



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Aproveitamento de efluentes pós-tratamento em indústrias de processamento de carne bovina

Maria Aparecida da Silva Viana
IFTO / UTFPR – PPGE

Magda Cristina Ferreira de Araújo Gomes
IFTO / UTFPR – PPGE

Jonathon Viana Silva
IFTO / UTFPR – PPGE

João Luiz Kovaleski
UTFPR – PPGE

Eliane Fernandes Pietrovski
UTFPR – PPGE

Resumo: O presente estudo buscou mapear o aproveitamento de efluentes líquidos oriundos das indústrias processadoras de proteína animal, com a finalidade de elucidar quais as práticas adotadas por estas em relação ao reúso dos resíduos oriundos dos processos produtivos à luz das normas regulamentadoras destes processos, às quais visam diminuir os impactos causados ao meio ambiente. O reúso é um conceito que tem ganhado bastante visibilidade. Nas indústrias de processamento de carne bovina o aproveitamento tem ajudado a otimizar os processos de produção através do tratamento e utilização de efluentes, além de proteger o meio ambiente. Por exemplo, a utilização na fertirrigação dos efluentes tratados nas lagoas de estabilização com técnicas como a anaeróbica. Esta pesquisa pretende responder como se dá a utilização de efluente pós-tratamento. O objetivo desta pesquisa é analisar o aproveitamento pós-tratamento de efluentes em indústrias de processamento de carne bovina, levando-se em consideração as tecnologias utilizadas e o mapeamento do aproveitamento de efluentes tratados. Buscou-se realizar uma revisão sistemática de literatura e análise de conteúdo das bases de dados *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, organizando os resultados através de ranqueamento na tabela *Rankin*, utilizando a *Methodi Ordinatio*.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes, Aproveitamento, Abatedouro de bovinos, Transferência de tecnologia.

Use of post-treatment effluents in beef processing industries

Abstracts: The present study sought to map the use of liquid effluents from animal protein processing industries, with the aim of elucidating the practices adopted by them in relation to the

reuse of waste originating from production processes in light of the regulatory standards for these processes, which they aim to achieve. reduce the impacts caused to the environment. Reuse is a concept that has gained a lot of visibility. In the beef processing industries, utilization has helped to optimize production processes through the treatment and use of effluents, in addition to protecting the environment. For example, the use in fertirrigation of effluents treated in stabilization ponds with techniques such as anaerobic. This research aims to answer how post-treatment effluent is used. The objective of this research is to analyze the post-treatment use of effluents in beef processing industries, taking into account the technologies used and mapping the use of treated effluents. We sought to carry out a systematic literature review and content analysis of the Scielo, Science Direct, Scopus and Web of Science databases, organizing the results through ranking in the Rankin table, using the Methodi Ordinatio.

Keywords: Wastewater treatment, Utilization, Cattle slaughterhouse, Technology transfer.

1. Introdução

A busca por atender as demandas de consumo da população obrigam as indústrias a produzirem em larga escala de modo a suprirem as necessidades dos consumidores. Nos processos de produção são gerados, além dos produtos desejados, resíduos que devem ter descarte de modo adequado, a fim de que não tragam para a sociedade riscos à saúde e prejuízos ao meio ambiente (DA SILVA FILHO; SOLER, 2019). Nas indústrias processadoras de carne bovina a geração de efluente também é uma realidade. Essas indústrias são responsáveis por gerar materiais orgânicos advindos do processo produtivo, através de águas residuais ricas em impurezas que são bastante prejudiciais ao ecossistema. Essas águas vêm do abate, do processamento da carne e da limpeza das ferramentas e locais utilizados no processo de produção (AZIZ *et al.*, 2019).

O autor Rigolin (2022), ratifica que os efluentes para serem descartados de modo seguro, as indústrias devem atentar-se para as normas que regem os processos de tratamento de rejeitos como as águas residuais. Afirma ainda que esses tratamentos levam em consideração as propriedades dessas águas, disponibilidade de instalações de tratamento e regras para lançamento de efluentes no meio ambiente. Para Martinez-Burgos (2021), há uma urgência em transformar os resíduos gerados pelas indústrias em fontes de energias renováveis, econômicas e até mesmo criar produtos.

Sobre as tecnologias dos sistemas de tratamento dos efluentes gerados pelas indústrias de processamentos de carne bovina, as lagoas anaeróbicas são o sistema de tratamento de grande parte da agroindústria nacional. A partir dos efluentes tratados nessas lagoas é gerado biogás, utilizado na geração de energia elétrica e nas caldeiras das indústrias, além de biofertilizantes aplicados em plantações como as de eucalipto (VILVERT *et al.*, 2020). Além dos sistemas de tratamento das lagoas anaeróbicas de tratamento de efluentes, há também os sistemas de oxidação avançada, separação por membrana, tratamento biológico, eletrocoagulação e processos físico-químicos (AZIZ *et al.*, 2019).

