Aspectos ambientais e econômicos associados ao tratamento de resíduos provenientes da suinocultura no município de Itatiba do Sul, RS

FRANCHINI, Ana Paula
ROTH, Joyce Cristina Gonçalvez
CARDOSO André de Lima
BORDIN, Silvia Santin

Resumo

A suinocultura é uma atividade de grande destaque na economia brasileira e vem se intensificando cada vez mais na região sul do país. No entanto, dada a natureza poluidora dessa atividade, se faz necessário o emprego de um sistema eficiente de gestão aos resíduos gerados evitando impactos ambientais negativos. O uso do biodigestor aparece como uma alternativa para o tratamento desses dejetos, representando importância ambiental e econômica. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar os aspectos ambientais e econômicos associados ao tratamento de resíduos provenientes da suinocultura no município de Itatiba do Sul, RS através de uma (i) pesquisa bibliográfica acerca da temática envolvida; (ii) caracterização e levantamento do perfil das propriedades no município junto a Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente de Itatiba do Sul e (iii) avaliação dos aspectos econômicos e ambientais do processo de biodigestão, utilizando a metodologia de Kunz e Oliveira (2006) e UFCCC (2004) (Protocolo de Kyoto). Foi estimada a produção diária de metano e os aspectos ambientais e econômicos da geração de biogás, considerando o sistema de lagoas e biodigestores. Para as 24 propriedades analisadas, estimou-se a produção diária de energia em 6.968,627 kWh e que as lagoas seriam capazes de lançar cerca de 6 vezes mais gases de efeito estufa. Os biodigestores são uma alternativa de tratamento pelos ganhos ambientais e pela capacidade de conversão energética. Entretanto, o custo de implementação e a falta de alcance dos incentivos legais e financeiros acabam dificultando a adoção dessa prática no município.
Palavras-chave: Biodigestores. Metano. Suínos.

Abstract

Pig farming is an activity that stands out in the Brazilian economy and has been increasingly in the southern region of the country. However, due to its pollutant nature, it is necessary to employ a efficient management system for the waste generated to avoid negative environmental impacts. The use of the biodigester appears as an alternative for treating this waste, representing environmental and economic importance. Thus, the objective of this work was to evaluate the environmental and economic aspects associated with the treatment of pig farming waste in the municipality of Itatiba do Sul, RS through (i) bibliographical research on the topic involved; (ii) characterization and survey of the profile of the municipality's properties with the Municipal Department of Agriculture, Livestock and Environment of Itatiba do Sul and (iii) evaluation of the economic and environmental aspects of the biodigestion process, using the Kunz and Oliveira methodology (2006) and UFCCC (2004) (Kyoto Protocol). The daily methane production and the environmental and economic aspects of biogas generation were estimated, considering the system of lagoons and biodigesters. For the 24 properties analyzed, daily energy production was estimated at 6,968,627 kWh and that the lagoons would be capable of releasing around 6 times more greenhouse gases. Biodigesters are a treatment alternative due to their environmental gains and energy conversion capacity. However, the cost of implementation and the lack of coverage of legal and financial incentives end up making it difficult to adopt this practice in the municipality.

Keywords: Biodigesters. Methane. Pigs.

RESUMEN

La cría de cerdos es una actividad destacada en la economía brasileña y se ha intensificado cada vez más en la región sur del país. Sin embargo, dado el carácter contaminante de esta actividad, es necesario emplear un sistema de gestión eficiente de los residuos generados, evitando impactos ambientales negativos. El uso del biodigestor aparece como una alternativa para el tratamiento de estos residuos, que representan importancia ambiental y económica. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar los aspectos ambientales y económicos asociados al tratamiento de residuos de la cría de cerdos en el municipio de Itatiba do Sul, RS a través de (i) investigación bibliográfica sobre el tema involucrado; (ii) caracterización y levantamiento del perfil de propiedades del municipio con la Secretaría Municipal de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Itatiba do Sul y (iii) evaluación de los aspectos económicos y ambientales del proceso de biodigestión, utilizando la metodología de Kunz y Oliveira (2006) y UFCCC (2004) (Protocolo de Kyoto). Se estimó la producción diaria de metano y los aspectos ambientales y económicos de la generación de biogás, considerando el sistema de lagunas y biodigestores. Para las 24 propiedades analizadas, la producción energética diaria se estimó en 6.968,627 kWh y que las lagunas serían capaces de liberar alrededor de 6 veces más gases de efecto invernadero. Los biodigestores son una alternativa de tratamiento por su beneficio ambiental y capacidad de conversión de energía. Sin embargo, el costo de implementación y la falta de alcance de incentivos legales y financieros terminan dificultando la adopción de esta práctica en el municipio.

Palabras clave: Biodigestores. Metano. Cerdos.

INTRODUÇÃO

A suinocultura é reconhecida como uma atividade de grande importância econômica para o Brasil e ocupa a quarta posição na produção de suínos ficando atrás somente dos Estados Unidos, União Europeia e da China (EMBRAPA, 2022). Em 2022, a produção de suínos foi de 4,983 milhões de toneladas, das quais 22,78% foi exportada e 77,52% serviram ao mercado interno, gerando um valor bruto de 31,946 bilhões de reais (ABPA, 2023).

