

PANORAMA PRELIMINAR NACIONAL DO EFLUENTE GERADO NA PRODUÇÃO DE LEITE

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.059-009>

Jéssica Etcheverria do Prado Hartwig

Doutoranda em Ciências Ambientais

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9296-0904>

Jéssica Torres dos Santos

Doutoranda em Recursos Hídricos

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6544-2286>

Luís Eduardo Tavares Martins

Mestrando em Ciências Ambientais

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6288-2412>

Rubiane Buchweitz Fick

Graduanda em Eng. Ambiental e Sanitária

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2131-4952>

Ezequiel da Silva Tins

Graduando em Engenharia Civil

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4850-6377>

Rafael Miritz Bartz

Doutorando em Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Santa Maria

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8732-6574>

Ana Clara Marins Mendes

Graduanda em Eng. Ambiental e Sanitária

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9580-7111>

Kelian Ramire Waskow Grellert

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária

Universidade Federal de Pelotas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7930-3281>

Maria Carolina Gomes Silva e Silva

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4976-2869>

Marcos Antonio da Silva

Doutorando em Ciência e Engenharia dos Materiais
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-1168>

Josiane Pinheiro Farias

Dra. em Ciência e Engenharia dos Materiais
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8933-4984>

Thays França Afonso

Dra. em Ciência e Engenharia dos Materiais
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7803-7319>

Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli

Dra. em Ciência e Engenharia de Materiais
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1703-7710>

Robson Andreazza

Doutor em Ciências do Solo
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9211-9903>

Marcelo Peske Hartwig

Doutor em Ciências
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Campus Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9173-3301>

Maurício Silveira Quadro

Doutor em Solos
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8236-7479>

Resumo

A cadeia produtiva do leite desempenha importante papel econômico e social no Brasil, porém a intensificação da atividade também está associada ao aumento da geração de resíduos e efluentes, tornando essencial o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento ambiental. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o panorama da produção leiteira brasileira e verificar como a temática dos efluentes é abordada nas principais bases de informações do setor. A pesquisa caracterizou-se como descritiva e exploratória, com abordagem quali-quantitativa, fundamentada em revisão bibliográfica,

análise documental e análise de dados secundários provenientes da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM/IBGE), acessados pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), e dos Anuários Leite da Embrapa Gado de Leite, considerando o período de 2018 a 2023. Os resultados evidenciaram mudanças na dinâmica da cadeia leiteira, com crescimento do efetivo bovino e do valor da produção, redução do número de vacas ordenhadas e estabilidade da produção de leite, indicando ganhos de eficiência produtiva. Verificou-se ainda que, embora os Anuários Leite tenham ampliado a discussão sobre sustentabilidade ao longo do período analisado, permanecem escassos os indicadores oficiais relacionados à geração, ao tratamento e à destinação de efluentes. Conclui-se que a incorporação dessas informações às bases estatísticas oficiais pode contribuir para o planejamento ambiental da atividade e para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de manejo mais sustentáveis.

Palavras-chave: Cadeia leiteira; Efluentes; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite constitui uma das principais atividades agropecuárias brasileiras, desempenhando papel fundamental na geração de emprego, renda e segurança alimentar. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, com 35,1 bilhões de litros por ano, segundo o Anuário Leite da EMBRAPA de 2018, com produção distribuída em todas as regiões do país e expressiva participação na economia agropecuária nacional (Bacchi *et al.*, 2022). Entretanto, a expansão da atividade e a intensificação dos sistemas produtivos também têm ampliado os desafios relacionados ao consumo de água, à geração de resíduos e à produção de efluentes, tornando indispensável o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento ambiental que conciliam produtividade e sustentabilidade.

A destinação adequada dos efluentes gerados nos diferentes setores produtivos, de forma eficiente e economicamente viável, constitui um dos principais desafios ambientais da pecuária. Entre as alternativas mais empregadas destaca-se o pré-tratamento seguido da aplicação controlada no solo, prática que favorece a degradação da matéria orgânica e pode contribuir para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo quando realizada de forma adequada (Neto, 2014).

A produção leiteira demanda elevado consumo de água ao longo de todas as etapas do processo produtivo, abrangendo a dessedentação dos animais, a higienização das instalações, equipamentos de ordenha, tanques de armazenamento e áreas de processamento. Segundo Udaypal *et al.* (2025), a indústria de laticínios é responsável por aproximadamente 34% da água utilizada pelo setor alimentício em escala global, sendo necessários entre 1 e 10 litros de água para o processamento de cada litro de leite. Em

consequência desse elevado consumo hídrico, grandes volumes de efluentes são gerados diariamente, tornando seu gerenciamento um aspecto fundamental para a sustentabilidade da atividade.

Os efluentes provenientes da cadeia leiteira apresentam composição bastante variável, podendo conter esterco, restos de ração, resíduos de pastagem, detergentes, sanitizantes, óleos, gorduras, sólidos suspensos e elevadas concentrações de matéria orgânica (Neto, 2014). Na indústria leiteira, sua geração está diretamente relacionada às operações de limpeza de tanques, tubulações, bombas, equipamentos de processamento, pisos e áreas de armazenamento, além das perdas de matéria-prima durante o processamento. Em função dessas características, para cada litro de leite processado podem ser gerados entre 1 e 10 litros de efluente, dependendo do nível tecnológico e das características da instalação industrial (Saraiva *et al.*, 2009; Udaypal *et al.*, 2025).

