



GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NOS PROCESSOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA CARNE BOVINA

ARTIGO DE REVISÃO

ARAÚJO, Pablo Phorlan Pereira de¹, LEITE, Michael Douglas Sousa², LEITE, Francisca Simone Lopes da Silva³, SILVA, Aline Cristina de Araújo Florentino⁴, COSTA, Kylvia Luciana Pereira⁵, BANDEIRA, Pablo Sthefano Roque de Souza⁶, SILVA FILHO, Valdeir Gonçalves da⁷, GONÇALVES, Samara Nóbrega de Oliveira⁸

ARAÚJO, Pablo Phorlan Pereira de. *et al.* **Gerenciamento de resíduos sólidos agroindustriais: uma revisão sistemática nos processos de industrialização da carne bovina.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 08, Ed. 07, Vol. 03, pp. 60-77. Julho de 2023. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/agroindustriais>

RESUMO

Esta pesquisa objetivou revisar a literatura com vistas ao gerenciamento de resíduos sólidos agroindustriais na produção de carne bovina em abatedouros, buscando identificar as práticas atuais, tecnologias e implicações ambientais dessa atividade em diferentes países. Metodologicamente, o estudo foi considerado qualitativo e utilizou-se das bases de dados *Scopus*, *Google Scholar*, *Web of Science*. Por meio do método *PRISMA* foi realizada a revisão sistemática e, ao fim dessa revisão, chegou-se a 18 artigos científicos nacionais e internacionais selecionados e analisados. Dentre os autores, Santagata e McCabe se destacaram pela quantidade de artigos publicados em comparação aos outros autores. Quanto aos periódicos de maior destaque, estão o *Jornal da produção mais limpa* (4 artigos) e *Revisões de energia renovável e sustentável* (2 artigos). Referente às bases de dados, a *ScienceDirect* apresentou a maior quantidade de publicações (13), seguida por *Springer* (2) e *Taylor & Francis* (2). Foi possível constatar uma predominância de pesquisas com a finalidade de estudar o potencial energético dos resíduos dos abatedouros, o que representa uma clara tendência de que os resíduos dos abatedouros constituem ou podem constituir-se numa fonte importante de energia renovável em seus países. Dentre os impactos gerados pela agroindústria de processamento da carne bovina, os autores citam principalmente: a contaminação das águas, dos solos, do ar e os prejuízos diretos à saúde humana.



Palavras-chave: Abatedouro, Compostagem, Digestão anaeróbia, Biogás, PRISMA.

1. INTRODUÇÃO

O processo em curso de agressão excessiva ao ambiente natural iniciou-se com a própria evolução humana, intensificando-se com a Revolução Industrial nos séculos XVIII, XIX e XX. Sua compreensão se faz necessária para desencadear uma sensibilização quanto à gravidade e a conseqüente ação mitigadora imprescindível para sua superação (DIAS, 2017).

O consumo humano e a geração de resíduos se colocam no centro dos debates globais, de modo geral, o gerenciamento de resíduos sólidos, em diversos setores econômicos, pode resultar em impactos negativos ao ambiente e à saúde humana que vêm sendo discutidos ao longo dos anos, com maior ênfase após as Conferências das Nações Unidas do Meio Ambiente e Desenvolvimento, especialmente a ECO-92 e a Rio+20 (SERAFIM, 2018).

Dentre os impactos potenciais, estão a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e liberação de metano na atmosfera (SANTAGATA; RIPA; ULGIATI, 2017), contaminação do solo (SIDDIKI *et al.*, 2021) e desenvolvimento de agentes infecciosos que possam apresentar riscos à saúde humana (Al-GHEETHI *et al.*, 2021).

O que se percebe são organizações em ritmo frenético para atender às necessidades da população mundial, cujo crescimento vertiginoso potencializa os efeitos negativos do consumo. No entanto, esse crescimento acelerado, sobretudo nas últimas décadas, impõe à indústria o desafio de gerenciar a produção de forma sustentável (RAMIRES *et al.*, 2021).

Neste sentido, a responsabilidade socioambiental das organizações se relaciona com as transformações ocorridas no mundo, envolvendo-as integralmente, quer seja como atores, em sinergia com outros entes, ou como agentes afetados por ocorrências no âmbito sociocultural, econômico e ambiental (DIAS, 2017).



Diante do exposto, a problemática do consumo e, conseqüente geração de resíduos, desperta na sociedade um interesse maior em relação ao meio ambiente e à saúde pública. As organizações, enquanto membros da sociedade, geralmente tentam mitigar os impactos ambientais negativos advindos de suas atividades, seja na obtenção de insumos e tecnologias menos nocivas ao meio ambiente e à saúde humana, seja na destinação ou disposição final ambientalmente adequada dos resíduos (SANTAGATA *et al.*, 2019).