Esta pesquisa pretende responder como se dá a utilização de efluente pós-tratamento. Com isso, o objetivo geral desta pesquisa é analisar o aproveitamento pós-tratamento de efluentes em indústrias de processamento de carne bovina e os objetivos específicos são: identificar quais tecnologias são aplicadas no processo de tratamento dos efluentes e mapear o aproveitamento de efluentes tratados nas indústrias. A justificativa da investigação se dá pelo fato das indústrias alimentícias gerarem grandiosas quantidades de resíduos, nesse caso, as indústrias processadoras de carne bovina, deixando evidente a necessidade de tratamento, bem como, a possibilidade da utilização dos efluentes tratados.

Para embasar esta pesquisa que envolve as indústrias processadoras de carne bovina e a utilização pós-tratamento dos rejeitos que geram, buscou-se em outras pesquisas,

dados que demonstrassem a importância do tema já destacado, como as pesquisas dos autores Aziz *et al.*, (2019), Vilvert *et al.*, (2020), Martinez-Burgos (2021) e Rigolin (2022). Para tanto, foi executada uma revisão sistemática de literatura e análise de conteúdo de pesquisas encontradas nas bases de dados *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus*, e *Web of Science*. Com as pesquisas devidamente ranqueadas foi realizada a leitura sistemática a fim de sintetizar os objetivos de cada artigo, verificando os principais resultados e conclusões sobre o assunto.

A estrutura deste trabalho é dividida em 6 seções e traz como seção 1 – Introdução, apresenta ao leitor uma breve descrição do que será abordado nesta pesquisa: o aproveitamento pós-tratamento de efluentes em indústrias de processamento de carne bovina, levando-se em consideração as tecnologias utilizadas e o mapeamento do aproveitamento de efluentes tratados; seção 2 – Metodologia, são descritas as técnicas científicas utilizadas para se obter e tratar os dados; seção 3 – Referencial Teórico, são abordados outros trabalhos com a finalidade de se ter uma base científica que ratifique esta pesquisa, esta seção está dividida em subseções. Subseção 3.1 – Tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne: evidencia a geração e os tipos de efluentes; subseção 3.2 – Legislações que regem o tratamento dos efluentes das lagoas de tratamento: apresenta as leis, decretos e resoluções que regem os tratamentos e os descartes de efluentes; subseção 3.3 – Tecnologias aplicadas nos processos de tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne: Identificar quais tecnologias são aplicadas no processo de tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne como as lagoas de tratamento de efluentes; subseção 3.4 – Aproveitamento dos efluentes tratados: Mapear o aproveitamento de efluentes nas indústrias de processamento de carne bovina: apresenta como e onde estão sendo utilizados os efluentes gerados e tratados por essas indústrias; seção 4 – Resultados e discussão: apresentação das discussões geradas através das comparações das pesquisas dos autores estudados; seção 5 – Conclusão, apresentará o resultado das análises feitas das literaturas encontradas; seção 6 – Referências: mostra os elementos científicos utilizados na composição desta pesquisa.

2. Metodologia

Esta é uma pesquisa básica, pois tem a finalidade de ampliar o conhecimento sobre o aproveitamento pós-tratamento de efluentes em indústrias de processamento de carne bovina. Isto é, o resultado gerado não tem uma aplicação prática de fato, podendo vir a servir como base para trabalhos futuros.

Além disso, o presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura. Na construção do *corpus* de pesquisa foi utilizado o *Methodi Ordinatio* (PAGANI *et al.*, 2022; PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015). A aplicação aconteceu em nove etapas:

- **Etapa 1** – Nesta etapa foram identificados os descritores e as combinações mais adequadas para responder a pergunta: Quais as formas de aproveitamento dos efluentes das indústrias processadoras de carne bovina e as tecnologias aplicadas nesse processo?
- **Etapa 2** – Os descritores e as combinações identificados na etapa 1 foram testadas nas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*. Na etapa foi utilizado o *software Mendelej* para a remoção de artigos duplicados.
- **Etapa 3** – Definição da combinação de descritores e bases de dados a serem utilizadas (QUADRO 1).