Quando descartados inadequadamente, esses efluentes podem provocar diversos impactos ambientais, como aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), redução do oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, eutrofização, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além da emissão de gases de efeito estufa (Udaypal *et al.*, 2025). Dessa forma, o tratamento adequado dos efluentes torna-se essencial não apenas para atender à legislação ambiental vigente, representada principalmente pela Política Nacional de Recursos Hídricos e às Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, uma vez que não há regulamentação específica para efluentes da produção leiteira, mas também para reduzir os impactos associados à atividade e promover o uso mais eficiente dos recursos naturais (Brasil, 1997; CONAMA, 2005; CONAMA, 2011).

Nos últimos anos, os efluentes da cadeia leiteira passaram a ser vistos como fontes de recursos ricos em carbono, nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes podem ser aproveitados na produção de biogás, bioenergia e biofertilizantes por meio de processos como a biodigestão anaeróbia (Kunz *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022). Nesse contexto, o uso desses efluentes como matéria-prima para a biodigestão tem despertado interesse por possibilitar, simultaneamente, a remoção de carga orgânica do efluente e a geração de bioenergia acoplada à produção de biofertilizantes, contribuindo para a valorização dos resíduos e para a adoção de estratégias associadas à economia circular (Ashkuzzaman *et al.*, 2021; Milanez *et al.*, 2018). Essas alternativas possibilitam reduzir impactos ambientais e, simultaneamente, agregar valor aos resíduos gerados pela atividade.

Apesar dos avanços observados nas pesquisas relacionadas ao tratamento e ao reaproveitamento de efluentes da produção leiteira, ainda são limitadas as informações sistematizadas disponíveis nas bases oficiais brasileiras sobre a geração, o tratamento e a destinação desses resíduos. A ausência de indicadores ambientais dificulta a elaboração de diagnósticos em escala regional e nacional, limita o planejamento de políticas públicas e reduz a disponibilidade de informações capazes de subsidiar estratégias de gestão ambiental voltadas à cadeia produtiva do leite.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo analisar a evolução da cadeia produtiva do leite no Brasil a partir de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e dos Anuários Leite da Embrapa Gado de Leite, discutindo as implicações desses indicadores para a geração e o gerenciamento de efluentes na atividade leiteira e identificando lacunas existentes nas principais bases de informações sobre o setor.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa, de natureza descritiva e exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental e análise de dados secundários provenientes de bases estatísticas oficiais e publicações técnico-científicas relacionadas à cadeia produtiva do leite no Brasil.

Para a caracterização do panorama produtivo e econômico da atividade leiteira brasileira, foram utilizados dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), além dos Anuários Leite publicados pela Embrapa Gado de Leite. O período analisado compreendeu os anos de 2018 a 2023, por representar uma série histórica recente, com informações consolidadas e comparáveis entre as bases consultadas, permitindo avaliar a evolução dos principais indicadores da cadeia leiteira e das discussões relacionadas à sustentabilidade.

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico em artigos científicos, publicações especializadas, relatórios técnicos e documentos institucionais sobre a cadeia produtiva do leite, com ênfase nos aspectos produtivos, econômicos e ambientais da atividade. Em seguida, foram coletados os dados estatísticos referentes ao efetivo bovino, ao número de vacas ordenhadas, ao volume anual de leite produzido e ao valor da produção leiteira, selecionados por apresentarem indicadores capazes de caracterizar a evolução da atividade no país.

Os dados obtidos foram organizados em tabelas e representações gráficas, permitindo a análise da evolução temporal dos indicadores e a identificação de tendências relacionadas à produção e à importância econômica da cadeia leiteira. De forma complementar, realizou-se uma análise documental dos Anuários Leite da Embrapa, buscando identificar como as questões relacionadas à sustentabilidade e ao gerenciamento de efluentes foram abordadas ao longo do período estudado. Para essa etapa, foram examinadas as seções referentes à gestão ambiental, uso da água, manejo de resíduos, biodigestores, biofertilizantes e outras práticas voltadas à sustentabilidade da produção leiteira.

Por fim, as informações provenientes das bases estatísticas e da análise documental foram integradas, possibilitando a construção de um panorama da cadeia leiteira brasileira e a identificação de

lacunas relacionadas à disponibilidade de informações sobre a geração, o tratamento e a destinação de efluentes na atividade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) e dos Anuários Leite da Embrapa permitiu caracterizar a evolução do rebanho bovino, da produção de leite, do número de vacas ordenhadas e do valor bruto da produção no Brasil entre 2018 e 2023. A avaliação conjunta desses indicadores possibilita compreender as transformações ocorridas na cadeia produtiva do leite durante o período e discutir suas implicações para a geração e o gerenciamento de efluentes. Além disso, a utilização desse sistema possibilita a recuperação de dados oficiais relacionados à produção agropecuária brasileira, permitindo a análise de séries históricas e a comparação de indicadores produtivos ao longo do tempo.

A evolução dos principais indicadores da cadeia leiteira brasileira entre 2018 e 2023 é apresentada na Tabela 1. De forma geral, observa-se crescimento do efetivo bovino e do valor bruto da produção, enquanto o número de vacas ordenhadas apresentou redução no período analisado. Em contrapartida, a produção nacional de leite permaneceu relativamente estável, indicando alterações na dinâmica produtiva da atividade. Esses resultados sugerem um processo de intensificação da produção, caracterizado por ganhos de produtividade e maior eficiência dos sistemas leiteiros.

