



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades

XXI SIMPEP
www.simpep-feb.unesp.br

CONCEITOS DE ECONOMIA CIRCULAR APLICADOS NA PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL

LUIS ASSUMPCÃO GEO – luis.asgeo@gmail.com
INSTITUTO BRASILEIRO DE MERCADOS E CAPITAIS - IBMEC/MG

CARLOS ALBERTO SILVA DE MIRANDA -carlos.asmiranda@professores.ibmec.edu.br
INSTITUTO BRASILEIRO DE MERCADOS E CAPITAIS - IBMEC/MG

FERNANDO TAVARES PIRES - fernando.pires@professores.ibmec.edu.br
INSTITUTO BRASILEIRO DE MERCADOS E CAPITAIS - IBMEC/MG

PAULO HENRIQUE CAMPOS PRADO TAVARES - paulo.tavares@professores.ibmec.edu.br
INSTITUTO BRASILEIRO DE MERCADOS E CAPITAIS - IBMEC/MG

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

SUBÁREA: 7.1 – GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS E ENERGÉTICOS

RESUMO: A NECESSIDADE POR PROTEÍNA ANIMAL É UMA REALIDADE AO LONGO DA HISTÓRIA HUMANA, DESEMPENHANDO UM PAPEL FUNDAMENTAL NA NUTRIÇÃO E SEGURANÇA ALIMENTAR DE BILHÕES DE PESSOAS. NO ENTANTO, ESSA DEMANDA EXERCE PRESSÃO SOBRE OS RECURSOS NATURAIS E LEVANTA PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS. A PRODUÇÃO TRADICIONAL DE PROTEÍNA ANIMAL ESTÁ ASSOCIADA À EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA, USO INTENSO DE TERRA E ÁGUA, DESMATAMENTO E PERDA DA BIODIVERSIDADE. NESTE TRABALHO, EXPLORAMOS OS PRINCIPAIS ASPECTOS DA ECONOMIA CIRCULAR E COMO ELAS PODEM SER APLICADAS NA CRIAÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL, A PARTIR DE UM ESTUDO DE CASO DESENVOLVIDO EM UMA FAZENDA DE PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL, A FAZENDA CARAPRETA. ANALISAMOS A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS, OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS ALIMENTARES, RECICLAGEM DE NUTRIENTES E TRANSFORMAÇÃO DAS CADEIAS DE ABASTECIMENTO. CONCLUÍMOS QUE A ECONOMIA CIRCULAR OFERECE UMA SOLUÇÃO PARA ATENDER À CRESCENTE DEMANDA GLOBAL POR ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL, AO MESMO TEMPO EM QUE MINIMIZA OS IMPACTOS AMBIENTAIS. A ADOÇÃO DESSA ABORDAGEM É ESSENCIAL PARA TRANSFORMAR A INDÚSTRIA DE PROTEÍNA EM UM SISTEMA MAIS SUSTENTÁVEL E EFICIENTE, GARANTINDO A SEGURANÇA ALIMENTAR E A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS PARA AS GERAÇÕES FUTURAS. A IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS CIRCULARES SERVE COMO UM MODELO INSPIRADOR E UM PASSO CRUCIAL RUMO A UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL E RESPONSÁVEL.

PALAVRAS-CHAVES: ECONOMIA CIRCULAR; PROTEÍNA ANIMAL; FAZENDA; SEGURANÇA ALIMENTAR; SUSTENTABILIDADE.