Quadro 01 – Combinação de Palavras

| Combinação de palavras |
|--|
| Reuse of industrial effluents in a cattle slaughterhouse |
| "Effluents treatment processs" OR "wastewater" AND "treatment" AND "slaughterhouse" AND "technology" |

Fonte: Dados da pesquisa

- **Etapa 4** – Pesquisa definitiva nas bases de dados (TABELA 1).

Tabela 1 – Pesquisa nas bases de dados

| Combinação de Palavras | Web of Science | Scopus | Science Direct |
|--|----------------|--------|----------------|
| "Effluents treatment processs" OR "wastewater" AND "treatment" AND "slaughterhouse" AND "technology" | 2 | 127 | 34 |
| Reuse of industrial effluents in a cattle slaughterhouse | 0 | 1 | 173 |

Fonte: Dados da pesquisa

- **Etapa 5** – Nesta etapa foi realizado o processo de filtragem conforme critérios da Tabela 2. Após a aplicação dos procedimentos de filtragem, chegou-se em 39 artigos.

Tabela 2 – Procedimentos de Filtragem

| Filtragem dos artigos | Total de artigos |
|----------------------------|------------------|
| Número Inicial de Artigos | 337 |
| Artigos duplicados | 40 |
| Artigos sem dados | 08 |
| Artigos fora do tema | 125 |
| Corte de Ano | 124 |
| Total de artigos excluídos | 298 |

Fonte: Dados da pesquisa

- **Etapa 6** – Identificação do fator de impacto, do ano de publicação e número de citações. Com o uso da planilha *RankIn*, disponibilizada pelos autores do *Methodi Ordinatio*, foi identificado o fator de impacto das publicações (last year JCR ou SJR). O número de citações foi levantado no *Google Scholar* (<http://scholar.google.com>) em 27 de agosto de 2023, a partir dos links disponibilizados na planilha *RankIn*.
- **Etapa 7** – A ordenação dos estudos levantados aconteceu com o uso da equação *InOrdinatio* (PAGANI, KOVALESKI, RESENDE, 2015):

$$\text{InOrdinatio} = (Fi / 1000) + (\alpha * (10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub}))) + (\sum Ci)$$

Na pesquisa, o valor atribuído a α foi 10, considerando que a atualidade dos artigos é primordial.

- **Etapa 8** – A localização dos trabalhos foi feita diretamente no site da revista através do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com o acesso à Comunidade Acadêmica Federada (CAFE).
- **Etapa 9** – Nesta etapa foi realizada a leitura dos artigos selecionados. Foram excluídos, após a leitura, os artigos que não proporcionavam elementos para responder a pergunta de pesquisa. Para evitar saturação, a composição do corpus documental foi limitada em até 30 artigos com resultados positivos na equação *InOrdinatio*.

