

XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

BIODIGESTORES E SUINOCULTURA: UM ESTUDO DE CASO EM TOLEDO – PR **BIODIGESTORS AND PIG FARMING: A CASE STUDY IN TOLEDO – PR** **BIODIGESTORES Y CRIA PORCINA: UN CASO DE ESTUDIO EN TOLEDO - PR**

Maria Carolina Sestak Rodrigues¹

Vanderlei Padilha²

Pery Francisco Assis Shikida³

Área Temática 5: Economia Agrícola e Meio Ambiente.

JEL Code: Q42, Q56

Resumo: O biodigestor é uma forma eficiente de tratar efluentes, contribuindo para o desenvolvimento limpo e a redução de emissões de gases prejudiciais à atmosfera. Este trabalho objetiva realizar um estudo de caso sobre a implementação de biodigestores no Município de Toledo (PR), avaliando suas perspectivas econômicas e ambientais. Antes do estudo de caso, uma revisão de literatura abordou a suinocultura no Brasil e no mundo, a preocupação ambiental, a problemática dos dejetos suínos e águas residuais, e os benefícios dos biodigestores. A pesquisa de campo envolveu a visita a uma propriedade tradicional de produção suína, que, junto com outros 45 produtores, participa de um empreendimento para construir a primeira usina de bioenergia em Toledo. Este empreendimento prevê uma receita anual de R\$10.178.138,88 com eletricidade e R\$6.149.500,00 com biometano. Além dos ganhos econômicos e sociais, o projeto contribuirá para a redução de gases de efeito estufa, diminuindo o aquecimento global e a poluição ambiental. Palavras-chave: Dejetos; Energia Renovável; Poluição Ambiental; Sustentabilidade.

Abstract: The biodigester is an efficient way to treat effluents, contributing to clean development and the reduction of harmful gas emissions into the atmosphere. This work aims to carry out a case study on the implementation of biodigesters in the Municipality of Toledo (PR), evaluating its economic and environmental perspectives. Before the case study, a literature review addressed pig farming in Brazil and around the world, environmental concerns, the problem of pig manure and wastewater, and the benefits of biodigesters. The field research involved visiting a traditional pig production property, which, together with 45 other producers, is participating in a project to build the first bioenergy plant in Toledo. This project expects annual revenue of R\$10,178,138.88 from electricity and R\$6,149,500.00 from biomethane. In addition to the economic and social gains, the project will contribute to the reduction of greenhouse gases, reducing global warming and environmental pollution.

Key words: Waste; Renewable Energy; Environment Pollution; Sustainability.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; Brasil; <https://orcid.org/0009-0008-8371-4362>; E-mail: maria.rodrigues33@unioeste.br

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; Brasil; <https://orcid.org/0009-0000-1501-6847>; E-mail: vanderlei.padilha@unioeste.br

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; Brasil; <https://orcid.org/0000-0001-9621-1520>; E-mail: pery.shikida@unioeste.br



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Resumen: El biodigestor es una forma eficiente de tratar efluentes, contribuyendo al desarrollo limpio y a la reducción de emisiones de gases nocivos a la atmósfera. Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio de caso sobre la implementación de biodigestores en el Municipio de Toledo (PR), evaluando sus perspectivas económicas y ambientales. Antes del estudio de caso, una revisión de la literatura abordó la cría de cerdos en Brasil y en todo el mundo, las preocupaciones ambientales, el problema del estiércol y las aguas residuales de los cerdos y los beneficios de los biodigestores. La investigación de campo consistió en visitar una finca tradicional de producción porcina, que junto con otros 45 productores participa en un proyecto para construir la primera planta de bioenergía en Toledo. Este proyecto espera ingresos anuales de R\$ 10.178.138,88 por electricidad y R\$ 6.149.500,00 por biometano. Además de los beneficios económicos y sociales, el proyecto contribuirá a la reducción de los gases de efecto invernadero, reduciendo el calentamiento global y la contaminación ambiental.

Palabras-clave: Residuos; Energía renovable; Contaminación ambiental; Sostenibilidad.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo, com o agronegócio desempenhando um papel crucial na economia. Condições favoráveis, como clima variado, solos férteis e vasta área agricultável, junto com modernas tecnologias, permitem uma produção diversificada e em grande escala. Produtos de destaque incluem soja, milho, café, açúcar, algodão, suco de laranja, óleo de soja, carne bovina, frango e suína (Magalhães *et al.*, 2019; Vieira Filho, 2019; Lisbinski *et al.*, 2020).

