

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –
MESTRADO E DOUTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

MAURÍCIO SANDIM

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS PROCESSOS EM UM FRIGORÍFICO DE SUÍNOS
E BOVINOS POR MEIO DAS FERRAMENTAS ACV/GHG/FMEA/5W3H**

Santa Cruz do Sul

2024

Maurício Sandim

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS PROCESSOS EM UM FRIGORÍFICO DE SUÍNOS
E BOVINOS POR MEIO DAS FERRAMENTAS ACV/GHG/FMEA/5W3H**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para o título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Leandro Machado
Coorientador (a): Prof. Dr. Jorge André Ribas Moraes

Santa Cruz do Sul

2024

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
REFERÊNCIAS.....	10

RESUMO

A ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma alternativa para redução de impactos ambientais, onde sua aplicação no processo produtivo busca a sustentabilidade, mas também gera não apenas benefícios ambientais, mas também sociais, econômicos e de governança. Com o uso desta ferramenta juntamente com ferramentas de gestão Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) e o plano de ação *What, Why, Where, When, Who, How, How much e How to measure (5W3H)* foi possível conhecer e mensurar os tipos de impactos ambientais gerados pelos processos produtivos do frigorífico e propor melhorias. Nesta pesquisa foi utilizado o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para avaliar os impactos ambientais no processo de produção do frigorífico, buscando quais eram os maiores impactos gerados pelos setores da empresa. Após serem obtidos os dados do inventário, foi realizada a avaliação de ciclo de vida pra se descobrir quais eram os impactos gerados dentro da empresa, para posteriormente prioriza-los e propor melhorias através do plano de ação e assim poder-se-á avaliar o ganho ambiental que o projeto de pesquisa pode oferecer. O objetivo principal do estudo foi identificar e analisar os impactos ambientais nos processos de um frigorífico de suínos e bovinos e propor melhorias através do uso de ferramentas de gestão (FMEA e 5W3H) para diminuir os impactos gerados em um frigorífico de suínos e bovinos na cidade de Condor/RS. A metodologia utilizada na pesquisa foi a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e através da meta-análise PRISMA e também estudo de caso, utilizando a ferramenta ACV nos processos do frigorífico, baseando-se na norma ABNT NBR ISO 14.040:2001, possuindo como finalidades: descobrir situações reais que não estão bem definidas, preservando-se os dados pesquisados e os instrumentos disponibilizados e estudado. Como resultados da pesquisa, descobriu-se com o uso do ACV os impactos ambientais gerados nos processos, onde os principais impactos encontrados nos processos do frigorífico foram: saúde humana, qualidade do ecossistema, alterações climáticas e recursos. Conhecendo seus impactos ambientais, utilizando a ferramenta FMEA e 5W3H e propondo melhorias, o frigorífico consegue reduzir seus resíduos sólidos e reutilizar seu efluente, trazendo benefícios para o meio ambiente, para a sociedade e para o planeta. Por meio dos indicadores gerados a empresa poderá gerenciar seus impactos e avançar em termos de padrões de sustentabilidade.

Palavras-chave: Frigorífico, Avaliação do ciclo de vida, Sustentabilidade, Ferramentas de gestão.

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF PROCESSES IN A PORK AND CATTLE SLAUGHTERHOUSE BY MEANS OF LCA/GHG/FMEA/5W3H TOOLS

ABSTRACT

The Life Cycle Assessment (LCA) tool is an alternative for reducing environmental impacts, where its application in the production process seeks sustainability, but also generates not only environmental benefits, but also social, economic and governance benefits. By using this tool along with management tools such as Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and the What, Why, Where, When, Who, How, How much and How to measure (5W3H) action plan, it was possible to understand and measure the types of environmental impacts generated by the slaughterhouse's production processes and propose improvements. In this research, the Life Cycle Inventory (LCI) was used to evaluate the environmental impacts in the slaughterhouse's production process, looking for the biggest impacts generated by the company's sectors. After obtaining the inventory data, a life cycle assessment was conducted to determine the impacts generated within the company, to later prioritize them and propose improvements through the action plan and thus be able to evaluate the environmental gain that the research project can offer. The main objective of the study was to identify and analyze the environmental impacts in the processes of a pig and cattle slaughterhouse and propose improvements through the use of management tools (FMEA and 5W3H) to reduce the impacts generated in a pig and cattle slaughterhouse in the city from Condor/RS. The methodology used in the research was the Systematic Literature Review (SLR) and through the PRISMA meta-analysis and also a case study, using the LCA tool in the slaughterhouse processes, based on the ABNT NBR ISO 14.040:2001 standard, having as purposes: discover real situations that are not well defined, preserving the data researched and the instruments made available and studied. As a result of the research, the environmental impacts generated in the processes were discovered through the use of LCA, where the main impacts found in the slaughterhouse processes were: human health, ecosystem quality, climate change and resources. By knowing its environmental impacts, using the FMEA and 5W3H tool and proposing improvements, the slaughterhouse is able to reduce its solid waste and reuse its effluent, bringing benefits to the environment, society and the planet. Through the indicators generated, the company will be able to manage its impacts and advance in terms of sustainability standards.

