



Aproveitamento agronômico e energético de dejeções suinícolas: estudo de caso com análise econômico-financeira

Agronomic and energy use of waste from pig farming: a case study with economic and financial analysis

Felippe Martins Damaceno^{1*}, Maria Cristina Rodrigues Halmeman², Morgana Suszek Gonçalves², Flávia Vieira da Silva Medeiros²

Resumo: A suinocultura gera quantidades significativas de resíduos orgânicos biodegradáveis que, por meio da biodigestão anaeróbia, podem ser estabilizados e ter seus nutrientes e energia reciclados, agregando valor à atividade. Objetivou-se com este trabalho analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema de aproveitamento agronômico e energético das dejeções suinícolas geradas em uma granja localizada em Mamborê, Paraná. O volume de dejetos gerado pelos 4.855 suínos foi estimado para realizar a valorização do biofertilizante e do biogás, de modo a obter possíveis receitas. As análises de viabilidade econômica foram realizadas mediante um orçamento completo da implantação de um sistema biodigestor/motor-gerador e levantamentos de custos necessários para o funcionamento do projeto biointegrado. Tais custos foram confrontados com as receitas em um fluxo de caixa elaborado sobre um período de dez anos. A fim de verificar a rentabilidade do projeto, foram aplicados os seguintes métodos determinísticos de investimentos: Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). O investimento inicial foi de R\$160.321,43, e os custos de operação, manutenção e depreciação anuais totalizam juntos R\$77.401,55. Considerando os nutrientes N, P₂O₅, K₂O e a energia elétrica, seria possível a obtenção de R\$ 121.186,63 por ano, permitindo a amortização dos investimentos em quatro anos. O VPL e a TIR resultaram em R\$ 669.959,70 e 25,31%, respectivamente. Dessa forma, os resultados convergiram à adesão do projeto, revelando benefícios socioeconômicos e ambientais.

Palavras-chave: Biofertilizante. Biogás. Dejetos. Suinocultura.

Abstract: Pig farming generates significant amounts of biodegradable organic waste that can be stabilised by means of anaerobic bio-digestion, with the nutrients and energy being recycled to add value to the activity. The aim of this study was to analyse the economic and financial viability of setting up a system for the agronomic and energy use of waste from pig farming, generated on a farm in Mamborê, in the State of Paraná. The volume of waste generated by the 4,855 pigs was estimated in order to calculate the value of the biofertiliser and biogas, and obtain the possible revenue. The analyses of economic viability were carried out for the full budget of setting up a biodigestor and motor-generator system and the cost surveys necessary for operation of the bio-integrated project. These costs were compared to revenues in a ten-year cash flow. In order to check the profitability of the project, the following deterministic methods of investment were applied: Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). The initial investment was BRL 160,321.43, and the annual operating, maintenance and depreciation costs totalled BRL 77,401.55. Considering the nutrients N, P₂O₅ and K₂O, and the electrical energy, it should be possible to obtain BRL 121,186.63 per year, allowing amortisation of the investment over four years. The NPV and the IRR had a result of BRL 669,959.70 and 25.31% respectively. The results therefore led to the project being followed, revealing socioeconomic and environmental benefits.

Key words: Biofertiliser. Biogas. Waste. Pig farming.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 21/10/2016 e aprovado em 11/04/2017

¹Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PGEAGRI/UNIOESTE, Cascavel, Brasil. felippemartins.utfpr@gmail.com

²Professoras Doutoradas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Departamento de Engenharia Ambiental, Via Marginal Rosalina Maria dos Santos, 1233 Área Urbanizada I, CEP: 87301899 - Campo Mourão, PR - Brasil. cristhalmeman@gmail.com, morgana@utfpr.edu.br, flaviavs@gmail.com

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de grande destaque no setor agroindustrial, pois a carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo. No Brasil, somente em 2015, o país produziu 3,643 milhões de toneladas, o que rendeu 1.279 milhões de US\$ entre comercialização interna e externa. Ainda vale destacar que a atividade tem apresentado perspectivas promissoras devido ao seu potencial de expansão (ABPA, 2016) e, com isso, a projeção de geração de resíduos também tende a crescer.