Entretanto, os resíduos de abatedouros são poluentes historicamente negligenciados pela sociedade. Muito embora animais abatidos fossem utilizados ao longo da história na produção de roupas, cordas, velas, sabonetes ornamentos e ferramentas, somente a partir da segunda metade do século XIX é que a mentalidade começou a mudar (McCABE *et al.*, 2020).

Partindo-se desta perspectiva, a indústria de carnes bovina apresenta-se como atividade econômica geradora de resíduos de grande potencial poluidor e/ou contaminante, pois muitos dos estabelecimentos nessa categoria, mesmo no século XXI, continuam usando de padrões insustentáveis de produção e consumo (KEFALEW; LAMI, 2021). Em face dessa realidade, tem-se como proposta de estudo responder a seguinte indagação: qual o estado atual da produção científica nacional e internacional quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de carne bovina e quais os impactos ambientais e tecnologias de controle ambiental relacionadas a esta atividade econômica?

Alguns estudos, nesse mesmo sentido, foram empreendidos, a exemplo de Al-Gheethi *et al.* (2021), que revisaram de forma abrangente as práticas existentes de descarte de biorresíduos de matadouros. Outro estudo semelhante foi desenvolvido por McCabe *et al.* (2020), que a partir de uma revisão crítica e estudo de caso, tratou de tecnologias e processos para reutilizar, reciclar e descartar resíduos líquidos e sólidos orgânicos na indústria de carne vermelha australiana. Da mesma forma Shirzad *et al.* (2019), ao desenvolverem sua pesquisa com o objetivo de revisar o estado da produção de resíduos agrícolas e pecuários/matadouros no mundo e a conversão destes resíduos em energia a partir da digestão anaeróbica.



A proposta desta pesquisa foi revisar a literatura para estudar o gerenciamento de resíduos sólidos agroindustriais na produção de carne bovina em abatedouros, buscando identificar as atuais práticas, tecnologias e implicações ambientais desta atividade em diferentes países. Diferencia-se, dos demais estudos, por trazer o método PRISMA como orientação para revisões sistemáticas, além de discorrer sobre medidas de controle ambiental utilizadas no gerenciamento de resíduos sólidos em vários países.

O estudo da carne bovina na indústria se mostra muito pertinente, pois, quando se lança um olhar para tal questão, percebem-se problemas urgentes, dado o acelerado esgotamento de recursos no planeta terra, os impactos ambientais e a imprescindível busca por alternativas sustentáveis (SANTAGATA *et al.*, 2019).

Torna-se, igualmente importante, evidenciar que o estudo será contributivo para que, a partir da realidade encontrada, possa haver uma tomada de ação dos entes envolvidos e da sociedade, no sentido de mitigar os impactos ambientais inerentes, pela destinação e disposição final ambientalmente adequada de resíduos, gerando melhores resultados econômicos e ambientais, além de ganhos para a sociedade em termos de saúde e qualidade de vida.

Para além disso, está sua relevância científica, pois estudos posteriores poderão obter informações quanto as lacunas e oportunidades existentes nesta área, a exemplo da falta de pesquisas internacionais que tratam das diferentes etapas do gerenciamento de resíduos sólidos na indústria da carne bovina e da escassez de artigos científicos no Brasil, reconhecidos internacionalmente quanto ao assunto explorado.

2. METODOLOGIA

Ainda que as revisões realizadas e publicadas internacionalmente sigam as etapas de sistematização, existe uma grande variabilidade no atendimento dos itens necessários à revisão. Por isso, ferramentas são utilizadas para garantir o atendimento de critérios necessários em revisões sistemáticas, como o *Systematic Review Checklist (CASP)*,



Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) e Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (GALVÃO; RICARTE, 2019).

A ferramenta PRISMA consta de uma lista de itens que devem ser observados em uma revisão sistemática (*PRISMA checklist*) composta por 27 itens. O PRISMA consiste em um conjunto de itens baseado em evidências para relato em revisões sistemáticas, visando auxiliar autores na melhoria dos relatos de revisões sistemáticas. Embora não seja um instrumento de avaliação de qualidade, também pode ser útil na avaliação crítica de revisões sistemáticas publicadas (PAGE *et al.*, 2021).

É importante destacar que a ferramenta PRISMA foi utilizada nesta pesquisa como uma orientação para descrever os principais elementos de uma revisão sistemática. No entanto, apenas alguns dos elementos elencados na ferramenta foram encontrados e evidenciados nesta pesquisa.

2.1 SELEÇÃO DAS BASES DE DADOS

Para a busca dos artigos, as bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar* foram selecionadas, considerando-se o critério de abrangência quanto ao número de registros e seu amplo reconhecimento no meio científico.