Keywords: Slaughterhouse, Life cycle assessment, Sustainability, Management tools.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade possui desafios importantes na atualidade, onde se estabeleceu necessidade de se avançar nas áreas sociais, econômicas e ambientais sem prejudicar as demandas da geração futura (AZEVEDO *et al.*, 2019). O setor da agroindústria é muito cobrado para reduzir seus impactos ambientais, seja pelo mercado ou pela sociedade. Assim, é essencial o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, o qual vem sendo um dos objetivos primordiais com o passar dos anos (SANTAGATA, RIPA e ULGIATI, 2017).

A sustentabilidade tem o objetivo de orientar os setores públicos e privado sobre os problemas ambientais, com isso, proporcionando elaborar uma gestão ambiental com vantagens econômicas, sociais e ambientais, fazendo com que as empresas se estimulem a participar deste processo, de forma natural (BABBITT *et al.*, 2018). A sustentabilidade pode ser encarada como uma estratégia para enfrentar os desafios da carência de recursos naturais, sendo ela uma filosofia a ser implementada nas organizações capaz de contribuir para uma gestão dos descartes de resíduos com perspectiva de agregação de valor e geração de receitas (HOMRICH *et al.*, 2018).

A pauta da sustentabilidade ambiental no mundo vem crescendo, com isso o desenvolvimento de tecnologias capaz de ampliar a possibilidade de retirada de poluentes e impedir que os problemas se alterem de uma condição ambiental para outra, faz-se urgentemente (GOLROUDBARY, EL WALI e KRASLAWSKI, 2019). As indústrias e o avanço tecnológico cresceram muito nas últimas décadas; com isso gerando muitas perturbações ambientais. Como consequência disso, as empresas estão ficando mais responsáveis com o meio ambiente, buscando diminuir o impacto ambiental e desenvolver tecnologias limpas (CASNER, LIVOTOV e SILVA, 2018).

A produção agrícola possui uma estrutura muito variada, para utilização de recursos diferentes no processo produtivo de carne animal, e como resultado disso existe muita variação nas cargas poluidoras que são lançadas ao meio ambiente (PRESUMIDO *et al.*, 2018). Dessa forma, não somente se utiliza técnicas econômicas, mas torna-se essencial fazer o uso de métodos sustentáveis e ferramentas de análise, como a Análise de Ciclo de Vida (ACV) (TABATABAEI *et al.*, 2020).

Assim, a sustentabilidade deve ser vista como uma forma de agregação de valor para os clientes, desde que percebida e estabelecida como um modelo de processo de negócios duradoura, capaz de diminuir os impactos ambientais e sociais (BJØRNBET *et al.*, 2021). A sustentabilidade proporciona abordagens aplicáveis para redução de resíduos,

desenvolvimento do comportamento ambiental e ganho de benefícios econômicos (PARIDA, SJÖDIN e REIM, 2019).

Segundo Passuello *et al.* (2014) com o uso do método Análise de Ciclo de Vida (ACV) se tem muitas vantagens, dentre elas: possibilita conhecer e verificar os tipos de impactos; proporciona o envolvimento do público; propicia investigar balanços ambientais, medindo os descarregamentos ambientais, examinando os resultados gerados nos processos pelo homem e os ecológicos da utilização de produtos e serviços; e facilita para exibir situações em que o meio ambiente está no mesmo nível de prioridade que a tecnologia e a economia.

A ACV pode ser aplicada para examinar aspectos ambientais, econômicos e técnicos de um processo de tratamento. Desta forma consegue-se escolher um método de produção, capaz de gerar menos impactos prejudiciais ao meio ambiente (SINGH *et al.*, 2022). A ACV compreende um grupo de ferramentas que são importantes para quantificar, examinar e aperfeiçoar processos e produtos, nas questões relacionadas à capacidade de produzir impactos ambientais (KOVACIC, WALTENBEREGER e GOURLIS, 2016).