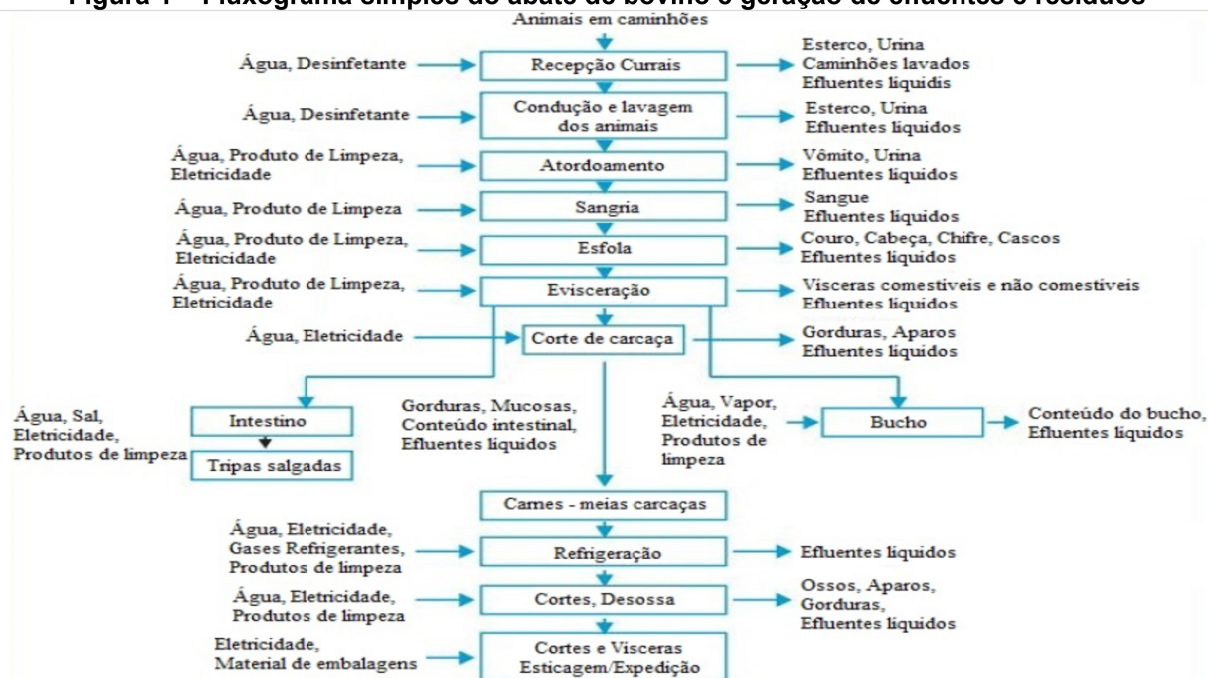
3. Referencial Teórico

3.1 Tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne

Nas indústrias produtoras de alimentos há a geração de resíduos que podem ser do tipo sólidos ou líquidos, como é o caso das indústrias processadoras de carne bovina, que são geradoras de materiais orgânicos vindos das plantas frigoríficas como as águas residuais ricas em impurezas que são acomodadas nas lagoas de estabilização, onde é realizado a decantação. Essas águas vêm do abate, do processamento da carne e da limpeza das ferramentas e locais utilizados no processo de produção (AZIZ et al., 2019).

O autor Iopp (2020), afirma que os abatedouros de bovinos geram uma variedade de resíduos que necessitam de tratamento dentro dos padrões das legislações para posterior descarte no meio ambiente dirimindo assim a sua atuação contaminante. Os materiais gerados nos processos de produção dos frigoríficos podem ser efluentes líquidos: águas contaminadas por diversos produtos químicos, como os utilizados na limpeza dos animais com sangue, com esterco; e sólidos: couro, osso, víscera, sebo, entre outros. A Figura 1, apresenta um fluxograma sobre o abate de bovinos e geração de efluentes e resíduos.

Figura 1 – Fluxograma simples do abate de bovino e geração de efluentes e resíduos



Fonte: IOPP (2020, p. 3)

O autor Iopp (2020) destaca que o sangue bovino é um dos compostos presentes no efluente líquido que causa maior impacto já que apresenta uma alta Demanda Química de Oxigênio (DQO). Diz também que há uma divisão nos efluentes líquidos advindos de matadouros, sob dois aspectos: linha verde, quer dizer, sem a presença de sangue, como lavagem de pátio, caminhões, currais e triparia; e linha vermelha, presença de sangue.

3.2 Legislações que regem o tratamento dos efluentes das lagoas de tratamento

Segundo Vilvert *et al.*, (2020) as leis ambientais fazem com o que as indústrias busquem opções de tratamento dos efluentes gerados pelas mesmas. A não observação do que está descrito na legislação acarreta uma série de penalidades às pessoas e ou instituições que agridam ao meio ambiente. Essas penalidades estão dispostas na lei conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998). A fim de evitar infringir a Lei de Crimes Ambientais, é necessário dar um destino correto ao que muitos definem como lixo, já que essa é uma responsabilidade de todos (MOREIRA *et al.*, 2021).

Com isso, a fim de estabelecer as responsabilidades de cada um, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que está regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Essa lei traz parâmetros que guiam o relacionamento existente entre a sociedade e as indústrias, atacadistas, importadores, varejistas, União, estados e municípios no tocante a solucionar problemas referentes aos resíduos (DA SILVA FILHO; SOLER, 2019).

Contudo, além da lei e do decreto citados, que atribuem as responsabilidades das aplicações das penalidades, há a Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), que também trata da integração entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios em ações administrativas advindas da execução de competências atribuídas a ambos referentes à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora (MOREIRA *et al.*, 2021).

O autor Rigolin (2022), afirma que há como descartar os efluentes de modo seguro, para tanto, basta que as indústrias atendam ao que está disposto nas legislações que regulam os processos de tratamento das águas residuais. Afirma ainda que esses tratamentos levam em consideração as propriedades das águas residuais, disponibilidade de instalações de tratamento e regras para lançamento de efluentes tratados no meio ambiente.

A afirmação do autor Rigolin (2022) corrobora com a pesquisa do autor Iopp (2020), já que ambas as pesquisas apresentam leis que trazem preocupações com a qualidade dos efluentes lançados no meio ambiente, como, as resoluções CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e CONAMA 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011). Estas trazem regras de tratamento, condições, padrões e exigências que direcionam a forma correta de descarte de efluentes gerados por qualquer fonte poluidora, quer seja de forma direta ou indireta, a fim de evitar poluir o solo e os recursos hídricos.

