

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO DE LEITE NOS RECURSOS HÍDRICOS: REVISÃO

Data de aceite: 01/03/2023

Leonardo França da Silva

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Victor Crespo de Oliveira

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

Carlos Eduardo Alves Oliveira

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2104-7428>

Érika Manuela Gonçalves Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros - MG
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955?lang=pt>

Bruna Nogueira Rezende

Universidade de São Paulo
Piracicaba- Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4337-9324>

João Victor Barroso Gonçalves

UNIVICOSA - Centro universitário de
Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3837-4203>

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Universidade Federal Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

Rafaella Resende Andrade

Universidade de Firenze
Florença – Toscana (Itália)
<https://orcid.org/0000-0003-3182-0741>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Irene Menegali

Universidade Federal de Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

RESUMO: O Brasil ocupa a quarta posição entre os maiores países produtores de leite do mundo. Para sustentar os patamares de produção, cada vez mais os produtores tem utilizado sistemas intensivos, que realizam o confinamento do rebanho com vistas a

atingir melhor eficiência produtiva, devido às melhores condições de conforto e bem estar animal. No entanto, a ampliação de uso de sistemas intensivos também está associada ao aumento do risco de impactos ambientais, tendo em vista que há aumento da concentração de animais, o que implica em maior quantidade de dejetos por unidade de área. Dessa forma, caso não houver adequado manejo desses resíduos os impactos ambientais serão inevitáveis. Dessa forma, objetiva-se com esse trabalho evidenciar impactos ambientais nos recursos hídricos associados ao inadequado manejo de sistemas intensivos de produção de leite, bem como apresentar alternativas e estratégias cabíveis a fim de mitigar tais impactos. **PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas intensivos de confinamento; bovinocultura de leite; produção de resíduos.

ABSTRACT: Brazil occupies the fourth position among the largest milk producing countries in the world. To sustain production levels, more and more producers have been using intensive systems, which confine the herd to achieve better production efficiency, due to better conditions of comfort and animal welfare. However, the increased use of intensive systems is also associated with an increased risk of environmental impacts, given that there is an increase in the concentration of animals, which implies a greater amount of waste per unit area. Thus, if there is no adequate management of these residues, the environmental impacts will be inevitable. Thus, the objective of this work is to highlight the environmental impacts on water resources associated with the inadequate management of intensive milk production systems, as well as to present appropriate alternatives and strategies in order to mitigate such impacts.

KEYWORDS: Intensive confinement systems; dairy cattle; waste production.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil tem elevada participação na produção mundial de leite, denotando vasto potencial produtivo em termos quantitativos. Atualmente, o país ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais, ficando atrás apenas da Índia, Estados Unidos e Paquistão. No Brasil, os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Santa Catarina respondem por cerca de com 69,7% do volume de leite produzido (2020), sendo destaques, a nível nacional (EMBRAPA, 2020; ANDRADE, 2021; IBGE, 2021; FAO, 2020).

A evolução da produtividade de leite nacional está associada às melhorias no sistema e no manejo dos animais, bem como ao uso de tecnologias no processo de produção, e de programas de melhoramento genético mais robustos (EMBRAPA, 2020; DAMASCENO, 2020; OLIVEIRA et al., 2021). A nível mundial, o confinamento dos animais em instalações (produção em sistemas intensivos) é uma das principais estratégias utilizadas quando se busca melhorar a produtividade do rebanho leiteiro (PERISSINOTTO et al., 2009; DAMASCENO, 2020).

A criação de animais em sistemas intensivos vem ganhando espaço na bovinocultura leiteira do Brasil (TELLES; RIGHETTO, 2019; DAMASCENO, 2020; ANDRADE, 2021).

Todavia, a adoção de sistemas intensivos de produção requer maior preocupação em fornecer um ambiente favorável aos animais, a fim de mitigar efeitos nocivos do ambiente à saúde e ao bem-estar dos animais e trabalhadores (PERISSINOTO et al., 2009; DAMASCENO, 2020; PILATTI et al., 2018). Ao mesmo tempo, aumenta a preocupação com os passivos ambientais gerados na cadeia de leite, tais como maiores demandas por água e elevado volume efluentes gerados (EMBRAPA, 2020; DAMASCENO, 2020; LESO, et al., 2019).