2.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

As buscas dos artigos científicos na *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar* foram realizadas nas datas 17, 20 e 22 de março de 2022, respectivamente. Os termos em idioma inglês *slaughterhouse* e *solid waste management* foram utilizados na busca, exceto na base de dados *Web of Science*, em que a busca se deu com *Sloughtherhouse* e *waste management*, por esta última expressão permitir resultados numericamente mais representativos para esta base de dados. O indicador booleano *And* e as aspas duplas (para buscas exatas de termos em conjunto) foram aplicados para *solid waste management* e *waste management*, exceto no *Google Scholar*, que não requer o uso de indicadores booleanos.



As buscas nas bases ocorreram por títulos, resumos e palavras-chave, excetuando-se o *Google Scholar*, que não apresenta estes filtros de busca. Além disso, a pesquisa ocorreu para artigos científicos indexados no período de 2017 a 2021, ou seja, na produção científica nacional e internacional de cinco anos, por representar o que existe de mais atual em termos de literatura na área.

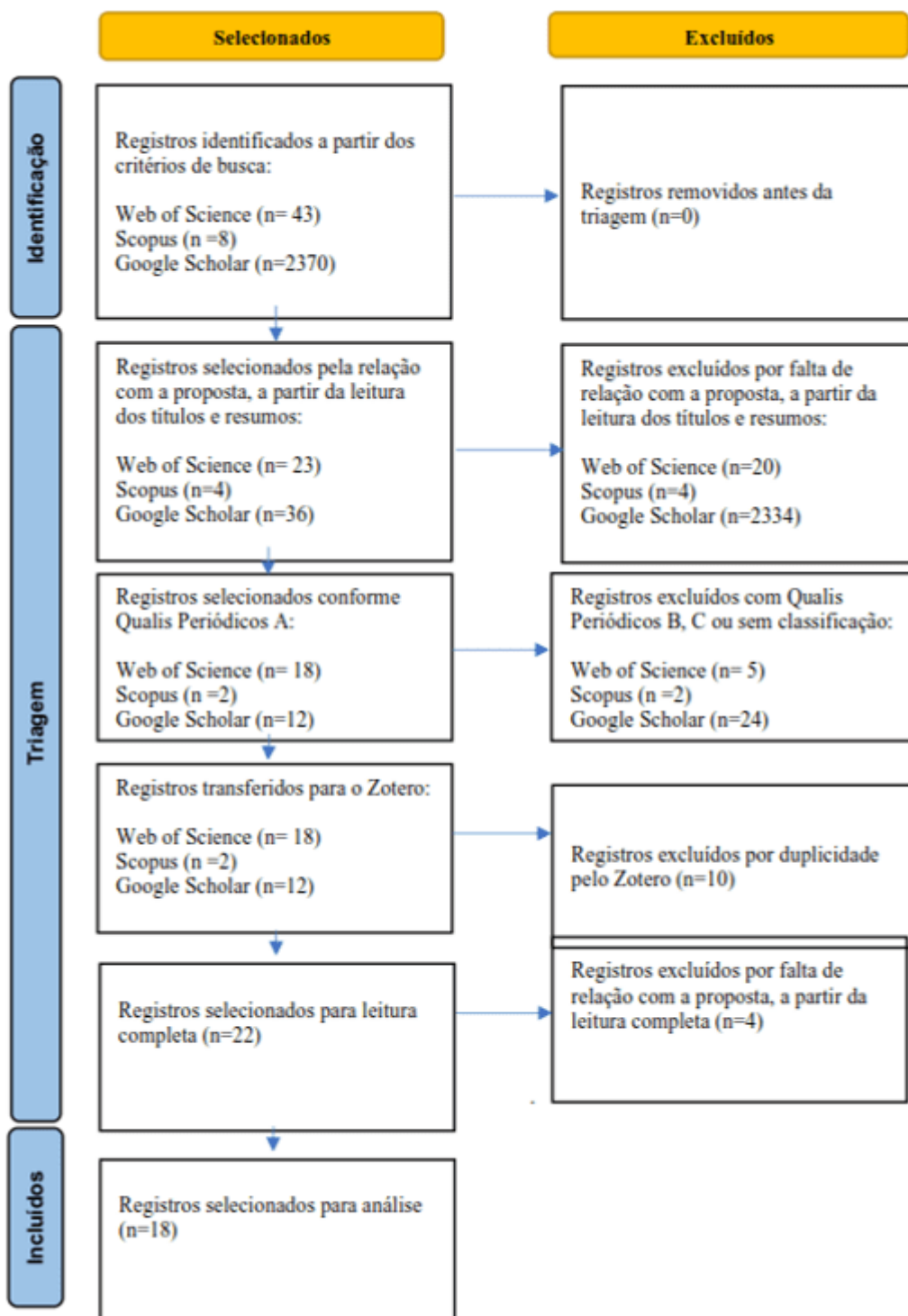
2.3 SELEÇÃO DOS REGISTROS

Após obter os resultados da busca, a etapa seguinte foi proceder na leitura e análise dos títulos dos registros encontrados, estabelecendo uma relação de tais títulos com o objetivo central de estudo, de forma a selecionar apenas os artigos científicos que atendessem a esta relação. Ao mesmo tempo, foram excluídos artigos científicos que não tratavam parcialmente ou totalmente de resíduos sólidos da indústria da carne bovina. Adicionalmente a esses critérios, em fase posterior, ocorreu uma nova filtragem dos artigos para reduzir a complexidade de análise, selecionando apenas artigos de periódicos internacionais prestigiados pelos programas de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado brasileiros, classificados pelo *Qualis Periódicos (A)*, avaliação quadrienal 2013-2016, classificação oficial disponível na Plataforma Sucupira na época desta pesquisa.

Vale salientar que na fase de seleção dos artigos, verificou-se que cada página da base de dados *Google Scholar* apresentou 10 registros e, na medida em que se avançava pelas páginas, o número de registros relacionados reduzia, de modo que da 13ª página em diante, não foram encontrados artigos relacionados a temática.