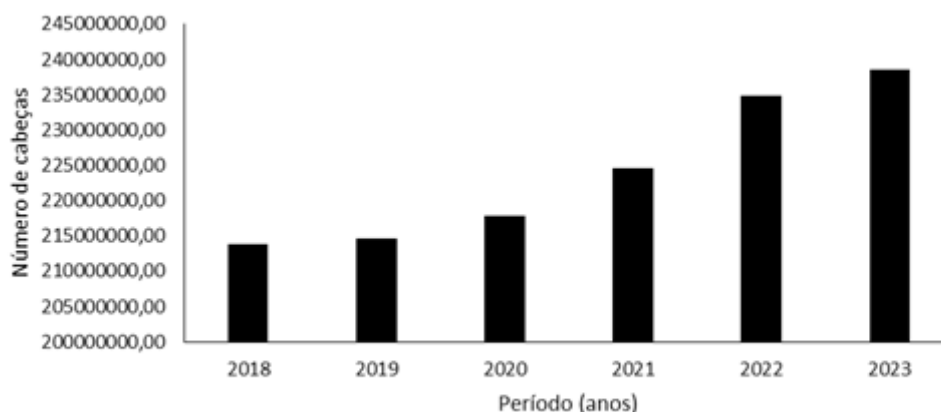
Tabela 1. Principais dados da indústria produtora de leite no Brasil.

ANO	REBANHO (Cabeças)	PRODUTO (litros)		VALOR DO PRODUTO (R\$)	REBANHO
	BOVINO (IBGE)	IBGE	EMBRAPA	LEITE (IBGE)	VACAS ORDENHADAS (IBGE)
2018	213809445,00	33.907.899.000,00	24.460.000.000,00	39.344.516.000,00	16.353.091,00
2019	214689984,00	34.871.669.000,00	25.010.000.000,00	43.141.581.000,00	16.291.727,00
2020	217836282,00	35.316.667.000,00	25.060.000.000,00	56.348.186.000,00	15.953.935,00
2021	224601992,00	35.183.066.000,00	25.000.000.000,00	67.987.725.000,00	15.892.943,00
2022	234851536,00	34.554.161.000,00	35.305.000.000,00	79.919.856.000,00	15.675.519,00
2023	238626442,00	35.375.235.000,00	35.375.236.000,00	80.265.338.000,00	15.659.302,00

Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e Anuários EMBRAPA Gado de leite.

A análise do efetivo bovino nacional demonstra tendência de crescimento durante o período estudado (Figura 1). Entretanto, esse indicador deve ser interpretado com cautela quando utilizado em estudos sobre a cadeia leiteira, uma vez que inclui animais destinados tanto à produção de carne quanto à produção de leite. Dessa forma, sua principal contribuição consiste em contextualizar a evolução da pecuária brasileira, enquanto indicadores específicos, como o número de vacas ordenhadas e a produção de leite, permitem caracterizar com maior precisão a dinâmica da atividade leiteira.

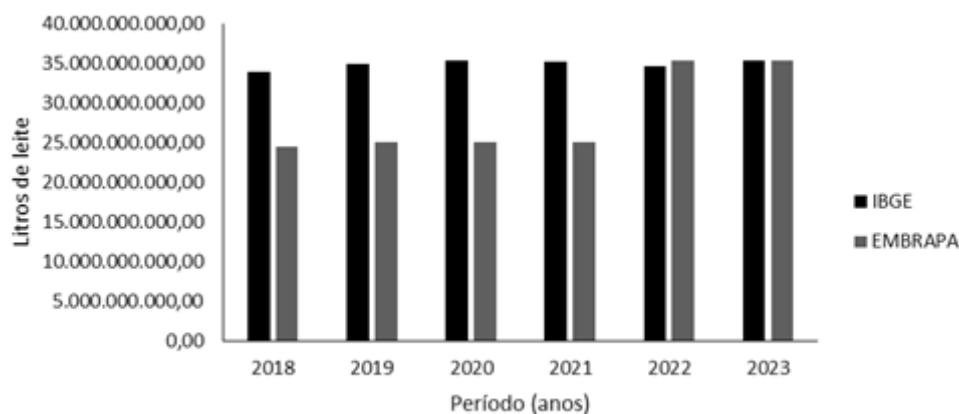
Figura 1. Quantitativo do número de cabeças de bovinos no Brasil



Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e Anuários EMBRAPA Gado de leite.

Diferentemente do comportamento observado para o rebanho bovino, a produção nacional de leite manteve-se relativamente estável durante o período analisado, apresentando apenas pequenas oscilações anuais (Figura 2). Esse comportamento sugere que a atividade leiteira brasileira atravessa um processo de reorganização produtiva, no qual aumentos expressivos na produção dependem menos da expansão do número de animais e mais de ganhos de produtividade obtidos por meio do melhoramento genético, da nutrição, do manejo e da tecnificação das propriedades.

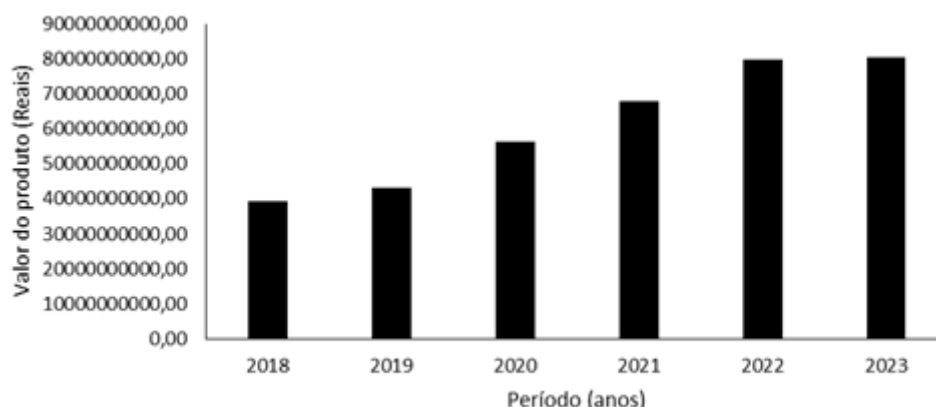
Figura 2. Volume de leite produzido levantados pelo IBGE e pela EMBRAPA



Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e Anuários EMBRAPA Gado de leite.