CIRCULAR ECONOMY CONCEPTS APPLIED IN THE PRODUCTION OF ANIMAL PROTEIN

ABSTRACT: *THE NEED FOR ANIMAL PROTEIN IS A REALITY THROUGHOUT HUMAN HISTORY, PLAYING A FUNDAMENTAL ROLE IN THE NUTRITION AND FOOD SECURITY OF BILLIONS OF PEOPLE. HOWEVER, THIS DEMAND EXERCISES PRESSURE ON NATURAL RESOURCES AND RAISES ENVIRONMENTAL CONCERNS. TRADITIONAL ANIMAL PROTEIN PRODUCTION IS ASSOCIATED WITH THE EMISSION OF GREENHOUSE GASES, INTENSE USE OF LAND AND WATER, DEFORESTATION AND LOSS OF BIODIVERSITY. IN THIS WORK, WE EXPLORED THE MAIN ASPECTS OF THE CIRCULAR ECONOMY AND HOW THEY CAN BE APPLIED IN THE CREATION OF ANIMAL PROTEIN, BASED ON A CASE STUDY DEVELOPED ON AN ANIMAL PROTEIN PRODUCTION FARM, CARAPRETA FARM. WE ANALYZE SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT, OPTIMIZATION OF FOOD RESOURCES, NUTRIENT RECYCLING AND TRANSFORMATION OF SUPPLY CHAINS. WE CONCLUDE THAT THE CIRCULAR ECONOMY OFFERS A SOLUTION TO MEET THE GROWING GLOBAL DEMAND FOR FOOD OF ANIMAL ORIGIN, WHILE MINIMIZING ENVIRONMENTAL IMPACTS. ADOPTING THIS APPROACH IS ESSENTIAL TO TRANSFORM THE PROTEIN INDUSTRY INTO A MORE SUSTAINABLE AND EFFICIENT SYSTEM, GUARANTEEING FOOD SECURITY AND THE CONSERVATION OF NATURAL RESOURCES FOR FUTURE GENERATIONS. IMPLEMENTING CIRCULAR PRACTICES SERVES AS AN INSPIRING MODEL AND A CRUCIAL STEP TOWARDS A MORE SUSTAINABLE AND RESPONSIBLE FUTURE.*

KEYWORDS: *CIRCULAR ECONOMY; ANIMAL PROTEIN; FARM; FOOD SAFETY; SUSTAINABILITY.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade global por proteína animal é uma realidade ao longo da história humana, desempenhando um papel fundamental na nutrição e segurança alimentar de bilhões de pessoas. No entanto, essa demanda exerce uma grande pressão sobre os recursos naturais do planeta e levanta sérias preocupações ambientais. A produção tradicional de proteína animal está associada à emissão elevada de gases do efeito estufa, uso intenso de terra e água, desmatamento e perda da biodiversidade (STEINFELD et al., 2006).

Além da sua importância ambiental, a Economia Circular possui o potencial para gerar benefícios econômicos significativos. Ela pode criar oportunidades para diversificar a produção, reduzir os custos e desenvolver novos mercados, enquanto minimiza o impacto no meio ambiente (FARRELL et al., 2016).

Ao longo deste estudo, buscaremos obter uma compreensão mais profunda sobre como a Economia Circular pode ser implementada na produção de proteína animal, como ela pode contribuir para reduzir os impactos ambientais e como pode ser uma solução viável para atender à crescente demanda global por alimentos provenientes dos animais.

Neste trabalho, exploraremos os principais aspectos da Economia Circular e como elas podem ser aplicadas na criação de proteína animal. Analisaremos a gestão sustentável dos resíduos, otimização dos recursos alimentares, reciclagem de nutrientes e transformação das cadeias de abastecimento.

Também vamos explorar os desafios práticos que surgem ao implementar essas abordagens inovadoras em uma indústria tão complexa quanto a produção de proteína animal. Para lidar com esses desafios e tornar a produção de proteína animal mais sustentável, surge a Economia Circular, um paradigma que busca repensar e redesenhar os sistemas de produção e consumo. A Economia Circular é baseada em princípios que incentivam a redução do desperdício, o reuso, a reciclagem e a regeneração dos recursos (EMF, 2013). Nesse contexto, a Economia Circular se apresenta como uma abordagem inovadora e promissora para criar uma indústria de proteína animal mais sustentável e eficiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito e fundamentos da economia circular

A Economia Circular é um modelo econômico e ambiental que tem recebido destaque nos últimos anos como uma resposta fundamental aos desafios decorrentes da crescente demanda por recursos naturais e à necessidade de mitigar os impactos ambientais das atividades

humanas. Este enquadramento teórico explora o conceito e os princípios da Economia Circular, incluindo informações e citações provenientes de fontes confiáveis.