Para a região sul do país esta atividade também se destaca. O Estado do Rio Grande do Sul ocupou a terceira posição nacional em termos de produção no primeiro semestre de 2022, o que representa 4.793.865 cabeças de suínos (ABCS, 2022).

De acordo com Habas *et al.* (2016) a atividade suinícola assume um papel importante na economia dos municípios possibilitando a geração de emprego e renda. Ela é desenvolvida especialmente em pequenas propriedades rurais onde a mão-de-obra familiar é empregada nas práticas produtivas (Ito *et al.*, 2016).

Até a década de 1970 os dejetos suínos não caracterizavam um grave problema ambiental, pois o número de animais era relativamente pequeno e os dejetos eram destinados ao solo com finalidade de adubação orgânica. Desde então, essa atividade se intensificou e a gestão inadequada dos resíduos resultantes desses sistemas de produção passaram a gerar agressões ambientais (Ito *et al.*, 2016).

A intensificação das atividades de suinocultura provoca também o aumento na produção de dejetos suínos que precisam de um sistema de gestão adequado a fim de evitar significativos impactos negativos sobre o meio ambiente. Estima-se que os dejetos de suínos apresentam potencial poluente de cerca de 260 vezes ao esgoto doméstico (Alcócer *et al.*, 2020), revelando seu grande potencial poluidor.

Por esta razão, normas legais e recomendações técnicas foram elaboradas a fim de tentar minimizar os impactos ambientais inerentes a essa prática. Nessa perspectiva, a produção de suínos está condicionada ao licenciamento ambiental, procedimento administrativo conduzido pelo órgão ambiental competente e que avalia a localização das instalações, técnicas de tratamento e destinação final dos dejetos produzidos pela atividade e que são passíveis de degradação ambiental (Bezerra *et al.*, 2014).

Considerando a natureza dos impactos negativos desta atividade, somado ao aumento de animais em confinamento, a obtenção da licença ambiental está condicionada a apresentação de

alternativas dentro dos princípios ambientais que possam minimizar os efeitos danosos dessa prática sobre o meio ambiente (CONAMA, 1997). Diante disso, algumas opções são apresentadas para mitigar os problemas causados pela atividade.

Os biodigestores consolidam-se como uma opção valiosa para o aproveitamento de dejetos e demais resíduos orgânicos dessa cultura, contribuindo no saneamento ambiental e na diminuição de custos no setor rural (Milanez *et al.,* 2018). Desse modo, os resíduos podem ser revertidos em solução energética e ambiental pela a minimização dos impactos ambientais, geração do biogás e do biocomposto e consequente a valorização da propriedade rural (Pinto *et al*., 2014; Perossi *et al.,* 2017; Alcócer *et al*., 2020; Mazzonetto *et al.,* 2023).

O município de Itatiba do Sul, RS, possui 24 propriedades rurais exercendo atividade de criação de suínos exclusivamente no regime de terminação em sistema de produção intensivo (Itatiba do Sul, 2023). Estima-se que o número aproximado seja de 22.200 mil animais, o que representa cerca de 99 m^3 de dejetos produzidos diariamente, considerando que cada animal produz 4,46 L de dejetos diários (Kunz; Oliveira 2006). Esses dejetos são armazenados em esterqueiras onde permanecem 120 dias e, após, são depositados em terras agricultáveis.

A fim de alavancar a economia no município de Itatiba do Sul, em 16 de outubro de 2017 foi publicada a Lei Municipal nº 2833, que trouxe entre outras providências, o programa de incentivo a regularização sanitária de pocilgas (Itatiba do Sul, 2017). No município supracitado, as atividades de suinocultura são desenvolvidas pela mão-de-obra familiar, gerando renda e permitindo que permaneçam no campo.

Segundo dados da Associação de Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul (ACSURS, 2023), no ano de 2021 formam abatidos 54.589 suínos criados no município de Itatiba do Sul, ocupando o 62º lugar na classificação do Estado. Já em 2022 o município ocupou a 68º posição na classificação do Estado, sendo abatidos 55.715 suínos, contabilizando um acréscimo de 1.126 animais abatidos de um ano para o outro.

Diante do exposto e observando o grande volume de resíduos gerados e as expectativas de crescimento dessa atividade, o objetivo desse trabalho é o de avaliar os aspectos ambientais e econômicos associados ao tratamento de resíduos provenientes da suinocultura no município de Itatiba do Sul, RS.

1. METODOLOGIA

Este estudo tem natureza exploratória descritiva conforme define Gil (2007) e foi divido em diferentes etapas (Quadro 1).

Quadro 1: Sequência Metodológica do Estudo

Etapa	Atividade
I	Pesquisa bibliográfica acerca da temática
II	Caracterização e levantamento do perfil das propriedades rurais no município de Itatiba do Sul, RS.
III	Organização e análise dos dados coletados

Fonte: Autores (2023).