No modelo atual de criação intensiva de suínos, os animais ficam confinados e são alimentados com rações concentradas para ganharem peso em pouco tempo. Esse modelo, além de aumentar a produtividade, também concentra grandes volumes de águas residuárias em pequenas áreas, ampliando o potencial de poluição dos recursos naturais (SILVA; BASSI, 2012).

Os resíduos da suinocultura necessitam de tratamento ambiental adequado, visto que são ricos em matéria orgânica, nutrientes e patógenos, elementos que podem causar perturbações diretas sobre os recursos hídricos, solo, atmosfera e organismos vivos, inclusive o ser humano (KUNZ *et al.*, 2005; ANDREAZZI *et al.*, 2015).

A poluição ambiental associada aos dejetos de suínos pode ser minimizada com o emprego de tecnologias de tratamento que sejam tecnicamente apropriadas, socialmente aceitas, viáveis economicamente e que utilizem de modo conservacionista o solo, a água, os recursos energéticos, animais e vegetais, sem degradar o meio ambiente (BOLZANI *et al.*, 2012).

Cervi *et al.* (2010) e Dias *et al.* (2013) relataram que a aplicação da biodigestão anaeróbia se destaca no meio rural por causa dos aspectos sanitários e energéticos, além de estimular a reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes, contribuindo para a integração e a sustentabilidade rural.

Tanto o biogás quanto o biofertilizante são dotados de valor econômico. O biogás é uma fonte renovável de energia que pode ser atrativa para a geração de calor e eletricidade. O biofertilizante pode ser utilizado no solo, tornando-o mais fértil às culturas vegetais (ZANIN *et al.*, 2010; SEIDEL *et al.*, 2010).

Mesmo diante desses benefícios, a implantação de biodigestores rurais e sistemas de conversão do biogás em energia elétrica ainda esbarram em empecilhos

como escassez de recursos e burocracias impostas pelas instituições financiadoras, que desestimulam o emprego de tais tecnologias. Portanto, antes de tomar uma decisão, é mais que justificável recorrer a estudos de viabilidade econômica lastrados em bases seguras, para reduzir a probabilidade de resultados insatisfatórios e não incorrer a erros irreparáveis que se traduzem em prejuízos com o passar do tempo (CASAROTTO; KOPITKE, 2008; JUNGES *et al.*, 2009).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um biodigestor anaeróbio de fluxo tubular e de um motorizador, realizando a valorização agronômica e energética do biofertilizante e biogás, respectivamente, oriundos da biodigestão anaeróbia da biomassa residual gerada em uma granja de suínos localizada no município de Mamborê, Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma granja suínola localizada no município de Mamborê, Paraná, situada na coordenada 24°20'40" Sul e 52°32'47" Oeste, com aproximadamente 138 hectares destinados à suinocultura e à agricultura consorciada (milho e soja). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com temperatura média anual de 21°C (APARECIDO *et al.*, 2016).

A granja possui cinco galpões edificadas em alvenaria, com piso de concreto e cobertura metálica, nos quais os suínos ficam confinados em baias e gaiolas. Em 2015, o plantel era composto por 370 porcas em gestação e 80 em lactação (450 matrizes), 900 leitões, 5 cachorros e 3.500 suínos na fase de crescimento e terminação (entre 25 e 100 kg), totalizando assim 4.855 suínos.

A quantificação da biomassa residual (fezes e urina) dos suínos foi realizada com auxílio da Tabela 1, a qual tem sido utilizada como referência para publicações científicas e execuções de projetos de dimensionamento de sistemas de tratamento dos resíduos animais.