A Economia Circular pode ser definida como um modelo econômico que busca otimizar o uso dos recursos naturais, reduzindo o desperdício e promovendo a regeneração dos recursos (EMF, 2013). Ao contrário do modelo linear tradicional, onde os recursos são extraídos, transformados em produtos e eventualmente descartados como resíduos, a Economia Circular propõe um ciclo fechado em que os produtos são projetados para ter durabilidade, serem reutilizáveis, reparáveis e recicláveis (GONÇALVES-DIAS et al., 2019). Os principais princípios da Economia Circular incluem:

- **Design Sustentável:** os produtos são concebidos desde o início do seu ciclo de vida com a minimização do impacto ambiental em mente. Isso envolve a seleção de materiais sustentáveis, design para fácil desmontagem e consideração de uma vida útil prolongada (STAHEL, 2016).
- **Reparo e Reutilização:** os produtos são projetados de forma a permitir reparos e reutilizações fáceis, prolongando sua vida útil e reduzindo a necessidade de produção de novos itens (GONÇALVES-DIAS et al., 2019).
- **Reciclagem e aproveitamento de recursos:** materiais e recursos provenientes de produtos descartados são coletados, reciclados e reintroduzidos na cadeia produtiva, minimizando a exploração de recursos naturais finitos (KORHONEN et al., 2018).
- **Regeneração dos ecossistemas:** além dos produtos em si, a Economia Circular preocupa-se com a regeneração dos ecossistemas naturais, promovendo a conservação e restauração dos recursos naturais (GHEKIERE et al., 2017).

A Economia Circular traz uma série de benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia. Ela pode reduzir significativamente as emissões de gases do efeito estufa, diminuir a exploração de recursos naturais, criar oportunidades de emprego na área da reparação e reciclagem, incentivar a inovação em design sustentável e fortalecer a resiliência econômica (FARRELL et al., 2016).

Apesar dos benefícios mencionados acima, implementar efetivamente os princípios da Economia Circular enfrenta desafios significativos como barreiras regulatórias, resistência cultural e necessidade de investimentos em infraestrutura (GHISELLINI et al., 2016).

No entanto, muitos governos e empresas ao redor do mundo estão adotando a Economia Circular como parte de sua estratégia de sustentabilidade.

2.2 Sustentabilidade

A sustentabilidade tem se tornado um tema cada vez mais relevante para as empresas, especialmente no contexto industrial. Essa relevância se deve a diversos fatores, como a crescente consciência ambiental da sociedade, a necessidade de atender às legislações ambientais mais rigorosas e a busca por diferenciais competitivos no mercado. Neste contexto, a sustentabilidade pode ser vista como uma estratégia de valor para os empreendimentos industriais (AMATO NETO, 2011; MARQUARDT, 2006). Ao incorporar práticas sustentáveis em seus processos e produtos, as empresas podem gerar diversos benefícios, como:

- Redução de custos: A adoção de práticas sustentáveis pode levar à redução de custos com energia, água, materiais e disposição de resíduos.
- Melhoria da imagem: As empresas que são percebidas como sustentáveis têm uma imagem mais positiva junto aos seus *stakeholders*, o que pode levar a um aumento nas vendas e na fidelização de clientes.
- Aumento da inovação: A busca por soluções sustentáveis pode levar ao desenvolvimento de novos produtos e processos, o que pode aumentar a competitividade da empresa.
- Redução de riscos: A adoção de práticas sustentáveis pode reduzir os riscos de multas e sanções ambientais, além de contribuir para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

A sustentabilidade não é apenas um custo para as empresas, mas sim uma oportunidade de gerar valor e se destacar no mercado. Ao incorporar práticas sustentáveis em seus negócios, as empresas podem otimizar seus processos, reduzir custos, melhorar sua imagem, aumentar a inovação e reduzir riscos (RAJALA, WESTERLUND e LAMPIKOSKI, 2016). Dessa forma, a sustentabilidade se torna uma estratégia fundamental para o sucesso das empresas no longo prazo.