Conforme o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea, 2023), o PIB do agronegócio brasileiro foi estimado em R\$ 2,62 trilhões para 2023, representando cerca de 24,1% do PIB total do país. Esse valor inclui os segmentos de insumos, agropecuária, agroindústria e agrosserviços, divididos em agricultura e pecuária.

Em 2022, o Brasil foi o quarto maior produtor mundial de carne suína, com 4,983 milhões de toneladas, atrás dos Estados Unidos, União Europeia e China. Do total produzido, 77,52% foi consumido internamente e 22,48% exportado. Os principais destinos das exportações foram China (32%), Hong Kong (11%), Filipinas (10%) e Chile (7%). As exportações geraram uma receita de US\$ 2.818 milhões (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2023).

O crescimento da produção suína industrial resultou em graves consequências ambientais devido à geração de grandes quantidades de dejetos, que são mais poluentes que o esgoto doméstico. A situação é agravada pela falta de sistemas de tratamento ou reaproveitamento desses resíduos por muitos produtores e pela escassa disponibilidade de áreas agricultáveis próximas às granjas para sua utilização completa (Casagrande, 2003).

Os resíduos da suinocultura contêm altos níveis de matéria orgânica, nutrientes e micro-organismos patogênicos, exigindo tratamento adequado antes de serem descartados nos corpos d'água. O descarte irregular das Águas Residuais da Suinocultura (ARS) pode causar eutrofização e condições anaeróbicas, resultando em sérios impactos ambientais (Luca *et al.*, 2017).

O tratamento de dejetos suínos geralmente combina processos físicos e biológicos. A escolha do sistema ideal depende das características dos dejetos e do local, bem como dos recursos financeiros disponíveis, em conformidade com a legislação ambiental. O processo físico envolve a



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

separação das fases sólida e líquida por decantação, centrifugação, peneiramento ou prensagem, seguida pela desidratação da parte líquida por ventilação, ar forçado ou aquecido (Diesel *et al.*, 2002).

O biodigestor é uma eficiente forma de tratamento de efluentes, promovendo o desenvolvimento limpo ao reduzir as emissões de gases nocivos. É uma câmara fechada onde o esterco é fermentado sem ar atmosférico, produzindo biogás e biofertilizante. O biodigestor cria as condições necessárias para que bactérias metanogênicas degradem a matéria orgânica e produzam gás metano (Gaspar, 2003).

O biodigestor é um sistema que gera gás natural, rico em metano (CH₄), por meio da decomposição anaeróbica da matéria orgânica por bactérias metanogênicas. Trata-se de uma câmara fechada onde a biomassa, como dejetos de animais, é fermentada sem a presença de ar (Bezerra *et al.*, 2014).

Segundo Cruz *et al.* (2007), a disseminação de novas tecnologias para o tratamento de dejetos suínos pode reduzir significativamente os impactos ambientais. Essas tecnologias melhoram o meio ambiente e promovem práticas produtivas sustentáveis, beneficiando as granjas e a suinocultura como um todo. Com a maior sustentabilidade da atividade, os retornos econômicos, financeiros, ambientais e sociais aumentam.

O uso de biodigestores na suinocultura é amplamente reconhecido por diversas instituições de pesquisa como uma solução eficaz nos aspectos econômico, social e ambiental. Essa prática agrega valor à atividade, gerando biogás e biofertilizantes. Alinhado com as estratégias do Protocolo de Kyoto, o biodigestor captura o metano dos dejetos suínos e o converte em dióxido de carbono, reduzindo a contaminação do ar, odores e impactos na camada de ozônio (Cruz *et al.*, 2007).

Casagrande (2003) e Gerona (2024) destacam que a tecnologia de biodigestores contribui para o tratamento de dejetos suínos, mitigando as causas do efeito estufa. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica libera metano, com potencial de aquecimento global superior ao CO₂. A utilização desse gás como fonte de energia renovável não só preserva o meio ambiente, mas também diminui a dependência de combustíveis fósseis.