Junto com o aumento da produção de leite, cresce a preocupação mundial em relação aos problemas ambientais e a eficiência do uso dos recursos naturais. O problema é que, conforme cresce a produção de leite, há maior geração de dejetos pelos bovinos leiteiros que, por sua vez, muitas vezes são descartados de forma inadequada, provocando contaminação dos corpos hídricos, solo e atmosfera (DAMASCENO, 2020; WOMACK et al., 2019; BACKER et al., 2020).

Vale mencionar que, para animais de raças leiteiras a produção unitária de dejetos (por dia por animal) depende de fatores como raça, peso, idade e tipo de dieta aplicado ao animal. A literatura aponta que a produção de dejetos (fezes e urina) de vacas em lactação pode variar de 8 a 12% da massa corporal do animal. Desta forma, em virtude do grande volume de dejetos produzidos, torna-se necessário implementar estratégias de tratamento destes dejetos, com vias a evitar o seu lançamento indevido em corpos hídricos e no solo (DAMASCENO, 2020; DAMASCENO et al., 2020; MATOS, 2005).

Ante o exposto, o objetivo desta revisão de literatura é apontar impactos ambientais que podem ocorrer nos recursos hídricos em virtude do inadequado manejo de sistemas intensivos de produção de leite, e apresentar alternativas e estratégias aplicáveis à mitigação de tais impactos.

2 | IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS

2.1 Estimativa consumo de água em sistemas intensivos de produção de leite

A quantidade e a qualidade das descargas de águas residuárias de um sistema de produção animal dependem de vários fatores, dentre os quais pode-se citar: forma de manejo utilizada nas unidades de produção; tipo de instalação; e regime de confinamento. Na bovinocultura de leite, em especial, o consumo de água diário é difícil de ser estimado, uma vez que, além da quantidade diária necessária à dessedentação dos animais, outros usos também devem ser considerados, tais como higienização de instalações e equipamentos de ordenha (CAMPOS, 2002; DAMASCENO, 2020).

A água é o elemento de maior requisição quantitativa para o gado de leite, uma vez que vacas em lactação necessitam de mais água em relação ao seu peso vivo do que outras categorias de animais, pois o leite contém 87% de água (DUQUE et al., 2012; DAMASCENO, 2020). O consumo de água por animal em lactação leva em consideração

diversos fatores, tais como estado fisiológico da vaca, produção diária de leite, peso corporal, raça e consumo de matéria seca (Tabela 1). Enfatiza-se que a composição da dieta, as estações do ano, o clima e a qualidade da água são outros fatores que influem no consumo diário de água por vacas leiteiras (CAMPOS, 2002; ZANIN et al., 2017).

Categoria animal	Consumo (L/cab./dia)	Varição (±)
Vaca em lactação	62,5	15,6
Vaca e novilha no final de gestação	50,9	12,9
Vaca seca e novilha gestante	45,0	12,9
Novilha em idade de inseminação	48,8	14,4
Fêmea desmamada (até inseminação)	29,8	7,2
Bezerro lactente (a pasto)	11,2	3,0
Bezerro lactente (baia até 60 dias)	1,0	0,4

Tabela 1. Consumo de água por bovinos leiteiros por categoria (em litros/cab/dia), em condições de produção intensiva no Brasil.

Fonte: Benedetti (1986).

Segundo Matos (2005), uma vaca leiteira com 400 Kg de peso médio produz de 38 a 50 Kg de excretas diariamente, sendo 28 a 32 Kg de fezes e o restante de urina. Na bovinocultura de leite, além dos resíduos gerados pelos animais, devem ser considerados também os resíduos provenientes da retirada ou processamento do leite. A quantidade de resíduo líquido produzido em instalações de bovinocultura de leite depende do manejo adotado, de forma que o consumo de água pode variar de 40 a 600 litros por vaca ordenhada (CAMPOS, 2002).