De acordo com Elkington (1994), alguns exemplos de práticas sustentáveis que podem ser adotadas por empresas industriais são:

- Eficiência energética: implementação de medidas para reduzir o consumo de energia, como a utilização de lâmpadas LED e a otimização dos processos produtivos.
- Gestão da água: redução do consumo de água, reuso da água e tratamento de efluentes.
- Gestão de resíduos: redução da geração de resíduos, reciclagem e reuso de materiais.
- Uso de materiais sustentáveis: utilização de materiais reciclados, biodegradáveis ou de origem certificada.

- Responsabilidade social: apoio a projetos sociais e comunitários e promoção da diversidade e inclusão no ambiente de trabalho.

E alguns benefícios da adoção de práticas sustentáveis para as empresas industriais são (MARQUARDT, 2006; AMATO NETO, 2011):

- Redução de custos: menor consumo de recursos naturais, como água e energia, e menor geração de resíduos, o que leva à redução de custos operacionais.
- Melhoria da imagem: maior reputação junto aos consumidores, investidores e comunidade, o que pode levar a um aumento nas vendas e na fidelização de clientes.
- Aumento da competitividade: diferenciação da empresa no mercado e maior capacidade de atrair e reter talentos.
- Redução de riscos: menor risco de multas e sanções ambientais, além de menor impacto das mudanças climáticas.
- Contribuição para o desenvolvimento sustentável: promoção da preservação do meio ambiente e do bem-estar social.

2.3 A Logística Reversa e a Economia Circular

A crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental impulsiona a busca por modelos de produção e consumo mais conscientes. Nesse contexto, a logística reversa e a economia circular se apresentam como ferramentas essenciais para reduzir o impacto ambiental das atividades humanas. Conforme Rogers e Tibben-Lembke (1998), a logística reversa consiste no planejamento, implementação e controle do fluxo de retorno de materiais desde o ponto de consumo até o de recuperação ou descarte. Essa prática vai além da mera coleta de resíduos, abrangendo a gestão eficiente desses materiais, buscando soluções inovadoras para sua reutilização, reciclagem ou valorização energética.

A economia circular propõe um modelo de produção com ciclo fechado, onde os recursos são utilizados de forma eficiente e os resíduos são reaproveitados em novos processos produtivos. Essa abordagem visa minimizar o desperdício e maximizar o valor dos materiais, reduzindo o impacto ambiental e promovendo o desenvolvimento sustentável (CHAN et al., 2012).

A logística reversa desempenha um papel crucial na implementação da economia circular, facilitando o retorno de materiais ao ciclo produtivo. Ao integrar esses conceitos, empresas podem otimizar seus processos, reduzir custos e gerar valor através da reutilização de recursos (VAN BUREN et al., 2016).

No contexto do reaproveitamento de resíduos, a logística reversa e a economia circular se apresentam como ferramentas promissoras para a gestão sustentável desses resíduos (ESPOSITO et al., 2018). A coleta e o retorno adequados desses materiais podem possibilitar sua reutilização em diversas aplicações, como a produção de ração animal, biocombustíveis, e mesmo na produção de cosméticos e produtos farmacêuticos.