A ACV é um método empregado para examinar o impacto de um processo ou produto com relação ao meio ambiente. Ademais, a ferramenta ACV é usada para analisar a matéria prima utilizada, valor de energia dos processos, quantidade de resíduos gerados ao longo do ciclo de vida de algum produto e emissões de gases para o meio ambiente (MOHAMMED *et al.*, 2020). Segundo Lo-iacono-ferreira, Torregrosa-lópez e Capuz-rizo (2016) a ACV é considerada precisa, em razão disso é uma das ferramentas mais utilizada em estudos e avaliação de impactos ambientais relacionados a produtos e processos.

Segundo Hapuwatte e Jawahir (2019), normalmente para escolher e fortalecer o processo é necessário à experiência das pessoas, que levam em conta cuidados com a produção. Frequentemente este procedimento precisa de ajustes relacionados ao desenvolvimento e sustentabilidade do produto. A sustentabilidade deve ser considerada desde a fase inicial do desenvolvimento de um produto, levando em conta toda sua vida útil, para que assim se possa avaliar, passando pelos processos de concepção e operação até as melhorias a serem modificadas.

Através da utilização de ciclos fechados, o modelo de sustentabilidade tem como objetivo atingir uma produção e um consumo sustentável, promovendo ações relacionadas à eficiência de cadeias de valor e recursos apoiados em utilizações mais eficazes dos subprodutos e resíduos resultantes dos processos produtivos (VAN CAPELLEVEEN *et al.*, 2021).

É possível que a utilização da Análise de Ciclo de Vida sozinha não resulte em um processo totalmente sustentável, já que somente distingue os pontos de acesso e mensura os possíveis impactos, promovendo modificações com o objetivo de reduzir os problemas ambientais do processo, entretanto, não produz uma resolução para o fim de vida, que é uma das etapas do ciclo de vida de um produto que necessita maior atenção (DE CARVALHO ARAÚJO *et al.*, 2022).

Os produtos produzidos que geram maiores impactos ambientais, em detrimento de outros impactos, requer que empresas apliquem medidas mais severas para mitigá-los, se não houver formas de eliminá-los. Desse modo, há necessidade de se empregar ferramentas que consigam avaliar os processos em seu aspecto ambiental, com o objetivo de quantificar aqueles impactos (BARROS *et al.*, 2021).

Empresas são muito cobradas por legislações e preocupações da sociedade para diminuir as emissões de gases, pois são muito prejudiciais ao meio ambiente (KUPPUSAMY, MAGAZINE e RAO, 2021). Através do uso de soluções de *ecodesign* sustentável é possível reduzir emissões de *Green House Gas* (GHG) para aperfeiçoar aspectos ambientais em processos (LEE *et al.*, 2018). Com o uso de ACV e protocolo GHG é possível verificar as emissões geradas pelos processos produtivos, verificando seus limites para posteriormente avaliar a questão sustentável do processo (BARSANTI e GUALTIERI, 2018; CALDEIRA *et al.*, 2020).

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) é uma ferramenta de classificação e gestão de risco antecipado, analisando e eliminando falhas previamente que aconteçam ou alcancem os clientes. O que diferencia este método dos outros de avaliação é que a análise do problema é realizada após decorrer algum evento inadequado (HUANG, LI e LIU, 2017; LIU *et al.*, 2018). Quando a FMEA reconhece os itens de risco de um sistema a sua segurança é aumentada, dando preferência para os riscos em potencial e assim determinando atitudes de correção para reduzir ou extinguir os altos riscos. Ao contrário que outras ferramentas de análise, antes de ocorrerem falhas, a FMEA previne e identifica soluções (SHI *et al.*, 2020).

O plano de ação 5W2H faz referência as iniciais de sete perguntas: O quê fazer?, Por quê fazer?, Quando fazer?, Onde fazer?, Quem vai fazer?, Como fazer? e Quanto custa?. Quando se responde essas demandas é provável efetuar avaliações do processo produtivo, conseguindo através de prioridades criar um plano de ação profundo melhorias, onde o 5W2H é utilizado em processos como opção pra reduzir impactos ambientais (KULIGOVSKI *et al.*, 2021; FERRÃO e MORAES, 2021).