Logo depois, os registros foram importados para o gerenciador de referências Zotero 6.0.4, a fim de eliminar as duplicidades. Na fase subsequente, se procedeu com a leitura completa dos artigos, excluindo àqueles que numa avaliação mais subjetiva não poderiam contribuir com a proposta de estudo. Apresenta-se na figura 1 o passo a passo da seleção dos registros.

Figura 1 - Diagrama de identificação de estudos em bancos de dados



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.



No diagrama de fluxo citado na figura 1, expõem-se todas as etapas de seleção e exclusão dos estudos, mostrando de forma clara e objetiva como se deu o processo de definição dos estudos selecionados para a análise e revisão sistemática. Em síntese, o processo de análise e revisão de estudos foi realizado a partir de 18 artigos científicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão sistemática de literatura resultou na seleção de 18 artigos científicos, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Estudos selecionados na revisão sistemática de literatura

Nº	Título	Autores	Nº	Título	Autores
1	Cálculo teórico da produção de biogás e potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa de gado, aves e resíduos de matadouros em Bangladesh	Siddiki <i>et al.</i> (2021)	10	Otimização do Processo de Digestão Anaeróbia no tratamento de Águas Residuais de Alta Resistência na Indústria Australiana de Processamento de Carne Vermelha	Harris e Mc Cabe (2020)
2	A cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira nas próximas décadas	Malafaia <i>et al.</i> (2021)	11	Uma revisão sobre a aplicação de bioprocessos enzimáticos no tratamento de efluentes e dejetos animais	Cheng <i>et al.</i> (2020)
3	Potencial de produção de biogás e biofertilizantes de resíduos de matadouros: implicações na gestão sustentável de resíduos na cidade de Shashemene, Etiópia	Kafalew e Lami (2021)	12	Uma revisão abrangente sobre geração de eletricidade e potenciais de redução de emissões de GEE através da digestão anaeróbica de resíduos agrícolas e pecuários/matadouros no Irã	Shirzad <i>et al.</i> (2019)
4	Aplicação de resíduos reciclados de matadouros como adubo orgânico para cultivos sucessivos de pimentão e amaranto	Bhunja <i>et al.</i> (2021)	13	Geração de energia a partir de resíduos de matadouros. Uma avaliação contábil de emergência	Santagata <i>et al.</i> (2019)
5	A análise econômica e ambiental da produção de energia a partir de resíduos de matadouros na Arábia Saudita	Ali <i>et al.</i> (2021)	14	A avaliação do impacto da descarga de instalações de resíduos de matadouros na água em Osogbo, Nigéria	Akanni, Ogbiye e Onakunle (2019)