A combinação da logística reversa com a economia circular oferece um modelo sustentável para o reaproveitamento de ossos e sebos em açougues, contribuindo para a redução do impacto ambiental, geração de valor econômico e promoção da sustentabilidade na cadeia de produção de alimentos. A implementação efetiva dessa abordagem exige planejamento estratégico, colaboração entre diferentes setores e investimentos em infraestrutura e tecnologia. Através da adoção de práticas sustentáveis, empresas e consumidores podem contribuir para a construção de um futuro mais verde e próspero.

2.4 Economia Circular na Produção de Proteína Animal

A aplicação da Economia Circular na produção de proteína animal é um campo de estudo emergente e altamente relevante, considerando o papel crucial da indústria de carne e laticínios nas questões relacionadas à segurança alimentar e ao meio ambiente. Este referencial teórico explora o conceito de Economia Circular nesse contexto específico, ressaltando os desafios, benefícios e práticas associadas.

Quando aplicada à produção de proteína animal, a Economia Circular envolve transformar os sistemas tradicionais de criação animal e processamento da carne em sistemas mais eficientes, sustentáveis e regenerativos. Isso requer uma abordagem completa que considera todos os aspectos da produção, desde a alimentação dos animais até a gestão dos resíduos.

A produção de proteína animal, especialmente a criação bovina e suína para carne, é conhecida por causar impactos ambientais significativos. Esses impactos incluem emissões intensas de gases do efeito estufa, uso excessivo de água, desmatamento e perda da biodiversidade.

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), a pecuária é responsável por cerca de 14,5% das emissões globais de gases de efeito estufa (FAO, 2013). A aplicação da Economia Circular na produção de proteína animal abrange diversos aspectos importantes. Primeiramente, é fundamental otimizar a alimentação dos animais selecionando ingredientes mais eficientes e reduzindo o desperdício de alimentos (ALLEN et al., 2017). Além disso, a Economia Circular promove uma gestão eficaz dos

resíduos gerados no processo produtivo, incluindo a reciclagem de nutrientes e a transformação desses resíduos em subprodutos valiosos (TACON et al., 2011). Por fim, criar cadeias de suprimento mais fechadas e integradas pode minimizar nossa dependência de recursos externos e reduzir o impacto ambiental negativo (CIRIEC, 2019).

A aplicação da Economia Circular na produção de proteína animal traz diversos benefícios, tais como:

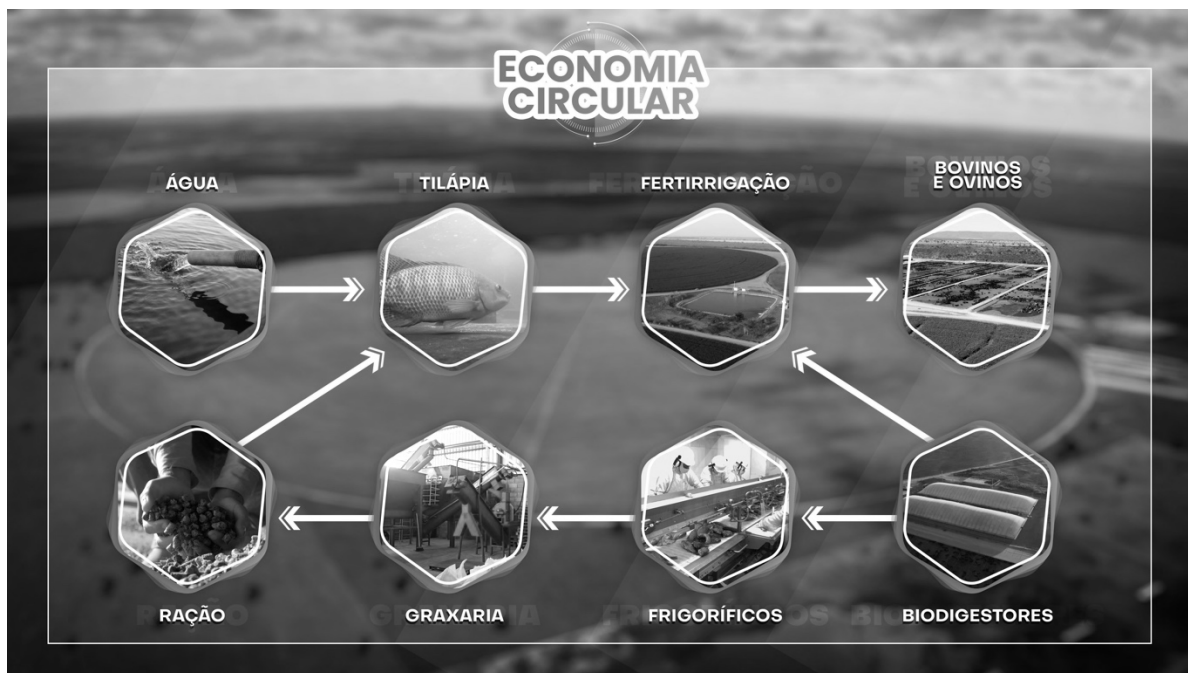
- **Redução do Impacto Ambiental:** ao otimizar os recursos e gerenciar os resíduos de forma eficiente, é possível diminuir o impacto ambiental da produção de proteína animal.
- **Eficiência Econômica:** a Economia Circular pode aprimorar a eficiência econômica ao reduzir os custos de produção e criar oportunidades de mercado para subprodutos (GIROTTI et al., 2020).
- **Resiliência do Setor:** a diversificação das fontes de alimentação para animais e o gerenciamento adequado dos resíduos podem aumentar a resiliência do setor de proteína animal diante de choques externos (ENGSTROM et al., 2018).