3.3 Tecnologias aplicadas nos processos de tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne

Ao se abordar as tecnologias utilizadas no tratamento de efluentes é preciso saber de que tipo de resíduo está se falando, pois, existem resíduos sólidos e líquidos. Os resíduos sólidos com pouca presença de umidade, intrigam grande parte das tecnologias atuais por sua simplicidade e custo reduzido, pois ao serem simplesmente queimados, dão origem a energia elétrica e térmica. Este tipo de técnica é considerada uma das mais utilizadas comercialmente falando (MARTINEZ-BURGOS, 2021). Já os resíduos líquidos, apresentam várias possibilidades de processos de transformação podendo resultar em novos produtos, por exemplo, bioenergia e fertilizantes (MARTINEZ-BURGOS, 2021).

O autor Aziz (2019), diz que as indústrias processadoras de carne são responsáveis por grande parte da geração de águas residuais compostas por proteínas, lipídios, fibras e carboidratos. Entretanto, afirma também que há várias tecnologias desenvolvidas para

diminuir as concentrações desses compostos, como oxidação avançada, separação por membrana, tratamento biológico, eletrocoagulação e processos físico-químicos.

Ao que se refere a sistemas de tratamento dos efluentes, como tecnologias aplicadas nesses processos, têm-se as lagoas anaeróbicas, utilizadas em grande parte da agroindústria (VILVERT *et al.*, 2020). A fim de diminuir o potencial de poluição e o impacto do lançamento de efluentes e resíduos nos corpos hídricos, lopp (2020) dá a sua contribuição apresentando as seguintes tecnologias utilizadas no tratamento dos rejeitos gerados em frigoríficos: processos anaeróbios, sistemas de lagoas aeróbica, lodo ativado e suas variações, filtros biológicos de alta taxa e discos biológicos rotativos.

3.4 Aproveitamento dos efluentes tratados

O reúso, a reciclagem, dentre outras modalidades de aproveitamento são conceitos que tem ganhado bastante visibilidade nas operações de produção. Na produção das indústrias de processamento de carne bovina o aproveitamento tem ajudado a otimizar os processos de produção minimizando os custos e maximizando os recursos. Um exemplo, é a utilização dos efluentes tratados nas lagoas de estabilização com técnicas como a anaeróbica (DA SILVA FILHO; SOLER, 2019).

Uma vantagem do modelo anaeróbico das lagoas de tratamento apresentado pelos autores Vilvert *et al.*, (2020) é juntar esta tecnologia adicionando valor ao resíduo formado pelas indústrias. Essa agregação de valor se dá pela geração de biogás provenientes das lagoas de tratamento de efluentes que é utilizado na geração de energia elétrica e em caldeiras nas indústrias por meio da energia térmica.

Segundo o estudo de Vilvert *et al.*, (2020) para gerar aproximadamente 21 kWh de energia elétrica é necessário um metro cúbico de biogás, produzindo por volta de 488 kWh/d em média, resultando em torno de 14.640 kWh/mês, de modo a atender 40% da demanda total mensal que é de 37.000 kWh/mês.

Já no uso do biogás em caldeiras substituindo as lenhas, o sistema de tratamento de efluentes gerando por volta de 6.790 m³ do produto, produziria 16% do que é necessário para suprir a demanda de um matadouro que utilize mais ou menos 66 m³ de lenha/mês. Ressalta-se que, 1 m³ de biogás tem equivalência à 1.536 kg de lenha. Portanto, 42.969 m³ de biogás/mês seriam necessários para atender a demanda total (VILVERT *et al.*, 2020). Além dos efluentes que passaram por intervenções nas lagoas de tratamento/estabilização serem utilizados na geração de biogás, eles também são aplicados em plantações como as de eucaliptos em uma técnica conhecida como fertirrigação (VILVERT *et al.*, 2020).

O autor lopp (2020), apresenta a viabilidade econômica no tratamento de efluentes utilizando a técnica de tratamento anaeróbio, também demonstra as vantagens em utilizar essa técnica, como o baixo consumo de energia, possibilidade de recuperação e utilização do metano como combustível, economia considerável no manejo e despejo final do lodo produzidos pelos sistemas de tratamento. Entretanto, apesar dos benefícios, essa tecnologia apresenta a seguinte desvantagem que é a produção de efluentes com baixa qualidade, distante da estipulada nos padrões da legislação brasileira de modo a necessitar de um pós-tratamento para os reatores anaeróbios.

