

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PAGAMENTO AOS PEQUENOS PRODUTORES, PELOS DEJETOS SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA – BIOGÁS

Luana do Pilar Machado ¹

José Antonio Cescon ²

Emerson Lazzarotto ³

André Luiz Valença de Souza ⁴

RESUMO: O objetivo deste estudo é estimar a viabilidade do pagamento pelos dejetos suínos aos pequenos produtores. Para isso, realizou-se uma análise de viabilidade econômica para implantação de uma central de energia a partir do biogás considerando três cenários de investimentos com capacidades de geração de energia distintas. O Cenário 1 (C1), utiliza o grupo moto gerador (GMG) de 120 kVA. O Cenário 2 (C2), utiliza o grupo moto gerador (GMG) de 330 kVA, e o Cenário 3 (C3) utiliza o grupo moto gerador (GMG) de 420 kVA. O biodigestor analisado é um modelo de lagoa coberta (canadense), com profundidade de 4,5 metros, com geomembrana PEAD e volume de 2.500m³. No estudo, utilizou-se de três ferramentas para se analisar a viabilidade econômica dos cenários, o VPL (Valor Presente Líquido), a TIR (Taxa Interna de Retorno), e o PAYBACK (Tempo de Recuperação do Investimento). Concluiu-se que a ordem de rentabilidade são os cenários: C3, C2 e C1, respectivamente. Concluiu-se também que, o pagamento pelos dejetos suínos é possível, possibilita a geração de renda extra para o produtor rural e obtém-se uma viabilidade econômica atrativa com os projetos.

PALAVRAS-CHAVE: Dejetos suínos. Viabilidade econômica. Biogás.

¹ Mestranda no PPGTGS (Tecnologia Gestão e Sustentabilidade) da UNIOESTE, Graduada em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Dinâmica das Cataratas - mpluana@hotmail.com

² Doutor em Ciências Contábeis pela UNISINOS, Professor Adjunto da UNIOESTE, Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em tecnologia - jose.cescon@unioeste.br

³ Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia pela UFPR, Professor Adjunto da UNIOESTE, Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em tecnologia - emerson.lazzarotto@gmail.com

⁴ Especialista em Gestão de energia elétrica no cooperativismo pelo Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul - andreluizvalenca@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, considerando que o Brasil é um dos principais países no setor agroindustrial, é evidente a preocupação com o tratamento dos resíduos gerados no processo de criação dos animais e a conciliação entre o desenvolvimento do setor e a sustentabilidade (SANTOS, 2014). Neste cenário, um ponto de alta relevância diz respeito à destinação incorreta dos dejetos produzidos pela criação de suínos, que tem causado grandes problemas ambientais.

Estes impactos ambientais têm levado os produtores rurais a investir, cada vez mais, em inovações tecnológicas alinhadas a ações que minimizem os danos ao meio ambiente e que também possibilitem um aumento na renda aos proprietários. A suinocultura representa uma atividade de grande potencial poluidor, devido à composição química dos dejetos, principalmente na criação em confinamento (DOS SANTOS; DA SILVA, 2019).

Muitos são os processos de tratamento para os dejetos provenientes da criação de suínos. A escolha do processo a ser adotado dependerá de fatores como: características do dejetos (quantidade de dejetos e de nutrientes), do local, operacionalização e recursos financeiros disponíveis (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015).

No Brasil, a forma mais disseminada devido ao baixo custo de implementação, operação e manutenção é o armazenamento dos dejetos em esterqueiras e o tratamento por lagoas de estabilização. Porém, para agregar valor e potencializar o reaproveitamento dos substratos gerados, tem-se utilizado a compostagem e biodigestores (COUTO, 2019).

O armazenamento de dejetos por esterqueiras oferece menor custo de implantação, porém há problemas com odores, área de implantação e lançamento dos gases de efeito estufa (GEE) diretamente na atmosfera (AFONSO *et al.*, 2019). Por outro lado, o sistema de tratamento por biodigestores, possibilita o sequestro de carbono e contenção dos gases gerados, principalmente o metano, biocombustível que pode ser utilizado como fonte de energia em diversas aplicações, de modo a agregar valor ao produtor rural (SOUSA *et al.*, 2020).

Neste contexto, o tratamento de resíduos com a finalidade de produção de biogás mostra-se como uma tecnologia viável e eficiente, pois, gera ativos econômicos com a utilização do biogás, seja na geração de energia elétrica, térmica ou veicular, além da possibilidade de utilização do digestato como fertilizante, tudo isto advindo do tratamento correto dos dejetos.

Diante disso, o presente trabalho se propõe a analisar cenários de viabilidade econômica para uma central de energia movida a biogás, considerando os custos de compra e transporte dos dejetos suínos, através da estimativa do CAPEX (*Capital Expenditure*), referente aos custos de investimento e OPEX (*Operational Expenditure*), referentes aos custos de operação e manutenção e o tempo de retorno para esse investimento.

Para a consecução dessa análise, o estudo tem por objetivo, avaliar a viabilidade do pagamento pelos dejetos suínos aos pequenos produtores. Neste sentido para atender ao objetivo o estudo propõe i) Apresentar os custos de implantação do sistema de biodigestão da central de energia; ii) Realizar a análise de investimento utilizando ferramentas de viabilidade econômica (VPL, TIR e *PAYBACK*) e, iii) Realizar simulações para o valor de compra dos dejetos suínos.