Para a pesquisa realizada na Etapa I, foram utilizadas como fonte de consulta artigos científicos (acesso pelos bancos de dados como *Scielo*, *Scopus*, Google Acadêmico), normas legais de âmbito federal, estadual e município disponíveis em sites e órgãos vinculados a atividade de suinocultura.

Para a Etapa II, as informações foram obtidas por meio do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), disponibilizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Município (Itatiba do Sul, 2023). Esse documento, de acesso público, contém informações sobre os impactos ambientais de projetos e atividades potencialmente prejudiciais à saúde e à estabilidade do meio ambiente. Foram incluídas nessa consulta as propriedades que são caracterizadas como empreendimentos suinícolas, os quais foram mapeados (sem a identificação do proprietário).

Na Etapa III, foram avaliados a potencialidade econômica e ambiental vinculado ao processo de biodigestão, como alternativa de tratamento e disposição final de dejetos de suínos. Para a avaliação do potencial econômico, foi estimado a produção de metano vinculado às propriedades, adotando-se a metodologia de Kunz e Oliveira (2006).

Estes autores propõem o uso da Equação 1 como forma de calcular o volume dos efluentes gerados diariamente, onde Nº é o número de animais e PD é o volume de dejetos produzidos por animal ao dia (m^3_{dejeto} dia^{-1}) e da Equação 2 para determinação da produção teórica de gás metano diária, onde β_0 é capacidade de produção de metano pelo dejeto, SV os sólidos voláteis presentes no dejeto e Q o volume de dejetos gerados ao dia (m^3 dia^{-1}).

$$Q = N^o \times PD \quad (1)$$

$$\text{Produção teórica } (m^3\ CH_4\ dia^{-1}) = \beta_0 \times SV \times Q \quad (2)$$

Aliado a estimativa produção teórica foi necessário avaliar a capacidade de conversão energética, e nesse sentido, salienta-se que a combustão de combustíveis gasosos ocorre após a compressão deles a alta pressão, o que gera energia térmica que é convertida em energia mecânica.

Considerando os motores de combustão interna, cujo rendimento equivale a 25% (Nishimura *et al.*, 2009), a relação de equivalência de energia elétrica e biogás é de 1,62 kWh para cada m^3.

Para a avaliação da variável ambiental, foram considerados dois cenários: (I) tratamento dos dejetos de suínos em lagoas abertas e (II) tratamento dos dejetos em biodigestores. A estimativa da redução de emissão de carbono, em tCO_{2eq}/ano foi então determinada conforme metodologia proposta por UFCCC (2004) "Redução de emissão de gases de efeito estufa para sistemas de manejo de dejetos" (AM0006) (Equações 3 e 4), dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), instituído pelo Protocolo de Kyoto.

As emissões relacionadas ao biodigestor são estimadas a partir da Equação 4, onde d_{metano} é a densidade do gás metano na temperatura de 20 ºC e a 1 atm de pressão (kg m^{-3}), FCM é o fator de conversão do metano para o sistema de tratamento de dejetos conforme o clima (adimensional), PAG é o potencial aquecimento global de CH_4 (adimensional).

$$E_{metano}\ (tCO_{2eq}/ano) = SV.\ \beta_{0.}\ d_{metano.}\ FCM_{biod}\ PAG.\ N^{o}_{animais\ .}\ 0{,}365 \qquad (3)$$

As emissões de CH_4 relacionadas à lagoa de armazenamento abertas são estimadas a partir da Equação 4, onde Rsv é a redução relativa de SV na fase de tratamento considerada. Para determinação do valor de Rsv, foi considerado a pesquisa realizada por Sousa *et al.* (2014) considerando os sistemas de lagoas de estabilização em série para avaliar a redução do seu potencial poluidor de resíduos de suínos. Considerou-se o valor de entrada e saída da lagoa anaeróbia obtida na referida pesquisa, atingindo-se o valor de 0,24 ($STV_{entrada}/STV_{saída}$).

$$E_{metano}\ (tCO_{2eq}/ano) = SV\ [1\text{-}Rsv]\ \beta_0\ d_{metano}\ FCM_{lag}\ PAG.\ N^{o}_{animais.}\ 0{,}365 \qquad (4)$$

Destaca-se que o uso dessas equações envolve o emprego de variáveis padronizadas e de resultados fundamentados em outros trabalhos, e por isso, representam apenas uma estimativa. Acrescenta-se que, para uma avaliação mais precisa, uma avaliação *in loco* seria necessária.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

