efluentes do laticínio, o empreendedor se vê diante do surgimento de outro problema a ser solucionado – a geração do resíduo sólido conhecido como “Lodo”, que é gerado pelo acúmulo de gorduras, metais pesados e nutrientes (Felder; Azzolini, 2013), nos decantadores e reatores biológicos (Mendonça *et al.*, 2021), principalmente quando não é realizada a redução de patógenos (Dias *et al.*, 2017), ou também, quando há o uso excessivo de Policloreto de Alumínio (PAC) na fase de floculação (Favaretto *et al.*, 2015). Nesse contexto, o lodo pode ser destinado para aterros sanitário, incineradores, agricultura ou construção civil na forma de cerâmicas, tijolos e cimento (Figura 6) (Lervolino, 2021).

No Brasil, o lodo é simplesmente enviado a aterros sanitários (Mendonça *et al.*, 2021). Porém, com sua crescente produção, surge a necessidade de se desenvolverem novas alternativas para lidar com esse resíduo e proteger o meio ambiente de forma economicamente viável (Dias *et al.*, 2017).

Cabe acrescentar, que mesmo que a opção mais viável seja o envio ao aterro sanitário, o empreendedor deve observar a idade mínima para remoção dos lodos nas ETE's, a fim de realizar sua estabilização dentro dos próprios reatores (Dias *et*

al., 2017) e também, deve observar sua correta desidratação, antes de encaminhá-lo a disposição final (FEAM, 2014).

Figura 6 – Destinação final para o lodo



Fonte: Lervolino (2021).

Considerando-se a legislação, o lodo industrial pode ser transformado em bio sólido, visando melhorar as condições do solo e aproveitamento de seus nutrientes no desenvolvimento vegetal, desde que observados: seu potencial agrônômico, a redução da atratividade de vetores, sua composição química e sua qualidade microbiológica. O uso de bio sólidos deve ser previamente autorizado pelo órgão ambiental competente, mediante a apresentação de projeto elaborado e acompanhado por responsável técnico habilitado. Uma vez aprovado e conforme o projeto, pode ser aplicado no cultivo de alimentos (inclusive aqueles consumidos crus), árvores frutíferas, pastagens, forrageiras, pesquisas, cortinas verdes, jardins e gramados em áreas de ETE's (CONAMA, 2020).

Antes mesmo dessa norma ser publicada, Caseiro (2019) já havia demonstrado que a aplicação do lodo de laticínio como fertilizante era viável, quando aplicada em doses crescentes na plantação de sorgo granífero. Seus experimentos resultaram em:

- Maiores incrementos para clorofila A e B;
- Aumento do Nitrogênio (N) e Carbono (C) da folha, e N da panícula;
- A altura das plantas apresentou maiores médias em comparação ao controle (0%) e ao NPK tradicional (Nitrogênio, Fosforo e Potássio);
- Maiores incrementos para a massa seca;

- Mas não houve diferença significativa (5%) nas variáveis taxa fotossintética, taxa de transpiração e condutância estomática.

Além de sua transformação em biossólidos, existem outros processos que promovem a estabilização do lodo, tais como a compostagem e secagem térmica (Dias *et al.*, 2017). Segundo estudos de Souza *et al.* (2021) a compostagem é um método eficiente para o tratamento do lodo gerado nas ETE's de laticínios, pois produz compostos orgânicos de ótima qualidade. A adição de grama na compostagem do lodo proporciona maior redução de peso e volume, adéqua o pH, o teor de umidade e a relação C/N (25-35 Carbono / 1 Nitrogênio). A grama, apresenta carbono mais lábil, que favorece a atividade microbológica, aumentando a temperatura nos reatores. A primeira fase (bioestabilização) demora de 25 a 35 dias e a segunda fase (maturação) de 30 a 60 dias. Para que a compostagem funcione bem, é importante que o pH esteja na faixa de 4,5 a 9,5 e a umidade deve ficar na faixa de 50% a 60%, pois baixa umidade inibe o processo microbológico e estando alta, causa lentidão na decomposição, gera lixiviados e odor, torna a operação de reviramento mais difícil, reduz a temperaturas do composto e favorece o desenvolvimento de patógenos. Realizar a compostagem sob radiação solar direta aumentar a temperatura do composto e contribui para sua degradação, desde que ocorra o equilíbrio de temperatura e umidade.

O lodo de laticínios possui abundância em matéria orgânica. Essa característica o torna bastante apto a ser usado como combustível em caldeiras e incineradores, reduzindo seu volume em até 95%, mas gerando cinzas e gases poluentes no processo (Lervolino, 2021).

Em análise de Felder e Azzolini (2013), os autores, também, apontaram que o lodo gerado nas ETE's e laticínios podem ser utilizados na alimentação de caldeiras, para reduzir o consumo de lenha e produzir energia térmica. Em seu experimento utilizaram uma caldeira Flamotubular com capacidade de produção de 15t/h de vapor, com grelha rotativa. O estudo mostrou que uma mistura de 15,7% de lodo sem secagem prévia ($\pm 80\%$ umidade) combinados a paletes de madeira triturados e papelão (84,3%), possuem grande potencial de queima e geração de energia térmica, resultando também, nos menores índices de poluição atmosférica e um aumento da potência térmica nominal do sistema. Economicamente, para o caso concreto, o uso de lodo na caldeira poderia gerar uma economia anual de

R\$ 904.326,00, quando comparado a compra do mesmo volume em cavacos de madeira (15,37 t/dia). Ressalta-se que essa técnica carece de mais pesquisas e testes, antes de ser adotada como regra, e que os fabricantes de caldeiras não recomendam a queima de lodo, pois podem gerar incrustações e oxidações internas no equipamento.

3.4 CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

3.4.1 Definição e contexto

A união desses dois temas – Recursos Naturais e Emissões Atmosféricas – aponta para uma das operações unitárias mais importantes dos laticínios – a geração e o consumo de quantidades consideráveis de energia. Esse alto consumo de energia está associado à garantia da qualidade dos produtos, que são submetidos a tratamento térmico, refrigeração e armazenamento (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), além da iluminação, ventilação e operação das máquinas e equipamentos (Silva M. *et al.*, 2015).

Nos laticínios, os sistemas de refrigeração operam com fluidos em circuito fechado para proporcionar a refrigeração dos produtos lácteos, sendo os fluidos refrigerantes mais utilizados: a amônia e alguns compostos orgânicos que contêm carbono, hidrogênio, flúor e cloro. Os vazamentos de qualquer um desses gases, especialmente a amônia, são considerados extremamente impactantes ao ser humano, pelos seus efeitos tóxicos e irritantes, podendo atingir comunidades inteiras, uma vez que se propagam pela atmosfera (FEAM, 2014).

Figura 7 – ODS 13: Ação contra a mudança global do clima



Fonte: ONU Brasil (2019).

Já, a energia térmica “quente” se origina a partir da combustão de madeira (lenha, cavacos, aparas, etc.), combustíveis fósseis (gasolina, óleo diesel, etc.) (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), ou gás natural (FEAM, 2014), gerando resíduos sólidos e emissões atmosférica na forma de gases, fumaça e fuligem, que contribuem na alteração da qualidade do ar (Bezerra, 2017), no aumento de CO₂ (Dióxido de Carbono), no efeito estufa e no aquecimento global, sendo necessário e urgente, acompanhar o movimento mundial pela descarbonização da economia (Neiva, 2022, p. 97-100), através da criação de sistemas de produção com neutralidade de carbono (Martins, 2022, p. 32-35) e voltando-se para a ODS nº13 (ONU, 2019) (Figura 7).

3.4.2 Problemas e soluções

a) Consumo de recursos naturais e desmate

Como visto, os laticínios demandam tanto energia elétrica para manter os sistemas de refrigeração, máquinas e equipamentos funcionando, quanto energia térmica para fabricar seus produtos lácteos, sendo que ambas consomem recurso naturais.

Para a geração de energia térmica, as caldeiras podem consumir produtos de origem vegetal, que por consequências são retirados de florestas plantadas ou nativas, certificadas/autorizadas ou não (Rabelo, 2016). Em MG, quanto autorizadas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), as espécies exóticas são cultivadas com a intenção de comercialização futura, seguindo um plano de manejo e reposição da flora, ou são retiradas de áreas nativas seguindo as normas vigentes de controle ambiental (Minas Gerais, 2018). Mas quando irregulares, principalmente quando nativas, geram o aumento das áreas desmatadas, destroem o habitat de várias espécies da fauna e flora, aumentando o no risco de extinção de espécies, aumenta a degradação ambiental, contribui para o desequilíbrio ambiental e intensifica o aquecimento global (Bezerra, 2017).

O ato de desmatar floresta nativa ou plantada sem autorização do órgão ambiental competente caracteriza crime ambiental contra a flora (Brasil, 1998) e também, infração ambiental de natureza “gravíssima”, que varia sua punição conforme o tipo da área (comum ou protegida), o tamanho da área suprimida

(hectares ou fração) e o rendimento lenhoso (m^3/ha), segundo o bioma de onde ocorreu o desmate. Além, da apreensão de todos os instrumentos, equipamentos, máquinas e veículos de qualquer natureza que tenham ligação com o ato ilícito. Ocorre que, o desmate pode até ser realizado em terras longínquas, mas os atos de adquirir, receber, armazenar, comercializar, utilizar, consumir ou ter em depósito, produtos da flora sem documentos de controle ambiental, também são infrações “gravíssimas”, e essas, são bastante comuns nos laticínios (Minas Gerais, 2018).

Por sua vez, o uso de energia elétrica esta diretamente ligado ao uso de máquinas e equipamentos no laticínio, sobretudo, nas câmaras frias, usadas para armazenar e conservar os produtos lácteos até sua comercialização, e em menor quantidade, em algumas modelos de caldeiras (Silva, 2011b).

Para tentar reduzir a pressão que os laticínios exercem sobre a flora e sobre o consumo de recursos naturais, podem ser adotadas as seguintes opções:

- Investir na recuperar áreas degradadas pelo desmate e reflorestar os arredores do empreendimento (Bezerra, 2017);
- Substituir o uso de madeira por gás natural, aumentando a eficiência da caldeira (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), ou por subprodutos de origem vegetal, como cascas de castanha (Jerônimo *et al.*, 2012); e
- Priorizar o uso de fontes de energias alternativas, como a solar. Orientando-se pelos princípios da ODS nº7 (Figura 8) (Diniz, 2021, p. 50-51). Assim como, usar lâmpadas de menor consumo, instalar telhas translúcidas, sempre desligar equipamentos que não estiverem sendo usados (Bezerra, 2017), e usar a energia solar para para aquecer a água utilizada na geração de vapor (Jerônimo *et al.*, 2012).

Figura 8 – ODS 7: Energia limpa e acessível



Fonte: ONU Brasil (2019).

b) Emissões atmosféricas (gases, fumaça e fuligem)

Caldeiras são a fonte primordial de energia térmica nos laticínios e também, a principal causa de reclamações das vizinhanças, principalmente quando instalados em zonas urbanas, em razão de suas constantes emissões atmosféricas (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018)

Em estudos de campo realizados por Jerônimo *et al.* (2012), foi observado um expressivo uso de madeira na alimentação das caldeiras nos laticínios, mas não eram localizados sistemas para o tratamento dos gases, que eram liberados livremente para a atmosfera e estando assim, em desacordo com a legislação ambiental. Esse mesmo fato, foi observado por outros pesquisadores, sendo relatado ainda, que a madeira, quase sempre, se encontrava na área externa dos laticínios, sem nenhum tipo proteção, onde absorvia umidade, fazendo com que sua eficiência reduzisse, aumento seu consumo e gerando uma fuligem mais grossa que o normal (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018)

Essas emissões atmosféricas podem causar intoxicações, problemas respiratórios, irritações, sujeira nas casas e aumento do aquecimento local e global. Para se reduzir esses impactos, é necessário traduzir a ciência em inovação, levando até os empreendedores, mais alternativas tecnológicas para lidar com os problemas ambientais gerados por suas atividades (Neiva, 2022, p. 97-100). São estratégias para reduzir essas emissões:

- Aumentar a altura da chaminé (Barbosa *et al.*, 2019) e instalar filtros (Rabelo, 2016), ou sistema de tratamento dos gases (Bezerra, 2017);
- Proteger a lenha contra umidade, construindo um abrigo ou cobrindo-a com lona (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018), mantendo-a seca para minimizar a emissão de particulados (Jerônimo *et al.*, 2012);
- Realizar a manutenção periódica da caldeira conforme manual do fabricante (Bezerra, 2017); e
- Gerar laudo periódico de conformidade e automonitoramento, elaborado por profissional habilitado (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018).

c) Vazamentos

Os Vazamentos de gás amônia, assim como, os de outros gases nocivos a saúde humana e ao meio ambiente são pontos que exigem extrema atenção dos

empreendedores. Há depender da natureza do gás, ele pode se propagar pela atmosfera ou pela água de refrigeração. Esses líquidos contaminados devem ser encaminhados para as estações de tratamento de efluentes (ETE's) o quanto antes. As indústrias que operam com sistemas de refrigeração devem elaborar planos de emergência, prevendo casos de Vazamentos, implantação de dispositivos de detecção de gases no ambiente e treinamento dos funcionários para saber lidar com as situações de emergência (FEAM, 2014).

4 A PESQUISA DE CAMPO

Nas palavras de Hott, Andrade e Magalhães Júnior (2023, p. 12-14): “Mapear os movimentos territoriais da produção de leite fornece a tônica da demanda por alocação de recursos, manejo e planejamento [...] e proporciona condições para a tomada de decisões [...]”. Nesse sentido, com base na literatura revisada, os principais impactos ambientais causados por laticínios no Estado de Minas Gerais, foram detalhados no Capítulo 3 e também, representados no mapeamento do Apêndice “B” desta dissertação.

Com a finalidade de confirmar ou contestar, algumas das informações apresentadas na revisão da literatura, foi realizada uma visita pessoal a uma das unidades do Núcleo de Autos de Infração da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais (NAI SEMAD-MG), onde foi possível realizar um levantamento de dados sobre as infrações ambientais cometidas por laticínios no período de 1/1/2022 a 31/12/2023, permitindo assim, que fosse elaborado um novo mapeamento dos impactos ambientais pelo território mineiro. Os dados disponibilizados por NAI SEMAD-MG (2022-2023) agilizaram a pesquisa e suas análises, uma vez que foram entregues condensados e organizados em planilhas eletrônicas.

Todavia, caso algum leitor deseje replicar esta pesquisa e não consiga acessar os dados junto aos órgãos públicos, poderá gerar resultados bastante similares ao desta dissertação (ou melhores), utilizando-se da metodologia descrita no Apêndice “D”, que se baseia na análise dos dados disponíveis nos sistemas de informações de acesso público da SEMAD-MG e do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recurso Hídricos (SISEMA).

4.1 AMOSTRAGEM

Os dados secundários disponibilizados por NAI SEMAD-MG (2022-2023) compreendem um recorte temporal que se inicia em 01/01/2022 e vai até 31/12/2023, totalizando 24 meses de dados organizados (2 anos). Nesse período, foram fiscalizados 231 laticínios, dos quais, 86 (37,23%) encontravam-se instalados em zona urbana e 145 (62,77%) em zona rural, numa distribuição espacial que

representa 16,30% do território mineiro, ou seja, representam 139 dos 853 municípios existentes no Estado de Minas Gerais.

Quadro 4 – Infrações ambientais cometidas pelos laticínios amostrados em Minas Gerais de 2022 a 2023

Infrações	Nº Casos	%	Ato Ilícito	Σ Casos	Σ %
Consumo de água em desacordo com a outorga	2	0,94%	Contra os Recursos Hídricos	55	25,82%
Consumo de água sem equipamentos de medição	11	5,16%			
Consumo de água sem outorga	39	18,31%			
Não efetuar o taponamento de poço desativado	3	1,41%	Contra a Administração Pública e Ambiental	48	22,54%
Deixar de cumprir determinação da fiscalização	6	2,82%			
Falta de Licenciamento Ambiental	39	18,31%			
Não cumprir as condicionantes da licença ambiental	3	1,41%	Causar Poluição	52	24,41%
Lançamento de efluente sem tratamento (Água e Solo): pequenos Vazamentos	11	5,16%			
Lançamento de efluente sem tratamento diretamente na água	12	5,63%			
Lançamento de efluente sem tratamento diretamente no solo	28	13,15%			
Emissões atmosféricas (fumaça e fuligem)	1	0,47%	Contra a Flora	46	21,60%
Consumo de produto florestal de origem nativa sem autorização	8	3,76%			
Consumo de produto florestal sem registro no IEF	27	12,68%			
Desmate e Queimada	4	1,88%			
Intervenção em Área de Preservação Permanente	7	3,29%	Contra a Política Nacional de Resíduos Sólidos	8	3,76%
Disposição de resíduo sólido em zona rural alheia	1	0,47%			
Não emitir MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos)	7	3,29%	Sinistro com danos ao meio ambiente	3	1,41%
Acidente de Trânsito e/ou Industrial	3	1,41%			
Adulteração de produto alimentício	1	0,47%	Gerar risco à saúde pública	1	0,47%
-----	213	100%	-----	213	100%

Fonte: Autor (2024).