A quantidade de água utilizada na higienização dos galpões foi estimada em aproximadamente 3,15 litros por suíno por dia. O volume total de águas residuárias foi obtido por meio da soma entre a biomassa residual gerada pelos

Tabela 1 - Produção média diária de dejetos suínolas nas fases produtivas (L por dia)
Table 1 - Average daily production of pig waste during the production phases (L per day)

Categorias dos suínos	Suínos entre 25 e 100 kg	Porcas em gestação	Porcas em lactação	Cachaço	Leitões
Geração de biomassa residual	7,00	16,00	27,00	9,00	1,40

Fonte: Oliveira (1993).

Source: Oliveira (1993).

suínos e o volume de água utilizada na higienização dos galpões.

O potencial nutricional do biofertilizante e energético do biogás foram estimados por ensaios de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (S_o) e sólidos fixos (SF) (EATON *et al.*, 2005) e modelagens matemáticas.

De acordo com Sganzerla (1983), águas residuárias suínícolas com 2,0% de matéria seca contêm em média 2,1; 1,6 e 1,2 kg por m^3 de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Portanto, a partir da porcentagem dos ST presentes nas águas residuárias da granja, os nutrientes mencionados foram quantificados e valorizados monetariamente (receita) por meio de pesquisas de mercado e bibliográfica.

A taxa de produção de metano, γ_v (em m^3 de CH_4 por m^3 de reator por dia), que expressa a cinética da fermentação anaeróbia, foi calculada pela Equação (1) (CHEN; HASHIMOTO, 1978). Para esse cálculo foi utilizada uma taxa máxima de produção de metano, B_{o^*} , de $0,45 m^3$ de CH_4 por kg de S_o (UNFCCC, 2010), e tempo de retenção hidráulica, θ , de 22 dias.

$$\gamma_v = \frac{B_o \cdot S_o}{\theta} \cdot \left(1 - \frac{k}{\theta \cdot \mu_m - 1 + k}\right) \quad (1)$$

O coeficiente cinético microbiológico, k (adimensional), foi calculado pela expressão $k = 0,6 + 0,00206 \cdot e^{0,051 \cdot S_o}$, modelada particularmente para dejeções de suínos. Destaca-se que k é calculado em função da concentração de sólidos voláteis, S_o (em $kg m^{-3}$), pois é essa fração orgânica dos sólidos que é convertida em biogás pela digestão anaeróbia (CHEN; HASHIMOTO, 1978).

A taxa de crescimento máximo específico dos micro-organismos, μ_m (em $dias^{-1}$), foi calculada em função da temperatura da biomassa, T (em $^{\circ}C$), pela expressão $\mu_m = 0,013 \cdot T - 0,129$. A temperatura é um fator condicionante para a atividade microbiológica responsável pelo processo de degradação da matéria orgânica e formação de biogás (CHEN; HASHIMOTO, 1978). A temperatura adotada foi $21^{\circ}C$, por ser a média anual da região geográfica da granja.

A taxa de produção de metano (γ_v) foi corrigida para a produção de biogás, PB (em m^3), considerando que 65% da composição do biogás corresponde ao gás metano (CERVI *et al.*, 2010).

O volume interno do biodigestor (m^3) foi calculado pelo produto entre a produção diária de águas residuárias e o θ de 22 dias. A energia elétrica gerada (kWh por dia) foi calculada pela empresa fornecedora do orçamento, considerando um moto-gerador de 60 kVA (quilovolt-ampere), com eficiência de 23% e capacidade de converter $1 m^3$ de biogás em 1,43 kWh de energia elétrica.

Para o estudo de viabilidade econômico-financeira, primeiramente foram levantados todos os custos (manutenção, operação do sistema e depreciação), investimentos (implantação do biodigestor e do moto-gerador) e receitas (biofertilizante e energia elétrica), por meio de um orçamento solicitado a uma empresa

especializada na prestação desse serviço; também foram realizadas pesquisas bibliográficas e de campo, ambas realizadas no primeiro semestre de 2015.