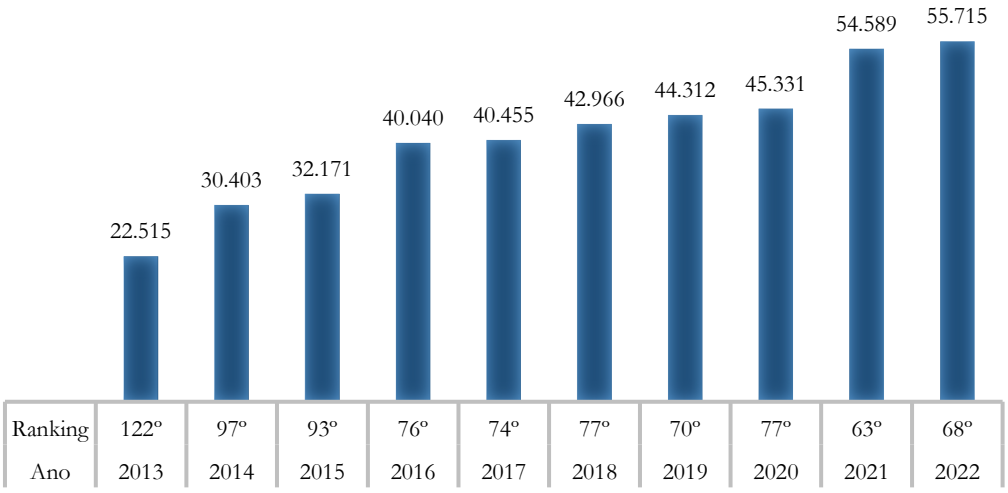
2.1 Importância da Suinocultura e Perfil das Propriedades Rurais

A criação de suínos é considerada uma das atividades mais relevantes no Estado do Rio grande do Sul, possuindo uma grande importância social e econômica (Rio Grande do Sul, 2022). Essa atividade intervém diretamente na geração de emprego e renda para inúmeras famílias que empregam a mão de obra e que podem se beneficiar da importância econômica do setor.

A Lei Municipal de Incentivo e ampliação de empreendimentos suinícolas em Itatiba do Sul (2017), possibilitou que mais produtores aderissem a essa atividade como fonte de renda e permanência no meio rural. A Figura 1, demonstra o crescimento da produção de suínos entre os anos de 2013- 2022.

Através dela, é possível observar o crescente aumento do número de suínos criados no município ao mesmo tempo em que se percebe a oscilação da posição do município de Itatiba do Sul ocupada no *ranking* estadual. Isso ocorre devido o provável aumento no número de animais criados nos demais municípios do Estado do Rio Grande do Sul.

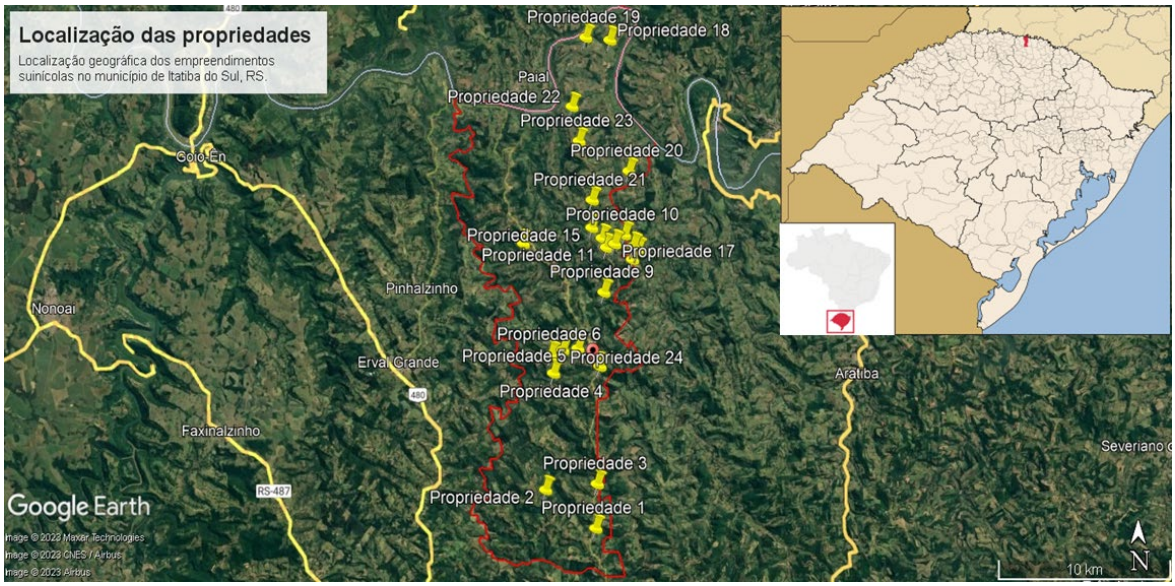
Figura 1: Produção anual de suínos (cabeças) e ranqueamento do município de Itatiba do Sul



Fonte: Adaptado de ACSURS (2022).

As 24 propriedades que desenvolvem a atividade de suinocultura estão distribuídas em toda a extensão territorial do município. Elas são identificadas pela Figura 2.

Figura 2: Localização geográfica das propriedades rurais suinícolas do município de Itatiba do Sul, RS



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2023).