O valor bruto da produção apresentou crescimento expressivo ao longo do período estudado (Figura 3), superando a variação observada para a produção física de leite. Esse comportamento pode estar associado ao aumento do preço pago ao produtor, às oscilações do mercado nacional de lácteos, aos custos de produção e aos efeitos inflacionários registrados no período, indicando que fatores econômicos exerceram influência significativa sobre a rentabilidade da atividade.

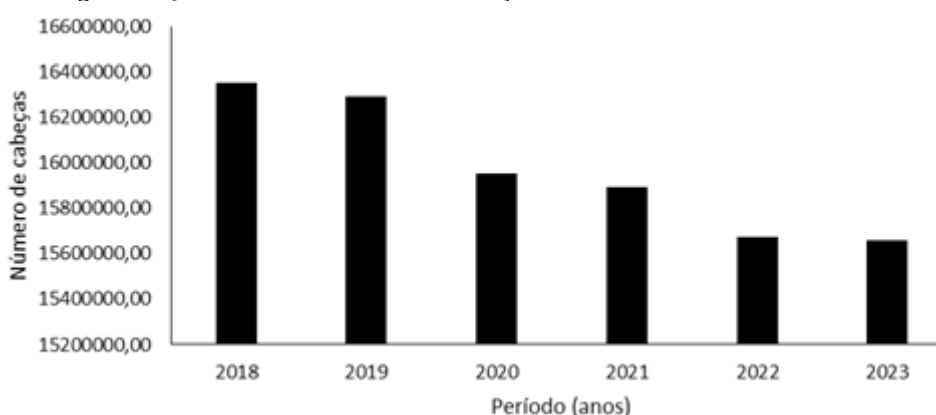
Figura 3. Valor do produto no Brasil.



Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e Anuários EMBRAPA Gado de leite.

Um dos resultados mais relevantes observados neste estudo foi a redução gradual do número de vacas ordenhadas, mesmo diante da estabilidade da produção nacional de leite (Figura 4). A análise conjunta desses indicadores evidencia aumento da produtividade média por animal, resultado compatível com a crescente adoção de tecnologias de manejo, melhoramento genético e alimentação de precisão observada na pecuária leiteira brasileira.

Figura 4. Quantitativo do número de cabeças de bovinos no Brasil ordenhados.



Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA e Anuários EMBRAPA Gado de leite.

A análise integrada dos indicadores evidencia mudanças na dinâmica da cadeia leiteira brasileira entre 2018 e 2023. Embora o efetivo bovino nacional tenha aumentado (Figura 1), o número de vacas ordenhadas apresentou redução (Figura 4), enquanto a produção de leite permaneceu relativamente estável (Figura 2) e o valor bruto da produção cresceu de forma significativa (Figura 3). Em conjunto, esses resultados sugerem ganhos de eficiência produtiva, indicando que a manutenção da produção ocorreu com um menor número de animais em ordenha, possivelmente em decorrência da adoção de melhorias genéticas, nutricionais e tecnológicas nos sistemas de produção.

Sob a perspectiva ambiental, a intensificação da atividade leiteira também implica desafios relacionados ao gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados nas propriedades. Embora os dados analisados não permitam quantificar diretamente o volume de efluentes produzidos, Costa *et al.* (2021) afirmam que são gerados entre 0,2 e 10 L de efluentes por litro de leite processado, os quais devem ser tratados antes do descarte, demonstrando que sistemas leiteiros demandam elevado consumo de água e geram quantidades expressivas de efluentes oriundos da higienização das instalações, da lavagem de equipamentos e do manejo dos dejetos animais (Ruiz-González *et al.*, 2024). Assim, à medida que a produção se torna mais intensiva, torna-se igualmente importante o planejamento de estratégias para coleta, tratamento, reaproveitamento e destinação adequada desses efluentes.

Nesse contexto, observa-se uma importante lacuna nas informações disponibilizadas pelos órgãos oficiais. Os registros do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) concentram-se em indicadores produtivos, como efetivo do rebanho, número de vacas ordenhadas, produção e valor da produção, permitindo caracterizar de forma consistente a evolução da cadeia leiteira brasileira. Entretanto, não são disponibilizadas informações referentes à geração, ao tratamento, ao reaproveitamento ou à destinação dos efluentes produzidos nas propriedades leiteiras. A incorporação desses indicadores às pesquisas censitárias poderia contribuir para o desenvolvimento de diagnósticos ambientais mais precisos, subsidiando políticas públicas voltadas ao uso racional da água, ao gerenciamento de resíduos e à promoção de práticas mais sustentáveis na cadeia produtiva.

Ruiz-González *et al.* (2024) avaliaram o efeito da disponibilização de áreas de exercício para vacas leiteiras sobre as propriedades do efluente e as emissões de NH₃, dióxido de carbono (CO₂) e gases de efeito estufa (GEE), durante o inverno e o verão. Os autores observaram que as características do efluente variaram ao longo do período avaliado e verificaram que alguns parâmetros, como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e os sólidos suspensos (SS), apresentaram valores superiores aos limites estabelecidos pelas normas ambientais, principalmente durante o inverno. Além de representar um passivo ambiental quando manejados inadequadamente, os efluentes da atividade leiteira também podem constituir um recurso de valor agregado. Após tratamento adequado, esses resíduos podem ser utilizados na fertirrigação de pastagens e culturas agrícolas, na produção de biofertilizantes ou na geração de biogás por meio da digestão anaeróbia, contribuindo para a economia circular e para a redução dos impactos ambientais da atividade.