Este estudo buscou identificar e propor melhorias para os impactos ambientais gerados durante os processos produtivos em um frigorífico de pequeno porte que abate suínos e bovinos, localizado no sul do Brasil. Para conhecer os impactos ambientais da empresa foi realizado um inventário de ciclo de vida dos produtos usados nos processos, levando em conta suas entradas e saídas. Posteriormente, foi utilizado as ferramentas de gestão ACV, FMEA e 5W3H associadas para avaliar, priorizar e propor melhorias ambientais na empresa. E por fim, através de indicadores foi possível monitorar e controlar seus desempenhos produtivos relacionados à sustentabilidade, possibilitando assim, dados e estatísticas para futuramente conseguir mensurar e comparar o ganho ambiental que se está tendo com seu uso.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR ABNT n° 10.004/2004. Resíduos sólidos, classificação de resíduos. Rio de Janeiro-RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT: 71p. 2004.

ABNT. NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro-RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT: 10 p. Versão corrigida de 2014. 2001.

ABNT. NBR ISO 14.044: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações. Rio de Janeiro-RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT: 10 p. Versão corrigida de 2014. 2001.

AGUIAR, M. F. *et al.* Circular product design: strategies, challenges and relationships with new product development. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, 33, n. 2, p. 300-329, 2021.

ALEKSIC, B. *et al.* The application of Failure Mode Effects Analysis in the long supply chain—A case study of ultra filtrated milk cheese. **Food Control**, 138, p. 109057, 2022.

ALFONSO-MUNIOZGUREN, P. *et al.* The role of ozone combined with UVC/H2O2 process for the tertiary treatment of a real slaughterhouse wastewater. **Journal of Environmental Management**, 289, p. 112480, 2021.

ARFAN, M. *et al.* Life cycle assessment and life cycle costing of hydrogen production from biowaste and biomass in Sweden. **Energy Conversion and Management**, 291, p. 117262, 2023.

ASEM-HIABLIE, S. *et al.* A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 24, p. 441-455, 2019.

AZEVEDO, S. G. *et al.* Biomass-related sustainability: A review of the literature and interpretive structural modeling. **Energy**, 171, p. 1107-1125, 2019.

AZMI, S.; INDRASTI, N.; ROMLI, M. The Assessment of Environmental Impact of the Chicken Meat Agroindustry in Indonesia: Life Cycle Assessment (LCA) Perspective. **Tropical Animal Science Journal**, 46, n. 2, p. 249-260, 2023.

BABBITT, C. W. *et al.* Closing the loop on circular economy research: From theory to practice and back again. **Resources, Conservation and Recycling**, 135, p. 1-2, 2018.

BALDASSARRI, C. *et al.* Integration of environmental aspects into R&D inter-organizational projects management: application of a life cycle-based method to the development of innovative windows. **Journal of Cleaner Production**, 112, p. 3388-3401, 2016/01/20/ 2016.

BARROS, M. V. *et al.* Circular economy as a driver to sustainable businesses. **Cleaner Environmental Systems**, 2, p. 100006, 2021/06/01/ 2021.

BARSANTI, L.; GUALTIERI, P. Is exploitation of microalgae economically and energetically sustainable? **Algal research**, 31, p. 107-115, 2018.

- BJØRNBET, M. M. *et al.* Circular economy in manufacturing companies: A review of case study literature. **Journal of Cleaner Production**, 294, p. 126268, 2021.
- BONOLI, A.; ZANNI, S.; SERRANO-BERNARDO, F. Sustainability in building and construction within the framework of circular cities and european new green deal. The contribution of concrete recycling. **Sustainability**, 13, n. 4, p. 2139, 2021.
- BORCHARDT, M. *et al.* Redesign of a component based on ecodesign practices: environmental impact and cost reduction achievements. **Journal of Cleaner Production**, 19, n. 1, p. 49-57, 2011/01/01/ 2011.
- BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA**, 3, n. 2, 2016.
- BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. **Journal of environmental management**, 161, p. 287-302, 2015.
- CALDEIRA, C. *et al.* Sustainability of food waste biorefinery: A review on valorisation pathways, techno-economic constraints, and environmental assessment. **Bioresource Technology**, 312, p. 123575, 2020.
- CASNER, D.; LIVOTOV, P.; SILVA, P. K. D. TRIZ-based approach for process intensification and problem solving in process engineering: Concepts and research agenda. **Advances and Impacts of the Theory of Inventive Problem Solving**, p. 217-229, 2018.
- CHERUBINI, E. *et al.* Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. **Journal of Cleaner Production**, 87, p. 68-77, 2015.
- CHUN, Y.-Y. *et al.* Identifying key components of products based on consumer-and producer-oriented ecodesign indices considering environmental impacts, costs, and utility value. **Journal of cleaner production**, 198, p. 1031-1043, 2018.
- CLÉMENT, A.; ROBINOT, É.; TRESPEUCH, L. Improving ESG scores with sustainability concepts. **Sustainability**, 14, n. 20, p. 13154, 2022.
- CONSEMA. Resolução nº 355/2017, dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Publicado no Diário Oficial do Estado – DOE, de 19 de julho de 2017, páginas 1-7: Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA: 7 p. 2017.
- DA CONCEIÇÃO, M. M. M. *et al.* Análise de modos e efeitos de falha em um frigorífico Analysis of failure modes and effects in a refrigerator. **Brazilian Journal of Development**, 7, n. 6, p. 56106-56131, 2021.
- DAHMANI, N. *et al.* Smart circular product design strategies towards eco-effective production systems: A lean eco-design industry 4.0 framework. **Journal of Cleaner Production**, 320, 2021.
- DE CARVALHO ARAÚJO, C. K. *et al.* Life cycle assessment as a guide for designing circular business models in the wood panel industry: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, 355, p. 131729, 2022/06/25/ 2022.