A Tabela 3 apresenta dados obtidos referentes a localidade e quantidade de animais alojados em cada empreendimento. Essa contabilização não levou em conta o sistema de criação, sendo considerado, para todas as propriedades, animais em fase terminação. Esta mesma consideração foi aplicada aos cálculos estimados para as taxas de produção de resíduos, produção de metano e de emissões (tCO_{2eq}/ano) considerando o sistema de biodigestão e de lagoas abertas.

Os dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente (Itatiba do Sul, 2023), fazem referência a um lote de produção de suínos por propriedade, contabilizando 22.200 animais (Tabela 3). Já a Figura 1 apresenta valores anuais de produção e neste caso, o número de animais produzidos no município foi de 55.715 no ano de 2022. Essa diferença é justificada pelo fato de as propriedades alojarem até 3 lotes anuais.

Tabela 3: Número de e quantidade de animais alojados no município de Itatiba do Sul

Propriedade	Localidade	Número de animais alojados
1	Povoado Tozzo	2.000
2	Povoado Parobézinho	1.000
3	Povoado Lagoa Seca	1.000
4	Povoado Rakaloski	1.000
5	Linha Abissinea	500
6	Linha Abissinea	500
7	Bairro Fundeck	500
8	Povoado Sete Lagoas	2.000
9	Linha Picoli	700

10	Povoado Derrubadas	1.000
11	Povoado Derrubadas	500
12	Povoado Derrubadas	500
13	Povoado Derrubadas	500
14	Povoado Derrubadas	1.000
15	Povoado Derrubadas	1.000
16	Povoado Derrubadas	1.000
17	Povoado Derrubadas	500
18	Povoado Saltinho	1.000
19	Povoado Saltinho	1.000
20	Povoado Pitanga Alta	500
21	Povoado Pitanga Alta	1.000
22	Povoado Pitanguinha	1.000
23	Povoado Campo do Açoita	2.000
24	Linha Abissinea	500

Fonte: Adaptado de Itatiba do Sul (2023).

Os animais em fase de crescimento/terminação permanecem no alojamento durante 120 dias, aproximadamente. Após o carregamento o local passa pelo processo de limpeza e desinfecção e no mínimo mais cinco dias de descanso. Esse processo recebe o nome de vazio sanitário e é fundamental para a eliminação de patógenos antes do recebimento do próximo lote de suínos (EMBRAPA, 2003).

2.2 Estimativa de Produção Teórica de Metano

Segundo Ritter *et al.* (2013) a produção de dejetos varia de acordo com o peso e o seu desenvolvimento, além disso a quantidade de dejetos líquidos produzidos pelos suínos depende também do manejo e sistema de limpeza utilizados. Somado a isso, o tipo de alimentação, tecnologia empregada no processo de biodigestão e variáveis climáticas poderão interferir no potencial de produção do biogás (Silva *et. al.*, 2015).

Assim, para calcular o volume de dejetos produzidos por animal (Equação 1) e para a estimativa teórica de produção diária de metano (Equação 2) (Kunz; Oliveira, 2006). Em se tratando de dejetos de suínos, foram considerados os valores indicados Kunz e Oliveira (2006), que são: PD= 4,46 L animal^{-1} dia^{-1}; β_0 = 0,45 m^3 CH_4 kg_{sv}^{-1} e SV= 53,1 kg_{sv} $m^3_{dejeto}{}^{-1}$. Desse modo, a Tabela 4 traz as estimativas de produção de resíduos (m³ dia^{-1}) e de biogás por número de animais alojados nas 24 propriedades rurais.

Tabela 4: Estimativa diária de dejetos produzidos e produção de metano para as propriedades do município de Itatiba do Sul

Propriedade	Número de animais alojados	Q (m^3 dia^{-1})[1]	Produção teórica CH_4 (m^3 dia^{-1})[2]
1	2.000	8,920	213,143
2	1.000	4,460	106,572
3	1.000	4,460	106,572
4	1.000	4,460	106,572
5	500	2,230	53,286
6	500	2,230	53,286
7	500	2,230	53,286
8	2.000	8,920	213,143
9	700	3,120	74,600
10	1.000	4,460	106,572
11	500	2,230	53,286
12	500	2,230	53,286
13	500	2,230	53,286
14	1.000	4,460	106,572
15	1.000	4,460	106,572
16	1.000	4,460	106,572
17	500	2,230	53,286
18	1.000	4,460	106,572
19	1.000	4,460	106,572
20	500	2,230	53,286
21	1.000	4,460	106,572
22	1.000	4,460	106,572
23	2.000	8,920	213,143
24	500	2,230	53,286
Total	**22.200**	**99,012**	**2365,892**

1- Calculado pela aplicação da Eq. (1)
2- Calculado pela aplicação da Eq. (2)
Fonte: Autores (2023).

2.3 Aspectos Ambientais e Econômicos da Geração de Biogás

A digestão anaeróbia representa uma opção ambiental interessante quando se pensa nas reduções de gases de efeito estufa (GEE) em comparação a disposição dos dejetos de suínos em lagoas abertas. Nessa última modalidade, há escape para o ambiente dos GEE, sem qualquer possibilidade de aproveitamento energético (Bühring, Silveira, 2016).