As publicações elaboradas pela Embrapa Gado de Leite, especialmente os Anuário Leite, utilizam como base estatística os dados disponibilizados pelo próprio IBGE por meio do SIDRA. Dessa forma, os quantitativos referentes à produção leiteira apresentados nesses documentos correspondem essencialmente aos mesmos dados observados nas bases oficiais. A principal distinção entre as duas fontes está na forma

de tratamento dessas informações. Enquanto o SIDRA apresenta dados brutos organizados em tabelas estatísticas, os anuários da Embrapa incorporam análises interpretativas, discussões técnicas e reflexões sobre tendências da cadeia produtiva do leite.

Entretanto, ao analisar as variáveis disponíveis no sistema, observa-se que não há registros específicos relacionados à geração de efluentes decorrentes da atividade leiteira, tampouco dados que permitam quantificar o volume de resíduos líquidos produzidos, tratados ou descartados em corpos hídricos e no solo ao longo do processo produtivo. Dessa forma, embora o sistema forneça um panorama detalhado da dimensão produtiva da pecuária leiteira no país, ele não contempla indicadores ambientais que permitam avaliar diretamente os impactos associados ao manejo de resíduos e efluentes gerados nas propriedades rurais ou nas etapas iniciais da cadeia produtiva do leite.

Situação semelhante pode ser observada nas publicações elaboradas pela Embrapa Gado de Leite, particularmente nos Anuário Leite, que utilizam como base estatística os dados provenientes do próprio sistema do IBGE. Nessas publicações, os dados quantitativos referentes à produção leiteira permanecem essencialmente os mesmos, uma vez que a Embrapa se apoia nas estatísticas oficiais para apresentar indicadores do setor. A principal diferença reside na forma de interpretação e apresentação dessas informações, uma vez que os anuários incorporam análises técnicas, discussões sobre tendências produtivas e reflexões relacionadas aos desafios enfrentados pela cadeia do leite no Brasil.

No que diz respeito especificamente à temática dos efluentes gerados na produção leiteira, observa-se que essas informações não aparecem de forma sistematizada nos anuários sob a forma de indicadores estatísticos. Em vez disso, a abordagem ocorre majoritariamente por meio da apresentação de pesquisas, estudos de caso e reportagens técnicas que discutem práticas de manejo ambiental, tecnologias de tratamento de resíduos e iniciativas voltadas à sustentabilidade da atividade. Diante disso, optou-se, neste estudo, por reunir e analisar essas diferentes contribuições presentes nos anuários, buscando compreender como a questão dos efluentes vem sendo tratada ao longo dos anos no contexto da produção leiteira brasileira.

A análise cronológica dos Anuários Leite da Embrapa evidencia uma evolução gradual na abordagem das questões ambientais relacionadas à cadeia leiteira entre 2018 e 2023. Nos primeiros anos analisados, as publicações concentravam-se predominantemente em indicadores produtivos, econômicos e tecnológicos, enquanto os aspectos ambientais eram tratados de forma mais pontual. A partir de 2020, observa-se uma ampliação das discussões sobre sustentabilidade, com maior destaque para temas como uso racional da água, manejo de resíduos, biodigestores, biofertilizantes, economia circular e mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Essa evolução demonstra que a sustentabilidade passou a ocupar posição cada vez mais relevante nas discussões sobre o desenvolvimento da cadeia leiteira brasileira.

Apesar desse avanço, não foram identificados, nos Anuários Leite da Embrapa, indicadores quantitativos relacionados à geração, ao tratamento ou à destinação de efluentes provenientes da produção leiteira. Essa constatação reforça a lacuna observada também nas bases do IBGE, que disponibiliza informações detalhadas sobre rebanho, produção e indicadores econômicos, mas não contempla dados ambientais capazes de quantificar a geração de efluentes nas propriedades. A ausência dessas informações limita a elaboração de diagnósticos ambientais em escala regional e nacional, bem como o planejamento de estratégias voltadas ao uso eficiente da água, ao tratamento dos efluentes e ao aproveitamento desses resíduos em práticas como fertirrigação, produção de biofertilizantes e geração de biogás.

No Anuário Leite 2018 (EMBRAPA, 2018), por exemplo, não foram identificadas referências diretas ao tratamento ou ao aproveitamento de efluentes gerados na atividade leiteira. A publicação concentra-se principalmente na apresentação de dados produtivos, tendências de mercado e aspectos estruturais da cadeia do leite, sem aprofundar discussões relacionadas ao manejo ambiental dos resíduos provenientes da atividade.

Situação semelhante pode ser observada no Anuário do Leite 2019 (EMBRAPA, 2019). Embora essa edição apresente uma reportagem voltada ao tema dos produtos sustentáveis, não há uma abordagem específica sobre o tratamento ou o aproveitamento de dejetos e efluentes oriundos da produção leiteira. Isso sugere que, naquele momento, a discussão sobre sustentabilidade no setor ainda se encontrava em um estágio inicial, sendo abordada de forma mais ampla e menos focada nas questões ambientais diretamente relacionadas ao processo produtivo.

A partir de 2020, no entanto, observa-se uma mudança gradual na abordagem do tema. O Anuário Leite 2020 (EMBRAPA, 2020) apresenta dois tópicos relevantes relacionados à sustentabilidade na produção leiteira. O primeiro deles refere-se ao uso racional da água e ao manejo de efluentes, destacando a importância da adoção de tecnologias que permitam aumentar a eficiência produtiva ao mesmo tempo em que reduzem o desperdício de recursos hídricos. Essa discussão torna-se particularmente relevante considerando que a produção leiteira demanda volumes significativos de água para atividades como higienização de equipamentos, limpeza das instalações e manejo dos animais.