Confrontando as receitas com os custos e investimentos, foi elaborado um fluxo de caixa a fim de verificar o fator de recuperação do capital (*Payback*). A rentabilidade do projeto foi determinada por meio do Valor Presente Líquido (VPL) pela Equação (2) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) pela Equação (3), ambos descritos por Casarotto e Kopittke (2008).

$$VPL = \sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

$$TIR = \sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (3)$$

Sendo FC o fluxo de caixa por período, i é a taxa mínima de atratividade (TMA), t é o tempo total do projeto (anos) e n é período (anos). Para calcular os indicadores supracitados, foi adotado período (n) de 10 anos para coincidir com a vida útil da lona do biodigestor, e TMA de 6% ao ano (taxa da aplicação em poupança com juros), em razão do custo de oportunidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção diária de biomassa residual dos 4885 suínos ($33.885 L dia^{-1}$) acrescida do consumo hídrico nas instalações ($15.387,8 L dia^{-1}$) totalizou $49,27 m^3$ diário de águas residuárias, perfazendo $17.984,6 m^3$ por ano. As concentrações médias de ST, S_o e SF das águas residuária estão apresentadas na Figura 1.

A concentração de ST ($10,5542 kg m^{-3}$) corresponde a cerca de 1,05% de sólidos nas águas residuárias da granja estudada e, como essa porcentagem foi praticamente a metade daquela apresentada por Sganzerla (1983), as quantidades de nutrientes foram reduzidas à metade. Assim, estima-se que anualmente poderiam ser reciclados 18.847,6; 14.360,1 e 10.770,1 kg de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, pelo biofertilizante. Por meio de pesquisas de mercado (realizadas no primeiro semestre de 2015) em casas agropecuárias da região de Mamborê, os nutrientes N, P_2O_5 , K_2O foram cotados (Tabela 2), resultando em uma receita anual de R\$79.339,43 de biofertilizante.

O volume do biodigestor calculado para a propriedade foi de $1084,0 m^3$ (o orçamento foi realizado para um biodigestor de $1130 m^3$ devido à margem de segurança da empresa). Com base nas modelagens descritas por Chen e Hashimoto (1978), μ_m foi de 0,144 por dia, k foi 0,5044, γ_v foi de 0,109 m^3 de CH_4 por m^3 de reator por dia e a PB foi 0,167 m^3 de biogás por m^3 de reator por dia. A partir desses resultados e das informações fornecidas pela empresa que concedeu o orçamento, com o volume anual de dejeções ($17.984,6 m^3$) seria possível produzir $66.090,6 m^3$ de biogás por ano, o que geraria 94.509,5 kWh por ano de bioenergia elétrica.

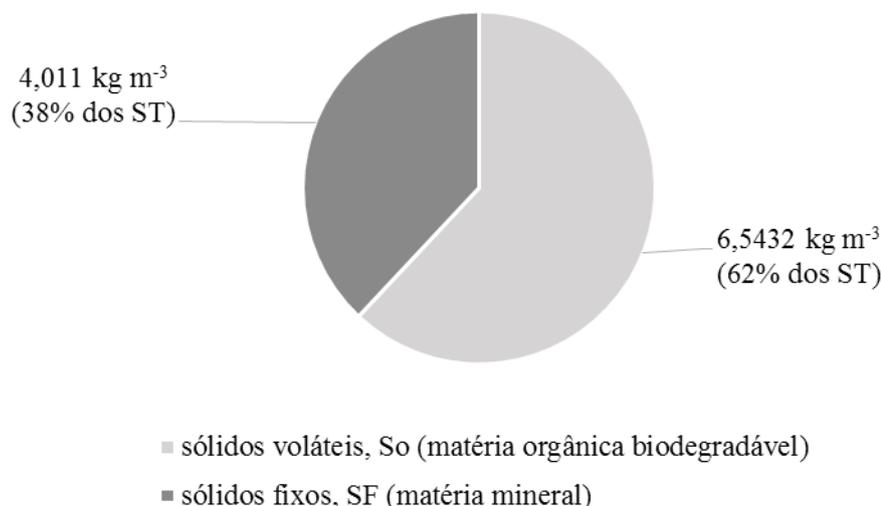


Figura 1 - Concentrações de sólidos na água residuária da granja.