DE MEDEIROS, J. F.; RIBEIRO, J. L. D.; CORTIMIGLIA, M. N. Success factors for environmentally sustainable product innovation: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, 65, p. 76-86, 2014/02/15/ 2014.

DE MELO, T. A. C. *et al.* Circular Economy Public Policies: A Systematic Literature Review. **Procedia Computer Science**, 204, p. 652-662, 2022/01/01/ 2022.

DI NARDO, M. *et al.* A New Hybrid Dynamic FMECA with Decision-Making Methodology: A Case Study in An Agri-Food Company. **Applied System Innovation**, 5, n. 3, p. 45, 2022.

DJEKIC, I. *et al.* Environmental life-cycle assessment in production of pork products. **MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu**, 17, n. 5, p. 469-476, 2015.

FALCONE, P. M.; IMBERT, E. Social life cycle approach as a tool for promoting the market uptake of bio-based products from a consumer perspective. **Sustainability**, 10, n. 4, p. 1031, 2018.

FARIAS, L. M. S. *et al.* Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, 218, p. 746-762, 2019.

FERRAZ, E. D. M. *et al.* Interdisciplinarity in the construction of Permanent Education in Health with management teams. **Saúde em Debate**, 46, p. 217-227, 2023.

FERRÃO, C. C.; MORAES, J. A. R. Analysis of environmental risks and accidents at work in urban solid waste collection services. **Gestão & Produção**, 28, 2021.

FONTOURA, P.; COELHO, A. How to boost green innovation and performance through collaboration in the supply chain: Insights into a more sustainable economy. **Journal of Cleaner Production**, 359, p. 132005, 2022.

FRANCIOSI, C. *et al.* Maintenance for sustainability in the industry 4.0 context: A scoping literature review. **IFAC-PapersOnLine**, 51, n. 11, p. 903-908, 2018.

FRANCIOSI, C. *et al.* Measuring maintenance impacts on sustainability of manufacturing industries: from a systematic literature review to a framework proposal. **Journal of Cleaner Production**, 260, p. 121065, 2020.

FRESNER, J.; KRENN, C. Theoretical minimum consumption calculation as starting point for cleaner production option identification as a new approach to benchmarking. **Journal of Cleaner Production**, 172, p. 1946-1956, 2018.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. D. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, 24, p. 335-342, 2015.

GAO, J. *et al.* Environmental, social and governance performance: Can it be a stock price stabilizer? **Journal of Cleaner Production**, 379, p. 134705, 2022.

GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. **Journal of Cleaner Production**, 178, p. 618-643, 2018.

GHOUL, S. E.; GUEDHAMI, O.; KIM, Y. Country-level institutions, firm value, and the role of corporate social responsibility initiatives. **Journal of International Business Studies**, 48, p. 360-385, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas São Paulo, 2002. 8522431698.

GOLROUDBARY, S. R.; EL WALI, M.; KRASLAWSKI, A. Environmental sustainability of phosphorus recycling from wastewater, manure and solid wastes. **Science of The Total Environment**, 672, p. 515-524, 2019.

GOSWAMI, D. *et al.* Life cycle assessment: A perspective of improvement of hydro-plants for intensify “green electricity”. **Energy Nexus**, 10, p. 100201, 2023.

HALLSTEDT, S. I.; THOMPSON, A. W.; LINDAHL, P. Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. **Journal of Cleaner Production**, 51, p. 277-288, 2013/07/15/ 2013.

HANNA, S. A. *et al.* Lessons from the Brazilian radiotherapy expansion plan: A project database study. **The Lancet Regional Health–Americas**, 14, 2022.