Este trabalho visa realizar um estudo de caso sobre a implementação de biodigestores em Toledo (PR), avaliando suas perspectivas econômicas e ambientais. Assim, este artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A próxima seção traz breves notas sobre a suinocultura no Brasil e no mundo. Em seguida abordam-se os procedimentos adotados (metodologia) e os resultados e discussão. Na quinta seção, são expostas as considerações finais.

Suinocultura no Brasil e no mundo: breves notas

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022a), o efetivo de rebanhos por tipo (número de cabeças) em 2022 foi de 1.586.047.875 para galináceos, 234.352.659 para bovinos e 44.393.930 para suínos. Portanto, a terceira colocação geral nesse contexto pertence ao rebanho suíno. Quanto à distribuição regional dessa produção, dessa vez em termos de carne suína, que é o que efetivamente conta para a segurança alimentar, o Sul concentrou 67,46% (3.298.182 toneladas), seguido pelo Sudeste com 17,5% (855.453 toneladas), Centro-Oeste com 14,03% (685.786 toneladas), Nordeste com 0,91% (44.483 toneladas) e Norte com 0,11% (5.482 toneladas). Os cinco maiores estados produtores por número de cabeças de suínos foram, por ordem



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

decrecente, Santa Catarina (detendo 22,1% desse total), Paraná (15,8%), Rio Grande do Sul (13,9%), Minas Gerais (12,7%) e Mato Grosso (6,6%).

No ano de 2022, o Brasil ocupou a quarta posição no mercado mundial de carne suína, com 4,983 milhões de toneladas, sendo superado apenas pelos Estados Unidos (12,252 milhões), União Europeia (22,670 milhões) e China (55 milhões). O total do mercado mundial de carne suína foi de 113,775 milhões de toneladas. Em termos da produção brasileira dessa carne, 77,52% foi destinado ao mercado interno e 22,48% ao mercado internacional. Os principais destinos da carne suína do País foram: China (32%), Hong Kong (11%), Filipinas (10%) e Chile (7%). A receita das exportações brasileiras de carne suína foi de US\$2.818 milhões (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2023).

O consumo *per capita* de carne suína no Brasil (em kg por habitante) foi de 18 kg em 2022. Destaca-se que o Município onde se localiza o estudo de caso deste artigo é Toledo (PR), o qual possui o maior rebanho suíno do País, totalizando 869,2 mil cabeças (IBGE, 2022b).

Procedimentos Adotados

No desenvolvimento deste estudo, adotou-se uma abordagem metodológica baseada nas diretrizes propostas por Gil (2002). A metodologia foi delineada começando pela definição do problema de pesquisa e dos objetivos a serem alcançados.

A escolha criteriosa das fontes de informação foi um elemento crucial na metodologia deste estudo. Foram priorizados artigos de periódicos científicos indexados, *websites* de instituições acadêmicas/técnicas e revistas *online* com reputação reconhecida. Além disso, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão para assegurar a pertinência e a confiabilidade das fontes utilizadas, contribuindo assim para a solidez e validade dos resultados obtidos.

Descrito este material e método, o próximo passo caracterizou-se pelo estudo de caso, que tem como escopo gerar uma visão particular do problema de pesquisa, aprofundando-se em um ou poucos objetos, permitindo, assim, o conhecimento de outros delineamentos que seriam difíceis de encontrar em outra metodologia (Gil, 2002; Lakatos; Marconi, 2003).

Destarte, foram coletados dados e realizada entrevista *in loco* com um proprietário de Toledo (PR), por meio da pesquisa de campo, durante a qual a estrutura dessa unidade produtora de suínos e geradora de biogás foi visitada. Percorreu-se os diversos setores do processo produtivo e gerador, levantando seus principais limites e potencialidades para o crescimento e desenvolvimento da atividade. O único entrevistado foi o proprietário X do Município de Toledo (PR). O anonimato do respondente neste trabalho foi assegurado, visando preservar o consentimento livre e informado para participação na pesquisa.