Figure 1 - Concentration of solids in wastewater from the pig farm.

Tabela 2 - Valoração agronômica do biofertilizante produzido na granja

Table 2 - Agronomic evaluation of the biofertilizer produced on the pig farm

Nutrientes	Potencial de reciclagem de nutrientes (kg por ano)	Valor de cada nutriente (R\$ por kg)	Receita anual proveniente do biofertilizante (R\$ por ano)
N	18.847,6	1,40	26.386,64
P ₂ O ₅	14.360,1	1,75	31.412,67
K ₂ O	10.770,1	1,20	21.540,12

Para propriedades rurais, a tarifa de energia elétrica cobrada pela Companhia Paranaense de Energia (2015) é de R\$ 0,49232 por kWh. Assim, seria possível obter receita anual de R\$ 46.528,9. O consumo elétrico médio anual da propriedade é de 85.000 kWh. Desse modo, com a implantação do sistema de conversão do biogás em bioenergia elétrica, a propriedade se tornaria autossuficiente e teria um excedente de 9.509,5 kWh por ano.

Considerando o consumo elétrico médio anual da propriedade e o valor cobrado pelo kWh pela concessionária, a receita da energia foi cotada em R\$ 41.847,2 por ano. Vale destacar que o excedente ainda poderia ser negociado, mas isso não será abordado neste trabalho. De acordo com Cervi *et al.* (2010), a produção de biogás por meio da biodigestão anaeróbia equaciona o problema dos dejetos produzidos pela suinocultura e disponibilidade de energia no meio rural.

Os investimentos decorrentes da implantação da tecnologia de biodigestão anaeróbia e de conversão do biogás em bioenergia elétrica estão apresentados na Tabela 3.

A alimentação do biodigestor e higienização e zelo do recinto é diária e necessita da presença de dois funcionários.

Posto isso, considerando salários mensais de R\$1.800,00 por funcionário e 13º salário, o custo associado foi R\$ 46.800,00 por ano. Os custos de operação do moto-gerador, compreendendo óleo lubrificante, filtro de óleo, filtro do gás sulfídrico (purificação do biogás), filtro de ar, correia dentada e esticador foram de R\$ 12.000,00 por ano. A empresa responsável pelo orçamento também presta serviços de manutenções periódicas no biodigestor e no conjunto moto-gerador, cobrando para isto R\$ 8.000,00 por ano.

A depreciação foi calculada descontado 4 e 10% sobre o valor dos equipamentos com vida útil de 25 e 10 anos, respectivamente, totalizando R\$ 10.601,55 por ano.

O fluxo de caixa do projeto teve como entradas (receitas), o biofertilizante e a energia elétrica; e como saídas (custos operacionais), o investimento inicial, a depreciação, o custo anual com a operação e a manutenção do sistema (Arquivo Suplementar). As informações do fluxo de caixa foram compiladas na Figura 2.

Observando a Figura 2, verifica-se que o fator de recuperação do capital (*Payback*) ocorre no Ano 3, pois desse período em diante os saldos tornam-se positivos. Isso