HAPUWATTE, B. M.; JAWAHIR, I. S. A total life cycle approach for developing predictive design methodologies to optimize product performance. **Procedia Manufacturing**, 33, p. 11-18, 2019/01/01/ 2019.

HARVEY, P. *et al.* Corrigendum to “Chemical, biological, and DNA markers for tracing slaughterhouse effluent” [Environ. Res. 156 (2017) 534-541]. **Environmental Research**, 160, p. 568, 2018.

HE, L.-Y. *et al.* Discharge of swine wastes risks water quality and food safety: Antibiotics and antibiotic resistance genes from swine sources to the receiving environments. **Environment International**, 92-93, n. Complete, p. 210-219, 2016.

HOEK, A. C. *et al.* Towards environmentally sustainable food systems: decision-making factors in sustainable food production and consumption. **Sustainable Production and Consumption**, 26, p. 610-626, 2021.

HOLLAS, C. E. *et al.* Life cycle assessment of waste management from the Brazilian pig chain residues in two perspectives: Electricity and biomethane production. **Journal of Cleaner Production**, 354, p. 131654, 2022.

HOMRICH, A. S. *et al.* The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, 175, p. 525-543, 2018.

HUANG, J.; LI, Z. S.; LIU, H.-C. New approach for failure mode and effect analysis using linguistic distribution assessments and TODIM method. **Reliability Engineering & System Safety**, 167, p. 302-309, 2017.

IÑARRA, B. *et al.* Ecodesign of new circular economy scheme for Brewer's side streams. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, 28, p. 100727, 2022/09/01/ 2022.

JANOTA, L.; SUROVEZHKO, A.; IGISSENOV, A. Comprehensive evaluation of the planned development of intermittent renewable sources within the EU. **Energy Reports**, 8, p. 214-220, 2022.

- KAMBLE, S. S. *et al.* A large multi-group decision-making technique for prioritizing the big data-driven circular economy practices in the automobile component manufacturing industry. **Technological Forecasting and Social Change**, 165, p. 120567, 2021.
- KASWAN, M. S.; RATHI, R. Analysis and modeling the enablers of green lean six sigma implementation using interpretive structural modeling. **Journal of cleaner production**, 231, p. 1182-1191, 2019.
- KIM, K. O.; ZUO, M. J. General model for the risk priority number in failure mode and effects analysis. **Reliability Engineering & System Safety**, 169, p. 321-329, 2018.
- KIM, T. H.; CHAE, C. U. Environmental impact analysis of acidification and eutrophication due to emissions from the production of concrete. **Sustainability**, 8, n. 6, p. 578, 2016.
- KLAI, N. *et al.* Agro-industrial waste valorization for biopolymer production and life-cycle assessment toward circular bioeconomy. *In: Biomass, Biofuels, Biochemicals*: Elsevier, 2021. p. 515-555.
- KOVACIC, I.; WALTENBEREGGER, L.; GOURLIS, G. Tool for life cycle analysis of facade-systems for industrial buildings. **Journal of Cleaner Production**, 130, p. 260-272, 2016.
- KULIGOVSKI, C. *et al.* 5S and 5W2H Tools Applied to Research Laboratories: Experience from Instituto Carlos Chagas-FIOCRUZ/PR for Cell Culture Practices. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 64, 2021.
- KUPPUSAMY, S.; MAGAZINE, M. J.; RAO, U. Buyer selection and service pricing in an electric fleet supply chain. **European Journal of Operational Research**, 295, n. 2, p. 534-546, 2021.
- KURDVE, M.; HILDENBRAND, J.; JÖNSSON, C. Design for green lean building module production-Case study. **Procedia Manufacturing**, 25, p. 594-601, 2018.
- LA RUSSA, R. *et al.* Proactive Risk Assessment Through Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Haemodialysis Facilities: A Pilot Project. **Frontiers in Public Health**, 10, p. 823680, 2022.
- LACA, A. *et al.* Assessment of the environmental impacts associated with vineyards and winemaking. A case study in mountain areas. **Environmental Science and Pollution Research**, 28, n. 1, p. 1204-1223, 2021.
- LAHTI, T.; WINCENT, J.; PARIDA, V. A definition and theoretical review of the circular economy, value creation, and sustainable business models: where are we now and where should research move in the future? **Sustainability**, 10, n. 8, p. 2799, 2018.
- LEE, S. *et al.* Application of life cycle energy analysis for designing a water distribution network. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 23, p. 1174-1191, 2018.
- LIU, H.-C. *et al.* Failure mode and effects analysis using two-dimensional uncertain linguistic variables and alternative queuing method. **IEEE Transactions on Reliability**, 68, n. 2, p. 554-565, 2018.
- LO-IACONO-FERREIRA, V. G.; TORREGROSA-LÓPEZ, J. I.; CAPUZ-RIZO, S. F. Use of Life Cycle Assessment methodology in the analysis of Ecological Footprint Assessment

results to evaluate the environmental performance of universities. **Journal of Cleaner Production**, 133, p. 43-53, 2016.