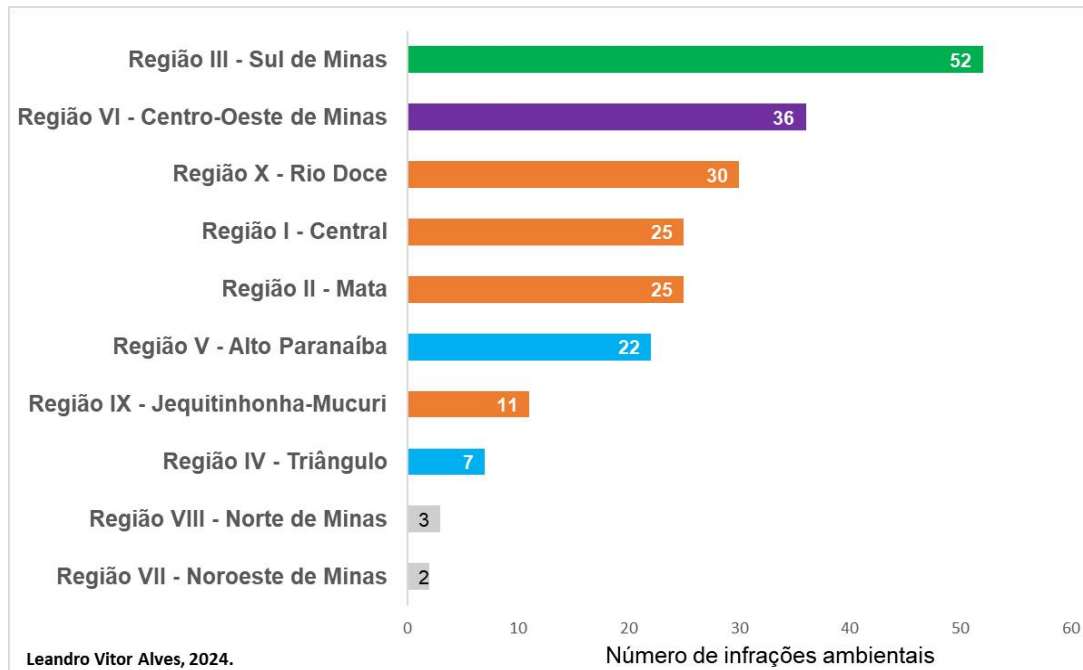
Dos 231 laticínios fiscalizados, 24 (10,39%) encontravam-se desativados, sendo 10 de áreas urbanas e 14 de áreas rurais, 79 (34,20%) funcionavam regularmente e os outros 128 (55,41%) foram flagrados no cometimento de alguma infração contra o meio ambiente, conforme detalhado no Quadro 4.

Ao todo, foram registradas 213 infrações ambientais cometidas por 128 laticínios no período de 2022 a 2023, sendo que, o “Consumo de água sem outorga” e o ato de “Funcionar sem licenciamento ambiental” foram as infrações mais significativas, com 39 casos (18,31%) registrados em cada uma delas. Em terceiro lugar, o “Lançamento de efluentes sem tratamento diretamente sobre o solo” apresentou 28 casos (13,15%), seguido de perto pelo “Consumo de produtos da flora sem registro no IEF”, com 27 casos (12,68%). Essas quatro infrações juntas, se destacam das demais, pois representam 62,45% do montante total (133 infrações).

4.2 MAPEAMENTO DOS “NOVOS” IMPACTOS AMBIENTAIS

Dividindo-se as 213 infrações pelas 10 mesoregiões do Estado de Minas Gerais, obteve-se a seguinte distribuição (Figura 9).

Figura 9 – Distribuição regional das infrações ambientais cometidas pelos laticínios amostrados no Estado de Minas Gerais de 2022 a 2023



Fonte: Autor (2024).

Na Região III – Sul de Minas (cor verde) foram registradas 52 infrações, observando-se uma prevalência do consumo de produtos florestais sem registro no IEF – Instituto Estadual de Florestas (11 casos), seguido de perto pelo consumo de águas públicas sem outorga do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas (10 casos).

Na Região VI – Centro-Oeste de Minas (cor roxa) foram registradas 36 infrações, observando-se uma prevalência da infração “Lançar efluentes diretamente sobre o solo” (12 casos).

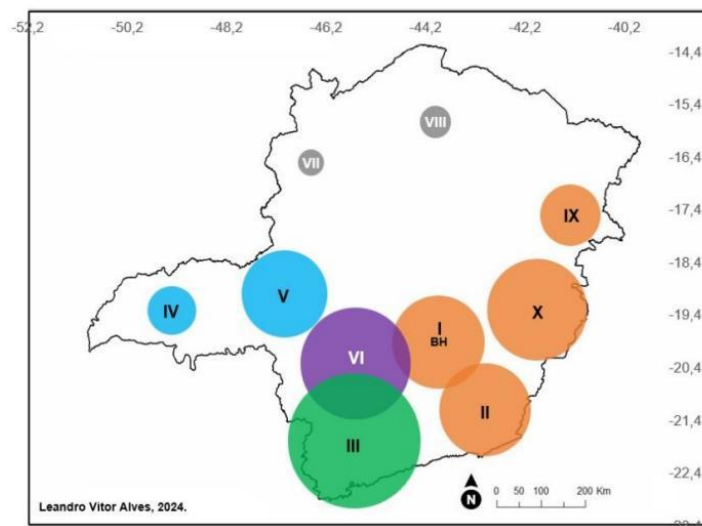
Nas regiões destacadas na cor azul, observou-se a prevalência do consumo de águas públicas sem possuir outorga do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Na Região IV – Triângulo foram registrados 2 casos em 7 infrações e na Região V – Alto Paranaíba, foram registradas 7 casos em 22 infrações.

Nas regiões destacadas na cor laranja, observou-se a prevalência do funcionamento de laticínios sem possui a devida licença ambiental. Na Região I – Central, foram observados 6 casos em 25 infrações, seguido de perto pela infração de consumir água sem outorga (5 casos). Na Região II – Mata, ocorreram 8 casos em 25 infrações, na Região IX – Jequitinhonha-Mucuri, 3 casos em 11 infrações e na Região X – Rio Doce, 6 casos em 30 infrações.

Nas regiões destacadas na cor cinza, foram encontradas, apenas 5 infrações ambientais cometidas por laticínios, sendo 2 na Região VII – Noroeste de Minas e 3 na Região VIII – Norte de Minas. Por essa baixa quantidade de laticínios na amostra, não foi possível conferir a afirmação de Teixeira (2011, p. 46-47), que informou que 40% dos laticínios do Noroeste de Minas não cumpre as normas ambientais por desconhecimento da legislação vigente.

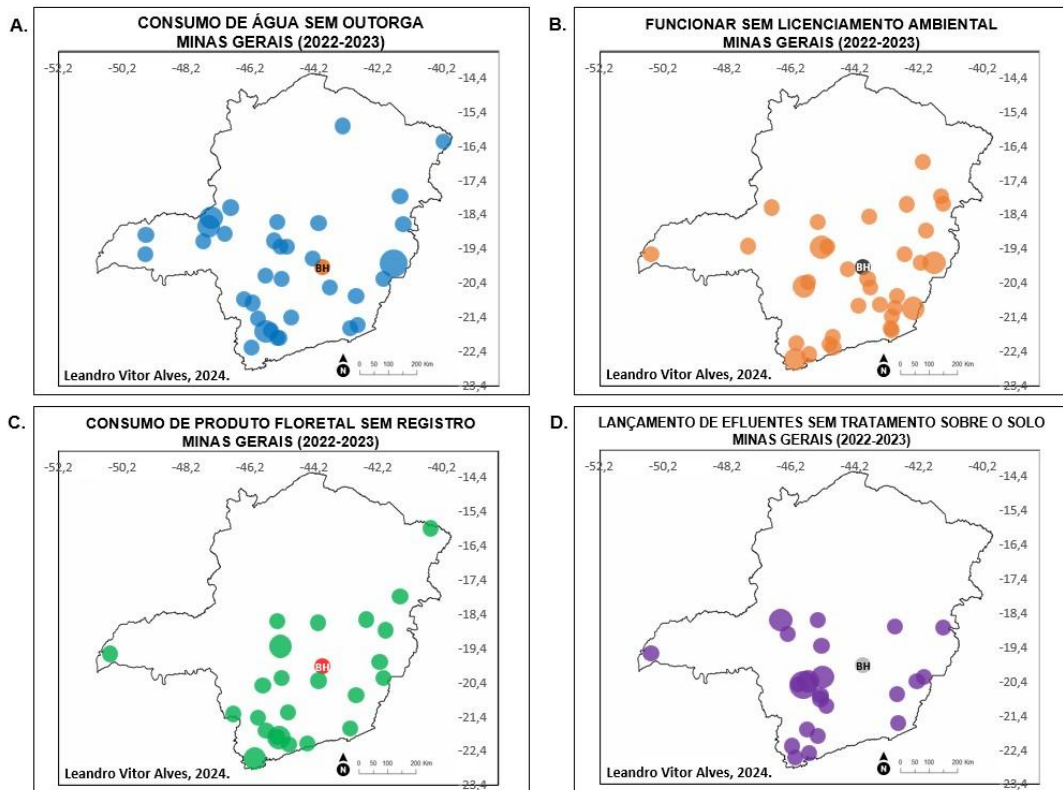
Abaixo, segue a distribuição das 213 infrações pelo Estado de Minas Gerais na forma de mapeamento (Figuras 10 e 11).

Figura 10 – Distribuição regional das infrações ambientais cometidas pelos laticínios amostrados no Estado de Minas Gerais de 2022 a 2023 – Mapeamento



Fonte: Autor (2024).

Figura 11 – Mapeamento das 4 principais infrações ambientais cometidas pelos laticínios amostrados no Estado de Minas Gerais de 2022 a 2023



Fonte: Autor (2024).

Dos dados, gráficos e mapeamentos apresentados, comenta-se:

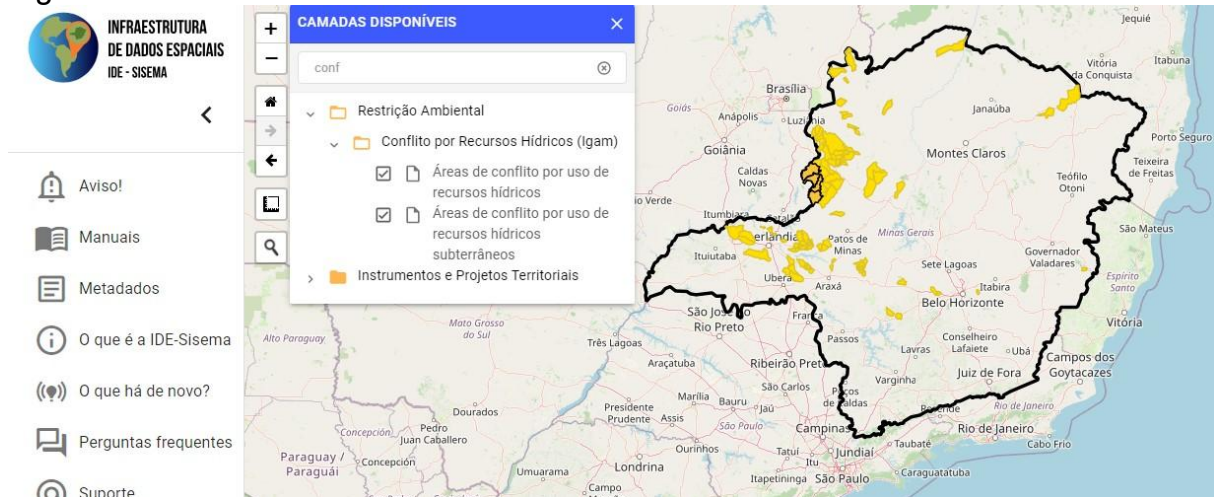
a) Consumo de água sem outorga (18,31%)

Pesquisadas as fontes de recursos hídricos utilizadas pelos laticínios, foram encontradas 141 extrações de água subterrânea, 46 casos de consumo de água da rede pública de abastecimento e 10 casos de captações de água superficial, somando 197 fontes. Dessas, 39 extrações e 2 captações estavam irregulares, pois não possuíam outorga do IGAM. Sendo a Região III – Sul de Minas, a que mais extraía água subterrânea sem outorga (11/39 casos, 28,21%), seguida pela Região V – Alto Paranaíba (8/39 casos, 20,51%).

Inferre-se que, de forma proporcional ao número de infrações registradas em cada região, os laticínios da Região V – Alto Paranaíba, tendem a causar mais impactos ambientais relativos ao consumo ilegal de águas públicas, concordando com a pesquisa de Barbosa *et al.* (2019). Fato esse, que faz muito sentido! Pois é

trata-se de uma região que se encontra localizada dentro das zonas de conflito hídrico do Estado de Minas Gerais, como se observa no mapa da Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE (SISEMA, 2024a) (Figura 12).

Figura 12 – Áreas de conflito hídrico no Estado de Minas Gerais



Fonte: SISEMA (2024a).

É importante pontuar que, mesmo fora das zonas de conflito hídrico, o consumo ilegal de águas públicas é o segundo principal impacto ambiental causado por laticínios da Região III – Sul de Minas (10 casos/52 infrações, 19,23%).

O ato de extrair, captar ou derivar águas públicas, subterrâneas ou superficiais, sem autorização do órgão ambiental competente (outorga) se enquadra nas infrações previstas nos códigos 214 e 215 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, sendo ambas de natureza “grave” e possuindo multiplicador de cinco vezes (5x) sobre o valor da multa, quando identificada a falta de equipamentos de medição de consumo (hidrômetro e/ou horímetro) nos casos exigidos pelo Instituto Mineiro de Gestão da Águas (IGAM) ou na falta de planilha atualizada de controle sobre o consumo (Minas Gerais, 2018).

b) Funcionar sem licenciamento ambiental (18,31%)

Vistos os mapas, percebeu-se que os laticínios das Regiões I – Central, II – Mata, IX – Jequitinhonha-Mucuri e X – Rio Doce, tendem a causar mais impactos ambientais relativos ao seu funcionamento sem possuir licenciamento ambiental.

Possuir o documento de licença ambiental é um procedimento obrigatório para todo laticínio que tenha capacidade instalada para processar a partir de 500

litros de leite por dia. Laticínios que possuem uma capacidade instalada menor que essa (<500L/dia), devem obter uma declaração de dispensa junto ao órgão ambiental competente (COPAM, 2017).

O ato de funcionar um laticínio sem estar devidamente amparado por licença ambiental, se enquadra na infração prevista no código 106 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, sendo classificada como uma infração de natureza “gravíssima”, gera a suspensão do empreendimento, e até mesmo, o encerramento coercitivo da atividade, com apreensão das máquinas e equipamentos (Minas Gerais, 2018).