2.2 Legislação ambiental para lançamentos de resíduos orgânicos em corpos receptores

Em linhas gerais, as exigências nacionais para lançamento de efluentes da bovinocultura de leite em corpos hídricos receptores seguem o disposto na Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011). Esta resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, a qual complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005a). Tais padrões de lançamento estão listados na Tabela 2. Vale mencionar que, além destes padrões, o efluente não pode alterar a qualidade do recurso hídrico a ponto de causar modificação em seu enquadramento.

A Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011) estabelece que os órgãos ambientais estaduais são encarregados de fiscalizar, orientar e punir as atividades

potencialmente poluidoras, bem como definir diretrizes locais para emissão dos efluentes, sempre que necessário. Neste contexto, em Minas Gerais (MG) tem-se a Deliberação Normativa Conjunta do Conselho de Política Ambiental do Estado e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos COPAM/ CERH nº 1/2008 (MINAS GERAIS, 2008), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes.

Parâmetros	Padrão de lançamento
pH	Entre 6 e 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura
Sólidos sedimentáveis	Inferior a 1 mg.l ⁻¹ , em teste de 1 hora em cone Imhoff
Óleo e graxas	Inferior 50 mg.l ⁻¹ para gorduras vegetais e animais
Materiais flutuantes	Não pode conter
Nitrogênio Amoniacal	Inferior a 20 mg.l ⁻¹

Tabela 2. Padrões de lançamento de efluentes de acordo com resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011).

Fonte: BRASIL, 2011.

Quando se trata de água de reuso, pode-se citar a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54/2005 (BRASIL, 2005b), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água. É possível citar também a Resolução CNRH nº 121/2010 (BRASIL, 2010), que é mais específica em relação à prática do reuso na modalidade agrícola e florestal. É importante destacar que, atualmente, o Brasil não dispõe de uma legislação voltada para aplicação de dejetos de bovinos leiteiros no solo. Porém, conforme Matos (2005), a aplicação de dejetos pode ser baseada na quantidade de nutrientes referenciais, normalmente nitrogênio ou fósforo.

2.3 Impactos ambientais causados pela bovinocultura leiteira em corpos hídricos

2.3.1 Impactos ambientais causados nos corpos receptores

Os padrões de qualidade da água estão relacionados aos parâmetros que são capazes de informar de maneira direta ou indireta, se a presença efetiva de substâncias tóxicas ou micro-organismos possam comprometer a sua qualidade. HENZEL, 2009; MATOS, 2005). Dentre estes impactos estão os efeitos da poluição, contaminação e introdução de substâncias tóxicas no ambiente aquático (TUNDISI et al., 1999; MATOS,

2005).

Quando há lançamento de grande quantidade de material orgânico oxidável em um corpo hídrico, as bactérias aeróbias utilizam o oxigênio disponível na água para estabilizar o material orgânico e, com isso, há a redução de sua concentração no corpo d'água. Este processo pode acarretar morte de peixes e outros animais aquáticos aeróbios por asfixia (MATOS, 2005). Cabe destacar que os dejetos animais são compostos de vários contaminantes que podem afetar águas superficiais e subterrâneas. Alguns destes componentes podem inclusive afetar animais a pasto, prejudicar as plantas terrestres e a qualidade do ar (MATOS, 2005; PASQUALLI, 2012).

Partindo de tal exposto, evidencia-se que a bovinocultura leiteira tem elevado potencial poluidor, em virtude da alta quantidade de poluentes encontrados em seus resíduos (alta concentração de carga orgânica, sólidos totais e nutrientes). Estes poluentes são provenientes da urina e fezes dos animais, leite, produtos químicos utilizados na limpeza e restos de animais (células mortas e pelos), conforme descrito por Pelissari (2013).

Os principais componentes do dejetos animal que causam alterações em águas superficiais e subterrâneas são matéria orgânica, nutrientes e bactérias. Além disso, o dejetos pode aumentar a quantidade de sólidos dissolvidos e em suspensão na água, diretamente, devido a dissolução do dejetos, ou indiretamente, por meio da produção de algas (MATOS, 2005; SILVA et al., 2010). Portanto, a grande quantidade de resíduos gerados em unidades de produção animal pode causar sérios impactos ao meio ambiente, uma vez que estes resíduos possuem elevado potencial poluidor (JOHANN, 2010; PASQUALLI, 2012).