Neste sentido, a análise de aspectos ambientais associados foi feita a partir das emissões dos gases de efeito estufa, convertidos em CO_2 equivalente para as propriedades suinícolas de Itatiba do Sul para os dois cenários (por meio da aplicação das Eq. 3 e 4).

As emissões de CH_4 relacionadas ao sistema de biodigestão foram estimadas através da Equação 3 e resultaram em 991,880 tCO_{2eq}/ano. Para estimar as emissões de CH_4 relacionadas à lagoa de armazenamento abertas utilizou-se a Equação 4, resultando em 5.804,482 tCO_{2eq}/ano.

Para emprego nas Equações 3 e 4, os valores considerados de SV e B_0 foram ajustados para 0,3 (kg animais^{-1}dia^{-1}) e 0,29 (m^3 CH4 kg^{-1}), respectivamente, conforme indicado por Foster *et al.*

(2018), para suinocultura. Esse ajuste foi empregado para adequação dos modelos propostos por UFCCC (2004) e cálculo das emissões equivalentes de CO_2.

Segundo IPPC (2006), o valor de FCM para a biodigestão pode variar de 1 – 100%, de acordo com quantidade de recuperação do biogás, queima do biogás, armazenamento após a digestão entre outras variáveis. Para efeitos de cálculos, foi considerado o valor de 0,1 (Bühring; Silveira, 2016; FosteR *et al.*, 2018).

Já para os sistemas de lagoas anaeróbicas, o valor empregado foi de 0,77 (Foster *et al.*, 2018) para o FCM, conforme média anual do município (~18 ºC) (Itatiba do Sul, 2012). O valor da densidade do metano, para os cenários foi de 0,67 kg m^{-3}, conforme indicado por Bühring e Silveira (2016).

Se tratando de potencial poluidor das substâncias presentes no biogás, o gás metano é considerado 21 vezes mais poluente do que o dióxido de Carbono considerando um tempo de 100 anos (Foster *et al.,* 2018), valor esse empregado nas Equações 3 e 4. Após a aplicação dos valores nas fórmulas e obtenção do resultado de emissão equivalente de carbono em biodigestores e lagoas de estabilização, foi possível observar que, a emissão através do sistema de lagoas representa cerca de 5,92 vezes em comparação ao sistema de biodigestão.

Já se esperava um valor de emissão mais alto para o sistema de lagoas abertas, devido ao escape dos GEE para a atmosfera, resultado também comparado ao obtido por Angonese *et al.* (2007) que destacam que por mais vantajosa que seja, a curto prazo a instalação de lagoas anaeróbias para o tratamento de dejetos de suínos, a médio/longo prazo, os biodigestores trazem benefícios ambientais especialmente voltados a redução das emissões de GEE, e a possibilidade de geração de receita pela negociação dos créditos de carbono (MILANEZ *et al.*, 2018).

Segundo Perdomo *et al.* (2001) estima-se que a implantação de lagoas de estabilização represente 10 vezes menos do que o investimento em sistema de biodigestão. E isso se reflete diretamente nos sistemas de tratamento difundidos no país.

No Brasil, 95% das propriedades que desenvolvem atividade suinícola realizam o manejo dos dejetos dos animais através de lagoas de estabilização, por ser um sistema de baixo custo de implantação. No entanto durante o armazenamento, esses dejetos liberam principalmente gases metano e amônia e a posterior aplicação no solo acrescenta a emissão de dióxido de carbono e oxido nitroso. A substituição desse sistema convencional por biodigestores possibilita a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa (Perossi *et al.,* 2017; EMBRAPA, 2022).

No entanto, a implantação de um biodigestor necessita um investimento financeiro considerável, o que faz com que os produtores percam o interesse por esse tipo de alternativa para

sua propriedade. Nesse sentido, além do incentivo municipal para o crescimento da produção de animais, são necessárias ações que incentivem os produtores a buscarem alternativas, como a implantação de biodigestores para a mitigação de impactos ambientais negativos oriundos a atividade, aliados aos benefícios econômicos que esse sistema pode reverter para a propriedade, (de Menezes *et al.*, 2023).

Isso reforça os dados apresentados por Anis *et al.* (2020) em um estudo de viabilidade econômica de implementação de biodigestores em pequenas propriedades no município de Dourados, MS. Os autores demonstram, a partir de um cenário de investimento 100% próprio e outro 80% financiado, ser economicamente viável com uma taxa de retorno média estimado em 5 anos.

De acordo com USEPA (2020), os gases presentes majoritariamente na composição do biogás são o metano 50-55% e dióxido de carbono 45-50%, seguido por outros componentes gasosos que apresentam concentrações menores como o nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, monóxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. Para a estimativa de conversão energética foi considerado a composição de 55% de CH_4 para cada m³ de biogás gerado.

A partir da estimativa de produção diária de metano (Tabela 4), para as 24 propriedades suinícolas, foi possível estimar que a produção diária de energia seria de 6.968,627 kWh.