Apesar dos benefícios, a aplicação da Economia Circular na produção de proteína animal enfrenta desafios como resistência à mudança, necessidade de investimentos em infraestrutura e conformidade com regulamentações. Em suma, a adoção da Economia Circular na produção de proteína animal oferece uma abordagem promissora para lidar com os desafios ambientais e econômicos associados a essa indústria crucial. A otimização dos recursos, o gerenciamento adequado dos resíduos e o desenvolvimento de sistemas mais sustentáveis são elementos essenciais dessa transformação necessária.

3. ESTUDO DE CASO: ECONOMIA CIRCULAR NA FAZENDA CARAPRETA

A Fazenda Carapreta é um exemplo notável de como a economia circular pode ser aplicada na produção de proteína, destacando-se pelo uso eficiente de seus recursos, redução de desperdícios e busca pela máxima eficiência em todas as etapas de produção. Esse sistema sustentável demonstra um compromisso com a excelência e a sustentabilidade, fundamentais para a produção responsável de carne premium. (Figura 1).

FIGURA 1 - Economia circular na Fazenda Carapreta.



Fonte: Material Fornecido pela empresa.

Tudo começa com o manejo cuidadoso da água para a criação de tilápias na Fazenda Carapreta. Durante o processo de produção das tilápias, a água é retirada dos poços artesianos localizados sob a fazenda e é então direcionada para os tanques de criação. Nesses tanques, a água é enriquecida pelos peixes com nutrientes essenciais para as plantas como nitrogênio, fósforo e potássio. Essa água, que se torna muito rica em nutrientes devido ao processo de enriquecimento, é substituída diariamente para garantir que os parâmetros necessários para a criação das tilápias sejam mantidos (Figura 2).

FIGURA 2 - Tanques de criação de tilápias e processo de troca de água.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após ser utilizada nos tanques, ela é então reaproveitada como fertilizante para as plantações da fazenda, eliminando a necessidade de produtos químicos à base de NPK's e destacando a integração eficaz entre a aquicultura e a agricultura na fazenda (Fig. 3). Esse processo não apenas beneficia o solo, mas também aumenta a produtividade das colheitas e otimiza o uso dos recursos naturais disponíveis na fazenda.