Os principais impactos ambientais gerados pelo lançamento de águas residuárias sem tratamento prévio em corpos hídricos são: aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água, que leva a redução do oxigênio dissolvido no meio; alteração da temperatura; aumento da turbidez; eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças transmitidas através da água (MATOS, 2005; SEEG, 2020; LIAO et al., 2021).

2.4 Principais métodos e estratégias utilizadas no tratamento de efluentes advindos da bovinocultura de leite

As tecnologias aplicadas para o tratamento de efluentes na bovinocultura de leite são diversas, desde processos físico-químicos até processos biológicos. Estas tecnologias podem ser usadas de forma conjugada, desde que atendam às exigências para descarte ou reuso. As estratégias de tratamento de efluentes frequentemente utilizadas em unidades intensivas de produção de leite são: biodigestores, lagoas de armazenamentos, filtros biológicos, métodos que envolvem estratégias de fertirrigação, e utilização de reatores (VON SPERLING, 2014; MATOS, 2005; DAMASCENO, 2020).

2.4.1 Biodigestores

Uma alternativa considerada viável e ideal para o gerenciamento e tratamento dos

dejetos oriundos da bovinocultura de leite é a utilização de biodigestores. O uso desta solução de tratamento permite agregar valores aos resíduos, mediante o uso do biogás e do biofertilizante produzidos (SILVA et al., 2015).

O efluente gerado no biodigestor é o biofertilizante, que não pode ser descartado diretamente nos corpos d'água, pois apresenta alto potencial poluidor. Normalmente, este material é empregado como fonte de nutrientes para diversas culturas, mostrando-se altamente benéfico para a produção, além de ter possibilidade de gerar créditos de carbono (SANTOS et al., 2016; ZANATO, 2014). A aplicação deste material no solo pode provocar um rápido aumento da população de microrganismos, e ocasionar desequilíbrio ecológico do solo, influenciando na sua composição química e microbiológica e, alterando a biodisponibilidade e a taxa de absorção de micro e macronutrientes pelas plantas (MATOS, 2005; VON SPERLING, 2005).

Outro produto oriundo do processo de biodigestão é o biogás, originado pela intensa ação de microrganismos anaeróbios. Este produto consiste em uma mistura gasosa com presença majoritária do gás metano. O gás metano é considerado o responsável pela validação do poder energético do biogás, ou seja, quanto maior a quantidade de metano, mais rico energeticamente é o biogás. De forma geral, o biogás é composto de 50 a 75% de gás metano (CH_4), de 25 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), e quantidades menores de oxigênio (O_2), monóxido de carbono (CO) e gás sulfídrico (H_2S) (GUSMÃO, 2008; WANG et. al., 2014).

Esperancini et al., (2007) e Silva (2019), Simon (2010), em seus estudos sobre a viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás, relataram que o uso de biogás originado do processo de biodigestão pode ter inúmeras vantagens. Dentre estas, os autores citam a redução da poluição dos recursos hídricos e a diminuição do consumo de lenha, além do fato de se tratar de uma fonte renovável de energia.

De forma geral, os sistemas de biodigestão anaeróbia permitem o aproveitamento do esterco animal, por meio da redução da concentração da matéria orgânica, sendo uma alternativa capaz de contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o uso de biodigestores colabora para a preservação do meio ambiente, pois possibilita o tratamento resíduos animais, que é um passivo ambiental se for descartado indevidamente e sem tratamento.