De acordo com a Companhia Rio Grande Energia- RGE (2023), a tarifa rural foi tabelada pela Resolução 3.026/2023 da ANEEL, com vigência a partir de 19 de junho do mesmo ano, em R$ 0,71 kWh. Esse valor é a soma da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Energia (TE), não estando incluídos demais tributos.

Com base no valor estabelecido, foi possível estimar que 6.968,60 Kwh diários correspondem ao valor de R$ 4.947,725. Considerando a geração mensal, o valor estimado seria de R$ 148.431,762.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu compreender a importância dos biodigestores sob a ótica econômica e ambiental relacionada a atividade suinícola. Com base na metodologia utilizada foi possível observar que o tratamento dos dejetos suínos em lagoas de estabilização possui um potencial poluidor cerca de seis vezes maior do que o sistema de tratamento em biodigestores. Além disso as lagoas de estabilização não oferecem nenhum benefício econômico, como a geração de energia.

Apesar de ser uma alternativa positiva para o tratamento dos dejetos, os biodigestores ainda são pouco difundidos na região. No município de Itatiba do Sul, especificamente, não há nenhum

equipamento implantado. Acredita-se que o desestímulo dos produtores em relação a esse sistema seja pela falta de conhecimento técnico e principalmente pela insuficiência e alcance de incentivos governamentais.

Os resultados obtidos demonstram viabilidade do sistema quando são consideradas a produção de dejetos de todas as propriedades, no entanto não é possível concentrar toda quantidade diária de dejetos em um biodigestor visto que as propriedades são distribuídas em toda extensão territorial de Itatiba do Sul.

Para o município em questão, poderia ser proposto a implantação de um biodigestor para uso conjunto das propriedades 14,15 e 16 devido à proximidade geográfica entre elas, considerando que cada uma delas tem capacidade de 1000 animais por lote. Estima-se que a produção diária de dejetos seria 13,38 m^3, com produção diária de cerca de 320 m^3 CH_4. Isso representaria a geração de 941,716 Kwh de energia, contabilizando R$ 668,618 diários, R$ 20.060,43 mensais e R$ 240.725,16 anuais.

O custo de implantação somado as dificuldades na aquisição de incentivos para essa implantação, e o desconhecimento dos benefícios ambientais e econômicos, podem contribuir para a ausência desse tipo de processo no município. Diante desse contexto, entende-se que o poder municipal poderia criar meios para disseminação desse sistema de tratamento aliado a incentivos na forma de Lei para que os produtores possam aderir a essa alternativa e diminuir consideravelmente o impacto negativo da atividade suinícola sobre o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABCS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. *Dados de mercado de suínos. 2022*. Disponível em: Dados-de-Mercado-Primeiro-Semestre-2022.pdf. Acesso em: 23 nov. 2022.

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Relatório anual.* 2023. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf. Acesso em: 23 nov. 2023.

ACSURS. ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL. *Abate de Suínos.* 2021. Disponível em: https://acsurs.com.br/wp-content/uploads/2022/04/Abates-Suinos-RS-2021__.pdf. Acesso em: 23 nov. 2022.

ALCÓCER, J. C. A. *et al.* Uso do biodigestor na suinocultura: uma alternativa a sustentabilidade ambiental na região do Maciço de Baturite, Ceará. *R. Gestão e Sustentabilidade Ambiental,* Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 783-818, 2020.

ANGONESE, R.C; CAMPOS, A.T; WELTER, R.A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor, *Eng. Agríc.***,** Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 648-657, 2007.

ANIS, C.F. *et al.* Viabilidade econômica para implantação de um biodigestor: uma alternativa para o pequeno produtor rural suinocultor. *Multitemas*, p. 147-168, 2020.

BEZERRA, K. L. *et al.* Uso de biodigestores na suinocultura. *R. Eletrônica nutri-me.* v. 11, p. 3714-3722. 2014.

BÜHRING, G.M.B; SILVEIRA, V.C.P. O biogás e a produção de suínos do sul do Brasil. *R. Brasileira de Energias Renováveis,* Paraná, v. 5, n. 2, p. 222-237, 2016.

COMPANHIA RIO GRANDE DE ENERGIA, CEE. *Taxas e Tarifas,* 2023. Disponível em: https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas. Acesso em: 27 jun.2023.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997.* Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

DE MENEZES, F.G. *et al.* O papel dos biodigestores na agropecuária para mitigação das mudanças climáticas: uma análise dos benefícios ambientais. *In:* PACHECO, C.S.G.R (org.) Mudanças climáticas e seus impactos socioambientais: concepções, fundamentos, teorias e práticas mitigadoras. *Guarujá: Científica Digital*, 2023, cap. 18, p. 276-289.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Estatísticas| Mundo| Suínos.* Concórdia: EMBRAPA, 2022. Disponível: https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/mundo. Acesso em: 10 de jun.2023.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Produção de Suínos.* Planejamento da Produção. Concórdia: EMBRAPA, 2003. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/planejamento.html. Acesso em 25 jun. 2003.