6	Bioresíduos de matadouros e mercados úmidos: uma visão geral da gestão de resíduos para prevenção de doenças	Al-Gheethi <i>et al.</i> (2021)	15	Viabilidade tecnoeconômica da biorrefinaria de resíduos: usando fluxos de resíduos de abate como matéria-prima para produção de biopoliéster	Sharzad <i>et al.</i> (2017)
7	O potencial energético dos resíduos de biomassa da agricultura, agroindústria, pecuária e matadouros através da combustão direta e digestão anaeróbica. O caso da Colômbia	Gutiérrez <i>et al.</i> (2020)	16	Uma avaliação ambiental da produção de eletricidade a partir de resíduos de matadouros. Ligação de sistemas urbanos, industriais e de gestão de resíduos	Santagata <i>et al.</i> (2017)
8	Em direção ao gerenciamento lucrativo e sustentável de biorecursos na indústria de processamento de carne vermelha australiana: uma revisão crítica e estudo de caso ilustrativo	McCabe <i>et al.</i> (2020)	17	Potencialidades da instalação de biogás na cadeia de valor da carne sul-africana para redução de impactos ambientais	Russo e Blottnitz (2017)
9	Revisão crítica sobre a necessidade de geração de bioeletricidade a partir de resíduos e efluentes da indústria de frigoríficos utilizando diferentes reatores de digestão anaeróbia	Loganath e Senophiyah-Mary (2020)	18	Descobrimos potenciais de simbiose industrial em um pequeno estado insular em desenvolvimento: o estudo de caso de Maurício	Mauthoor <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Uma análise simplificada da tabela 1 permite inferir que dentre os autores dos artigos, Santagata e McCabe se destacaram pela quantidade de artigos publicados (cada um com dois artigos). No que se refere ao ano das publicações, a aplicação dos critérios da revisão sistemática resultou em 6 (seis) artigos referentes ao ano de 2021, 5 (cinco) artigos publicados em 2020, 3 (três) artigos para o ano de 2019, nenhum artigo para o ano de 2018 e 4 (quatro) artigos para o ano de 2017.

É necessário frisar que a ausência de artigos referentes ao ano de 2018 não indica, necessariamente, inexistência de artigos com esta temática para o referido ano, mas tão somente a ausência deles nas bases de dados consideradas nesta pesquisa, utilizando-se os critérios de busca já mencionados na metodologia.



É igualmente oportuno destacar que na tabela 1 existe uma predominância de pesquisas com a finalidade de estudar o potencial energético dos resíduos dos abatedouros, o que representa uma clara tendência de que os resíduos dos abatedouros constituem ou podem constituir-se numa preciosa fonte de energia renovável em seus países.

A análise e discussão dos dados prossegue destacando agora os periódicos mais prestigiados pelos pesquisadores brasileiros, conforme o *Qualis Periódicos (A)*. Sendo assim, destacaram-se os seguintes periódicos: *Jornal da produção mais limpa* (4 artigos) e *Revisões de energia renovável e sustentável* (2 artigos). Quanto às bases de dados, a *ScienceDirect* apresentou a maior quantidade de publicações (13), seguida por *Springer* (2) e *Taylor & Francis* (2). Todas as bases de dados apresentadas estavam contidas em outras bases renomadas: *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*.

Revelou-se, ainda, com a revisão sistemática que Austrália e Itália foram os países que mais se dedicaram a produzir estudos na área de gestão de resíduos em abatedouros (2 artigos para cada país). Isso corrobora com o que a literatura afirma ao evidenciar que os abatedouros em países desenvolvidos dispõem de estruturas tecnológicas bem arranjadas (McCABE *et al.* 2020; Al-GHEETHI *et al.* 2021), o que pode ser reflexo de um investimento maior em pesquisas nesses países. Por outro lado, a revisão sistemática também revelou que existem raríssimas publicações brasileiras, em âmbito internacional, que tratam do gerenciamento de resíduos sólidos provenientes de abatedouros de bovinos, o que acaba por oportunizar a pesquisa sobre esse tema e sua publicação em periódicos internacionais reconhecidos. Neste sentido, reitera-se as contribuições técnicas, científicas e bibliográficas que pesquisas, com essa temática, poderão deixar, se publicadas em periódicos internacionais de renome.

A análise metodológica dos estudos encontrados permitiu inferir que há uma quantidade substancial de estudos de caso (5), assim como, também, pesquisas bibliográficas para fins de revisão de literatura (7).



Essas tendências metodológicas podem ser explicadas ao se olhar para o tema de pesquisa proposto, pois percebe-se que a gestão de resíduos sólidos é um desafio em muitos países, especialmente quando se trata da gestão de resíduos sólidos em abatedouros, por causa dos impactos ambientais e de saúde da população, e também dos potenciais econômicos que a atividade oportuniza, ensejando as condições de pesquisa necessárias para os estudos de casos. Por outro lado, os estudos de revisão se justificam no sentido prioritário de apontar oportunidades de pesquisa em uma área que é estratégica do ponto de vista social, econômico e ambiental.

Ainda sobre os estudos de revisão, eles representam uma grande lacuna de pesquisa quando o assunto é o gerenciamento de resíduos sólidos em abatedouros de bovinos no Brasil,

especialmente quando se faz referência a estudos internacionais com classificação (A) no *Qualis Periódicos*.

Na análise de conteúdo dos artigos, em específico no que tange à geração de resíduos sólidos e efluentes pela agroindústria de abate de bovinos, identificou-se que existe uma grande preocupação dos autores quanto ao impacto causado (ambiental e de saúde) e o potencial econômico do sangue, estrume, conteúdo ruminal (alimento parcialmente digerido) e efluentes líquidos. Neste sentido, Al-Gheethi *et al.* (2021) corroboram com isso, quando afirmam que a gestão de resíduos adequada reduz os problemas ambientais e de saúde, ao mesmo tempo em que introduz oportunidades que beneficiarão o crescimento econômico.