Segundo Alves (2014), o funcionamento de empreendimentos sem possuir licenciamento ambiental ocorre pelos seguintes motivos:

- Falta de conhecimento sobre gestão empresarial e ambiental ao se planejar o empreendimento;
- Escassez de finanças para realizar o processo de licenciamento ambiental;
- Assessoria ambiental desqualificada ou mal-intencionada;
- Aquisições de empreendimentos, já em funcionamento, mas sem verificar a existência de passivo ambiental preexistente; ou
- Negligência do empreendedor com as normas ambientais.

c) Lançar efluentes sem tratamento diretamente sobre o solo (13,15%)

Vários autores revisados na literatura concordam que a geração de efluentes é o principal problema ambiental dos laticínios. Contudo, verificando os dados da pesquisa de campo, pode-se concluir que o real problema não é geração em si, mas a falta de manutenção e cuidados na operação das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's). Foram observados 28 casos em que os efluentes dos laticínios eram lançados sem tratamento diretamente sobre o solo, de forma deliberada, sendo que, em 17 deles (60,71%), os efluentes transbordavam e escorriam das ETE's (incluindo lagoas de tratamento), acumulando resíduos no solo, que percolavam, atraíam moscas, geravam mau cheiro e prejudicavam a flora local, demonstrando um relapso com essa operação unitária. Outros 7 casos (25%) realizavam o descarte inadequado dos efluentes sem o devido tratamento, na forma de uma fertirrigação desprovida de critérios técnicos, principalmente em áreas de pastagem, e os outros 4 casos (14,29%) lançavam os efluentes sem tratamento em

fossa negra, fossa séptica ou na rede pública de esgoto sem o consentimento da concessionária municipal.

O ato de lançar efluentes de laticínio sem tratamento diretamente sobre o solo constitui infração prevista no código 211 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, sendo classificada como uma infração de natureza “grave”, podendo ser associada a infração do código 114, que é “gravíssima”, caso seja verificada poluição, degradação ou dano aos recursos hídricos, fauna, flora, patrimônio natural/cultural ou saúde, bem-estar e segurança das populações (Minas Gerais, 2018), bem como, pode configurar os crimes capitulados nos artigos 33, 48 e 54 da Lei de Crimes Ambientais, além da obrigação de reparar o dano causado, conforme detalhado no item 3.2.2 desta dissertação (Brasil, 1998).

Por outro lado, cabe observar que o artigo 3º, inciso XVI, da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, definiu que efluentes sem tratamento são considerados resíduos sólidos (Brasil, 2010) e caso sejam lançados em áreas urbanas ou rurais, em várzeas, rede pública de esgoto (dentre outros), podem configurar a infração prevista no código 120 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, que é uma infração “gravíssima” e que também pode ser associada ao código 114 (Minas Gerais, 2018). O enquadramento adequado dependerá, então, do caso concreto e da avaliação do fiscal ambiental que realizar a fiscalização *in loco*.

É importante pontuar que não apenas as ETE’s dos laticínios podem causar o lançamento de efluentes sobre o solo, mas também, a área de lavagem dos caminhões tanques, pois são uma importante fonte geradora de resíduos de leite, que, comumente, escorrem a céu aberto pelo pátio das empresas até solos permeáveis ou galerias de esgoto público, podendo causar poluição ambiental.

Visto isso, infere-se que os laticínios da Região VI – Centro-Oeste de Minas, tendem a causar mais impactos ambientais relativos ao lançamento de efluentes diretamente sobre o solo, concordando com a pesquisa de Saraiva *et al.* (2012) e podendo causar os problemas ambientais e agrônômicos descritos por Mendes (2018), Vizú (2018) e Teixeira *et al.* (2020), dentre outros.

d) Consumo de produtos da flora sem registro (12,68%)

Em 144 laticínios dos 231 laticínios amostrados (62,34%) foi possível verificar a regularidade das fontes de calor utilizadas. 101 laticínios (70,14%) estavam em dia

com o registro para realizar o consumo de produtos da flora, 27 (18,75%) não possuíam registro, 8 (5,56 %) consumiam lenha nativa sem comprovação da origem e 8 (5,56%) utilizavam-se de fontes alternativas de calor, como gás liquefeito de petróleo (GLP), óleo diesel, biodigestor ou eletricidade.

Observando-se os dados e os mapas gerados, percebeu-se que os laticínios da Região III – Sul de Minas, tendem a causar mais impactos ambientais relativos ao consumo de produtos da flora sem o devido registro no Instituto Estadual de Florestas (IEF), sendo computados 11 casos nessa região dos 27 totais (40,74%).

Esse consumo de produtos e subprodutos da flora, nativa ou exótica (lenha, cavacos, resíduos, etc.) é comum na produção de energia térmica dos laticínios, devendo ser registrado no IEF e renovado anualmente (IEF, 2020). Consumir produtos florestais sem o devido registro constitui infração prevista no código 328 do Decreto Estadual nº 47.383/2018, sendo essa, uma infração de natureza “leve”, que pode se converter em multa, caso não seja regularizada no prazo legal (Minas Gerais, 2018).

Apesar de ser classificada como uma infração de natureza “leve”, a falta de registro e controle sobre o consumo de produtos florestais esta intimamente ligada a infração mais recorrente do Estado de Minas Gerais – o desmatamento ilegal. Uma vez suprimida sem autorização, a floresta se torna madeira e lenha, que são utilizadas na propriedade rural ou comercializadas ilegalmente. De 2018 a 29/02/2024 foram registradas 24.732 infrações do código 301 do Decreto Estadual nº 47.383/2018 (Suprimir vegetação nativa sem autorização). Isso representa uma média de 4.786 desmatamentos ilegais por ano (398/mês). Para fins percepção do quanto os desmatamentos ilegais são recorrentes e volumosos, verifica-se que a segunda infração mais computada no Estado MG é relativa ao cativeiro ilegal de espécimes da fauna silvestre, que no mesmo período registrou 8.876 casos, sendo 1.717/ano (143/mês), ou seja, os desmatamentos ilegais são 2,78 vezes mais recorrentes que a segundo infração mais registrada (SISEMA, 2024b).

Há de se compreender, que todo comércio ilegal depende de um comprador disposto a adquirir o produto ilegal, e nos laticínios não é diferente, os empreendedores desejando baixar seu custo de produção, por vezes caem na tentação de adquirir insumos mais baratos, mesmo que de origem duvidosa. Ocorre que essas práticas ilegais, um dia, podem ser descobertas ou denunciadas, e após a

visita da fiscalização, as vantagens ilícitas obtidas podem se revelar menores do que as penalidades aplicadas pelo poder público.

4.3 AS CAUSAS DOS PROBLEMAS E SUAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

A literatura mostra que laticínios com baixo desempenho e descumpridores da lei, sofrem também com problemas de gestão e problemas operacionais, como: processos ineficientes, falta de padronização, equipamentos e ambientes inadequados. Esses problemas geralmente estão vinculados a ausência de um bom gestor, a falta de rotina, e a falta de treinamento e de engajamento dos colaboradores (Machado; Lima, 2018, p. 92-93). A saída dessa situação está na combinação de conhecimentos técnicos e gerenciais de forma que estabeleçam um método mais eficiente de trabalho, pois, é pelo nível de eficiência que o empreendedor se manterá no mercado (Fernandes, 2022, p.46-48). É necessário, portanto, a implantação de uma gestão integrada, que atenda as demandas sociais, econômicas e ambientais (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018).

O consumo de água sem outorga, a falta de licenciamento ambiental, o lançamento de efluentes sem tratamento sobre o solo e o consumo de produtos da flora sem registro, são exemplos de problemas que indicam, essencialmente, a falta de um acompanhamento gerencial e técnico dos laticínios.

Nesse sentido, “conhecimento” é a palavra-chave para se resolver esses problemas, já que, a burocracia dos órgãos públicos e a complexidade das legislações dificultam o desenvolvimento de atividades produtivas dentro dos parâmetros legais (Bouffleur, 2022, p. 77). Por essa razão, as universidades (Teixeira, 2011), os profissionais qualificados (Barbosa *et al.*, 2019) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Martins, 2022, p. 32-35) têm papel fundamental na educação ambiental e na divulgação de ciência e tecnologia aos empreendedores. Pois, a falta de informação, associada a questões culturais e ao baixo poder aquisitivo dos pequenos empreendedores gera uma certa “despreocupação” com as questões ambientais (Saraiva *et al.*, 2012).

Bom sinal para os profissionais da área ambiental, que tem diante de si boas perspectivas de trabalho, uma vez que, os programas de assistência técnica e extensão rural, tem muita dificuldade de atender todas as demandas que lhes são

apresentadas, especialmente aquelas que partem dos pequenos empreendedores (Fernandes, 2022, p.46-48).

Também é importante ressaltar que o investimento em novas tecnologias, máquinas e equipamentos otimizam os trabalhos, reduzem tempo, melhoram os processos, aumentam a eficiência, reduzem a geração de resíduos e o consumo de energia (Rabelo, 2016). Sendo altamente recomendado, elaborar (e seguir) um plano de manutenções preventiva e corretiva. Bem como, adotar o Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF), o Manual de Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (PPHO) e o Manual de Produção Mais Limpa (P+L), que geram benefícios econômicos, ambientais, melhoram o ambiente de trabalho e as relações entre colaboradores, fornecedores, clientes e sociedade (Santos; Queiroz; Almeida Neto, 2018).

A terceira solução refere-se a qualificação da mão de obra interna. De nada adianta, contratar o melhor consultar ambiental que o dinheiro pode pagar e instalar máquinas e equipamentos de última geração, se não houverem investimentos em treinamentos teóricos e práticos, pois o fator humano sempre foi o principal gargalo nas atividades lácteas e merece toda a atenção possível (Novo, 2018, p. 80-82), uma vez que, uma pequena tarefa realizada da forma errada pode comprometer todo o resultado industrial (Machado; Lima, 2018, p. 92-93).

Laticínios que melhoram seu desempenho ambiental, afirmam tê-lo conseguido em razão dos investimentos em consultorias especializadas, na capacitação de pessoas para operar adequadamente as máquinas, equipamentos e ETE's (Teixeira, 2011, p. 46-47), da otimização e controle dos processos industriais (Henares, 2015) e da maior interação com os *stakeholders* (Fernandes, 2022, p.46-48).

Assim, pode-se dizer que as principais medidas para evitar os impactos ambientais apresentados são:

- Realizar o processo de outorga ou uso insignificante junto ao IGAM, antes de se iniciar a extração ou captação dos recursos hídricos, instalando os equipamentos de medição de consumo (hidrômetro e/ou horímetro) e mantendo atualizada a planilha de controle do consumo de água;
- Contratar assessoria qualificada para auxiliar no processo de licenciamento ambiental, dentro do enquadramento correto previsto da DN 217/2017, pois há uma necessidade crítica pela busca de constância no atendimento a

legislação vigente, de forma a garantir que as atividades industriais não sejam interrompidas pela simples falta de documentos (Viana; Mendonça; Otenio, 2021);

- Contratar serviço de assessoria técnica para dimensionar corretamente o tamanho e tipo de sistema mais adequado para o tratamento de efluentes;
- Treinar os colaboradores para o operar a ETE e realizar sua manutenção periódica, evitando os Vazamentos; e
- Realizar o registro de consumidor de produtos da flora junto ao IEF, adquirindo e armazenando somente lenha de procedência legalizada, devidamente comprovada pelos documentos de controle ambiental.

4.4 CONFIRMAÇÕES, DISCORDÂNCIAS E NOVIDADES PARA A LITERATURA

a) Crescimento do setor de laticínios

No início do ano de 2023 existiam no Estado de Minas Gerais 964 estabelecimentos formais que executavam atividades relativas ao processamento e transformação do leite (SEMAD-MG, 2023c). Em nova pesquisa ao SIAM (abr./24), observou-se que o número de laticínios registrados subiu para 1234. O que representa um expressivo aumento de 28% no número de empreendimentos do setor, em pouco mais de um ano. Fato esse, que demonstra continuidade e aumento na demanda por produtos lácteos, que de 1996 a 2019 cresceu 36%, concordando com o artigo de Martins (2022, p. 32-35).

Da amostra de 231 laticínios, foi possível verificar os produtos que eram fabricados em 88 laticínios (38,10%). Desses, foram registradas 60 fabricações de queijos, 19 de leite fluido, 17 de manteiga, 11 de sorvetes, 7 de iogurtes, 7 de requeijão, 6 de creme, 6 de doces, 3 de ricota e 1 de produtos finos, como *foundie* e *cream chesse*, concordando com a pesquisa de Fernandes (2023, p.118) que indicou uma preferência do consumidor brasileiro por queijos e leite fluido, especialmente entre os idosos.

A fabricação de queijos se mostrou predominante entre os laticínios amostrados no Estado de Minas Gerais, estando presente no portfólio de 68,18% dos laticínios, seguido pela produção de leite fluido, presente em 21,59% deles, destacando-se a Região III – Sul de Minas, que comporta a maior quantidade de

fabricantes de queijo da amostra, com 16 fabricações registradas. Esses resultados concordam com IBGE (2020, p. 141 e 147), que divulgou que a produção de queijos é a mais expressiva nos laticínios do Brasil, mas discorda que o requeijão seja o segundo produto mais expressivo, sendo que, nesse caso concreto, é o leite fluido que ocupa a essa 2ª posição.

Por outro lado, a fabricação de ricota representa apenas 3,41% da amostra, indicando que o soro tem recebido outras destinações, possivelmente porque, apenas 5% do volume de soro se converte em ricota, restando ainda, 95% de “soro de ricota” que deve receber destinação adequada. Sendo, portanto, um produto de baixo rendimento, concordando com a pesquisa de Silva (2022, p. 13-18; 57).

b) Porte dos laticínios

A pesquisa de Silva, Siqueira e Nogueira (2018) analisou 44 laticínios do Estado de Minas Gerais, dos quais, 80% eram de pequeno porte, 18% eram de médio porte e apenas 1 laticínio era de grande porte (2%).

Similarmente, esta dissertação verificou uma amostra de 231 laticínios do Estado de Minas Gerais, dos quais, 24 (10,39%) haviam sido desativados e em 151 (65,37%) foi possível identificar o porte de cada empreendimento. Com base na classificação da DN 217/2017 (código D-01-06-1) e considerando os 151 laticínios verificados, 97 deles (64,24%) eram de pequeno porte (capacidade instalada de 500 a <30.000 L/dia), 16 (10,60%) eram de médio porte (≥ 30.000 a ≤ 120.000 L/dia), 14 (9,27%) eram de grande porte (> 120.000 L/dia) (COPAM, 2017), e 24 (15,89%) estavam abaixo do porte (<500 L/dia), discordando de Silva, Siqueira e Nogueira (2018), pois foi observado um aumento no percentual de laticínios de grande porte, uma queda dos pequenos e certa estabilidade nos de médio porte. Mas, concordando com Fernandes (2023, p. 118), que explicou que o setor de lácteos passa por uma forte pressão pelo constante aumento da produção em escala, o que tem causado a desativação dos pequenos laticínios e aumento dos médios e grandes.

Quadro 5 – Distribuição dos laticínios amostrados pelas regiões do Estado de Minas Gerais por porte do empreendimento (DN 217/2017) de 2022 a 2023

Região	Abaixo	Porte P	Porte M	Porte G	TOTAL	Desativados
I – Central	3	13	2	-	18	2
II – Mata	2	11	-	1	14	1
III – Sul de Minas	6	15	1	1	23	1
IV – Triângulo	5	1	1	2	9	9
V – Alto Paranaíba	-	8	4	4	16	2
VI – Centro-Oeste de Minas	5	24	1	1	31	3
VII – Noroeste de Minas	-	-	-	1	1	-
VIII – Norte de Minas	1	1	-	-	2	1
IX – Jequitinhonha-Mucuri	1	4	-	-	5	1
X – Rio Doce	1	20	7	4	32	4
TOTAL	24	97	16	14	151	24

Fonte: Autor (2024).

Dos 151 laticínios, para os quais foi possível identificar o porte, as Regiões VI e X apresentaram a maior quantidade (63). Os laticínios de médio e grande porte estão mais concentrados nas Regiões V e X (19), os de pequeno porte, nas Regiões VI e X (44), e os abaixo do porte, nas Regiões III, IV e VI (16). Sobre os laticínios desativados, a Região IV – Triângulo, apresentou a maior quantidade (9) de fechamentos de 2022 a 2023, conforme dados apresentados no Quadro 5.

c) Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's)

Dos 231 laticínios amostrados, apenas 88 (38,10%) possuíam algum tipo de ETE's instalada, dos quais 55 (62,50%) funcionavam normalmente e as outras 33 (37,50%) não funcionavam por motivos variados, como: falta de operador qualificado, falta de manutenção mecânica, falta de limpeza ou dimensionamento incorreto. Considerando-se apenas as 33 ETE's que não funcionavam: 10 encontravam-se na Região III – Sul de Minas e 8 encontravam-se na Região VI – Centro-Oeste de Minas, somando 18 casos (54,54%). Por outro lado, considerando-se apenas as 55 ETE's que funcionavam, a Região X – Rio Doce, se mostrou como a mais bem equipada, com 30,91% das instalações funcionais (17 casos).