FIGURA 3 - Processo de fertirrigação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O ciclo continua com a alimentação do gado, que se beneficia do milho cultivado nessas terras férteis (Figura 4). A dieta dos animais é meticulosamente balanceada para atender às suas necessidades nutricionais específicas em cada fase do crescimento, assegurando não apenas uma produção de carne superior, mas também promovendo o bem-estar dos animais. Este cuidado na alimentação contribui para a qualidade da carne produzida, mantendo os animais saudáveis e garantindo padrões elevados de bem-estar.

FIGURA 4 - Confinamento e processo de alimentação do gado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Fazenda, a gestão de resíduos e a geração de energia são essenciais. O processo do biodigestor começa com a coleta de resíduos orgânicos, como esterco, que são inseridos no biodigestor. Microrganismos decompõem esses resíduos em um ambiente anaeróbico, produzindo biogás, uma fonte de energia renovável. O material restante, o digestato, é um biofertilizante rico em nutrientes. A fazenda possui dois biodigestores que produzem aproximadamente 2 megawatts de energia (Figura 5).

FIGURA 5 - Coleta de esterco e um dos biodigestores da Fazenda Carapreta.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes biodigestores produzem energia suficiente para operar os frigoríficos de peixe e cordeiro, a fábrica de ração, os pivôs de irrigação e outros processos da fazenda. Este sistema demonstra um uso eficiente dos resíduos orgânicos e um forte compromisso com a produção de energia limpa e sustentável, fortalecendo a sustentabilidade e a eficiência operacional da fazenda. Os resíduos da produção de carne que não são aproveitados, como tendões, gorduras e ossos, são encaminhados para uma graxaria dentro da fazenda (Figura 6).

FIGURA 6 - Reaproveitamento de proteína na graxaria.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na graxaria, esses resíduos são transformados em farinha e óleo. Posteriormente, esses dois produtos são transportados para uma fábrica, onde são utilizados na produção de ração para os peixes. Essa ração completa o ciclo da economia circular ao alimentar as tilápias, demonstrando de forma exemplar o conceito de economia circular, onde tudo é reaproveitado e transformado, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade do sistema (Figura 7).

FIGURA 7 - Ração produzida pela fábrica instalada nas dependências da fazenda.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Fazenda Carapreta não apenas demonstra como a economia circular pode ser implementada com sucesso na produção de proteína, mas também enfatiza o compromisso com a redução do impacto ambiental. Através de práticas sustentáveis, essa abordagem não só assegura a produção de carne de qualidade superior, mas também reafirma o comprometimento da fazenda com a conservação do meio ambiente e a garantia da sustentabilidade para as próximas gerações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A necessidade global por proteína animal continuará a crescer, pressionando os recursos naturais e elevando preocupações ambientais. A produção tradicional de proteína animal está ligada a impactos significativos, como emissões de gases de efeito estufa, uso intenso de terra e água, desmatamento e perda de biodiversidade. Frente a esses desafios, a Economia Circular surge como uma abordagem promissora e inovadora para criar um sistema de produção de proteína animal mais sustentável e eficiente.

Ao longo deste estudo, exploramos como a Economia Circular pode ser implementada na produção de proteína animal, destacando seus princípios e benefícios, bem como os desafios que surgem nesse processo. Vimos que a Economia Circular promove a redução do desperdício,

o reuso, a reciclagem e a regeneração dos recursos, princípios esses aplicáveis desde a concepção dos produtos até a gestão dos resíduos e a regeneração dos ecossistemas.

A Fazenda Carapreta ilustra de forma exemplar a aplicação prática da Economia Circular na produção de proteína animal. Através do manejo eficiente dos recursos hídricos, alimentação balanceada dos animais, gestão de resíduos e geração de energia limpa, a fazenda demonstra um compromisso sólido com a sustentabilidade e a excelência na produção de carne premium. Esse modelo circular não só reduz o impacto ambiental, mas também promove a eficiência econômica e a resiliência do setor de proteína animal.