A quantidade gerada de resíduos encontra guarida nos trabalhos de (KEFALEW; LAMI, 2021; LOGANATH; SENOPHIYAH-MARY, 2020; SIDDIKI *et al.*, 2021), quando afirmam que um animal com peso médio de 250kg, produz 22,5kg de esterco, 21kg de sangue e 30kg de conteúdo ruminal. De forma mais genérica, Shirzad *et al.* (2019) descreveram que no Irã foram gerados aproximadamente 37 milhões de toneladas de estrume, 225 mil toneladas de sangue e 660 mil toneladas de conteúdo ruminal. Em termos gerais, McCabe *et al.* (2020) também citam que a indústria australiana, por exemplo, produz cerca de 690 milhões de litros por ano de águas residuais. Na



Colômbia, Sagastume Gutiérrez *et al.* (2020) citam uma produção anual de resíduos com cerca de 63.324 toneladas. Por fim, destaca-se que uma grande porcentagem do peso vivo do gado (uma quantidade de cerca de 48% em massa) consiste em subprodutos em potencial (SANTAGATA; RIPA; ULGIATI, 2017).

Dentre os impactos gerados pela indústria de processamento da carne bovina, os autores citam principalmente: a contaminação dos solos, das águas e do ar, e os prejuízos à saúde humana. Além disso, o grande consumo de água para a operação de abatedouros é fato preocupante, o que requer maior atenção. É possível perceber, sobretudo, grande ênfase dos autores quanto às emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), fato citado em 67% dos estudos analisados.

Russo e Blottnitz (2017) reforçam a emissão de GEE pelo setor, descrevendo que a pecuária de corte produz principalmente óxido nitroso e metano, o primeiro proveniente do estrume e urina, e o segundo da fermentação entérica de ruminantes. No ano de 2000, por exemplo, as emissões globais de GEE chegaram a 2,45 bilhões de toneladas, sendo o metano da fermentação entérica responsável por 65% das emissões.

Siddiki *et al.* (2021) argumentam que a produção de um grande número de animais traz impacto significativo na eliminação de esterco. Isso contribui, em particular, para a ampliação da contaminação do solo pelo aumento da quantidade de nutrientes. Para Sharzad *et al.* (2020), quando os resíduos são despejados nos aterros sanitários sem reciclar nenhum material para reaproveitamento ou produção de energia, isso pode causar contaminação do solo e dos recursos hídricos devido à difusão de lixiviados.

Bhunja *et al.* (2021), por sua vez, destacam que o descarte inadequado desses resíduos orgânicos, por meio de despejo a céu aberto, é uma prática comum nos países em desenvolvimento que cria riscos à saúde humana e ao meio ambiente. No que se refere à água, o consumo para abate é, no geral, muito alto (entre 500 e 2.500L.animal⁻¹), devido às etapas nas indústrias de abate como lavagem, limpeza, corte, desossa, expedição e as tecnologias utilizadas (LOGANATH; SENOPHIYAH-MARY, 2020).



Uma avaliação dos 18 artigos revelou que 55% deles discorrem sobre os sistemas de tratamento de resíduos, com foco na digestão anaeróbia para produção de biogás e eletricidade, além da utilização do substrato do sistema para compostagem. Este fato encontra justificativa na grande dependência do setor de energia em relação aos combustíveis fósseis, com implicações nas questões de segurança energética e poluição ambiental (SANTAGATA *et al.*, 2019; SHIRZAD *et al.*, 2019; SIDDIKI *et al.*, 2021).

Foi possível identificar, também, alguns estudos bem interessantes sobre reciclagem, como a produção de biopolímeros a partir de resíduos da indústria de processamento animal (SHIRZAD *et al.*, 2019). Ainda merece destaque a aplicação de processos enzimáticos na biodegradabilidade de resíduos de abatedouros com fins de produção de biogás (CHENG *et al.*, 2020), além do estudo no qual discutiu a simbiose industrial para melhorar a gestão de resíduos, incluindo os resíduos de processamento da carne (MAUTHOOR, 2017).