Quanto aos efluentes sanitários, em 127 dos 231 laticínios (54,98%), foi possível verificar sua destinação final. Em 85 laticínios (66,93%) os efluentes

sanitários eram tratados ou enviados para a rede de esgoto municipal com anuência da concessionária, em 26 (20,47%) os sistemas de tratamento existiam, mas apresentavam mau funcionamento ou estavam inoperantes, em 16 (12,60%) eram lançados diretamente no solo ou nos recursos hídricos sem prévio tratamento.

Segundo Silva A. *et al.* (2015), os laticínios de pequenos porte são considerados mais poluentes que os de grande porte, pois apresentam pouca capacidade de dar destinação adequada a seus efluentes. Isso ocorre porque o preço de venda do soro para a alimentação animal (R\$0,05/Litro) não cobre os custos de armazenamento do produto, sendo mais viável o seu descarte ou doação, no mesmo dia em que são produzidos (Bezerra, 2017; Silva; Siqueira; Nogueira, 2018), pelo baixo grau de automação desses empreendimentos, pela falta de adaptação do *layout* (Silva, 2011a), pela falta de espaço físico para a construção de lagoas, que são o tipo de tratamento mais barato que se conhece (Barbosa *et al.*, 2019), e pelo custo de implantação e operação de uma ETE, que é incompatível com a realidade econômica dos empreendedores, principalmente dos de pequeno porte e artesanais (Silva M. *et al.*, 2015; Barbosa *et al.*, 2019).

A pesquisa de campo desta dissertação, computou 51 casos de lançamentos de efluentes sem tratamento diretamente sobre o solo ou nos recursos hídricos. Desses, foram identificados 24 laticínios (47,06%) de pequeno porte, 5 de médio porte (9,80%), 2 de grande porte (3,92%) e 2 abaixo do porte (3,92%). Com base nesses dados, é possível concordar com o apontamento de Silva (2011a) e Silva A. *et al.* (2015), pois, os de pequeno porte apresentaram menor capacidade de dar destinação adequada a seus efluentes, mas discorda que os artesanais (abaixo do porte) compartilham da mesma dificuldade.

d) Soro

A pesquisa de Assunção *et al.* (2022), informou que 89% do soro gerado em 9 laticínios da Região de Barbacena/MG era destinado a alimentação animal e na pesquisa de Jerônimo *et al.* (2012), 100% do soro recebia o mesmo destino.

De igual maneira, esta dissertação, verificou a destinação dada ao soro gerado nos 231 laticínios amostrados no Estado de Minas Gerais, dos quais, em 126 foi possível realizar essa verificação. Desses, 42,06% dos laticínios (53) destinavam

o soro à alimentação animal na forma de venda ou doação, outros 37,30% (47) destinavam ao tratamento de efluentes e os últimos 20,64% (26) eram lançados no solo ou nos cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento prévio. Essas informações discordam de Assunção *et al.* (2022) e de Jerônimo *et al.* (2012), e, ao mesmo tempo, apontam para uma possível mudança de comportamento dos empreendedores em relação ao soro gerado em seus laticínios.

Segundo Fernandes (2022, p. 46-48), é crescente o consumo de bebidas alternativas, abrindo novos nichos no mercado de alimentos, segundo Siqueira (2020, p. 76-77) as bebidas fermentadas crescem 20% ao ano no mundo e segundo Silva M. *et al.* (2015) os empreendedores estão, cada vez mais, encarando o soro como uma substância nutritiva e que pode ser aproveitada na fabricação de outros produtos. Contudo, nos resultados desta dissertação, não foram encontrados nos portfólios dos laticínios a fabricação de bebidas lácteas alternativas, especialmente aquelas fabricadas a partir do reaproveitamento do soro. Fato esse, que discorda das afirmações de Fernandes (2022, p. 46-48), Siqueira (2020, p. 76-77) e de Silva M. *et al.* (2015). Porém, concorda com Assunção *et al.* (2022) que discutiu a necessidade de mais investimentos e pesquisas na área de reaproveitamento do soro, pois possui potencial de gerar bons resultados na economia de custos e na agregação de valor de novos produtos, como por exemplo, na produção de bebidas lácteas (Rebouças, 2022), de ácido láctico, produtos farmacêuticos, alimentícios e polímeros, dentre outros (Conrad *et al.*, 2023).

e) Resíduos sólidos

Dos 231 laticínios amostrados, em 94 (40,69%) foi possível verificar a destinação final dos resíduos sólidos (papel, papelão, plástico, metal, etc.). Desses, 61 (64,89%) eram encaminhados para a coleta pública municipal, 20 (21,28%) tinham sua coleta terceirizada a alguma empresa especializada no assunto, apenas 8 laticínios (8,51%) praticavam a reciclagem e nos outros 5 (5,32%), os resíduos eram dispostos diretamente sobre o solo e queimados.

Desses 61 recolhimentos de resíduos sólidos realizados pela coleta municipal, 13 laticínios (21,31%) encontravam-se na Região X – Rio Doce, 9 (14,75%) na Região IV – Triângulo, 9 (14,75%) na Região VI – Centro-Oeste de Minas e 8 (13,11%) na Região III – Sul de Minas, somando 39 casos (63,93%).

Sobre os 20 recolhimentos de resíduos sólidos realizados por empresas terceirizadas, 7 laticínios (35%) encontram-se na Região X – Rio Doce, 4 (20%) na Região III – Sul de Minas e 4 (20%) na Região IV – Triângulo, somando 15 casos (75%).

f) Emissões atmosféricas

Dos 231 laticínios amostrados, apenas em 39 (16,88%) foi possível levantar informações sobre as emissões atmosféricas. Em 36 desses laticínios (92,31%) era praticado o automonitoramento dos poluentes atmosféricos. Para esses casos, foram gerados laudos e relatórios técnicos de conformidade ambiental, emitidos por profissionais legalmente habilitados externos ao laticínio avaliado. Em 32 laticínios (82,05%), ocorria o uso de caldeiras alimentadas por lenha. A Região X – Rio Doce, mostrou-se como a que mais praticava o automonitoramento, com 14 casos registrados (38,89%). Apenas em 3 laticínios foi constatada a existência de poluição atmosférica causada pela queima de resíduos sólidos nas cadeiras, que gerava a emissão de fumaça e fuligem sem qualquer tipo de controle.

Outro tipo de emissão atmosférica pouco considerada, mas importante, esta associada a poluição sonora. Mas, para esse tipo de impacto ambiental, apenas 14 dos 231 laticínios avaliados (6,06%) realizavam algum tipo de controle de ruídos, seja pelo confinamento de equipamentos que emitiam sons e vibrações ou pelo uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) pelos funcionários, sendo que, a Região X – Rio Doce, apresentou 6 casos de adoção de medidas de proteção contra poluição sonora (42,86%).

Em 17 laticínios (7,36%), o mau cheiro (odor) foi relatado pela fiscalização, e apesar de ser considerado um impacto ambiental pela literatura, ainda não possui um enquadramento legal para o caso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a construção desta dissertação foi utilizada a metodologia RBS *Roadmap*, que se mostrou eficiente para realizar a revisão da literatura, principalmente pela fixação de “alertas” no *Google Scholar*. Desta forma, frequentemente eram recebidas atualizações automáticas de novos artigos contendo as palavras-chave que foram delimitadas no início da pesquisa, acelerando o processo de busca por informações. Todavia, foi observada uma escassez de dados sobre a Região X – Rio Doce, durante a revisão da literatura e durante a pesquisa de campo, também ocorreu uma escassez de dados, mas dessa vez, sobre as Regiões VII – Noroeste de Minas e VIII – Norte de Minas, dificultando a análise e comparação dos laticínios dessas regiões.

A revisão da literatura (2011-2023) apontou um consenso entre vários autores, os quais afirmaram que os principais impactos ambientais causados por laticínios no Estado de Minas Gerais são: A geração de efluentes, de resíduos sólidos e de emissões atmosféricas, seguida do alto consumo de recursos naturais (água, energia elétrica, lenha e combustíveis). Entretanto, a análise dos dados da pesquisa de campo (2022-2023) gerou informações que discordaram da literatura referenciada, demonstrando que, na atualidade (2024), os principais impactos ambientais gerados por laticínios em MG são:

- Consumo de água sem outorga (18,31%);
- Funcionar sem licenciamento ambiental (18,31%);
- Lançar efluentes sem tratamento diretamente sobre o solo (13,15%); e
- Consumo de produtos da flora sem registro no IEF (12,68%), que se relaciona intimamente com o maior problema ambiental do Estado – o desmatamento.

Todavia, se faz importante esclarecer que os resultados da revisão de literatura e da pesquisa de campo, não devem ser encarados como opositores, mas sim, como informações que se complementam e juntas, explicam melhor a realidade dos laticínios de Minas Gerais.

O Estado de Minas Gerais concentra a maior produção de leite do Brasil (27,22%) e até abril de 2024, possuía 1234 laticínios registrados. Trata-se, portanto,

de uma atividade de expressiva presença no Estado. Sendo observado que os laticínios causadores dos impactos ambientais elencados, compartilham dos mesmos problemas centrais – a falta de uma gestão técnica e qualificada, a falta de investimentos em tecnologia e a falta de uma melhor capacitação das pessoas e suas equipes de trabalho. Fato esse, que gera queda na qualidade e disponibilidade de produtos lácteos ao mercado consumidor, mas que, por outro lado, gera boas oportunidades de trabalho aos profissionais da área de gestão ambiental. Nesse sentido, a região X – Rio Doce, merece destaque positivo, pela maioria de boas ações de gestão implementadas por seus laticínios.

Como sugestão para novas pesquisas, a metodologia RBS *Roadmap* ou a metodologia descrita no Apêndice “D”, podem ser aplicadas a outros setores agroindustriais, gerando novas informações e perspectivas para balizar novas políticas públicas, orientar os profissionais da área para os problemas reais de cada setor e aproximar os órgãos ambientais da realidade dos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Resolução nº 130, de 11 de novembro de 2019**. Estabelece condições específicas a serem observadas na prestação dos serviços públicos de esgotamento sanitário [...]. Belo Horizonte: ARSAE-MG, 11 nov. 2019. Disponível em: https://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/2019/Resolu%20ARSAE_MG%20n130.2019_Esgoto.pdf. Acesso em: 20 fev. 2024.

ALVES, Elisangela da Silva; ALVES, Leandro Vitor; RAMOS, Paulize Honorato. Caracterização físico-química do efluente industrial gerado pelo laticínio do IFSULDEMINAS, campus Machado/MG. *In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 15.; SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 12., DO IFSULDEMINAS, 2023, Muzambinho, MG. **Anais** [...] Muzambinho, MG: IFSULDEMINAS, 2023.

ALVES, Leandro Vitor. Licenciamento ambiental: um estudo do processo de obtenção da licença ambiental no Estado de Minas Gerais. **Revista Gestão e Conhecimento**, Poços de Caldas, MG, v. 7, n. 2, p. 1-81, dez. 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/s/5ef7a4540e?source=link>. Acesso em: 17 maio 2023.

ALVES, Wilson da Silva. Análise do tratamento de efluentes em uma indústria de produtos alimentícios: um estudo de caso. **Revista Agrarian Academy**, Goiânia, GO, v. 4, n. 7, p. 49-62, 2017.

ANDRADE, Laura Hamdan. **Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso**. 2011. 231 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NRB 10.004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSUNÇÃO, Carine Clara Olímpia de *et al.* Perfil da destinação do soro de leite na cidade de Barbacena e microrregião – Minas Gerais. **Research Society and Development**, v. 11, n. 14, 2022.

BARBOSA, Bruna Borges Côrtes de Castro *et al.* A inovação ambiental em laticínios segundo seus gestores: um estudo na região do Alto Paranaíba-MG. **Revista RASI: Administração, Sociedade e Inovação**, Volta Redonda, RJ, v. 5, n. 3, p. 38-54, 2019.

BARBOSA, Claudety Saraiva *et al.* Aspectos e impactos ambientais envolvidos em um laticínio de pequeno porte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, MG, v. 64, n. 366, p. 28-35, 2013.

BEZERRA, Andreza Maiara Silva. **Avaliação de impacto ambiental em uma agroindústria de laticínios no município de Currais Novos – RN**. 2017. 118 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, 2017.

BORGES, Thayná Nunes; COSTA, Raíssa Miranda; GONTIJO, Hebert Medeiros. Caracterização do efluente de uma indústria de laticínios: proposta de tratamento. **Research, Society and Development**, Itajubá, MG, v. 8, n. 1, 2019.

BOUFLEUR, Caroline de Pietro. **Aplicabilidade da certificação de gestão ambiental e responsabilidade social nas atividades do agronegócio em Cruz Alta, RS**. 2022. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, RS, 2022.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 mar. 1 jun. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 13 maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 ago. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10468.htm. Acesso em: 25 dez. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 4 fev. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 12 dez. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 10 nov. 2023.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; ROCHA, Denis Teixeira da. Desafios para a competitividade internacional. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2019**. São Paulo, SP: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>. Acesso em: 3 maio 2023.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; ROCHA, Denis Teixeira da. Recuos na oferta e demanda: a trajetória do leite em 2021. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CASEIRO, Klenna Livia Gomes Peixoto. **Uso de lodo de indústria de laticínios no sorgo granífero cultivado em casa de vegetação**. 2019, 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE, 2019.

CIDÓN, Camila Fritzen; THEIS, Vanessa; SCHREIBER, Dusan. Diagnóstico ambiental em uma empresa de laticínio baseado em indicadores ambientais. **Exacta Engenharia de Produção**, v. 21, n. 1, p. 270-296, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/19250>. Acesso em: 10 jan. 2024.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 8., 2011, Porto Alegre, RS. **Anais [...]** Porto Alegre, RS: UFRGS, 2011.

CONRAD, Amanda *et al.* **Produção de ácido láctico a partir do soro de leite: uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos**. 2023. 328 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2023.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (MG); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022**. 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, e dá outras providências. Belo Horizonte, MG: COPAM-CERH, 2 dez. 2022. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (MG). **Deliberação Normativa COPAM/MG nº 187, de 19 de setembro de 2013**. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências. Belo Horizonte, MG: COPAM, 20 set. 2013. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=29875>. Acesso em: 11 mar. 2024.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (MG). **Deliberação Normativa COPAM/MG nº 217, de 6 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte, MG: COPAM, 08

dez. 2017. Disponível em:

<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 26 jan. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Brasília, DF: CONAMA, 22 nov. 2002. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=331. Acesso em: 30 out 2023.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **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, e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 10 jun. 2023

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF: CONAMA, 17 maio 2011. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 10 jun. 2023

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF: CONAMA, 21 nov. 2018. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766. Acesso em: 11 mar. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de bio-sólido em solos, e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 21 ago. 2020. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 10 jun. 2023

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (BRASIL). **Resolução nº 503, de 14 de dezembro de 2021**. Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Brasília, DF: CONAMA, 23 dez. 2021. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 10 jun. 2023

DIAS, Ozanan de Almeida *et al.* Lodos Industriais de laticínios: requisitos para disposição no solo. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9., 2017, Belo Horizonte, MG. **Anais** [...] Belo Horizonte, MG: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2017.

DINIZ, Fábio Homero. Objetivos de desenvolvimento sustentável: oportunidades para as empresas lácteas. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2021**. São Paulo, SP: Texto Comunicação

Corporativa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-saude-unica-e-total>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FAVARETTO, Danúbia Paula Cadore *et al.* Análise técnica do processo de tratamento de efluentes de empresa de laticínios da região de Passo Fundo/RS. **Revista CIATEC-UFP**, Passo Fundo, RS, v. 7, n. 2, p. 18-30, 2015.

FELDER, Clovis, AZZOLINI, José Carlos. Estudo de viabilidade de queima de resíduos originários da indústria de laticínio. **Revista Unoesc & Ciência**, Joaçaba, SC, v. 4, n. 1, p. 71–84, 2013.

FERNANDES, Elizabeth Nogueira. Eficiência é o que faz o produtor ser competitivo. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

FERNANDES, Elizabeth Nogueira. O setor leiteiro é sensacional. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2023**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>. Acesso em: 14 ago. 2023.