De modo geral, os biodigestores são constituídos por: um misturador, onde a matéria-prima e a água são misturadas; uma câmara, onde ocorre a fermentação anaeróbica; uma válvula, onde sai o biogás; e uma saída, utilizada para retirada do biofertilizante. A matéria-prima utilizada pode ser esterco, poda de árvores, palha de cana-de-açúcar etc. (ZANATO, 2014). Destaca-se que, vários modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos com vias à melhor estabilização dos resíduos, aumento da eficiência, além da viabilidade econômica para implantação nas propriedades rurais. No Brasil, três modelos são mais utilizados em

unidades de produção: indiano, chinês e canadense (XAVIER et al., 2015; ZANATO, 2014).

Vale destacar que, os biodigestores podem ser classificados como contínuos e intermitentes. O primeiro termo refere-se aos biodigestores que recebem cargas diárias ou periódicas, e em que descarregamento do fermentado ocorre por vasos comunicantes, ainda durante o período de funcionamento. O biodigestor intermitente, por sua vez, mantém a matéria a ser degradada retida durante um determinado período (XAVIER et al., 2015).

2.4.2 Filtros anaeróbios

A utilização de filtros anaeróbios tem sido amplamente utilizada no meio rural e em pequenas comunidades. Estes dispositivos são reatores com biofilmes, em que a biomassa cresce aderida a um meio suporte, usualmente pedras. Esta estrutura funciona com fluxo ascendente e com elevada carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por unidade de volume, garantindo condições anaeróbias e um menor volume do reator. É importante frisar que, Os filtros anaeróbios devem ser selados, para que não ocorra entrada de oxigênio (VON SPERLING, 2005; VON SPERLING, 2014).

Os filtros anaeróbios, quando utilizados para tratamento de efluentes agroindustriais, requerem unidades de decantação primária à montante e pós-tratamento a jusante (MATOS, 2005; VON SPERLING, 2014). O emprego de uma lagoa facultativa, como pós-tratamento, pode melhorar as características do efluente para lançamento no corpo receptor, pois a remoção de DBO nos filtros anaeróbios é baixa e, mesmo depois deste tratamento, o efluente pode apresentar aspecto desagradável e concentração elevada de nutrientes.

2.4.3 Lagoa de armazenamento e tratamento parcial

Os sistemas de tratamentos passivo de efluentes, de modo geral, tiveram seu desenvolvimento inicial pensado para o tratamento de efluentes domésticos, mas com o tempo passaram a ser utilizadas para outras finalidades, como o uso para o tratamento de dejetos bovinos. Quando se trata de lagoas utilizadas para o tratamento de efluentes em propriedades leiteiras, dois tipos são comumente utilizados: sistema de lagoa de armazenamento, cujo objetivo principal é reter o efluente por um certo período, para que ocorra a estabilização da matéria orgânica; e sistema de lagoa de tratamento parcial, em que o efluente é parcialmente degradado, reduzindo a sua carga poluidora (KURN e FONGARO, 2019; DAMASCENO, 2020).

O dimensionamento destas lagoas deve levar em consideração o volume de efluentes gerados diariamente, adicionando-se ainda o volume de água da chuva que pode adentrar nestas estruturas. O manejo das lagoas pode ser feito de forma parcial, em que o líquido sobrenadante é drenado através do uso de gravidade ou bombas pequenas e o sólido permanece acumulado por um maior período (3 a 4 anos), ou total, em que o efluente é retirado da lagoa com uso de bombas acopladas em um trator, e reutilizado (KURN e

ENCARNAÇÃO, 2007; KURN e FONGARO, 2019; DAMASCENO, 2020).

2.4.4 Lagoa anaeróbia

A lagoa anaeróbica é projetada para receber uma alta carga orgânica, com limites superiores que $100\text{g DBO m}^3\text{-dia}^{-1}$. Sua profundidade pode variar entre 2,5 e 5,0 m, e a sua principal função é atuar na remoção da carga orgânica, que geralmente se expressa em Demanda Química de Oxigênio (DQO). Neste caso, a remoção se dá por meio da combinação da sedimentação e da degradação biológica do efluente, com este último processo é realizado pela ação de bactérias na ausência de oxigênio (VON SPERLING, 2005; DAMASCENO 2020; VON SPERLING 2014).