O segundo tema abordado nessa edição refere-se ao uso da biodigestão como alternativa para o aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados na atividade leiteira. O processo de biodigestão permite transformar resíduos orgânicos em biogás e biofertilizantes, promovendo simultaneamente a geração de energia renovável e a redução de impactos ambientais. O material resultante desse processo apresenta concentrações relevantes de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, podendo ser utilizado como fertilizante agrícola. Estudos citados nesta edição indicam que esse tipo de material pode substituir

parcialmente fertilizantes inorgânicos, chegando a reduzir em até 22% a necessidade de adubação mineral em culturas como o milho, dependendo das condições de manejo.

No Anuário Leite 2021 (EMBRAPA, 2021), o debate sobre sustentabilidade ganha uma dimensão mais ampla, passando a envolver também estratégias relacionadas à gestão ambiental das empresas do setor. Nesse contexto, são apresentadas iniciativas de diferentes organizações que buscam incorporar práticas sustentáveis em suas operações. Entre essas iniciativas destaca-se a inclusão de custos associados às emissões de carbono nos balanços financeiros das empresas, prática que demonstra uma crescente preocupação com a internalização dos impactos ambientais na gestão econômica da atividade.

Além disso, algumas empresas passaram a adotar princípios da economia circular, promovendo a reciclagem de materiais utilizados nas embalagens, como plásticos e papel, e buscando reduzir a geração de resíduos ao longo da cadeia produtiva. Essas iniciativas indicam um movimento gradual do setor em direção a modelos de produção mais sustentáveis, nos quais a gestão ambiental passa a ser considerada parte integrante das estratégias de competitividade e posicionamento de mercado.

Essa tendência torna-se ainda mais evidente no Anuário Leite 2022 (EMBRAPA, 2022), que aborda de forma mais direta a relação entre produção leiteira e mudanças climáticas. Nessa edição, o foco recai sobre estratégias voltadas à redução ou neutralização das emissões de carbono associadas à atividade. Entre as práticas sugeridas destacam-se melhorias no manejo dos sistemas produtivos, adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental e desenvolvimento de produtos alinhados com metas de redução de emissões.

Já o Anuário Leite 2023 (EMBRAPA, 2023) destaca o papel das fazendas leiteiras sustentáveis e enfatiza a importância de um manejo adequado dos sistemas produtivos para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Segundo as discussões apresentadas, aproximadamente 5% das emissões globais de gases de efeito estufa estão associadas à produção de leite. Nesse contexto, práticas como o manejo adequado das áreas de pastagem, a melhoria da eficiência alimentar dos animais e a gestão apropriada dos resíduos são apontadas como estratégias importantes para reduzir a intensidade das emissões associadas à atividade.

O Anuário Leite 2024 (EMBRAPA, 2024) introduz a discussão sobre rotulagem ambiental e pegada de carbono do leite. A rotulagem ambiental surge como um instrumento capaz de informar consumidores sobre os impactos ambientais associados à produção de determinados produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida. No caso do leite, a chamada pegada de carbono corresponde à quantidade de gases de efeito estufa emitidos durante o processo produtivo, expressa em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) por unidade de produto. Esse indicador considera diferentes fontes de emissão, incluindo dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), que são convertidos em valores equivalentes de CO₂ para fins de comparação.

A redução da pegada de carbono do leite envolve um conjunto de etapas que incluem desde a definição das ferramentas de cálculo até o monitoramento contínuo das emissões e a implementação de estratégias de mitigação. Entre essas etapas destacam-se a coleta de dados sobre o sistema produtivo, a identificação das principais fontes de emissão, a análise crítica dos resultados obtidos e o planejamento de ações voltadas à redução das emissões ao longo da cadeia produtiva.

Por fim, o Anuário Leite 2025 (EMBRAPA, 2025) apresenta uma abordagem mais abrangente sobre a relação entre produção leiteira e sustentabilidade ambiental, incluindo discussões mais diretas sobre o tratamento de efluentes. Nesta edição são mencionadas algumas alternativas tecnológicas voltadas à gestão adequada dos resíduos gerados na atividade, como o uso de biodigestores e sistemas de compostagem. Essas tecnologias permitem reduzir a liberação de gases como metano e óxido nitroso, ao mesmo tempo em que possibilitam o aproveitamento dos resíduos para a produção de biogás e fertilizantes orgânicos.

Além disso, o anuário destaca o potencial de utilização de bioinsumos agrícolas, pecuários e industriais como ferramentas para o manejo sustentável dos resíduos gerados na produção leiteira. Embora essas iniciativas ainda apareçam de forma geral e sem detalhamento aprofundado de sua implementação em escala nacional, elas indicam um movimento crescente no setor em direção à adoção de práticas mais sustentáveis e alinhadas com as demandas contemporâneas por produção agropecuária ambientalmente responsável.

A análise realizada ao longo deste estudo permitiu compreender como a temática dos efluentes gerados na produção leiteira vem sendo abordada no contexto brasileiro, tanto do ponto de vista estatístico quanto em relação às discussões técnicas presentes em publicações especializadas. A partir da avaliação das informações disponíveis nas bases de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), especialmente por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática, bem como da análise das publicações técnicas elaboradas pela Embrapa Gado de Leite, foi possível identificar importantes lacunas no que se refere à sistematização de informações relacionadas à geração, tratamento e destinação de efluentes provenientes da atividade leiteira.

Um dos principais pontos evidenciados ao longo do estudo refere-se à ausência de uma normatização específica voltada ao tratamento e manejo dos efluentes gerados no processo produtivo do leite. Embora existam diferentes legislações ambientais que tratam, de forma geral do lançamento de efluentes e da proteção dos recursos hídricos, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, não se observa, a partir da análise realizada, um conjunto normativo nacional direcionado especificamente às particularidades dos efluentes gerados pela produção leiteira. Essa ausência de regulamentação mais específica pode dificultar a implementação de práticas padronizadas de gestão ambiental nas propriedades rurais, uma vez que os

produtores frequentemente precisam interpretar normas mais amplas e adaptá-las à realidade de seus sistemas produtivos.