A ênfase demasiada na etapa de tratamento acaba por gerar oportunidades para pesquisas que possam contemplar as diferentes fases do processo de gerenciamento de resíduos na indústria da carne bovina. Para McCabe (2020), por exemplo, na literatura, o pré-tratamento de resíduos tem tido um foco relativamente menor e merece uma investigação mais aprofundada. Além do mais, se verificou um foco intenso no tratamento de resíduos para produção de biogás e biofertilizantes (AL-GHEETHI *et al.*, 2021; KEFALEW; LAMI, 2021; GUTIÉRREZ *et al.*, 2020; SIDDIKI *et al.*, 2021), o que gera condições propícias para estudos que possam discorrer sobre a reciclagem de resíduos para a produção de outros subprodutos, como por exemplo, farinha de ossos, farinha de sangue, potenciais farmacológicos e/ou medicinais, produção de bolsas e sapatos, dentre outros subprodutos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da carne bovina é muito representativa, economicamente, tanto para países desenvolvidos como também para as nações em desenvolvimento, constituindo-se numa importante fonte de emprego e renda. Para além disso, a carne



bovina é uma importante fonte de proteína animal em muitos países, sendo seu consumo parte das tradições e cultura de diversos povos.

Por outro lado, os processos de gerenciamento, neste tipo de atividade econômica, precisam seguir padrões rigorosos de controle e qualidade, dado o potencial poluidor dos resíduos sólidos gerados. Assim, o uso de tecnologias mitigadoras de impacto ambiental se faz imprescindível para a reciclagem desses materiais que podem, inclusive, trazer sérios danos à saúde.

É preciso compreender que o gerenciamento dos resíduos passa por uma série de etapas - da geração à destinação final - e que estudos são bem-vindos em todas elas, já que representam uma sequência metódica para melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos provenientes do abate de bovinos. Neste sentido, se faz mister o estudo das diferentes etapas de gerenciamento e tecnologias mitigadoras de impacto que, em face deste estudo, se mostraram ainda incipientes, tão grande foi a ênfase atribuída à etapa de tratamento dos resíduos e às tecnologias de tratamento, como digestão anaeróbia e compostagem.

Os resultados deste estudo ainda direcionam para a escassez de pesquisas em gerenciamento de resíduos sólidos na indústria da carne bovina no Brasil, considerando-se as revistas com avaliação *Qualis Periódicos (A)*. Portanto, este é um campo fértil para pesquisas de qualidade provenientes do Brasil que possam ser publicadas em revistas internacionais.

No tratamento dos dejetos bovinos, é essencial adotar estratégias que sejam ambientalmente sustentáveis, economicamente viáveis e socialmente responsáveis. Nesse sentido, o tratamento adequado dos dejetos bovinos requer uma abordagem integrada que considere aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. A combinação de estratégias como biodigestão anaeróbica, compostagem, separação de sólidos e líquidos, agricultura de precisão, educação e conscientização, juntamente com o apoio governamental, pode ajudar a reduzir os impactos negativos e transformar os dejetos bovinos em recursos valiosos.



No que se refere às limitações do estudo realizado, é importante destacar que a revisão sistemática não apresenta resultados conclusivos, mas tão somente produz reflexões aos pesquisadores, governos e entidades privadas, que nortearão a realização de futuros estudos e aplicações das tecnologias mitigadoras nesta área de conhecimento. É por este motivo que se recomenda a realização de estudos de revisão que possam abarcar outras bases de dados e/ou outros termos (palavras-chave) para maior precisão e confirmação dos resultados aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

AKANNI, A.; OGBIYE, A.; ONAKUNLE, O. The Impact assessment of abattoir waste facility discharge on water in Osogbo, Nigeria. **Cogent Engineering**, v. 6, n. 1, 1614317, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2019.1614317>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

AL-GHEETHI, A. *et al.* Biowastes of slaughterhouses and wet markets: an overview of waste management for disease prevention. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-16629-w>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

ALI, A. M. *et al.* The economic and environmental analysis of energy production from slaughterhouse waste in Saudi Arabia. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 3, p. 4252–4269, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-020-00770-6>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BHUNIA, S. *et al.* Application of recycled slaughterhouse wastes as an organic fertilizer for successive cultivations of bell pepper and amaranth. **Scientia Horticulturae**, v. 280, 109927, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821000340>. Acesso em: 22 mar. 2022.

CHENG, D. *et al.* A review on application of enzymatic bioprocesses in animal wastewater and manure treatment. **Bioresource Technology**, v. 313, 123683, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085242030955X>. Acesso em: 22 mar. 2022.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.



GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019. Disponível em: <https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835>. Acesso em: 20 mar. 2022.

HARRIS, P. W.; McCABE, B. K. Process Optimisation of Anaerobic Digestion Treating High-Strength Wastewater in the Australian Red Meat Processing Industry. **Applied Sciences**, v. 10, n. 21, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7947>. Acesso em: 22 mar. 2022.

KEFALEW, T.; LAMI, M. Biogas and bio-fertilizer production potential of abattoir waste: implication in sustainable waste management in Shashemene City, Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 11, 08293, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021023963>. Acesso em: 23 mar. 2022.