FERREIRA, Eric Batista; OLIVEIRA, Marcelo Silva de. **Introdução a estatística com R**. Alfenas: UNIFAL, 2020.

FREIRE, Aline Moura *et al.* Ocorrência de pigmentação azul em queijo minas frescal causada por pseudomonas. **Revista GeTec**, Monte Carmelo, MG, v. 12, n. 37, p. 1-8, 2023.

FREIRE, Sidnei do Amaral *et al.* Mapeamento de produções científicas sobre leite de descarte. **Revista Contemporânea**, Maringá, PR, v. 3, n. 3, p. 2520-2529, 2023.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (MG); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS; SINDICATO DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DE MINAS GERAIS. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínio**. Belo Horizonte, MG: FEAM, 2014.

GAVLAK, Guilherme *et al.* Tratamento do efluente da indústria de laticínios por biorreator a membrana de leito móvel misto: avaliação na remoção de demanda química de oxigênio e fenol. *In*: GUIMARÃES, Osvaldo Sena (org.). **Engenharia, gestão e inovação**. Belo Horizonte, MG: Poisson, 2022, v. 2, cap. 6, p. 62-67.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2002.

HENARES, Juliana Ferreira. **Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento**. 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia

de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2015.

HORDONES, Nayara Cristina de Oliveira. **Avaliação da qualidade da água por meio de índices numéricos: um estudo de caso do córrego Brejo Alegre em Araguari (MG)**. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2022.

HOTT, Marcos Cicarini; ANDRADE, Ricardo Guimarães; MAGALHÃES JÚNIOR, Walter Coelho Pereira de. Produção de leite no Brasil por estados e regiões. *In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Anuário Leite 2023*. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>. Acesso em: 14 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do espaço rural brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Minas Gerais: panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 10 jan. 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (MG). Portaria IEF nº 125, de 23 de novembro de 2020. Dispõe sobre o registro obrigatório e a renovação do cadastro de pessoas físicas e jurídicas que exerçam atividades relativas à flora, e que comercializem, portem ou utilizem motosserras no Estado de Minas Gerais. **Diário Oficial Eletrônico Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG: IEF, 24 nov. 2020. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52941>. Acesso em: 26 fev. 2024.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria IGAM nº 48, de 4 de outubro de 2019. Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Oficial Eletrônico Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG: IGAM, 5 out. 2019. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>. Acesso em: 27 dez. 2023.

JERÔNIMO, Carlos Enrique de Medeiros *et al.* Qualidade ambiental e sanitária das indústrias de laticínios do município de Mossoró-RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, RS, v. 7, n. 7, p. 1349-1356, 2012.

LERVOLINO, Luiz Fernando. Aproveitamento e destinação do lodo. **Portal tratamento de água**, São Paulo, SP: H2O Engenharia. 2021. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/aproveitamento-destinacao-lodo/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2. ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

LIMA, Igor Duarte Rosa. Uma atividade sustentável: produção de sabão a partir da gordura gerada no processo produtivo de um laticínio. *In*: PANIAGUA, Cleiseano Emanuel da Silva (org.). **Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. cap. 9, p. 102-115.

LONGARETTI, Gabriela *et al.* Revisão sobre o tratamento de efluentes industriais contendo alto teor de lipídeos. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 5., 2016, Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]**. Bento Gonçalves, RS: UNOCHAPECÓ, 2016.

LUCAS, Renata Machado. **Utilização de resíduos agroindustriais na produção de bebidas fermentadas com grãos de kefir**. 2022. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, RS, 2022.

MACHADO, Paulo; LIMA, Augusto. CCS: indicadores de análises não avançam. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2018**. São Paulo, SP: Texto Comunicação Corporativa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro> Acesso em: 3 maio 2023.

MARTINS, Paulo do Carmo *et al.* A renda do produtor de leite durante a pandemia. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MATOS, Antônio Teixeira de. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.

MATOS, Mateus Pimentel *et al.* Demanda bioquímica de oxigênio em diferentes tempos de incubação das amostras. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 280-286, 2013.

MENDES, Hérick Claudino. **Atributos químicos de um argissolo irrigado com efluente de laticínios diluído no semiárido potiguar**. 2018. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2018.

MENDONÇA, Moisés de Souza *et al.* **Agronegócio e sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão**. Castanhal, PA: Editora Científica Digital, 2021.

MINAS GERAIS. Decreto n° 47.383, de 2 de março de 2018. Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. **Diário Oficial Eletrônico Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 3 mar. 2018. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45918>. Acesso em 12 dez. 2023.

MINAS GERAIS. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Infrações ambientais cometidas por laticínios no Estado de Minas Gerais de 2022 a 2023**. Belo Horizonte, MG: NAI/SEMAD-MG, 10 jan. 2024.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. **Geografia: regiões de planejamento**. Belo Horizonte, MG: SEPLAG, 1995. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pagina/geografia>. Acesso em: 10 jun. 2023.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: ONU Brasil, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 27 dez. 2023.

NEIVA, Rubens. Reduzir emissões de carbono: novo desafio para o setor leiteiro. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

NOVO, André Luiz Monteiro. Assistência técnica revela potencial da produção de leite. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2018**. São Paulo, SP: Texto Comunicação Corporativa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro>. Acesso em: 3 maio 2023.

OLIVEIRA, Samuel José de Magalhães *et al.* Inflação do leite de 2020 a 2022. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OTENIO, Marcelo Henrique. Uso racional da água e o manejo dos efluentes. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2020**. São Paulo, SP: Texto Comunicação Corporativa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>. Acesso em: 10 mar. 2023.

POKRYWIECKI, Ticiane Sauer *et al.* Avaliação de processos de tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, PR, v. 11, p. 155–161, 2013.

RABELO, Wanderley Alves. Implantação de sistema de gestão ambiental em uma indústria de laticínios. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas, SP. **Anais [...]**. São Paulo, SP: ABAS, 2016.

REBOUÇAS, Samantha Jamilly Silva. **Desenvolvimento de bebida láctea sabor goiaba à base de soro do leite enriquecida com probióticos: uma possível aliada na disbiose em praticantes de exercício físico extenuante**. 2022. 60 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Faculdade de Enfermagem Nova Esperança de Mossoró, Mossoró, RN, 2022.

REIS, Eduardo Almeida. **As vacas leiteiras e os animais que as possuem**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Nobel, 1998.

RENTERO, Nelson. Carta ao leitor. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2023**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SANTOS, Fábio Ferreira; QUEIROZ, Rita de Cássia Souza de; ALMEIDA NETO, José Adolfo de. Avaliação da aplicação das técnicas da produção mais limpa em um laticínio no sul da Bahia. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, SP, v. 25, n. 1, p. 117-131, 2018.

SARAIVA, Claudety Barbosa *et al.* Aspectos ambientais da produção do queijo minas artesanal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 388. p. 41-47, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. **Consulta de decisões de processos de licenciamento ambiental**. Belo Horizonte, MG: SEMAD-MG, 2023a. Disponível em: <http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>. Acesso em: 27 dez. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. **Operação Lactose fiscaliza produção de laticínios no Sul de Minas**. Belo Horizonte, MG: SEMAD-MG, 2023b. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/5515—operacao-lactose-fiscaliza-producao-de-laticinios-no-sul-de-minas>. Acesso em: 24 abr. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. **Sistema integrado de informações ambientais: SIAM**. Belo Horizonte, MG: SEMAD-MG, 2023c e 2024. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>. Acesso em: 10 jan. 2023 e 2 abr. 2024.

SILVA, Alice Giffoni Vieira. **Estudo da cadeia agroindustrial do leite cru refrigerado: análise de indicadores da qualidade da matéria-prima**. 2022. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2022.

SILVA, Ana Cristina Ferreira Moreira da *et al.* Tratamento de resíduo líquido de laticínios utilizando caixas de gordura e reator anaeróbico compartimentado seguido de leitões cultivados. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, MG, v. 7, n. 3, p. 21-30, set. 2015.

SILVA, César Augusto Santos. **Gestão da cadeia de suprimentos em uma indústria de laticínios do triângulo mineiro: um estudo de caso**. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2023.

SILVA, Danilo José Pereira da. Resíduos na indústria de laticínios. *In*: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Série Sistema de Gestão Ambiental**. Viçosa, MG: UFV, 2011a. Disponível em: <https://xdocz.com.br/doc/residuos-na-industria-de-laticiniospdf-zo2310l03p8m>. Acesso em: 22 jan. 2023.

SILVA, Danilo José Pereira da. **Sistema de gestão ambiental para a indústria de laticínios**. 2011b. 194 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

SILVA, Edson Faria da; MARTINEZ, Mauro Aparecido. Demanda bioquímica de oxigênio em diferentes tempos de incubação das amostras. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3. p. 280-286, 2013.

SILVA, Ivys Antônio Juvino da. **Aproveitamento do soro de ricota no desenvolvimento de uma bebida isotônica saborizada com acerola (malpighia emarginata DC) e capim cidreira (cymbopogon citratus DC)**. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2022.

SILVA, Michel Almeida da *et al.* A problemática ambiental decorrente dos resíduos sólidos gerados no processo produtivo do queijo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 10, n. 5, p. 01-06, 2015.

SILVA, Roselir Ribeiro da; SIQUEIRA, Eduardo Queija de; NOGUEIRA, Ina de Souza. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água da bacia do Rio Pomba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 217-228, 2018.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz. Lácteos funcionais em inovação constante. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2020**. São Paulo, SP: Texto Comunicação Corporativa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz. Leite e derivados: Novas tendências. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2019**. São Paulo, SP: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>. Acesso em: 3 maio 2023.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz; SCHETTINO, João Pedro Junqueira; VIEIRA, Marcel de Toledo. A saúde do consumidor e a opção por lácteos. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário Leite 2022**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (MG). **Infraestrutura de dados espaciais**. Belo Horizonte, MG: SISEMA-MG, 2024a. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 28 mar. 2024.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSO HÍDRICOS (MG). **Painel de indicadores SISEMA**. Belo Horizonte, MG: SISEMA-MG, 2023a e 2024b. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiOThhNzgyMTQtNGU5Ny00Mzk0LWlzODItNDg3Nzk2MDImYmEylwiwidCI6IjkyNGY5ODQ3LTI0MmUtNGE5YS04OTEzLTIiNDM2NDliOWVhYSJ9>. Acesso em: 10 set. 2023 e 29 mar. 2024.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSO HÍDRICOS (MG). **Portal da transparência do meio ambiente**: Controle de autos de infração e processos. Belo Horizonte, MG: SISEMA-MG, 2023b. Disponível em: <https://transparencia.meioambiente.mg.gov.br/AI/index.php>. Acesso em: 2 set. 2023.

SOUZA, Cláudia Fernanda Volken da; MOBAYED, Francielle Herrmann; ANDRADE, Bruna. Biofilme na indústria de laticínios. **Milk Point Ventures**, Piracicaba, SP, n. 215998, 17 nov. 2019. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/claudia-fernanda-souza/biofilme-na-industria-de-lacteos-215998/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

SOUZA, José Antônio Rodrigues de *et al.* Riscos de contaminação e os impactos pela disposição de efluente de laticínios em latossolo vermelho amarelo. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, SE, v. 11, n. 1, p. 54-62, 2020.

SOUZA, José Antônio Rodrigues de *et al.* Tratamento de lodo de laticínios com reúso de resíduos da agroindústria por processo de compostagem. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá, PR, v. 14, n. 4, p. 1045-1058, 2021.

TEIXEIRA, Carlos de Oliveira. **Efluentes de laticínios, enquadramento legal e a representação dos técnicos e gerentes**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2011.

TEIXEIRA, Gustavo Araújo; PIRES, Stephany Fray. Avaliação da etapa de purificação do leite através de coagulante orgânico à base de tanino. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 40., 2022, Uberlândia, MG. **Anais** [...]. Uberlândia, MG: UFTM, 2022.

TEIXEIRA, Paulo Társcy de Resende. **Aspectos ambientais e agronômicos da disposição de efluente de laticínios no solo**. 2020. 58 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) – Instituto Federal Goiano, Urutaí, GO, 2020.

TEIXEIRA, Paulo Társcy de Resende *et al.* Análise do índice de saturação por sódio em latossolo vermelho fertirrigado com efluente de laticínios. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, SE, v. 11, n. 5, p. 83-89, 2020.

VAZ, Lohame Lopes *et al.* Tecnologia aplicada ao tratamento de efluentes industriais de um laticínio. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 37., 2017, Joinville, SC. **Anais** [...]. Joinville, SC: ENEGEP, 2017.

VIANA, Cíntia Clara; MENDONÇA, Henrique Vieira de; OTENIO, Marcelo Henrique. Efluente de laticínios: Qual tecnologia aplicar para tratamento? **Repositório Alice**, Brasília, DF, v. 25, n. 150, p. 68-71, 2021. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1134245>. Acesso em 06 abr. 2023.

VIANA, Leandro Gomes; CRUZ, Patrícia Silva. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais. *In: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 4., 2016, Cruz das Almas, BA, **Anais** [...]. Cruz das Almas, BA: COBESA, 2016.

VIZÚ, Juliana de Fátima. **Adubos verdes irrigados com efluente tratado de laticínio e cultivo em sucessão da alface e beterraba em consórcio**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, 2018.

ZIEMANN, Filipe Pacheco. **Percepção dos consumidores de queijo sem inspeção sanitária oficial no Rio Grande do Sul**. 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula, RS, 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DE EFLUENTES

Analisar frequentemente a qualidade dos efluentes gerados é uma obrigação legal, sanitária e ambiental, uma vez que, todo empreendimento deve dar-lhes tratamento e destinação adequada (CONAMA, 2011), mas para decidir qual será essa “forma mais adequada”, é necessário primeiramente conhecer suas características físicas, químicas e biológicas (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Assim sendo, segue uma lista das análises, dados e interpretações pertinentes a atividade denominada “Laticínio”, mas que podem ser extrapoladas para outros tipos de empreendimentos geradores de efluentes.

a) Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

É o parâmetro mais utilizados para avaliar a carga orgânica presente nos efluentes de uma indústria (FEAM, 2014). Está diretamente relacionada a presença de matéria orgânica biodegradável e ao consumo de oxigênio para sua decomposição (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Através de sua análise é possível definir o tipo de tratamento mais adequado ao efluente (Saraiva *et al.*, 2012). Assim, a DBO é fundamental no monitoramento e dimensionamento de sistemas de tratamentos, principalmente o biológico (Matos *et al.*, 2013).

Em laticínios, altos valores desse parâmetro indicam falhas no processamento e perda de gordura do leite (Silva, 2011a). Segundo Henares (2015), a DBO do leite integral é de aproximadamente 110.000 mg.L⁻¹ e segundo Libânio (2008, p. 49), nas águas naturais a DBO é inferior a 5 mg.L⁻¹. Ao longo do tempo, alguns autores se dedicaram a quantificar a DBO de laticínios de todos os portes e tipos de produção. Resumidamente, esses foram os valores de DBO se encontram organizados no próximo Quadro 6.

Libânio (2008, p. 49) aponta que corpos receptores de efluentes domésticos, industriais, ou com lixiviação de excrementos de animais, comumente apresentam uma DBO na ordem de 200 a 400 mg.L⁻¹. Borges, Costa e Gontijo (2019) afirmam que altos teores de DBO, como os apresentados no quadro 6 (1.067 mg.L⁻¹), podem ser extremamente prejudiciais aos corpos hídricos, ocasionando o esgotamento do oxigênio dissolvido na água e acarretando o extermínio da vida aquática nas

proximidades do local de lançamento do efluente não tratado. Opinião essa, que concorda com a pesquisa de Alves (2017), que constatou que uma DBO de 997 mg.L⁻¹ já possui a capacidade de causar alterações nos corpos hídricos e grandes impactos no ambientais. Além disso, parte da matéria orgânica em suspensão tende a sedimentar e formar lodo no fundo dos corpos hídricos, sendo decomposta aos poucos e gerando gás carbônico, metano e outros compostos prejudiciais a vida aquática (Vaz *et al.*, 2017).