Outro aspecto relevante identificado refere-se à forma como o tema dos efluentes vem sendo tratado no meio técnico e científico. A análise das publicações consultadas indica que existem pesquisas e iniciativas voltadas ao estudo do manejo de resíduos e ao aproveitamento de efluentes na produção leiteira. Entretanto, esses estudos aparecem de maneira relativamente dispersa, muitas vezes vinculados a projetos específicos ou a experiências pontuais desenvolvidas por instituições de pesquisa. Essa característica contribui para que o conhecimento produzido na área não se consolide de forma plenamente integrada, o que pode dificultar o acesso e a aplicação dessas informações por parte dos produtores rurais e demais agentes da cadeia produtiva.

Nesse contexto, observa-se que ainda não há um direcionamento claro que reúna e sistematize as diferentes propostas existentes para o manejo dos efluentes da produção leiteira. Embora diversas tecnologias e práticas de gestão ambiental sejam discutidas em estudos técnicos e em relatórios institucionais como o uso de biodigestores, sistemas de compostagem e estratégias de reaproveitamento de nutrientes essas soluções nem sempre aparecem organizadas de forma estruturada em documentos orientadores que possam servir como referência direta para os produtores.

Essa lacuna se torna particularmente relevante quando se considera a dimensão da cadeia produtiva do leite no Brasil. De acordo com os Anuários analisados podemos perceber que a produção leiteira envolve muitas propriedades rurais distribuídas em diferentes regiões do país, com sistemas produtivos bastante variados em termos de escala, nível tecnológico e capacidade de investimento. Nesse cenário, a ausência de diretrizes mais claras pode resultar em dificuldades para a adoção de práticas adequadas de manejo dos efluentes, especialmente em propriedades de menor porte ou com menor acesso a assistência técnica especializada.

Outro ponto que merece destaque diz respeito à responsabilidade atribuída ao produtor rural no que se refere à gestão dos efluentes gerados na atividade. A partir da análise realizada, observa-se que grande parte das decisões relacionadas à escolha de sistemas de tratamento, estratégias de redução de resíduos ou formas de reaproveitamento dos efluentes acaba ficando sob responsabilidade direta do próprio produtor. Na prática, isso significa que muitas vezes cabe ao produtor buscar informações, avaliar alternativas tecnológicas disponíveis e decidir quais medidas podem ser implementadas em sua propriedade. Embora essa autonomia possa favorecer a adoção de soluções adaptadas às características específicas de cada sistema produtivo, ela também pode representar um desafio, sobretudo quando há carência de informações acessíveis ou de orientação técnica adequada. Nesse sentido, a ausência de diretrizes mais claras e de instrumentos de apoio pode levar à adoção de práticas pouco eficientes ou até mesmo à manutenção de sistemas de manejo que não contemplam plenamente as exigências ambientais.

Além disso, a própria disponibilidade de dados relacionados à geração e ao destino dos efluentes ainda se mostra limitada. Como observado na análise das bases estatísticas do IBGE, as informações disponíveis concentram-se principalmente em indicadores produtivos e econômicos da atividade leiteira, não incluindo variáveis específicas relacionadas aos aspectos ambientais da produção. Essa ausência de dados sistematizados dificulta a realização de diagnósticos mais precisos sobre a dimensão dos efluentes gerados no setor e sobre as práticas efetivamente adotadas para seu tratamento e destinação.

Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de ampliar os mecanismos de monitoramento e registro de informações relacionadas à gestão ambiental da produção leiteira. A incorporação de indicadores voltados à geração e ao manejo de efluentes nas bases estatísticas oficiais poderia contribuir significativamente para o desenvolvimento de políticas públicas mais direcionadas, além de fornecer subsídios para pesquisas futuras e para a formulação de estratégias de gestão ambiental mais eficientes.

Outro aspecto que emerge a partir dos resultados deste estudo refere-se ao potencial de integração entre práticas produtivas e estratégias de sustentabilidade ambiental na cadeia do leite. Tecnologias como biodigestores, sistemas de reaproveitamento de nutrientes e manejo adequado de dejetos apresentam potencial não apenas para reduzir impactos ambientais, mas também para gerar benefícios econômicos adicionais aos produtores, como a produção de biogás ou o aproveitamento de biofertilizantes na própria propriedade. No entanto, para que essas alternativas se tornem mais amplamente difundidas, é fundamental que haja maior articulação entre instituições de pesquisa, órgãos de extensão rural e políticas públicas voltadas ao setor.

Nesse sentido, iniciativas voltadas à disseminação de conhecimento, à capacitação de produtores e ao desenvolvimento de programas de incentivo à adoção de tecnologias sustentáveis podem desempenhar papel importante na promoção de práticas de manejo mais adequadas. A construção de instrumentos técnicos que reúnam e sistematizem as diferentes soluções disponíveis também pode contribuir para tornar o processo de tomada de decisão mais acessível aos produtores.

Por fim, os resultados obtidos neste estudo indicam que, embora haja avanços na discussão sobre sustentabilidade na cadeia produtiva do leite, ainda existem lacunas importantes relacionadas à gestão dos efluentes gerados no processo produtivo. A ausência de regulamentação específica, a dispersão das pesquisas existentes e a limitada disponibilidade de dados sistematizados configuram desafios que precisam ser enfrentados para que o setor avance em direção a modelos de produção mais sustentáveis.