Segundo Lima *et al.*, (2020) estudos realizados na China apontaram benefícios sociais, ambientais e econômicos, no uso de biogás para geração de energia elétrica e térmica, ao mesmo tempo em que substitui 6,05 toneladas de carbono. No mesmo estudo, observou-se as tendências na utilização desse sistema para o futuro. Da mesma forma, outro estudo realizado na África também apresentou benefícios, para empresas e até mesmo a sociedade, na utilização do biogás na geração de energia elétrica e térmica.

O fator economia no tratamento de efluentes leva em consideração não só o fato da geração de recursos como o biogás, usado na geração de energia elétrica e térmica, esta utilizada nas caldeiras das indústrias, mas também a viabilidade econômica da operação. Na pesquisa, Lima *et al.*, (2020) observam que se considerou a relação entre os custos na implementação do tratamento de efluentes e a real produção de energia.

Com isso, apresentam também a necessidade de pesquisas alternativas que estudem o aproveitamento da energia gerada pelos subprodutos fornecidos pelos sistemas de tratamento de efluentes, considerando as demandas das estações de tratamento, apresentando dados importantes sempre se levando em consideração a viabilidade econômica dos processos. Entretanto, não só o fator econômico é levado em consideração, mas também, a qualidade final do efluente, haja vista que esta é muito importante na escolha dos processos operacional dos sistemas de tratamento, a fim de que se tenha um tratamento eficaz (LIMA *et al.*, 2020).

Ainda sobre a economia utilizando resíduos, Sharma *et al.*, (2022) apresentam a economia circular que na visão dos autores, traz aspectos ecológicos, desenvolvimento socioeconômico focado na conscientização ambiental deixando evidente a existência das políticas de eco inovação. Por conta dessa política de ecoinovação, a economia circular nem sempre atende aos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), mas apenas a reciclagem. Diz ainda que a reutilização de biomassa e a inserção de leis que regulamentam a economia circular se darão através da sensibilização dos consumidores em apoio aos produtos fabricados visando esse tipo de economia.

4. Resultados e discussões

Este estudo consiste em realizar uma revisão sistemática de literatura e análise de conteúdo para ratificar a importância do tratamento e utilização dos efluentes gerados pelas indústrias processadoras de carne bovina, analisando cada objetivo e resultado das bibliografias estudadas.

Esta pesquisa será utilizada para conhecer o tratamento dos efluentes gerados nas indústrias processadoras de carne através da verificação das técnicas empregadas nesse processo, além de examinar o mapeamento da utilização dos efluentes tratados na própria indústria geradora dos rejeitos.

4.1 Análises da revisão bibliográfica

Nos trabalhos examinados, existem ligações entre os mesmos que demonstram que a sociedade está cada vez mais preocupada com o meio ambiente. Pôde-se perceber a introdução principalmente de conceitos como reúso e reciclagem, além de cobranças às indústrias para que produzam de modo limpo e sustentável.

Os autores Aziz *et al.*, (2019) apresentam as indústrias processadoras de carne bovina como grandes geradoras de rejeitos, como as águas residuais resultantes de abates, do processamento da carne e da limpeza das ferramentas e locais utilizados no processo de produção. O autor Rigolin (2022) afirma que esses resíduos ao serem lançados nos rios, contribuem para a contaminação das águas com matérias prejudiciais aos seres vivos.

A pesquisa de lopp (2020) tem relação com as pesquisas de Aziz *et al.*, (2019) e Rigolin (2022) por apresentar a necessidade de se tratar os efluentes gerados pelas indústrias processadoras de carne bovina observando os padrões descritos na legislação a fim de atenuar o poder de impacto desses efluentes tratados ao serem lançados na natureza, independentes se são líquidos (este dividido em: linha verde: sem presença de sangue; linha vermelha: com presença de sangue) ou sólidos.

As legislações apresentam padrões que regem o tratamento dos efluentes das lagoas de tratamento. Vilvert *et al.*, (2020) já evidenciavam no estudo a preocupação de lopp (2020)

das indústrias observarem as regras dispostas na legislação sobre o tratamento dos resíduos, sob pena de aplicações de advertências e ou multas. Corroborando com Vilvert *et al.*, (2020), Moreira *et al.*, (2021) trazem em suas pesquisas a lei conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998) e a Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), onde estão dispostas as responsabilidades de cada setor da sociedade, pois é necessário dá um destino correto ao que muitos definem como lixo, já que essa é uma responsabilidade de todos.