2.4.5 Lagoa aeróbia

As lagoas aeróbicas permitem a remoção de patógenos e nutrientes. Para isto, recebem as águas residuárias sedimentadas das lagoas anaeróbicas, necessitando de grandes áreas superficiais, mas pequenas profundidades (1,0 a 2,0 m) para a sua construção. Os principais mecanismos para a remoção de patógenos incluem o tempo de permanência nas lagoas e exposição a luz solar (DAMASCENO, 2020; VON SPERLING, 2005; MATOS, 2005; VON SPERLING, 2014).

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da demanda por produtos derivados do leite tem provocado a exploração intensiva de animais que, quando agrupados em instalações, produzem grande volume de efluentes em pequenas áreas. Estes efluentes precisam ser tratados corretamente, para que não causem impactos ambientais, principalmente em corpos hídricos. O tratamento dos efluentes da bovinocultura de leite pode ser realizado por diferentes tipos de estruturas, tais como biodigestores, filtros anaeróbios, lagoas de armazenamento, lagoa anaeróbia, lagoa aeróbia, etc. Cada uma destas estruturas apresenta particularidades, que devem ser consideradas para que possam entregar o resultado esperado em termos de tratamento do efluente e de investimento (área de ocupação, capital necessário, uso de subprodutos de tratamento do efluente etc.).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas Compost Barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

BACKER, J.; BATTYE, W. H.; ROBARGE, W.; ARYA, S. P.; ANEJA, V. P. Modeling and measurements of ammonia from poultry operations: Their emissions, transport, and deposition in the Chesapeake Bay. **Science of The Total Environment**, v. 706, p. 135290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135290>.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos **Resolução CNRH nº 54**, de 28 de novembro 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, v. 3, n. 1, p. 31, 28 nov. 2005b.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos **Resolução CNRH nº 121**, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução nº54/2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente **Resolução CONAMA nº. 357/2005**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2005a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **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.

CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426- 438, mar./abr. 2002.

DAMASCENO, F. A.; MONGE, J. L.; NASCIMENTO, J. A. C.; ANDRADE, R. R.; BARBARI, M.; SARAZ, J. A. O.; FERRAZ, G. A. S. Estimate of manure present in compost dairy barn systems for sizing of manure storage. **Agronomy Research** 18(S2), 1213-1219, 2020.

DAMASCENO, F. A. **Compost Barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. 1.ed. Divinópolis: Adelante, 2020. 396p.

DUQUE, A. C. A.; SÁVIA, J. S.; BORGES, A. L. C.; SILVA, R. R. Água, o nutriente essencial para vacas em lactação. **Veterinária Notícias**. v.18, n. 1, p.6-12, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Anuário Leite 2020: Leite de vacas felizes**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124722/anuario-leite-2020-leite-de-vacas-felizes>>. Acesso em: 05 MAIO. 2021.

ESPERANCINI, M. S. T.; COLEN, F.; BUENO, O. C.; PIMENTEL, A. E. B.; SIMON, E. J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, p. 110-118, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Overview of global dairy market developments in 2020**. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cb4230en/cb4230en.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2021.

GUSMÃO, M. M. F. C. C. Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Ambiental) -Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2008.

HENZEL, M. E. **Análise de resíduos, como mecanismo de auxílio à redução de impactos ambientais: um estudo de caso em abatedouro**. Santa Maria: UFSM, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2021. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em 01 de JUL de 2022.

JOHANN, A. S. T. **Desenvolvimento de Tecnologia Alternativa para Tratamento de Efluente da Limpeza dos Currais de Gado Leiteiro**. 2010. 109p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Toledo.

KUNZ, A.; ENCARNAÇÃO, R. Tratamento de dejetos de animais. **Gestão ambiental na agropecuária. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, p. 167-191, 2007.

KUNZ, A.; FONGARO, G. Tecnologias para tratamentos de efluentes da produção animal visando ao reuso de água. **Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

LESO, L.; CONTI, L.; ROSSI, G.; BARBARI, M. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: A case study in Italy. **Agronomy Research**, v.16, p.794–805, 2018. DOI: 10.15159/AR.18.085.