Quadro 6 – DBO em efluente bruto de laticínios

Mínimo (mg.L ⁻¹)	Média (mg.L ⁻¹)	Máximo (mg.L ⁻¹)	Referência
-----	≤ 5	-----	Libânio (2008) – Águas Naturais
326	-----	2695	Saraiva <i>et al.</i> (2012)
-----	972	-----	Pokrywiecki <i>et al.</i> (2013)
-----	997	-----	Alves (2017)
-----	1067	-----	Borges, Costa e Gontijo (2019)
-----	1033	-----	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011a)
1200	-----	1578	Rabelo (2016)
-----	3374	-----	Souza <i>et al.</i> (2020)
-----	3487	-----	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
-----	4155	-----	Henares (2015)
-----	5247	-----	Silva, Siqueira e Nogueira (2018)
-----	8139	-----	Alves, Alves e Ramos (2023)
-----	8406	-----	Silva A. <i>et al.</i> (2015)
28494	-----	35106	Sandim (2018) <i>apud</i> Assunção <i>et al.</i> (2019)
25000	-----	80000	Conrad <i>et al.</i> (2023)
-----	-----	110000	Henares (2015) – Leite Integral

Fonte: Autor (2024).

A legislação ambiental do Estado de Minas Gerais prevê que o padrão de lançamento de DBO₅²⁰ (5 dias a 20°C (graus Celsius)), em corpos hídricos é de até 60 mg.L⁻¹, ou que o tratamento elimine no mínimo 85% dos poluentes e apresente média anual ≥ 90% (COPAM-CERH, 2022).

b) Demanda Química de Oxigênio – DQO

Borges, Costa e Gontijo (2019), consideram que a DQO é um dos parâmetros mais importantes para a determinação do grau de poluição da água. Henares (2015) e Rabelo (2016) definem a DQO como a medição da quantidade de oxigênio dissolvido na água que é consumido durante a degradação da matéria orgânica por meio de agentes químicos. O aumento da concertação de DQO em corpos hídricos indica a proximidade de pontos de lançamento de efluentes de origem sanitária e/ou industrial (Hordones, 2022, p. 81).

Em laticínios, são comuns altos valores de DQO no efluente bruto, em razão grande quantidade de matéria orgânica do leite e outros ingredientes usados nos processos produtivos (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Segundo Henares (2015), a DQO do leite integral é de aproximadamente 210.000 mg.L⁻¹.

Assim com ocorreu com a DBO, vários autores também quantificaram a DQO em seus estudos em diferentes tipos de laticínios, sendo os valores apresentados no Quadro 7:

Quadro 7 – DQO em efluente bruto de laticínios

Mínimo (mg.L ⁻¹)	Média (mg.L ⁻¹)	Máximo (mg.L ⁻¹)	Referência
273	-----	3510	Saraiva <i>et al.</i> (2012)
-----	1016	-----	Gavlak <i>et al.</i> (2022)
-----	1937	-----	Alves (2017)
-----	2267	-----	Pokrywiecki <i>et al.</i> (2013)
3077	-----	3498	Rabelo (2016)
-----	3567	-----	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011a)
-----	3698	-----	Borges, Costa e Gontijo (2019)
-----	7045	-----	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
-----	8437	-----	Souza <i>et al.</i> (2020)
-----	11151	-----	Henares (2015)
-----	25000	-----	Alves, Alves e Ramos (2023)
-----	-----	210000	Henares (2015) – Leite Integral

Fonte: Autor (2024).

Assim como ocorre com a DBO, altos teores de DQO indicam grandes quantidades de matéria orgânica no efluente gerado pelos laticínios, e quando

lançado sem o devido tratamento nos corpos receptores, causam a diminuição excessiva do oxigênio dissolvido na água, resultando na eutrofização do meio aquático (Gavlak *et al.*, 2022, p. 63). Henares (2015) constatou que 0,23 mg.L⁻¹ de oxigênio dissolvido na água, configura o limite mínimo necessário para o crescimento de microrganismos aeróbios.

A legislação prevê que o padrão de lançamento de DQO em corpos hídricos é de até 180 mg.L⁻¹, ou que o tratamento elimine no mínimo 80% dos poluentes e apresente média anual $\geq 85\%$ (COPAM-CERH, 2022).

c) A Razão DBO/DQO x Razão DQO/DBO

Conforme Libânio (2008, p. 49): “a DBO refere-se à matéria orgânica passível de ser estabilizada biologicamente, enquanto a DQO engloba a parcela estabilizada quimicamente, tendo, portanto, valor sempre superior”. Informação essa, que se mostrou verdadeira, diante da comparação entre DBO's e DQO's encontradas na literatura e apresentadas no próximo Quadro 8.

Quadro 8 – DBO x DQO em efluente bruto de laticínios

DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	Razão DBO/DQO	Razão DQO/DBO	Referência
1033	3567	0,29	3,45	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011 a)
1067	3698	0,29	3,47	Borges, Costa e Gontijo (2019)
8139	25000	0,33	3,07	Alves, Alves e Ramos (2023)
4155	11151	0,37	2,68	Henares (2015)
3374	8437	0,40	2,50	Souza <i>et al.</i> (2020)
972	2267	0,43	2,33	Pokrywiecki <i>et al.</i> (2013)
1578	3498	0,45	2,22	Rabelo (2016)
3487	7045	0,49	2,02	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
997	1937	0,51	1,94	Alves (2017)
2695	3510	0,77	1,30	Saraiva <i>et al.</i> (2012)

Fonte: Autor (2024).

Normalmente, a relação entre DBO/DQO nos laticínios, obtêm razões entre 0,50 a 0,70. Assim, quanto maior for a razão, maior a quantidade de matéria orgânica presente no efluente e mais indicado será o uso de tratamentos baseados em métodos biológicos. Uma razão, abaixo dessa faixa (<0,50) indica altas

quantidades de detergentes, sanitizantes, cloro (Machado, 2002 *apud* Saraiva *et al.*, 2012), amônia e outros compostos de difícil degradabilidade (Henares, 2015). Ainda, segundo Matos *et al.* (2013), essa razão tende a ser próxima de 0,50 nos laticínios. Porém, observando os resultados coletados, apenas o laticínio pesquisado por Alves (2017) estaria dentro da faixa sugerida de 0,50-0,70.

Ao contrário do primeiro caso, outros autores preferem usar a relação DQO/DBO em suas análises. Dessa forma, quanto maior for a razão obtida, menor será a quantidade de matéria orgânica existente no efluente (Hordones, 2022, p. 81). Borges, Costa, e Gontijo (2019) analisando o trabalho de Jardim *et al.* (2004), verificaram que quando a razão DQO/DBO for:

$< 2,5$: Recomenda-se o Tratamento Biológico;

$\geq 2,5$ a $\leq 5,0$: O tipo de tratamento fica a critério do engenheiro responsável; e

$> 5,0$: Recomenda-se o Tratamento Físico-Químico.

d) Óleos e Graxas

Óleos e graxas compreendem, principalmente, gorduras animais, óleos vegetais e óleos minerais (Hordones, 2022, p. 41-42; 90). Nem todos os tipos efluentes apresentam esse parâmetro, mas é altamente recomendada sua análise em laticínios, onde o principal ingrediente é o leite (Henares, 2015). Apesar de ser comum encontrar altos valores desse parâmetro nos efluentes de laticínios (Borges; Costa; Gontijo, 2019), isso pode ser um indicativo de falhas no processamento do leite e perda de sua gordura, literalmente, pelo ralo (Rabelo, 2016). Quanto maior a quantidade de óleos e graxas presentes no efluente, mais lento será o processo de tratamento, uma vez que, são formados por moléculas muito grandes e de lenta degradabilidade, o que pode exigir o uso de biosurfactantes para acelerar o processo de tratamento (Henares, 2015).

Quando lançados de forma inadequada e em grandes concentrações nos corpos hídricos formam uma camada de gordura sobre a água, diminuindo ou impedindo as trocas gasosas entre a água e o ar atmosférico, levando a redução do oxigênio dissolvido na água e resultando na morte da vida aquática e prejuízos ao ecossistema (Longaretti *et al.*, 2016). Nos mananciais de abastecimento público, causam diversos problemas no tratamento da água em virtude de sua baixa

solubilidade, e em razão de seu potencial de toxicidade e bioacumulação, prejudicam às populações ribeirinhas, provocando danos irreparáveis na saúde humana, fauna e flora (Hordones, 2022, p. 41-42; 90).

Os valores de óleos e graxas encontrados na literatura foram (Quadro 9):

Quadro 9 – Óleos e Graxas em efluente bruto de laticínios

Qtd. (mg.L ⁻¹)	Referência
22 a 201	Saraiva <i>et al.</i> (2012)
84	Alves (2017)
278	Borges, Costa e Gontijo (2019)
414	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011a)
513	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
987	Henares (2015)
4439	Alves, Alves e Ramos (2023)
892 a 4592	Rabelo (2016)

Fonte: Autor (2024).

A legislação prevê que o padrão de lançamento de óleos e graxas em corpos hídricos é de até 50 mg.L⁻¹ quando se tratar de óleos vegetais e gorduras animais, e de até 20 mg.L⁻¹ quando se tratar de óleos minerais (COPAM-CERH, 2022).

e) pH e Temperatura

O Potencial Hidrogeniônico (pH) e a Temperatura são fatores que influenciam diretamente no crescimento microbológico e podem inviabilizar o funcionamento das Estações de Tratamento de Efluentes – ETE's (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018).

O pH é um parâmetro extremamente importante nos estudos de qualidade dos recursos hídricos, pois estabelece o equilíbrio químico que ocorre naturalmente em ambientes aquáticos e também, dentro das ETE's. A temperatura influencia diversos parâmetros físico-químicos da água. Os seres aquáticos, quando em ambientes de temperatura alterada, tem seu crescimento e reprodução afetados. Quando há o aumento significativo da temperatura, ocorrem variações físicas, químicas e biológicas, e os seres aquáticos têm sua respiração prejudicada pela brusca redução do oxigênio dissolvido na água. Assim, percebe-se que, em águas

mais frias, há uma melhor disponibilidade de oxigênio dissolvido (Hordones, 2022, p. 38; 57; 63; 75).

Para que os tratamentos baseados em métodos biológicos funcionem bem, recomenda-se que o efluente esteja numa faixa de pH 7 a 9 e a temperatura esteja numa faixa de 20 a 40°C, assim, nessas condições, o ambiente não será tóxico aos microrganismos que decompõe a matéria orgânica (Henares, 2015).

Quando o pH se encontrar fora da faixa de 5 a 9 ocorrerá uma baixa eficiência da ETE. Quando abaixo de 5, será verificada uma elevada DBO e ausência do grupo coliformes (Silva; Siqueira; Nogueira, 2018), indicando também, um possível acúmulo de ácidos decorrentes do processo de degradação da matéria orgânica (Henares, 2015). Quando acima de 9, indicará alta quantidade de produtos químicos alcalinos (Rabelo, 2016).

Os valores de pH e Temperatura encontrados na literatura foram resumidos no Quadro 10:

Quadro 10 – pH e Temperatura de efluente bruto de laticínios

pH	T°C	Referência
4,3 a 4,6	-----	Conrad <i>et al.</i> (2023) “Soro Ácido”
4,5	23	Alves, Alves e Ramos (2023)
4,7	-----	Souza <i>et al.</i> (2020)
5,9 a 6,6	-----	Conrad <i>et al.</i> (2023) “Soro Doce”
7,5	24	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
7,8	-----	Mendes (2018)
8,1	-----	Pokrywiecki <i>et al.</i> (2013)
8,3	22,3	Henares (2015)
8,8	35,5	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011a)
8,9	23	Borges, Costa e Gontijo (2019)
9,7	-----	Rabelo (2016)

Fonte: Autor (2024).

A legislação estabelece que o efluente esteja numa faixa de pH de 5,0 a 9,0 para ser lançado em um corpo hídrico. Quanto a temperatura, deve ser menor que 40°C, “sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura” (COPAM-CERH, 2022).

f) Surfactantes

Os surfactantes MBAS⁴ (detergentes ou tensoativos) são os compostos que reagem com o corante azul de metileno em determinadas condições (Alves, 2017). Os surfactantes aniônicos são compostos muito utilizados na remoção de gorduras, limpeza do chão de fábrica, equipamentos e utensílios existentes nos laticínios. Quando lançado em corpo hídrico geram uma espuma persistente que impede a passagem dos raios solares, reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido na água e podendo causar a morte de seres aquáticos (Borges; Costa; Gontijo, 2019). Tanto os surfactantes ácidos, quanto os alcalinos, alteram as características dos efluentes, uma vez que alteram seu pH (Cídon; Theis; Schreiber, 2021).

Alguns surfactantes podem conter compostos fenólicos (fenol). Esses compostos raramente são removidos durante o tratamento biológico. Quando em contato com os corpos hídricos, afetam toda a biodiversidade e chegam até o ser humano, em razão de seu elevado poder de bioacumulação, podendo causar danos à saúde (Gavlak *et al.*, 2022, p. 63).

Cabe observar que nos últimos anos, houve um crescente uso de detergentes, uma vez que as famílias e as empresas passaram a adotar hábitos de higiene mais rígidos, na tentativa de combater o Coronavírus (Hordones, 2022, p. 92-93).

Os valores de surfactantes encontrados na literatura encontram-se no pequeno Quadro 11.

Quadro 11 – Surfactantes em efluente bruto de laticínio

Qtd. (mg.L ⁻¹)	Referência
4,94	Borges, Costa e Gontijo (2019)
20,1 a 29,7	Rabelo (2016)

Fonte: Autor (2024).

A legislação estabelece que o efluente pode conter no máximo 2,0 mg.L⁻¹ de MBAS para poderem ser lançados em corpos hídricos (COPAM-CERH, 2022).

⁴ MBAS – *Metilene Blue Active Substances*: Substâncias que reagem com o azul de metileno.

g) Sólidos Suspensos

Os Sólidos Suspensos Totais (SST) é um indicador da qualidade do efluente. São pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão na água e quanto menores, maior sua capacidade de permanecer na superfície dos corpos hídricos (Rabelo, 2016). Quanto maior for a sua quantidade, piores serão as condições do ambiente aquático (Matos *et al.*, 2013).

Em laticínios, são basicamente formados por caseína, gordura, cálcio e fosfatos, presentes na composição do leite (Favaretto *et al.*, 2015). Ao se aglomerarem, formam uma crosta superficial que pode impedir a penetração da luz solar e aumentar a temperatura das lagoas de estabilização, tornando o sistema de tratamento ineficiente pela redução de área útil e pela transformação do ambiente aeróbio em um ambiente anaeróbio (Henares, 2015).

A remoção de sólidos suspensos, coincide com a remoção de DQO, nitrogênio (caseína), fósforo, óleos e graxas (Favaretto *et al.*, 2015).

A legislação estabelece que o total de sólidos em suspensão não deve ultrapassar o valor de 100 mg.L-1 para lançamento de efluentes em cursos d'água e, no máximo, 150 mg.L-1 para lançamentos em lagoas de estabilização (COPAM-CERH, 2022).

Os valores de SST encontrados na literatura foram reunidos no Quadro 12.

Quadro 12 – Sólidos Suspensos Totais (SST) em efluente bruto de laticínios

Qtd. (mg.L-1)	Referência
268	Henares (2015)
470	Silva (2006) <i>apud</i> Silva (2011 a)
1352	Viana, Mendonça e Otenio (2021)
831,1 a 2674,1	Rabelo (2016)

Fonte: Autor (2024).

h) Fósforo e Nitrogênio

São macronutrientes essenciais à vida, mas que, em grandes quantidades causam toxicidade aos seres vivos (Henares, 2015).

Fósforo é um nutriente necessário para o desenvolvimento de plantas e animais aquáticos, mas também é um potencial eutrofizador do meio ambiente.

Quando presente em elevadas quantidades nos corpos hídricos, gera uma acentuada proliferação de algas, que aumentam a turbidez e impedem a penetração de luz solar no espelha d'água, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido e resultando em prejuízos a vida aquática, ao abastecimento público, a recreação e a preservação ambiental. Em esgoto doméstico é comum encontrar concentrações de fósforo que variam de 6 a 10 mg.L⁻¹ (Hordones, 2022, p. 63; 89). Em laticínios, são encontrados em quantidades elevadas e na forma de fosfatos, comumente associados a coloides de caseinatos e gordura (Favaretto *et al.*, 2015).