Em sua pesquisa, Da Silva Filho e Soler (2019), apresentaram a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) combinada ao Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010 que regula a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A pesquisa desses autores ratifica o que foi apresentado no estudo de Moreira *et al.*, (2021) sobre as responsabilidades dos setores da sociedade em relação aos resíduos gerados, inclusive pelas indústrias processadoras de carne bovina que devem observar essas leis que trazem parâmetros que guiam o relacionamento existente entre a sociedade, indústrias e comerciantes.

Ao se levantar dados sobre a forma correta de descarte dos efluentes tratados, Rigolin (2022) afirma que esses tratamentos levam em consideração as propriedades das águas residuais, disponibilidade de instalações de tratamento e regras presentes na legislação para lançamento de efluentes tratados no meio ambiente. A afirmação do autor Rigolin (2022) corrobora com a pesquisa do autor Iopp (2020), já que em ambas as pesquisas apresentam leis que trazem preocupações com a qualidade dos efluentes lançados no meio ambiente, como, as resoluções CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e CONAMA 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011).

Essas leis são as bases para as tecnologias aplicadas nos processos de tratamento dos efluentes nas indústrias processadoras de carne. Segundo Martinez-Burgos (2021), deve-se observar o tipo de resíduo, se é líquido ou sólido. Já que para os resíduos sólidos a tecnologia mais utilizada, em virtude de sua simplicidade e baixo custo de operação, é a queima que dá origem a energia elétrica e térmica. Os resíduos líquidos apresentam várias possibilidades de processos de transformação podendo resultar em novos produtos, por exemplo, bioenergia e fertilizantes.

Assim como Martinez-Burgos (2021), os autores Aziz *et al.*, (2019) também apresentaram em seu trabalho algumas tecnologias que podem ser utilizadas no tratamento de efluentes que ajudam a diminuir as concentrações das cargas dos efluentes, como oxidação avançada, separação por membrana, tratamento biológico, eletrocoagulação e processos físico-químicos. E Vilvert *et al.*, (2020), ao que se refere a sistemas de tratamento dos efluentes, apresentaram em seu trabalho as lagoas anaeróbicas, que afirmou serem utilizadas em grande parte das agroindústrias. Já o autor Iopp (2020) contribuiu apresentando as seguintes tecnologias: processos anaeróbios, sistemas de lagoas aeróbicas, lodo ativado e suas variações, filtros biológicos de alta taxa e discos biológicos rotativos. Todos esses autores contribuíram de alguma forma apresentando tecnologias utilizadas no tratamento dos rejeitos gerados nas indústrias processadoras de carne bovina.

Em relação ao aproveitamento dos efluentes tratados, Vilvert *et al.*, (2020) apresentam a possibilidade da aplicação dos mesmos em plantações como as de eucaliptos em uma técnica conhecida como fertirrigação, além da tecnologia da geração de biogás provenientes das lagoas de tratamento de efluentes que é utilizado na geração de energia elétrica e em caldeiras nas indústrias por meio da energia térmica. Os autores afirmam que 1 m³ de biogás gera aproximadamente 21 kWh de energia elétrica, logo uma indústria que produz por volta de 488 kWh/d em média, resulta em torno de 14.640 kWh/mês, de modo a atender 40% da demanda total mensal de 37.000 kWh/mês de energia elétrica.

Os autores Vilvert *et al.*, (2020) afirmam ainda que o biogás também substitui as lenhas nas caldeiras das indústrias, ou seja, um matadouro que utiliza cerca de 66 m³ de lenha/mês precisa que um sistema de tratamento de efluentes gere por volta de 6.790 m³ de biogás. Ressalta-se que, 1 m³ de biogás tem equivalência à 1.536 kg de lenha. Portanto, 42.969 m³ de biogás/mês seriam necessários para atender a demanda total. Assim como o estudo de Vilvert *et al.*, (2020) e a pesquisa de Lima *et al.*, (2020) também evidenciam o uso de biogás para gerar energia elétrica e térmica na China e na África.

Ao que se refere a geração de receitas, Lima *et al.*, (2020) observam a relação entre os custos na implementação do tratamento de efluentes e a real produção de energia. O fator economia no tratamento de efluentes leva em consideração não só o fato da geração de recursos como o biogás, usado na geração de energia elétrica e térmica, mas também a viabilidade econômica da operação.

5. Conclusões

Nesse artigo foi abordada a utilização pós-tratamento de efluentes gerados nas indústrias processadoras de carne bovina levando-se em consideração o tipo de tecnologias utilizadas ao mesmo tempo em que se observou o mapa de utilização dos produtos gerados após o tratamento.