Em suma, a Economia Circular oferece uma solução viável para atender à crescente demanda global por alimentos de origem animal, ao mesmo tempo em que minimiza os impactos ambientais. A adoção dessa abordagem é essencial para transformar a indústria de proteína animal em um sistema mais sustentável, resiliente e eficiente, garantindo a segurança alimentar e a conservação dos recursos naturais para as gerações futuras. A implementação de práticas circulares, como demonstrado pela Fazenda Carapreta, serve como um modelo inspirador e um passo crucial rumo a um futuro mais sustentável e responsável.

A adoção de práticas sustentáveis é um desafio para as empresas industriais, mas também é uma oportunidade de gerar valor e se destacar no mercado. Ao incorporar a sustentabilidade em seu DNA, as empresas podem construir um futuro mais próspero e sustentável para si mesmas, para o meio ambiente e para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ALLEN, V. G. et al. Improving the Efficiency of Resource Use in the Intensive Production of Livestock and Crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 7, p. 1737-1751, 2017.

AMATO NETO J. (organizador). **Sustentabilidade e produção: teoria e prática para uma gestão sustentável**. São Paulo: Atlas, 2011.

CHAN, H. K.; HE, N.; WANG, M. H. A review on green supply chain management in the printing and packaging industries. **Journal of Cleaner Production**, 33, 101-111. 2012.

CIRIEC (Centre International de Recherches et d'Information sur l'Économie Publique, Sociale et Coopérative). **Circular Economy: An Alternative Model for Sustainable Development and Welfare Creation**. 2019.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable Corporation; win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, 36, n. 2. 1994.

EMF (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION). **Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-Up Across Global Supply Chains**. 2013.

ENGSTROM, R. et al. **Animal agriculture, food waste, and sustainable nutrition in a changing world.** 2018.

ESPOSITO, M.; TSE, K. Y.; SOUFANI, K. Circular economy and logistics reverse: A literature review and framework for future research. **European Journal of Operational Research**, 267(3), 867-882. 2018.

FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). **Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities.** 2013.

FARRELL, S. et al. **Circular Economy: Benefits for Society, the Environment and Businesses.** European Environment Agency, 2016.

GHEKIERE, L. et al. Toward Regenerative Production in the Circular Economy: The Role of Business Models in Impulse Circularity. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1602, 2017.

GHISELLINI, P. et al. The limitations of life cycle assessment for the evaluation of circular economy. **Sustainability**, v. 8, n. 9, p. 935, 2016.

GIROTTTO, F. et al. Upcycling in the Agri-Food Sector: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1071, 2020.

GONÇALVES-DIAS, C. et al. Circular Economy: A Literature Review for Sustainable Business Modeling. **Sustainability**, v. 11, n. 10, p. 2796, 2019.

KORHONEN, J. et al. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.

MARQUARDT, B. Historia de la sostenibilidad. Um concepto medioambiental en la historia de Europa Central (1000-2006). **Historia Critica** n. 32, 172-197, Bogotá, Julio-Diciembre, 2006.

RAJALA, R.; WESTERLUND, M.; TOMMI L. Environmental sustainability in industrial manufacturing: reexamining the greening of Interface's business model. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, J. Going backwards: Reverse logistics for the retail industry. **The International Journal of Logistics Management**, 9(3), 12-30. 1998.

STEINFELD, H. et al. **Livestock's long shadow: environmental issues and options.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 2006.

STAHEL, W. R. **The Circular Economy: A User's Guide.** 2016.

TACON, A. G. J. et al. **Feed Ingredients and Fertilizers for Farmed Aquatic Animals: Sources and Composition.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

VAN BUREN, M. E. et al. The role of reverse logistics in a circular economy: A case study of the UK food and drink sector. **Resources, Conservation and Recycling**, 113, 1-12. 2016.