LOU, Y. *et al.* Influences of dissolved organic matters on tetracyclines transport in the process of struvite recovery from swine wastewater. **Water Research**, 134, p. 311-326, 2018/05/01/ 2018.

MAGALHÃES, I. B. *et al.* Technologies for improving microalgae biomass production coupled to effluent treatment: A life cycle approach. **Algal Research**, 57, p. 102346, 2021.

MANZARDO, A. *et al.* Combination of product environmental footprint method and eco-design process according to ISO 14006: The case of an Italian winery. **Science of The Total Environment**, 799, p. 149507, 2021/12/10/ 2021.

MCCABE, B. K. *et al.* A case study for biogas generation from covered anaerobic ponds treating abattoir wastewater: Investigation of pond performance and potential biogas production. **Applied Energy**, 114, p. 798-808, 2014.

MELLO, M. F. *et al.* A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para melhoria de processo em indústria metal mecânica—um estudo de caso. **Exacta**, 15, n. 4, 2017.

MOHAMMED, S. *et al.* Contemporary changes of greenhouse gases emission from the agricultural sector in the EU-27. **Geology, Ecology, and Landscapes**, 4, n. 4, p. 282-287, 2020.

MONTEIRO, D. E. *et al.* Management of coping with the risks of COVID-19 in an onco-hematological outpatient clinic: an experience report. **Revista Brasileira de Enfermagem**, 74, 2021.

MORALES-MENDOZA, L. F. *et al.* Coupling life cycle assessment with process simulation for ecodesign of chemical processes. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 37, n. 2, p. 777-796, 2018.

PARIDA, V.; SJÖDIN, D.; REIM, W. Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises. **MDPI**. 11: 391 p. 2019.

PASSUELLO, A. C. B. *et al.* Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente construído**, 14, p. 7-20, 2014.

PEREIRA, G. M. *et al.* Expert insights on successful multinational ecodesign projects: A guide for middle managers. **Journal of Cleaner Production**, 248, p. 119211, 2020/03/01/ 2020.

PIGOSSO, D. C. A.; ROZENFELD, H.; MCALOONE, T. C. Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, 59, p. 160-173, 2013/11/15/ 2013.

POULIKIDOU, S.; BJÖRKLUND, A.; TYSKENG, S. Empirical study on integration of environmental aspects into product development: processes, requirements and the use of tools in vehicle manufacturing companies in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, 81, p. 34-45, 2014/10/15/ 2014.

PRESUMIDO, P. H. *et al.* Environmental impacts of the beef production chain in the Northeast of Portugal using life cycle assessment. **Agriculture**, 8, n. 10, p. 165, 2018.

PUTMAN, B.; ROTZ, C. A.; THOMA, G. A comprehensive environmental assessment of beef production and consumption in the United States. **Journal of Cleaner Production**, 402, p. 136766, 2023.

QIAN, K. *et al.* ESG performance and loan contracting in an emerging market. **Pacific-Basin Finance Journal**, 78, p. 101973, 2023.

QUAYSON, M. *et al.* Designing a decision support tool for integrating ESG into the natural resource extraction industry for sustainable development using the ordinal priority approach. **Resources Policy**, 85, p. 103988, 2023.

RABELO, M. H. S.; SILVA, E. K.; PERES, A. D. P. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 19, p. 79-86, 2014.

RAMOS, A. R. *et al.* A lean and cleaner production benchmarking method for sustainability assessment: A study of manufacturing companies in Brazil. **Journal of cleaner production**, 177, p. 218-231, 2018.

RIBEIRO, I. *et al.* Fostering selection of sustainable manufacturing technologies – a case study involving product design, supply chain and life cycle performance. **Journal of Cleaner Production**, 112, p. 3306-3319, 2016/01/20/ 2016.

RODRIGUES, V. P.; PIGOSSO, D. C. A.; MCALOONE, T. C. Measuring the implementation of ecodesign management practices: A review and consolidation of process-oriented performance indicators. **Journal of Cleaner Production**, 156, p. 293-309, 2017/07/10/ 2017.

ROSSI, C.; BYRNE, J. G.; CHRISTIAEN, C. Breaking the ESG rating divergence: An open geospatial framework for environmental scores. **Journal of Environmental Management**, 349, p. 119477, 2024.