LIAO, W.; LIU, C.; JIA, S.; XIE, J.; GAO, Z. Comparing NH₃ emissions under different cattle housing conditions in cold regions in China with an inverse dispersion technique. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 301, p. 108355, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108355>.

MATOS, A.T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In: Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta **COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008**. 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. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008

OLIVEIRA, C.E.A.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; NASCIMENTO, J.A.C.; VEGA, F.A.O.; TITÔCO, I.F.F.; ANDRADE, R.R. Assessment of spatial variability of bedding variables in compost bedded pack barns with climate control system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.93, p.20200384, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120200384.

PASQUALI, L. **Composição gravimétrica de resíduos sólidos recicláveis domiciliares no meio rural de Chopinzinho** – PR. Dissertação (Mestrado) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Regional. Pato Branco/PR. 68p. 2012.

PELLISSARI, C. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construído de escoamento subsuperficial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D.J.; CRUZ, V.F.; SOUZA, S.R.L.; LIMA, K.A.O.; MENDES, A.S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v.39, p.1492–1498, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000094.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C.; RANKRAPE, F.; VISMARA, E. S. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2018.

SANTOS, S. J.; SANTOS, E. L.; SANTOS, E. L.; BARBOSA, J. H.; JUNIOR, D. A. P.; CONCEIÇÃO, E. P. Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar. **Pubvet**, v. 11, p. 207-312, 2016.

SILVA, E. M.; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Eng. Agric., Jaboticabal**, v. 30, n. 1, p. 67- 73, Jan.- Fev., 2010.

SILVA, F. F. M.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; BARBOSA, P. T.; Moura, L. F.; MACÊDO, C. S. Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN – Campus Apodi. **Holos**, v.6, p. 315-327, 2015.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2485- 2492, 2019.

SIMON, E. J.; BUENO, O. C. **Viabilidade da implantação de biodigestores como fonte alternativa de energia e de produção de compostos orgânicos em áreas de assentamentos rurais do estado de São Paulo**. 21 ed. Botucatu: UNESP, 2006. 50p.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do clima do Brasil 1970-2019**. Disponível em: < <https://www.oc.eco.br/seeg-8-analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-metas-de-clima-brasil-1970-2019/>>. Acesso em: 05 MAIO. 2021.

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da Agropecuária e Sustentabilidade Ambiental. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. p. 89-113.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, L.G. (Ed.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap.5, p.153-194.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1, 452 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 43. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014

WANG, X., LU, X., LI, F., & YANG, G. Effects of temperature and carbon-nitrogen (C/N) ratio on the performance of anaerobic co-digestion of dairy manure, chicken manure and rice straw: focusing on ammonia inhibition. *PLoS one*, v.9, n. 5, e97265, 2014.

WOMACK, C. C.; McDUFFIE, E. E.; EDWARDS, P. M.; BARES, R.; DE GOUW, J. A.; DOCHERTY, K. S.; DUBÉ, W. P.; FIBIGER, D. L.; FRANCHIN, A.; GILMAN, J. B.; GOLDBERGER, L.; LEE, B. H.; LIN, J. C.; LONG, R.; MIDDLEBROOK, A. M.; MILLET, D. B.; MORAVEK, A.; MURPHY, J. G.; QUINN, P. K.; RIEDEL, T. P.; ROBERTS, J. M.; THORNTON, J. A.; VALIN, L. C.; VERES, P. R.; WHITEHILL, A. R.; WILD, R. J.; WARNEKE, C.; YUAN, B.; BAASANDORJ, M.; BROWN, S. S. An odd oxygen framework for wintertime ammonium nitrate aerosol pollution in urban areas: NO_x and VOC control as mitigation strategies. **Geophysical Research Letters**, v. 46, n. 9, p. 4971-4979, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019GL082028>.

ZANATO, J. A. F. **Produção e qualidade do biogás gerado com os dejetos de diferentes espécies animais**. 2014. 112 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2014.

ZANIN, E.; HENRIQUE, D. S.; FLUCK, A. C. Avaliação de equações para estimar o consumo de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, v. 18, n. 1, p. 76-88, 2017