LOGANATH, R.; SENOPHIYAH-MARY, J. Critical review on the necessity of bioelectricity generation from slaughterhouse industry waste and wastewater using different anaerobic digestion reactors. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 134, p. 110360, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120306481>. Acesso em: 22 mar. 2022.

MALAFAIA, G. C. *et al.* The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock sciencereadarweg**, v. 253, n. 29, 104704, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141321003127>. Acesso em: 22 mar. 2022.

MAUTHOOR, S. Uncovering industrial symbiosis potentials in a small island developing state: The case study of Mauritius. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 506–513, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617301531>. Acesso em: 22 mar. 2022.

McCABE, B. K. *et al.* Toward profitable and sustainable bioresource management in the Australian red meat processing industry: A critical review and illustrative case study. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 22, p. 2415–2439, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2020.1712310>. Acesso em: 22 mar. 2022.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, e105906, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1743919121000406>. Acesso em: 22 mar. 2022.

RAMIRES, M. F. *et al.* Uso potencial de resíduos de abatedouro de suínos como fonte de nutrientes na agricultura. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1,



p. 243-259, 2021. Disponível em:
<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6413/6522>. Acesso em: 22 mar. 2022.

RUSSO, V.; BLOTTNITZ, H. V. Potentialities of biogas installation in South African meat value chain for environmental impacts reduction. **Journal of Cleaner Production.**, v. 153, n. 1, p. 465-473, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616319953>. Acesso em: 22 mar. 2022.

GUTIÉRREZ, A. S. *et al.* The energy potential of agriculture, agroindustrial, livestock, and slaughterhouse biomass wastes through direct combustion and anaerobic digestion. The case of Colombia. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, p. 122317, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620323647>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SANTAGATA, R.; RIPA, M.; ULGIATI, S. An environmental assessment of electricity production from slaughterhouse residues. Linking urban, industrial and waste management systems. **Applied Energy**, v. 186, p. 175–188, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261916310145>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SANTAGATA, R. *et al.* Power generation from slaughterhouse waste materials. An emergy accounting assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 536-552, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619308376>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SERAFIM, E. R. C. N. *et al.* Tratamento de resíduos em frigoríficos de bovinos em Pernambuco. **Revista de Medicina Veterinária – UFRPE**, v. 12, n. 2, p. 159-164, 2018. Disponível em: <http://journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/2368/482482983>. Acesso 22 mar. 2022.

SIDDIKI, Y. A. *et al.* Theoretical calculation of biogas production and greenhouse gas emission reduction potential of livestock, poultry and slaughterhouse waste in Bangladesh. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 3, p. 105204, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721001810>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SHIRZAD, M. *et al.* A comprehensive review on electricity generation and GHG emission reduction potentials through anaerobic digestion of agricultural and livestock/slaughterhouse wastes in Iran. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 571-594, 2019. Disponível em:



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211930317X>. Acesso em: 24 mar. 2022.

Enviado: 12 de abril, 2023.

Aprovado: 22 de junho, 2023.

¹ Doutorando em Manejo do Solo e Água – UFERSA, Mestre em Gestão de Sistemas Agroindústrias – UFCG, Especialista em Educação ambiental - IFRN, Especialista em Gestão de Pessoas - FCST, Graduado em Administração - UERN. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7431-1918>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9777591773810784>.

² Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Mestre em Gestão e Sistemas Agroindústrias – UFCG, Pós-Graduado em Docência do Ensino Superior, Graduado em Administração – UFCG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9356-1872>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5744201787338412>.

³ Mestra em Gestão e Sistemas Agroindústrias – UFCG, Pós-graduação em avaliação em saúde aplicada à vigilância – UFPE, Pós-graduação em Obstetrícia – UNISM, Graduação em Enfermagem – Faculdade de Enfermagem São Vicente de Paula. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6798-6001>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1610053517585513>.

⁴ Mestra em Engenharia de Produção – UFPB, Graduada em Administração – IFPB. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0091-6946>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3462199104807763>.

⁵ Mestra em Gestão e Sistemas Agroindústrias – UFCG, Pós-Graduada em Gestão em Saúde - UFRN, Bacharel em Enfermagem – UFCG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9441-6135>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5494654675792113>.

⁶ Mestrando em Economia pela UFC/CAEN, Especialista em Gestão Financeira, Auditoria e Controladoria pela UniVS e em Administração de Empresas pela URCA, Graduado em Ciências Econômicas – URCA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8980-5977>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5457787363147779>.

⁷ Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG, Mestre em Gestão e Sistemas Agroindústrias – UFCG, Especialização em MBA Gerenciamento de Obras, Qualidade e Desempenho da Construção, Graduado em Engenharia Civil – UFCG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1614-5605>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6705037070044498>.

⁸ Pós-graduada em Administração Pública Municipal – UFCG, Graduada em Ciências Contábeis – UFCG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6460-8942>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0249458484581862>.