Tabela 3 - Orçamento completo do sistema biointegrado

Table 3 - Full budget of the bio-integrated system

Item	Descrição dos produtos e/ou Serviços	Unid.	Qtde	*Preço Unitário (R\$)	*Preço Total (R\$)	% do custo	Vida útil (anos)
Biodigestor de fluxo tubular 1130 m³							
1	Geomembranas PEBDL 1,25 mm	m ²	660,0	19,26	12.713,25	7,93	10
2	Geomembranas PEAD 0,8 mm	m ²	770,0	13,63	10.493,18	6,55	10
3	Frete Geomembrana	m ²	1430,0	0,50	715,00	0,45	-
4	Escavação	m ³	1130,0	4,50	5.085,00	3,17	25
5	Serviços de retro-escavadeira	hora	25	120,00	3.000,00	1,87	25
6	Manutenção	mês	6	600,00	3.600,00	2,24	-
Total				35.606,43	22,21		
Transporte e queima de biogás							
1	Tubo pvc 150 mm	unid	15	100,00	1.500,00	0,93	10
2	Tubo pvc 100 mm	unid	15	45,00	675,00	0,42	10
3	Saídas de biogás	unid	2	350,00	700,00	0,43	10
4	Saídas de agitação e passagem	unid	4	350,00	1.400,00	0,87	10
5	Moto bomba recirculação dejetos	unid	1	1.500,00	1.500,00	0,94	10
6	Parte elétrica	unid	1	3.500,00	3.500,00	2,18	10
7	Casinha para gerador	unid	1	1.500,00	1.500,00	0,93	25
8	Outras peças e despesas	unid	1	1.000,00	1.000,00	0,62	-
Total				11.775,00	7,33		
Outras despesas							
1	Hospedagem	unid	50	52,00	2.600,00	1,62	-
2	Combustível	unid	600	2,65	1.590,00	0,99	-
3	Mão de Obra	unid	1	25.000,00	25.000,00	15,60	-
4	Alimentação	unid	50	25,00	1.250,00	0,78	-
5	ART	unid	1	500,00	500,00	0,31	-
6	Diárias mão de Obra Extra	unid	30	80,00	2.400,00	1,50	-
7	Gerador biogás 60 kva	unid	1	70.000,00	70.000,00	43,66	10
Total				103.340,00	64,46		
1	Impostos				9.600,00	6,00	
Preço total dos materiais					160.321,43	100,00	

*O orçamento foi realizado no primeiro semestre de 2015.

*The budget was produced in the first half of 2015.

dá a falsa impressão de que o investimento se paga no terceiro ano, todavia, o *Payback* não considera a variação do valor monetário ao longo do tempo. Considerar tal fator é fundamental, afinal o dinheiro tende a perder valor com o passar do tempo devido à inflação. Por isso se utiliza os

métodos determinísticos de investimentos, pois esses levam em conta a variável tempo nos cálculos (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2008).

Os indicadores econômicos foram R\$ 669.959,70 e 25,31% para o VPL e a TIR, respectivamente. Verifica-se

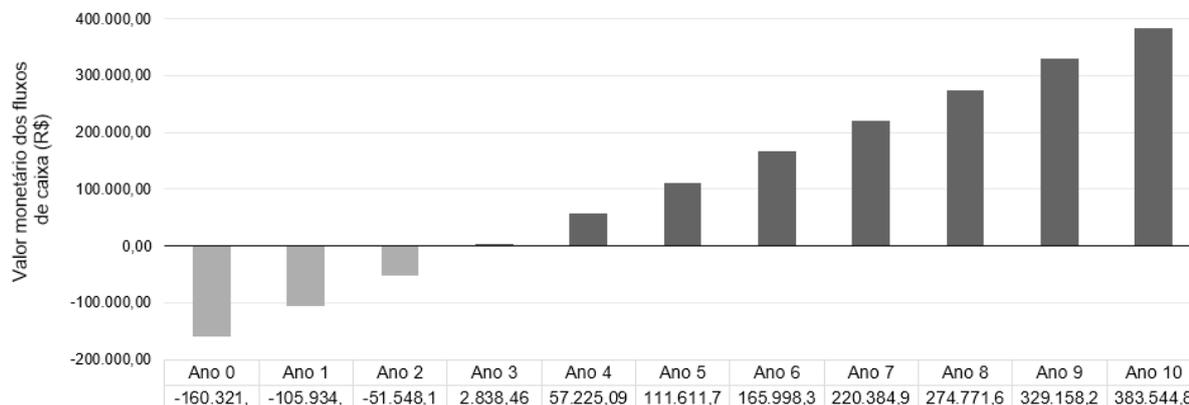


Figura 2 - Representação gráfica do fluxo de caixa referente a implantação do projeto.