Resultados e discussão

O estudo de caso neste trabalho baseou-se na coleta de dados *in loco*, por meio da pesquisa de campo. Em abril de 2024, foi visitada uma propriedade tradicional que produz suínos e está envolvida, juntamente com outros 45 produtores rurais, em um empreendimento que será a primeira usina de bioenergia construída na parte leste do Município de Toledo. Trata-se de um investimento de 55 milhões de reais, que se pagará em sete anos. Cabe destacar ainda que o produtor rural entrevistado já produz energia solar que abastece toda a sua granja, as cinco casas de seus



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

colaboradores e duas casas que pertencem ao proprietário e sua filha. Consta-se, assim, sua priorização pelo uso de energia alternativa, sustentável e econômica, anterior ao investimento em biodigestores.

Lado outro, a escolha deste estudo de caso deu-se fundamentalmente pela união desses produtores em torno de um escopo comum, que é realizar o manejo apropriado dos dejetos de animais e outros resíduos, proporcionando benefícios econômicos e ambientais aos produtores através da utilização de energia renovável e limpa, via uso de biocombustível e biofertilizante. A agregação de pequenas e médias propriedades rurais resultará em uma escala de produção em que todos sairão ganhando, promovendo um maior ganho financeiro. Isso tudo culminará também na minimização da poluição ambiental e na redução de gases de efeito estufa.

Antes de adentrar no estudo de caso propriamente dito, como conversa de abertura, o pesquisado salientou que no Município de Toledo existe um plantel de aproximadamente 1.200.000 suínos alojados, os quais produzem cerca de 3.600.000 metros cúbicos de dejetos/ano. Esses dejetos estão sendo armazenados em esterqueiras nas unidades de produção, onde ocorre o processo de digestão anaeróbica. Com isso, é produzido o gás metano, que é 22 vezes mais poluente que o CO₂. Nesse cenário, se esses resíduos fossem tratados em plantas de biodigestão, seria possível produzir mais de 200 mil metros cúbicos/dia de biometano. Cumpre dizer que o biometano é uma versão mais apurada do biogás, na qual o CO₂ e outras matérias indesejáveis são removidas, resultando em um gás de metano mais puro.

Com essa contextualização, o entrevistado destacou que o principal motivador para seu envolvimento no empreendimento da primeira usina de bioenergia é aliviar a pressão ambiental em sua propriedade, devido ao pouco espaço de terra disponível que possui. Nesse projeto, o escopo envolve o tratamento de resíduos das unidades de produção de suínos e bovinos de algumas comunidades toledanas por meio de processos de digestão anaeróbica e fermentação para a produção de energia renovável. Os biodigestores empregados no projeto são fechados e conectados ao sistema de gás da planta de biogás.

Outro detalhe lembrado pelo pesquisado, é que o projeto conceitual e executivo desse empreendimento foi elaborado por uma empresa de engenharia especializada na construção e operação de plantas de biogás e biometano, com tecnologias importadas da Alemanha.

Foi esclarecido (dos dados que foram possíveis publicar neste artigo) que, em termos do total de dejetos por metro cúbico por ano nesse projeto, aqueles advindos dos suínos corresponderão a 79%, resíduos agroindustriais 12%, águas residuais 4%, aves 3%, gado 1% e outros 1%. Já a produção de biogás por ano, 48,9% será advinda de dejetos de suínos, 33,4% de resíduos agroindustriais, 14,2% de dejetos de aves, 2,5% de dejetos de carcaças, 0,9% de dejetos de vacas e 0,1% de águas residuais.

Algumas considerações econômicas também foram repassadas. A receita de produção de eletricidade é estimada em R\$10.178.138,88 por ano; com o biometano, a receita estimada é de R\$6.149.500,00 por ano. Também será possível obter ganhos com a produção de CO₂, estimados em R\$2.800.000,00 por ano. Além disso, os ganhos com a comercialização de créditos de carbono são calculados em R\$ 1.560.000,00 por ano, sendo elegíveis durante 15 anos.

Em suma, com essa primeira usina de bioenergia baseada em biodigestores, haverá uma produção de 80% de biometano para geração de energia elétrica, enquanto os restantes 20% de biometano serão utilizados em tratores, veículos, fornalhas, entre outros. Além disso, está prevista a



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

transformação da matéria seca residual em adubo (biofertilizante), em total conformidade com a legislação para que esse substrato possa ser devidamente utilizado como biofertilizante.

Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso sobre o uso de biodigestores no Município de Toledo (PR), avaliando suas principais características econômicas e ambientais.

Antes de entrar nas considerações sobre o estudo de caso, cabe ressaltar que a literatura pesquisada mostrou que o biodigestor é considerado um método eficaz para tratar os dejetos de suínos, oferecendo uma solução robusta para minimizar os problemas decorrentes desses resíduos. Anteriormente, esses dejetos eram descartados sem qualquer tratamento, resultando em sérios problemas de poluição ambiental.

O estudo de caso focou em um projeto que ainda está em andamento, com cifras econômicas de investimento elevadas e engajamento de 46 produtores rurais pequenos e médios, que estão permitindo a construção da primeira usina de bioenergia assentada em biodigestores no Município de Toledo (PR).

Diante da legislação vigente que orienta e normatiza a implantação dessa usina, a expectativa é de que o manejo adequado dos dejetos de animais e outros resíduos, gerados pelos produtores envolvidos, proporcione o uso de bioenergia limpa e renovável, biocombustível e biofertilizante. Além dos ganhos econômicos e sociais com tal empreendimento, a redução de gases de efeito estufa, com conseqüente diminuição do aquecimento do planeta, bem como da poluição ambiental, serão de valia. Isso demonstra que é possível conciliar ganhos econômicos com a produção de animais, desde que seja dado o devido tratamento aos dejetos, trazendo *pari passu* vantagens ao meio ambiente.

Por último, mas não menos importante, este artigo não tem a pretensão, nem poderia esgotar a discussão sobre o uso de biodigestores na suinocultura. Desse modo, a recomendação para futuras pesquisas nesse tema implica em ampliar suas contextualizações técnicas e científicas, seja em que formato metodológico for, a fim de incorporar uma gama mais abrangente de elementos em um tema tão debatido, que repercute em conseqüências tanto na dimensão econômica quanto ambiental desse setor.

Referências

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2023**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2024.

BEZERRA, K. L. P.; FERREIRA, A. H. C.; CARDOSO, E. S.; MONTEIRO, J. M.; AMORIM, I. S.; SANTANA JÚNIOR, H. A. de; SILVA, R. N. da. Uso de biodigestores na suinocultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 5, p. 3714-3722, set./out. 2014.

CASAGRANDE, L. F. **Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de um Biossistema Integrado (B.S.I.)**. 2003. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis, 2003.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio brasileiro**, 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

CRUZ, A. F.; WANDER, A. E.; SOUSA, A. G.; SILVA JÚNIOR, R. P.; RIBEIRO, F. L. Viabilidade econômica do uso do biodigestor na suinocultura. In: **Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**, 2007, Londrina-PR. **Anais...** Brasília-DF: SOBER, 2007. p. 1-21.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre (RS): EMATER/RS, agosto de 2002, n. 14. Disponível em: <<https://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2024.

GASPAR, R. M. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor**: um estudo de caso na região de Toledo-PR. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis, 2003.

GERONA, L. N. Levantamento de publicações científicas sobre a gestão ambiental na suinocultura através do uso de biodigestor. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 170-193, 2024.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Efetivo de rebanhos, por tipo (cabeças)**. 2022a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>. Acesso em: 23 jan. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em 2021, o rebanho bovino bateu recorde e chegou a 224,6 milhões de cabeças**. 2022b. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34983-em-2021-o-rebanho-bovino-bateu-recorde-e-chegou-a-224-6-milhoes-de-cabeças/>>. Acesso em: 16 mar. 2024.

LISBINSKI, F. C.; MÜHL, D. D.; OLIVEIRA, L.; CORONEL, D. A. Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola. In: **Anais do VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio**. 2020. Porto Alegre-RS. **Anais...** Porto Alegre-RS, 2020. p. 1-10.

LUCA, S. Q. J.; HUSSAR, J. G.; PARADELA, A. L.; BELI, E. Estudo da eficiência de um sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, n. 1, p. 72 -85, jan./jun. 2017.

MAGALHÃES, L. C. G.; TOMICH, F. A.; SILVEIRA, F. G. Competitividade e políticas públicas para o agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 26, n. 4, p. 196-217, 2019.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Sustentabilidade produtiva do agronegócio brasileiro. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. p. 11-30.