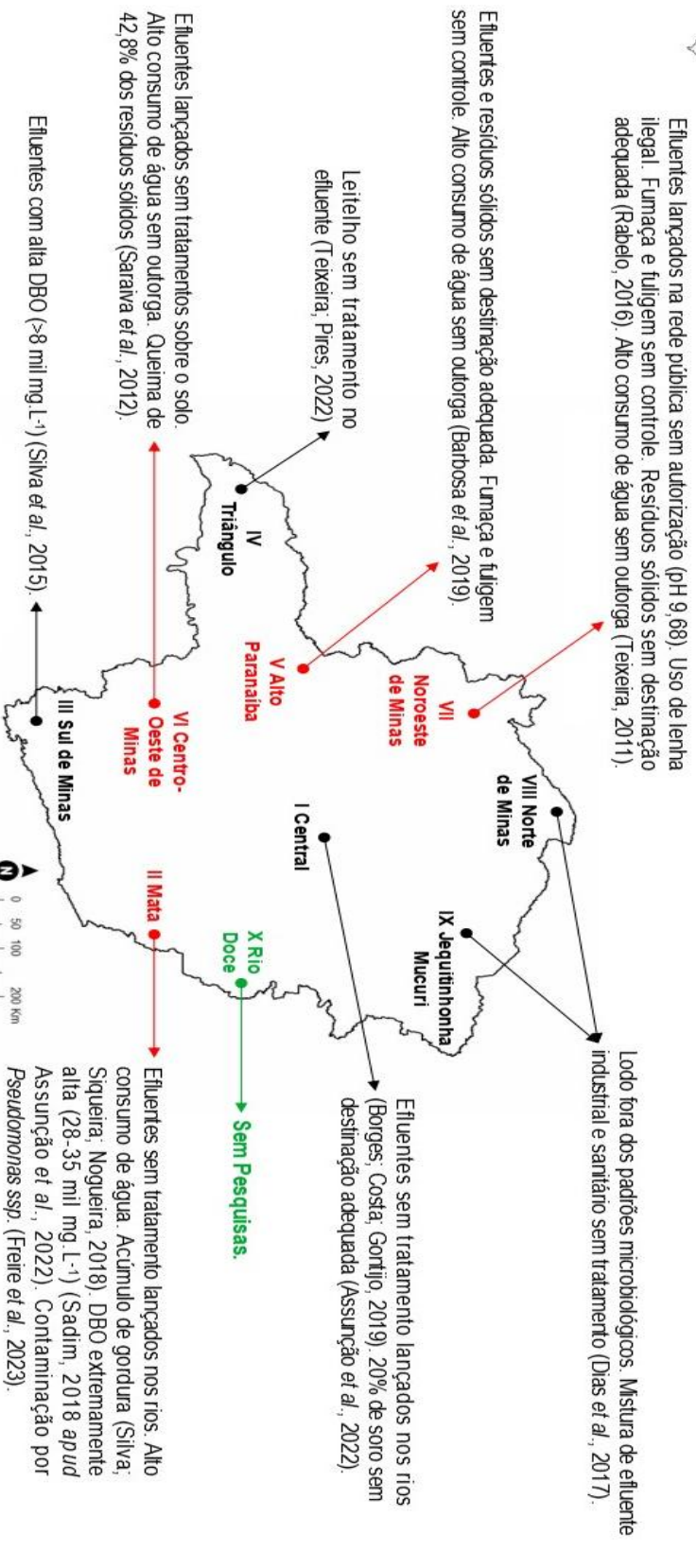
Os compostos nitrogenados possuem um alto potencial poluidor e também geram eutrofização de corpos d'água (Vaz *et al.*, 2017). Em análises, são determinados pela soma do nitrogênio amoniacal, orgânico, nitrito e nitrato (Hordones, 2022, p. 71). No meio ambiente, a presença de nitrogênio amoniacal indica um despejo recente e contínuo de efluentes, e por sua vez, nitrito e nitrato indicam a presença de um efluente mais antigo (Henares, 2015).

Os sistemas de tratamento físico-químicos se mostram mais adequados para a remoção de fósforo e nitrogênio dos efluentes de laticínios, conforme explicado por Favaretto *et al.* (2015). O limite para lançamento de Nitrogênio Amoniacal em corpos hídricos é de 20 mg.L⁻¹ e para lançamento de fósforo, esse valor varia conforme a classificação do corpo hídrico receptor (COPAM-CERH, 2022).

APÊNDICE B – MAPEAMENTO BASEADO NA LITERATURA REVISADA



MAPEAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS POR LATICÍNIOS EM MINAS GERAIS REVISÃO DE LITERATURA (2011-2023)



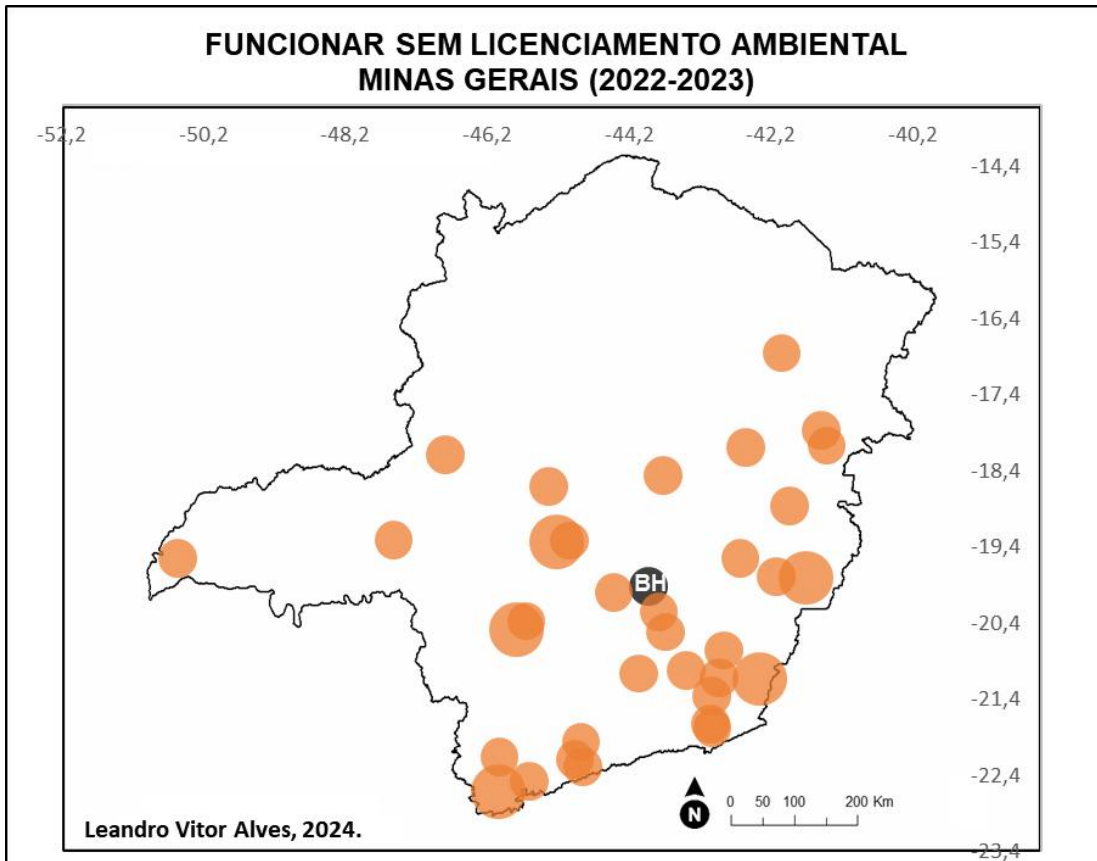
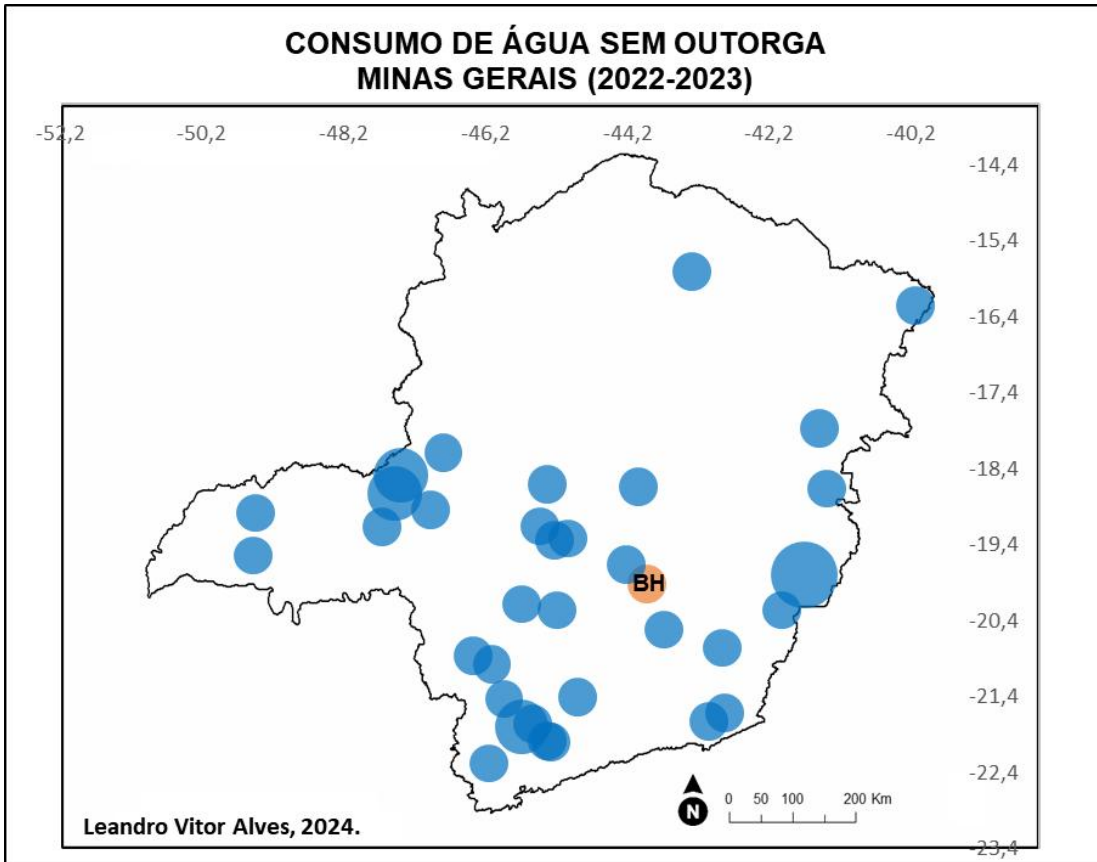
NOTA:

Principais impactos ambientais: Geração de efluentes, resíduos sólidos e emissões atmosféricas sem controle, bem como, o alto consumo de recursos naturais (água, energia elétrica, lenha e combustíveis). **Todos esses impactos foram observados nas Regiões II, V, VI e VII.** Em outras regiões, os impactos foram portuais. **Na região X não houveram pesquisas.**

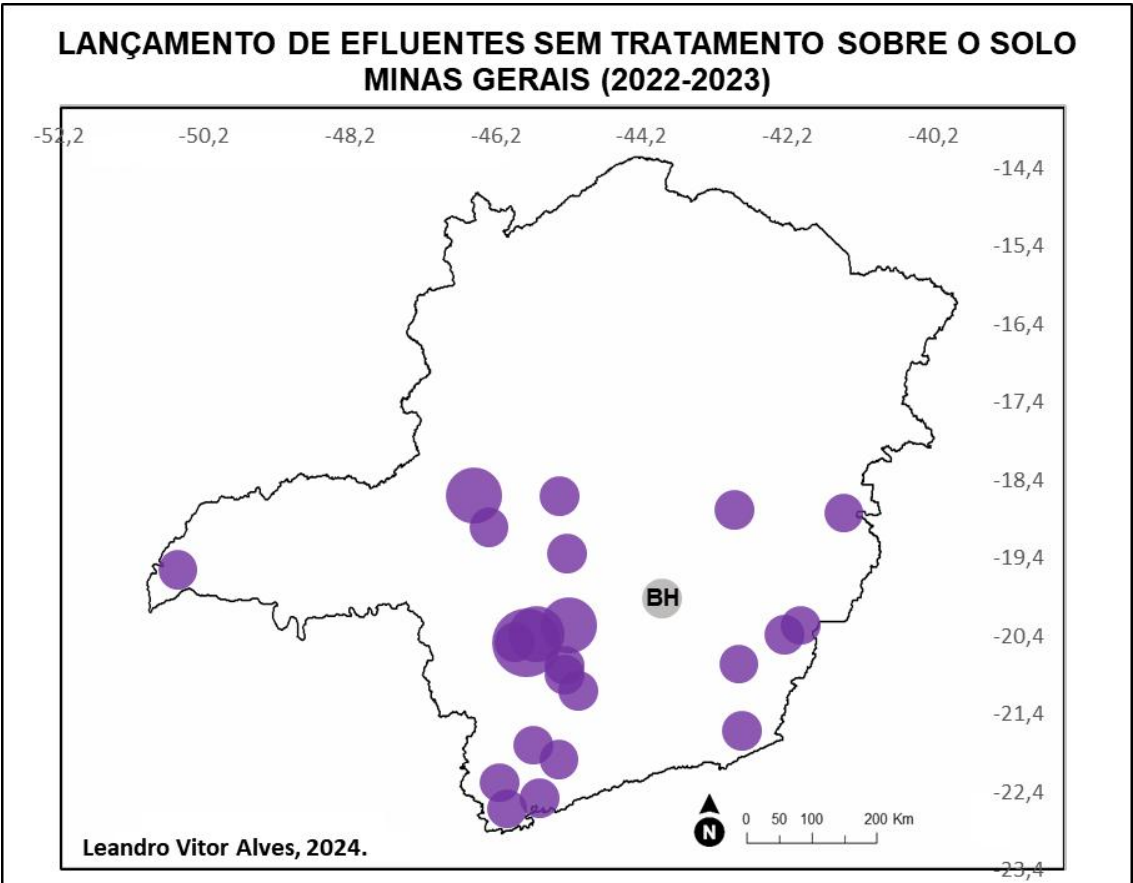
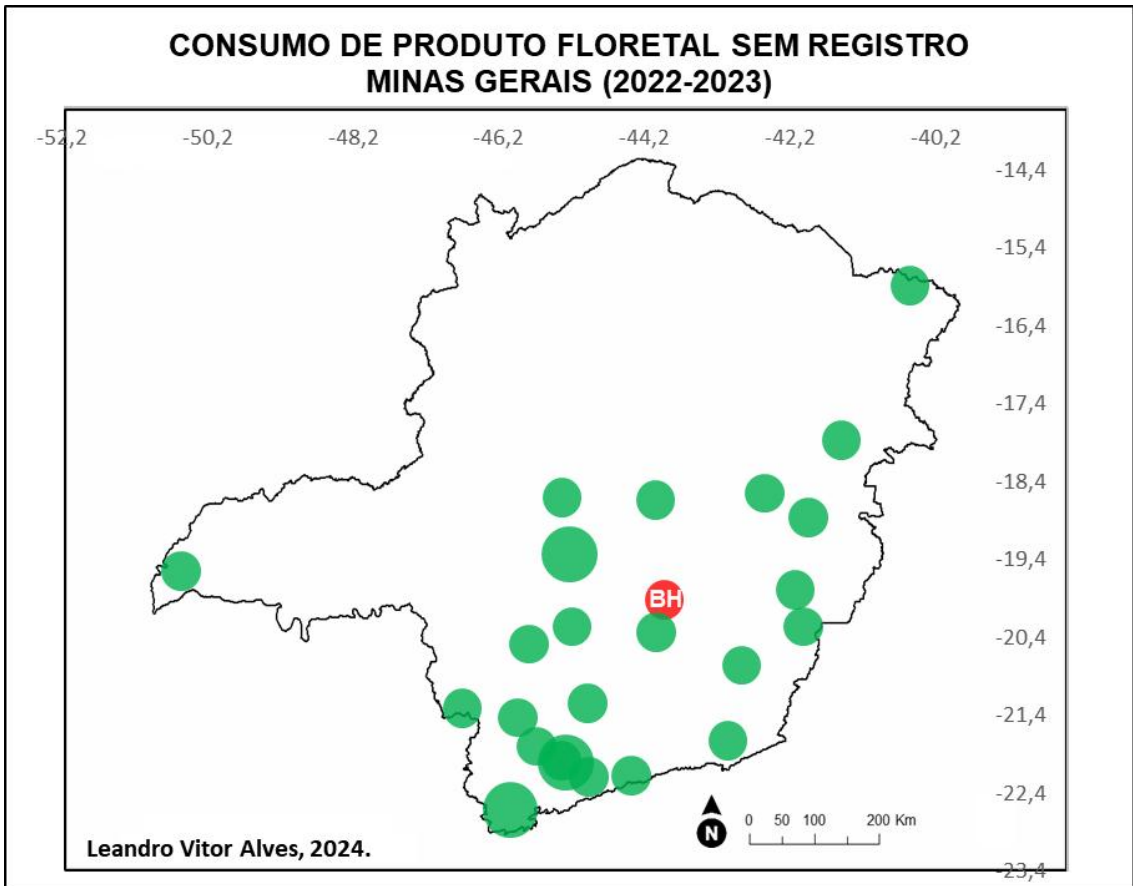
Leandro Vitor Alves, 2024.