Figure 2 - Graphic representation of the cash flow related to setting up the project.

por meio do VPL que o investimento é atrativo, pois o valor final foi maior que zero. Além do projeto pagar o valor investido dentro de quatro anos, ainda proporciona lucros superiores a taxa de 6% ao ano (TMA), resultando em um valor presente ou riqueza absoluta de R\$ 669.959,70. Em outras palavras, o investidor terá um retorno financeiro de R\$ 669.959,70 se optar pelo investimento em questão. A TIR de 25,31%, embora não tenha significados mais incisivos sobre a análise de investimento, ela evidencia a viabilidade do projeto, pois apresentou resultado 19,31% acima dos 6% da taxa mínima de atratividade.

Junges *et al.* (2009), em estudo análogo a este, desenvolvido em uma unidade produtora de suínos em terminação com 15.000 leitões, também obtiveram resultados muito satisfatórios. Os resultados do VPL e da TIR foram R\$ 733.592,81 e 45,47%, respectivamente, sendo a TIR 37,47% acima da TMA estabelecida. Os autores ainda sugerem que quanto maior o rebanho de suínos, maior é a viabilidade de projetos biointegrados para geração de bioenergia.

CONCLUSÕES

A implantação do projeto biointegrado (um biodigestor anaeróbio de fluxo tubular e um moto-gerador) na granja estudada se mostrou rentável por meio da análise econômico-financeira realizada. As possíveis receitas provenientes do biofertilizante e do biogás são capazes de amortizar o investimento inicial e os custos necessários para o funcionamento do projeto, bem como proporcionam um rendimento de R\$ 669.959,70 em dez anos;

Além de ser economicamente rentável, a adesão do biodigestor e do moto-gerador implicaria em benefícios ambientais como o tratamento das dejeções dos suínos, a reciclagem de nutrientes dos resíduos (biofertilizante) e a utilização de uma fonte renovável de energia (biogás).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas significativas contribuições ao manuscrito original.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual de 2016**. Associação Brasileira de Proteína Animal, São Paulo, 2016.

ANDREAZZI, M. A.; SANTOS, J. M. G. dos; LAZARETTI, R. M. J. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 744-751, 2015.

APARECIDO, L. E. de O.; ROLIM, G. de S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. de; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. do A.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 385-392, 2012.

- CASAROTTO, N. F.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, Engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. DE C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.
- CHEN, Y. R.; HASHIMOTO, A. G. **Kinects of metane fermentation.** In: C. D. Scott (ed.). Proc Symp. on Biotechnology in Energy Production and Conservation. John Wiley, New York, 1978.
- DIAS, M. I. A.; COLEN, F.; FERNANDEZ, L. A.; SOUZA, R. M.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. **Energia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 155-164, 2013.
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation. São Carlos, 2005.
- JUNGES, D. M.; KLEINSCHMITT, S. C.; SHIKIDA, P. F. A.; SILVA, J. R. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). **Revista de Economia**, v. 35, n. 1, p. 7-30, 2009.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. de. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.
- OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** EMBRAPA-CNPSA, Documentos, n. 27, 1993.
- SEIDEL, E. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; VANIN, J. P.; STREY, L.; SCHWANTES, Daniel; NACKE, Herbert. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010.
- SGANZERLA, E. **Biodigestores: uma solução.** Porto Alegre. Agropecuária, 1983.
- SILVA, C. L. da.; BASSI, N. S. S. Análise dos impactos ambientais no oeste catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. **Informe Gepec**, v. 16, n. 1, p. 128-143, 2012.
- UNFCCC, UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **“AMS-III.D. Methane recovery in animal manure management systems – Version 16”**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved>>. Acesso: 10 mar. 2015.
- ZANIN, A.; BEGATINI, F. M.; PESSATTO, C. B. Viabilidade econômico-financeira de implantação de biodigestor: uma alternativa para reduzir os impactos ambientais causados pela suinocultura. **Custos e @ gronegocio online**, v. 6, n. 1, p. 121-139, 2010.