Dessa forma, reforça-se a importância de ampliar o debate sobre a gestão ambiental da produção leiteira no Brasil, promovendo maior integração entre pesquisa, políticas públicas e práticas produtivas. O fortalecimento dessa articulação pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de

manejo dos efluentes, favorecendo tanto a sustentabilidade ambiental da atividade quanto a continuidade e competitividade da produção leiteira no país.

Por fim, os dados quantitativos obtidos nas bases estatísticas foram analisados em conjunto com as informações qualitativas provenientes da revisão bibliográfica. Essa análise integrada permitiu estabelecer relações entre a evolução da produção leiteira no Brasil e os desafios ambientais associados à atividade, especialmente no que se refere à geração e ao manejo de efluentes no processo produtivo. Dessa maneira, a abordagem metodológica adotada possibilitou uma compreensão mais abrangente dos aspectos produtivos, econômicos e ambientais que caracterizam a cadeia do leite no país.

A ausência de indicadores específicos nas bases estatísticas oficiais limita a capacidade de avaliação quantitativa desses impactos ambientais, reforçando a necessidade de ampliação dos sistemas de monitoramento e de produção de informações voltadas à gestão ambiental da pecuária leiteira no Brasil.

4 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu analisar a evolução recente da cadeia leiteira brasileira e identificar como a temática dos efluentes vem sendo abordada nas principais bases de informações e publicações técnicas do setor. Os dados do IBGE demonstraram mudanças na dinâmica produtiva entre 2018 e 2023, caracterizadas pelo aumento do efetivo bovino, redução do número de vacas ordenhadas, estabilidade da produção de leite e crescimento do valor bruto da produção. Paralelamente, a análise dos Anuários Leite da Embrapa evidenciou maior incorporação de temas relacionados à sustentabilidade ao longo dos anos, embora ainda não sejam disponibilizados indicadores quantitativos referentes à geração, ao tratamento e à destinação dos efluentes da atividade leiteira.

Os resultados obtidos mostram a necessidade de ampliar a integração entre informações produtivas e ambientais na cadeia do leite, incorporando indicadores relacionados ao gerenciamento de efluentes às bases estatísticas oficiais e fortalecendo instrumentos técnicos que subsidiem produtores e gestores públicos. A sistematização dessas informações poderá contribuir para o planejamento ambiental da atividade, apoiar a formulação de políticas públicas e estimular a adoção de tecnologias voltadas ao tratamento e ao reaproveitamento dos efluentes, favorecendo o desenvolvimento de sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASHEKUZZAMAN, S. M. *et al.* Valorização de Resíduos Lácteos: Abordagens Integrativas para a Recuperação de Nutrientes e Energia. **Current Nutrition & Food Science** / MDPI, 2021

BACCHI, M.D.; Almeida, A.N.; Telles, T.S. Spatio-temporal dynamics of milk production in Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 43, n. 1, p. 241-262, jan./fev. 2022

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 maio 2011.

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro:** Anuário Leite 2018. Editor Nelson Rentero, 2018. 116p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Sua excelência, o consumidor:** Anuário Leite 2019. Editor Nelson Rentero, 2019. 128p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Leite de vacas felizes:** Anuário Leite 2020. Editor Nelson Rentero, 2020. 104p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Saúde única e total:** Anuário Leite 2021. Editor Nelson Rentero, 2021. 104p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Pecuária leiteira de precisão:** Anuário Leite 2022. Editor Nelson Rentero, 2022. 116p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Leite baixo carbono:** Anuário Leite 2023. Editor Nelson Rentero, 2023. 120p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Avaliação genética multirracial:** Anuário Leite 2024. Editor Nelson Rentero, 2024. 140p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

EMBRAPA. Gado de Leite. (Coronel Pacheco - MG). **Produção de leite e as mudanças climáticas:** Anuário Leite 2025. Editor Nelson Rentero, 2025. 128p. Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.** Online. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Impacto econômico e ambiental da adoção de biodigestores. **Texto para Discussão - BNDES**, n. 132, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1159005/1/IMPACTO-ECONOMICO.pdf>

NETO, H. M. Tratamento De Efluentes Nas Indústrias De Laticínios. **Revista Tratamento de Águas e Efluentes**. Edição Nº 21 - outubro/novembro, 2014. Disponível em:
<https://www.revistatae.com.br/Artigo/466/tratamento-de-efluentes-nas-industrias-de-laticinios>

NICOLOSO, R. S.; LOURENZI, C. R.; BRUNETTO, G. (Orgs.). **Gestão dos Resíduos da Produção Animal**: Reciclagem como fertilizante e impacto ambiental. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020.

RUIZ-GONZÁLEZ, Alexis; ÁLVAREZ-CHÁVEZ, Elizabeth; CARRANZA-DÍAZ, Andrea K.; DUPONT-FORTIN, Béatrice; PALACIOS, Joahnn H.; GODBOUT, Stéphane; FOURNEL, Sébastien. Providing indoor and outdoor exercise to dairy cows: assessment of effluent properties and gas emissions. **Biosystems Engineering**, v. 238, p. 157–174, 2024. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2024.01.011

SARAIVA, C. B.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PEREIRA, D. A. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 10-18, 2009.

SILVA, É. L. *et al.* Impactos da geração de biogás a partir de resíduos da bovinocultura de leite. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 16, 2022. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/363562031_Impactos_da_geracao_de_biogas_a_partir_de_residuos_da_bovinocultura_de_leite.

UDAYPAL; GOSWAMI, Rahul Kumar; VERMA, Pradeep. Transforming dairy effluent into valuable resources: Harnessing microalgae for sustainable production of nutraceuticals and pharmaceuticals. **Process Biochemistry**, v. 150, p. 342–356, 2025. DOI: 10.1016/j.procbio.2025.01.026. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2025.01.026>