ROSSI, M.; GERMANI, M.; ZAMAGNI, A. Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. **Journal of Cleaner Production**, 129, p. 361-373, 2016/08/15/ 2016.

ROY, P. *et al.* Life cycle of meats: An opportunity to abate the greenhouse gas emission from meat industry in Japan. **Journal of environmental management**, 93, n. 1, p. 218-224, 2012.

RÖÖS, E. *et al.* Can carbon footprint serve as an indicator of the environmental impact of meat production? **Ecological indicators**, 24, p. 573-581, 2013.

SAHOO, S.; KUMAR, A.; UPADHYAY, A. How do green knowledge management and green technology innovation impact corporate environmental performance? Understanding the role of green knowledge acquisition. **Business Strategy and the Environment**, 32, n. 1, p. 551-569, 2023.

SANTAGATA, R.; RIPA, M.; ULGIATI, S. An environmental assessment of electricity production from slaughterhouse residues. Linking urban, industrial and waste management systems. **Applied energy**, 186, p. 175-188, 2017.

- SANTOLAYA, J. L. *et al.* A practical methodology to project the design of more sustainable products in the production stage. **Research in Engineering Design**, 30, n. 4, p. 539-558, 2019. Article.
- SANTOS, M. K.; DANILEVICZ, A. M.; TUBINO, R. M. Environmental service providers assessment: A multi-criteria model applied to industrial waste. **Journal of cleaner production**, 159, p. 374-387, 2017.
- SAVIAN, M.; DA PENHA SIMON, C.; HOLDEN, N. M. Evaluating environmental, economic, and social aspects of an intensive pig production farm in the south of Brazil: a case study. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 28, n. 11, p. 1544-1560, 2023.
- SCHÖGGL, J.-P.; BAUMGARTNER, R. J.; HOFER, D. Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. **Journal of Cleaner Production**, 140, p. 1602-1617, 2017/01/01/ 2017.
- SHI, H. *et al.* A novel method for failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning and fuzzy Petri nets. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, 11, p. 2381-2395, 2020.
- SILVA, A. S.; MEDEIROS, C. F.; VIEIRA, R. K. Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. **Journal of cleaner production**, 150, p. 324-338, 2017.
- SINGH, A. *et al.* Advancements of sequencing batch reactor for industrial wastewater treatment: Major focus on modifications, critical operational parameters, and future perspectives. **Journal of Environmental Management**, 317, p. 115305, 2022.
- STOFFELS, P.; VIELHABER, M. EcoDesign for Production Plants. **Procedia CIRP**, 21, p. 432-436, 2014/01/01/ 2014.
- SUPPIPAT, S.; HU, A. H. Achieving sustainable industrial ecosystems by design: A study of the ICT and electronics industry in Taiwan. **Journal of Cleaner Production**, 369, p. 133393, 2022/10/01/ 2022.
- TABATABAEI, M. *et al.* A comprehensive review on recent biological innovations to improve biogas production, part 1: upstream strategies. **Renewable Energy**, 146, p. 1204-1220, 2020.
- TINITANA-BAYAS, R. *et al.* Assessing the environmental impacts of beef production chains integrating grazing and landless systems. **animal**, p. 101059, 2023.
- VAN CAPELLEVEEN, G. *et al.* Toward building recommender systems for the circular economy: Exploring the perils of the European Waste Catalogue. **Journal of environmental management**, 277, p. 111430, 2021.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer manual. **Manual for VOSviewer version**, 1, n. 0, 2011.
- VILA, C. *et al.* An Approach to Sustainable Product Lifecycle Management (Green PLM). **Procedia Engineering**, 132, p. 585-592, 2015/01/01/ 2015.

VON AHSEN, A.; PETRUSCHKE, L.; FRICK, N. Sustainability Failure Mode and Effects Analysis – A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, 363, p. 132413, 2022/08/20/ 2022.

WANG, S. *et al.* Life-cycle assessment of treating slaughterhouse waste using anaerobic digestion systems. **Journal of Cleaner Production**, 292, p. 126038, 2021.

YANG, J. *et al.* Energy, metals, market uncertainties, and ESG stocks: Analysing predictability and safe havens. **The North American Journal of Economics and Finance**, 69, p. 102030, 2024.

YONG, J. Y. *et al.* Testing the stakeholder pressure, relative advantage, top management commitment and green human resource management linkage. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, 29, n. 5, p. 1283-1299, 2022.

ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. **Gestão & Produção**, 14, p. 295-309, 2007.