FOSTER *et al.* IPCC- Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing,* 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOOGLE EARTH. Itatiba do Sul, RS (2023). Disponível em: https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/. Acesso em: 03 maio 2023.

HABAS R.F; BARICHELLO, R; ZANELLA, C. A importância das instituições para o desenvolvimento sustentável da suinocultura: caso no Estado de Santa Catarina. Encontro de Sustentabilidade em Projeto, IV, 2016, Florianópolis. *Anais- ENSUS- completo***,** 2016. p. 285 – 296**.**

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Emissions from livestock and manure management.* 2006. V. 4. Disponível em:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf. Acesso em: 25 jun.2023.

ITATIBA DO SUL. Lei municipal n. 2.421 de 31 de maio de 2012. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Itatiba do Sul destinado a organizar a gestão e estabelecer as condições para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico e a promover a melhoria da saúde pública e da salubridade ambiental no município. Disponível em: https://www.itatibadosul.rs.gov.br/. Acesso em: 29 jun. 2023.

ITATIBA DO SUL. Lei municipal n. 2.833 de 16 de outubro de 2017. Institui o programa de incentivo a regularização sanitária de pocilgas e dá outras providências. Disponível em: https://www.itatibadosul.rs.gov.br/. Acesso em: 10 maio de jun. 2024.

ITATIBA DO SUL. *Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente*, 2023. Disponível em: https://www.itatibadosul.rs.gov.br/. Acesso em: 29 jun. 2023.

ITO, M; GUIMARÃES, D; AMARAL, D. Impactos ambientais da suinocultura. *BNDS Setorial,* v. 44. p. 125-156, 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9974/2/BS%2044%20Impactos%20ambientais%20da%20suinocultura_P.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. *R. Brasileira de Política Agrícola*, Brasília, v. 15, n. 3 p.28-35, 2006.

MAZZONETTO, A.W. *et al.* Análise das diluições e dos tempos de retenção de hidráulica para produção de biogás a partir de dejetos animais. *Bioenergia em revista: diálogos*, v. 13, n. 1, 2023. p. 22-41.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Biogás resíduos agroindustriais: panorama e perspectiva. *BNDES Setorial,* v. 47, p. 221-276, 2018. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15384/1/BS47__Biogas__FECHADO.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

NISHIMURA, R. *Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional.* 2009, 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

PERDOMO, C.C. *et al.* Suinocultura e estratégias para a redução de gases e poluentes. *In*: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. (ed.) *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira.* Jaguariúna: EMBRAPA/CNPMA, 2001. cap. 16, p.325-45.

PEROSSI, I. F. *et al.* Manejo e destinação ambientalmente adequados de resíduos da suinocultura: revisão de literatura. *R. Unimar Ciências.* v. 26, p. 142-154, 2017.

PINTO, L.P. *et al.* Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. *R. Brasileira de Energias Renováveis*, v. 3, p. 179-187, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. *Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul***.** Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão**,** 7. ed., 2022. Disponível em: https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/suinos. Acesso: 16 jun.2023.

RITTER, C. M. *et al.* Potencial de produção de biogás com dejetos da suinocultura: sustentabilidade e alternativa energética em Santa Catarina. *Rev. Tópos*, v.7, n. 1, p. 32 – 40, 2013.

SILVA, J.L.G. *et al.* Estimativa do potencial de produção de biogás no Brasil a partir de dejetos suínos. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais-SIGER, 4. 2015, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sbera, 2015.

SOUSA F.A. *et al.* Redução do Potencial Poluidor de Dejetos de Suínos em Lagoas de Estabilização em Série. *R. Bioscience Journal,* Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2014.

UFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. *GHG emission reductions from manure management systems 2004*. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html. Acesso em: 29 out. 2005.

USEPA. United States Environmental Protection. *LFG Energy Project Development Handbook*. Disponível em: https 2016.://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/pdh_full.pdf

FRANCHINI, Ana Paula. Gestora Ambiental graduada pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS.

ROTH, Joyce Cristina Gonçalvez. Possui graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) (2008) e mestrado em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) (2010). Doutora em Tecnologia Ambiental (UNISC) na área de microbiologia aplicada a tecnologia ambiental. Especialista em Direito Ambiental, Agrícola e Urbanístico (2021). É Professora Adjunta em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Integrante do Comitê de Ética e Pesquisa da mesma instituição. Atua com Editora Executiva da Revista Eletrônica Científica da UERGS (área Ciências da Vida e Meio Ambiente).

CARDOSO, André de Lima. Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (2002), mestrado em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Maria (2004) e Doutorado em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Maria (2009). Atua como professor de ciências químicas na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Área das Ciências Exatas e das Engenharias.

BORDIN, Silvia Santin. Dra. em Agronomia e Professora Adjunta da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS. Possui graduação em Licenciatura Plena Em História pela Universidade Federal de Santa Maria (1985), graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal de Santa Maria (1993), mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (1996) e doutorado em Agronomia (Proteção de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2002). Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul na área de ciências agrárias.