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE C – MAPEAMENTO DA PESQUISA DE CAMPO (AMPLIAÇÃO)



Fonte: Autor (2024).



Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE D – METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS EM SISTEMAS DE ACESSO PÚBLICO DO ESTADO DE Minas Gerais

Para se realizar pesquisas sobre os impactos ambientais gerados pelos diversos tipos de empreendimentos e atividades existentes no território do Estado de Minas Gerais propõe-se a seguinte metodologia, que se baseia na análise de sistemas de informações abertas ao público. Essa metodologia também pode ser usada para se caracterizar e analisar como os empreendimentos de um determinado setor, município ou região se adéquam as exigências da legislação ambiental.

1º Passo: Escolha do objeto de pesquisa

Acesse a Deliberação Normativa COPAM-CERH nº 217, de 6 de dezembro de 2017 (MG), ou outra, que venha a substituí-la.

Na lista de atividades potencialmente poluidoras, escolha a atividade que será o objeto da pesquisa.

Verifique os parâmetros que definem o empreendimento como sendo de pequeno, médio, grande ou abaixo do porte. Esses parâmetros determinam o tipo de licenciamento ambiental e as demais exigências ambientais que o empreendedor deverá cumprir, conforme exemplo Figura 13.

Figura 13 – Atividade D-01-06-1 da Deliberação Normativa nº 217 de 2017

D-01-06-1 Fabricação de produtos de laticínios, exceto envase de leite fluido	
Pot. Poluidor/Degradador:	
Ar: M Água: G Solo: M Geral: M	
Porte:	
500 l de leite/dia < Capacidade Instalada < 30.000 l de leite/dia	: Pequeno
30.000 l de leite/dia ≤ Capacidade Instalada ≤ 120.000 l de leite/dia	: Médio
Capacidade Instalada > 120.000 l de leite/dia	: Grande

Fonte: COPAM-CERH (2017).

2º Passo: População e amostra

População “é o todo que se quer descrever. É o conjunto de elementos com características em comum [...]. Amostra é o subconjunto com n elementos da

população”. Para que as amostras sejam representativas, ou seja, semelhantes a população, é necessário, sempre que possível, realizar um processo de amostragem baseado na aleatorização, casualização ou sorteio dos dados, gerando assim, menor custo, maior rapidez e boa acurácia nos resultados. (Ferreira; Oliveira, 2020).

- a) Após definir o objeto de pesquisa, verifique o tamanho da população junto a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais (SEMAD-MG) através do seguinte link: <https://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jspe>, que fornece “Acesso de Visitante” ao SIAM (Figura 14).

Figura 14 – Tela do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM)

Fonte: SEMAD (2024).

Na opção “Atividade(s) do Empreendimento”, clique “+” para abrir a caixa de pesquisa, onde pode os empreendimentos podem ser pesquisados pelo código da atividade ou por palavras-chave.

Observe que a pesquisa pode retornar mais de uma listagem de empreendimentos, com um quantitativo diferente de empreendimentos entre elas. Confira se os empreendimentos que constam na lista menor, também estão listados na maior. Se estiverem, use a lista que contem a maior quantidade de empreendimentos. Se não, acrescente os empreendimentos divergentes a sua população. Essas divergências ocorrem quando há mudanças na legislação, que não coincidem com o prazo de validade e renovação das licenças em vigor, gerando

mais de uma listagem de empreendimentos: aqueles que se licenciaram antes da nova legislação e aqueles que se licenciaram após a nova legislação, dentro de outros parâmetros.

- b)** Crie uma planilha eletrônica. Selecione a lista toda a de empreendimentos gerada no SIAM e cole na planilha. Crie uma coluna para numerar os elementos da população de 1 a N (Tamanho da população).
- c)** Defina o tamanho da amostra que se deseja analisar (10%, 20%, 30%...). Quanto maior, melhores serão os resultados. Porém, isso pode representar um aumento significativo de custo e tempo, inviabilizando a pesquisa.
- d)** Realize o sorteio inteiramente ao acaso dos empreendimentos que formarão sua amostra. Para isso, use da fórmula =ALEATÓRIOENTRE(valor mínimo; valor máximo).

Exemplo: Imagine que a sua busca no SIAM tenha retornado uma população com 100 empreendimentos, da qual se deseja retirar uma amostra de 10%. Calculando ($100 \times 0,10 = 10$). Então, a população (N) será de 100 elementos e a amostra (n) será 10 elementos. Selecione 10 células da planilha e execute a fórmula =ALEATÓRIOENTRE(1;100) em todas elas. Esse comando gerará a posição dos 10 empreendimentos selecionados para formarem a amostra. Exclua as linhas que contém os empreendimentos não selecionados e salve o arquivo.

A critério do pesquisador e dos objetivos da pesquisa, outros procedimentos podem ser adotados para definir a amostra.

3º Passo: Definido os dados de interesse

Os dados de interesse podem de variar segundo o objetivo de cada pesquisa. Para definir o que é ou não é importante, sugere-se a realização de uma pesquisa bibliográfica usando a metodologia RBS *Roadmap*, conforme descrita por Conforto, Amaral e Silva (2011). Realizada, essa revisão de literatura, o pesquisador terá mais embasamento para decidir sobre quais informações deseja comprovar ou contestar e conseqüentemente, quais dados deve buscar durante sua pesquisa, bem como, definir o recorte temporal que a pesquisa abrangerá. Ex.: últimos 5 anos.

Sabendo-se, o período de abrangência da pesquisa e quais dados serão investigados, crie uma coluna para cada um deles em uma planilha eletrônica, a fim de sintetizá-los de forma organizada. Sugerem-se os seguintes dados:

- Para caracterizar o empreendimento: Coluna 1 (CNPJ), 2 (Nome do empreendimento), 3 (Município), 4 e 5 (Coordenada geográfica X e Y), 6 (Região do Estado), 7 (Parâmetro da DN 217/2017), 8 (Porte do empreendimento), 9 (Produtos que fábrica);
- Para caracterizar sua situação ambiental: “Como o empreendimento lida com seus...” Coluna 10 (Efluentes industriais), 11 (Efluentes sanitários), 12 (Resíduos sólidos comuns), 13 (Resíduos sólidos perigosos), 14 (Emissões atmosféricas), 15 (Recursos hídricos), 16 (Consumo de produtos florestais);
- Para caracterizar os impactos ambientais que gera: Coluna 17 (Infrações cometidas conforme códigos do Decreto Estadual nº 47.383/2018 (Minas Gerais, 2018), 18 (Observações. Campo para anotações diversas, dúvidas, fatos inusitados, etc.).
- Outras colunas podem ser criadas conforme a necessidade da pesquisa.

4º Passo: Buscando e associando informações

a) Sistema de Informação Ambiental – SIAM:

Na lista de empreendimentos gerada no SIAM, clique em “Processo Técnico”. Será aberta uma tela com as primeiras informações sobre o empreendimento. Preencha, prioritariamente, a coluna “CNPJ” da planilha. Essa informação balizá-la pesquisas em outros sistemas.

Clique em cada um dos documentos disponíveis, busque pelas informações pertinentes a pesquisa e transfira cada informações útil para a planilha de dados, padronizando as frases e palavras-chave para facilitar as futuras análises.

Exemplo: Empresa Lactalis do Brasil – CNPJ 14.049.467/0056-04. Documentos disponíveis: Licença de Instalação e Operação Corretivas, Revalidação de Licença, Outorga e Auto de Infração, conforme visto na Figura 15.

Figura 15 – Realizando pesquisas no SIAM

Empreendedor:	14049467005604 - LACTALIS DO BRASIL - COMÉRCIO, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE LATICÍNIOS LTDA.	Município:	SABARÁ
Empreendimento:	14049467005604 - LACTALIS DO BRASIL - COMÉRCIO, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE LATICÍNIOS LTDA.	Município:	SABARÁ
Processo Técnico:	00087/1982	Endereço:	ROD BR 381

Orgão	Tipo de Regularização	Quantidade de Processos
FEAM	LOC - LICENCA DE OPERAÇÃO EM CARATER CORRETIVO	2
FEAM	LIC - LICENCA DE INSTALACAO EM CARATER CORRETIVO	1
FEAM	REVALIDACAO DE LO	1
IGAM	OUTORGA	4

Orgão	Auto Infração	Quantidade de Processos
FEAM	Auto Infração	5

Fonte: SEMAD (2024).

Sugere-se observar as informações contidas nos documentos: FCE – Formulário de Caracterização do Empreendimento, PCA – Plano de Controle Ambiental acompanhado de ART, Relatório de automonitoramento/cumprimento de condicionantes, Certidão de registro de água/outorga, Parecer Técnico e Auto de infração.

Em alguns casos, haverá vários documentos com o mesmo nome, que se referem ao mesmo assunto, mas em épocas distintas. Selecione aqueles que forem mais recente ou que se enquadrem melhor no recorte temporal definido.

b) Portal da Transparência do Meio Ambiente:

Figura 16 – Tela inicial do Portal da Transparência do Meio Ambiente



Fonte: SISEMA (2023b).

Acesse: <https://transparencia.meioambiente.mg.gov.br/index.php> e selecione a opção “Autos de Infração” (Figura 16).

Na próxima tela, clique em “Controle de Autos de infração e Processos”. Será aberta uma tela para realizar a pesquisa dos autos de infração ambiental. Utilize a opção “Pesquisa por CPF ou CNPJ” utilizando os CNPJ dos empreendimentos selecionados na amostragem. Será exibido um histórico de infrações ambientais cometidas pelo empreendimento, constando a identificação do autuado, descrição do fato/infração, embasamento legal, providências administrativas e valor da multa.

Retorne a tela inicial (Figura 16). A opção “Acompanhamento” dará acesso ao sistema “Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental” (Figura 17). Utilize a opção de filtro “CNPJ/CPF”, inserindo os CNPJ dos empreendimentos amostrados e clique em “visualizar” para ter acesso aos documentos relativos ao processo de licenciamento ambiental de cada um deles. Também é possível, aplicar os filtros e exportar um arquivo no formato de planilha eletrônica (.xlsx), onde os dados já estarão tabulados e prontos para se realizar análises.

Figura 17 – Tela para consultas de processos licenciamento ambiental

Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental

Para geração de relatórios específicos por Regional, Empreendimento, CNPJ, Modalidade, Atividade, Classe, Ano, Mês, Data de Publicação, Decisão.

1. Ao clicar no botão  será possível selecionar os dados que farão parte do relatório;

2. Depois de selecionar os dados, clicar no botão  na opção Excel 2007+ para o download das informações.

A exibir 1-20 de 38,341 itens.

Regional	Município	Empreendimento	CNPJ/CPF	Processo Adm	Nº de Protocolo	Modalidade	Classe	Atividade	Ano	Mês	Data de Publicação	Decisão
TOC	-- SELECIONE --											

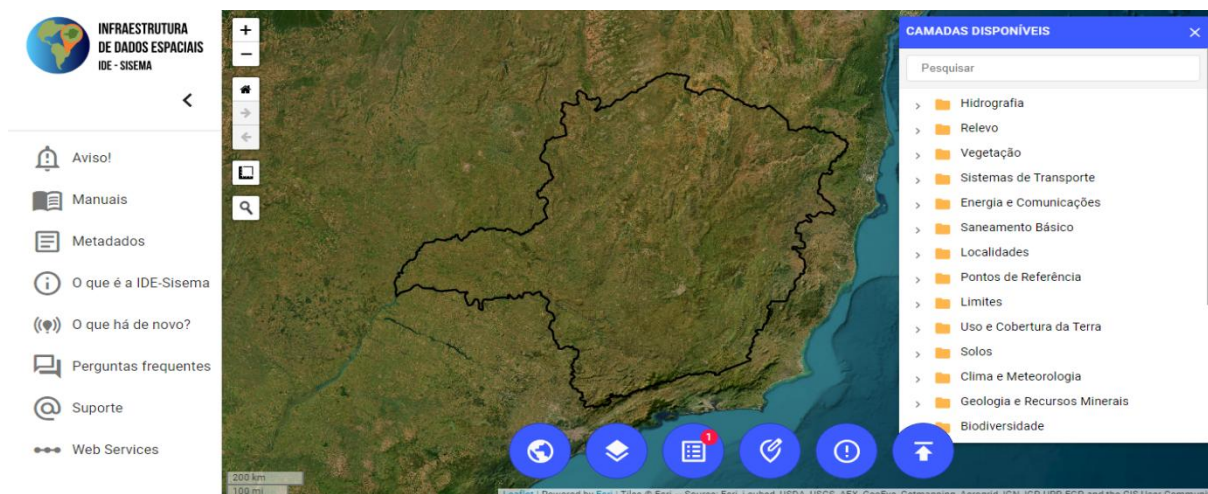
Fonte: SEMAD (2023a).

c) Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE SISEMA:

O IDE SISEMA “é um modelo de gestão corporativa e compartilhada dos dados, padrões e tecnologias geoespaciais de seus órgãos componentes”, sendo eles: SEMAD, FEAM, IEF e IGAM (SISEMA, 2024a). Através de suas diversas camadas é possível caracterizar as condições ambientais de cada região do Estado de Minas Gerais e gerar mapas para representar as informações geradas.

Acesse <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis> (Figura 18). e filtre as informações desejadas na opção “Camadas Disponíveis”. Perceba que o mapa de Minas Gerais muda a cada tipo de camada que lhe é sobreposta.

Figura 18 – Tela inicial do IDE SISEMA



Fonte: SISEMA (2024a).

d) Painel de Indicadores do SISEMA:

No painel de indicadores do SISEMA (Figura 19).existem 36 páginas de informações sobre as metas ambientais do Estado de Minas Gerais. Sugere-se a análise das páginas 10, 16 e 20:

- Na página 10 estão os índices de desempenho ambiental, que podem ser filtrados por município, auxiliando a compreender a realidade local de cada empreendimento.
- Nas páginas 16 e 20 encontram-se as fiscalizações realizadas a partir de 2018 e os autos de infração lavrados a partir de 2011, que permitem uma contextualização de tempo e espaço sobre as infrações ambientais cometidas no Estado MG.
- Acesse <http://www.meioambiente.mg.gov.br/transparencia/-painel-de-indicadores-do-sisema> e conheça os dados disponíveis.

Figura 19 – Painel de Indicadores do SISEMA



Fonte: SISEMA (2024b).

5º Passo: Análise e relatório

Terminada a construção da planilha, aplique filtros nas colunas e inicie a contabilização de cada categoria de dados, a geração de gráficos, tabelas e mapas, conforme as perguntas definidas no projeto de pesquisa.

Realizada a análise dos dados de interesse, aplica-se a inferência estatística, ou seja, se deduz que aquilo que acontece na amostra, acontece também na população amostrada, apesar de sempre existir um certo grau de incerteza nessas conclusões, em razão da incompletude da amostra (Ferreira; Oliveira, 2020).

Revise as informações geradas e reflita se elas fazem sentido quando comparadas à literatura de referência.

Escreva o relatório, conforme as regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou *Template* da revista científica desejada. Faça uma contextualização do assunto, partindo de uma visão global até uma visão específica. Descreva a metodologia usada. Apresente os resultados e compare-os com os de autores pesquisados, concordando, discordando ou apresentando novidades. Conclua, resgatando os pontos mais importantes e apontando a possibilidade de novas pesquisas.