A finalidade de se analisar o aproveitamento pós-tratamento de efluentes em indústrias de processamento de carne bovina, era examinar o processo como um todo, observar as tecnologias utilizadas, como os processos eram executados, se observavam as legislações, se eram levados em consideração os fatores, sociais, ambientais e econômicos. Além disso, observar se a execução do processo no tratamento dos efluentes utilizando as tecnologias existentes eram eficazes e viáveis economicamente, se de fato traziam benefícios como redução de custo e maximização de recursos.

O que se pode aferir dos trabalhos lidos é que, de alguma forma, todos os autores colocavam o aproveitamento de resíduos tratados como ponto principal importante de seus assuntos, principalmente para a geração de novos produtos, bem-estar social – mais qualidade de vida, econômico – redução de gastos e maximização de recursos e proteção ao meio ambiente – evidenciando que materiais carregados de cargas orgânicas são prejudiciais ao ecossistema ao serem simplesmente lançados nos corpos hídricos e quais as leis que regulamentam o descarte de efluentes na natureza.

Esta pesquisa poderá contribuir com trabalhos futuros, tendo em vista que, as análises bibliográficas realizadas, evidenciaram a importância dos tratamentos dos efluentes gerados nas indústrias processadoras de carne bovina. Além disso, apresentou diversas tecnologias que são utilizadas no processo de tratamento ao mesmo tempo em que mostrou onde e como os efluentes tratados estão sendo utilizados pelas indústrias após o tratamento.

Como sugestão para trabalho futuros, pode-se indicar a aplicação, em indústrias processadoras de carne bovina, de questionários que possam extrair da empresa dados que sejam capazes de evidenciar se de fato o tratamento executado na lagoa de tratamento é eficiente. É indicado também uma análise de amostras de efluentes colhidos na lagoa da empresa.

Referências

AZIZ, A. et. al. **Tecnologias de tratamento biológico de águas residuais (anaeróbio-aeróbico) para descarga segura de matadouros e carnes tratadas**, 2019.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do **caput** e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 dez. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm . Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e está regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/9605.htm . Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 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, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf . Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0430-130511.PDF> . Acesso em: 01 out. 2023.

DA SILVA FILHO, C. R. V.; SOLER, F. D. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. Editora Trevisan, 2019. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=piuQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=lei+dos+res%C3%ADduos+solidos%C2%B4&ots=ak0t1FXz_o&sig=r2Df7FaEud4aMQSTQ8JZz1cankk#v=onepage&q=lei%20dos%20res%C3%ADduos%20solidos%C2%B4&f=false . Acesso em: 09 set. 2023 às 22:07.

IOPP, P. L.; MENDES, A. T. Análise de sistemas de tratamento de efluentes de abatedouros bovinos por lagoas de estabilização e por reator UASB seguido de lagoa de polimento. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 13, n. 2, p. 640-654, 2020. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/68142> . Acesso: 20 set. 2023 às 22:50.

LIMA, J. A. M. et al. Techno-economic and performance evaluation of energy production by anaerobic digestion in Brazil: bovine, swine and poultry slaughterhouse effluents. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123332, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620333771> Acesso em: 15 set. 2023 às 20:47.

MARTINEZ-BURGOS, W. J. et al. Águas residuais agroindustriais numa economia circular: características, impactos e aplicações para bioenergia e bioquímicos. **Tecnologia de biorecursos**, v. 125795, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421011366> . Acesso em: 09 set. 2023 às 11:59

MOREIRA, K. S. et al. A evolução da legislação ambiental no contexto histórico brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e14010212087-e14010212087, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12087/11068> . Acesso em: 20 set. 2023 às 22:14.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PAGANI, Regina Negri et al. Methodi Ordinatio 2.0: Revisited under statistical estimation, and presenting Flinder and RankIn. **Quality & Quantity**, p. 1-40, 2022.

RIGOLIN, F. R. Estudo de viabilidade técnica para incorporação de resíduos de lodo de estação de tratamento de esgoto em peças de concreto para pavimentação, 2022. **Tese**. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-09062022-142646/pt-br.php>. Acesso em 01 set. 2023 às 20:56

SHARMA, P. et al. Trends in mitigation of industrial waste: Global health hazards, environmental implications and waste derived economy for environmental sustainability. **Science of The Total Environment**, v. 811, p. 152357, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721074349> . Acesso em: 14 set. 2023 às 22:50.

VILVERT, A. J. et al. Minimization of energy demand in slaughterhouses: Estimated production of biogas generated from the effluente. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 120, Mar. 2020, doi.org/10.1016/j.rser.2019.109613. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119308214?via%3Dihub>. Acesso em: 01 set 2023 às 01:35.