O estudo se justifica pelo fato de que a correta destinação dos dejetos provenientes da suinocultura gerados nas propriedades rurais, é crucial para a sustentabilidade da atividade em questão, pela relevância do tema sob o ponto de vista socioambiental e ainda pelo fato de que os constantes aumentos dos custos envolvidos nos processos agroindustriais têm gerado grandes dificuldades aos setores presentes na cadeia, podendo desta forma inviabilizar as atividades dos pequenos produtores rurais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AGRONEGÓCIO

Araújo (2010), definiu agronegócio como, o conjunto de todas as operações e transações envolvidas desde a fabricação dos insumos agropecuários, das operações de produção nas unidades agropecuárias, até o processamento, distribuição e consumo dos produtos agropecuários.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento afirma que, o agronegócio brasileiro corresponde atualmente a 22% do PIB nacional, o que equivale a R\$918 bilhões. Em relação à produção de carnes, o país ocupa posição importante nas exportações de proteína bovina, suína e aves (KRABBE *et al.*, 2013). No que se refere à carne suína, destaque para a demanda pelo produto, uma vez que é uma das mais consumidas no mundo, ficando atrás somente da carne bovina e da carne de frango (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Neste contexto, o setor agropecuário apresenta elevado potencial econômico, possibilitando assim inúmeras oportunidades de negócio ao setor, principalmente àquelas empresas que apresentam proposta de valor que estejam em congruência com as reais necessidades do produtor rural (MAURI *et al.*, 2017).

Na suinocultura, por exemplo, de acordo com previsões dos especialistas da área, estima-se que o Brasil deve quadruplicar sua participação, conquistando metade do mercado internacional. Num futuro próximo, a suinocultura será tão importante para a balança comercial do país quanto são hoje o frango e a carne bovina (MAURI *et al.*, 2017).

2.2 SUINOCULTURA

A produção de carne suína vem apresentando uma significativa expansão, em razão do aumento da demanda nacional e internacional. A suinocultura tornou-se uma das áreas de mercado mais atraentes para se investir no Brasil, devido às suas possibilidades quanto à produtividade e rentabilidade (MELZ; GARTADELO, 2014).

No ranking mundial, o país ocupa a posição de quarto maior produtor, ficando atrás apenas da China, União Europeia e dos Estados Unidos. Essa posição de destaque deve-se aos investimentos realizados neste importante segmento da agroindústria brasileira, na profissionalização dos produtores, nos custos de produção e na oferta, ajustada à demanda interna e externa, conforme dados da Embrapa (2018).

Para o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2017), Santa Catarina é responsável por 969 mil toneladas de carne suína, Paraná com 778 mil toneladas e o Rio Grande do Sul com 741 mil toneladas, sendo estes responsáveis por cerca de 67% da produção nacional. Diante disso, a região Sul do Brasil destaca-se como a maior produtora de suínos no país, sendo composta por pequenos produtores que contribuem na geração de emprego e renda.

Segundo Oliveira (2011), o manejo inadequado de dejetos de suínos, principalmente na forma líquida, pode causar grandes impactos e altos índices de contaminação das águas e solo.

Dados de Cervi, Esperancini e Bueno (2010), indicam que o tratamento dos dejetos suínos por meio de biodigestores para o uso do biogás, podem gerar a redução de emissões de gases do efeito estufa e ser tratado como mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL.

Estima-se que um suíno, na faixa de 15 a 100 Kg de peso, produz de 4,5% a 8,5% de seu peso corporal em dejetos, compostos de urina, fezes e água desperdiçada. Deve-se avaliar esse volume de dejetos produzidos diariamente para poder planejar a sua atividade e realizar um tratamento adequado (SCHULTZ, 2007; GUSTAVO; GUIMARÃES FILHO, 2012).

A prática mais adotada pela suinocultura brasileira é a armazenagem dos dejetos em lagoas/esterqueiras e posteriormente aplicação em pastagens. Contudo, dependendo do volume de aplicação, o solo não consegue mais absorver essa demanda, que muitas vezes supera a recomendação dos órgãos ambientais fiscalizadores (VIVAN *et al.*, 2010; GUSTAVO: GUIMARÃES FILHO, 2012). O uso de dejetos suínos como fertilizante exige conhecimentos específicos e consideráveis investimentos em armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos produtores (SERPA FILHO, 2012).

Considerando a grande importância econômica e social deste sistema produtivo, tecnologias e formas de tratamento estão sendo desenvolvidos para gerar subprodutos menos impactantes e com possibilidade de agregação de valor. O entendimento das atividades suínolas é indispensável para gerir de forma mais eficiente as variáveis existentes na propriedade, que são: ambiental, social e econômica (DOLMAN; VROLIJK; DE BOER, 2012).

2.3 BIOGÁS

O biogás é uma mistura de gases composta principalmente por metano e dióxido de carbono, obtida normalmente por meio do tratamento de resíduos domésticos, agropecuários ou industriais, via processo de biodigestão anaeróbia, ou seja, na ausência de oxigênio (BLEY JR., 2015). Como o metano é o gás majoritário dessa mistura, ele confere ao biogás um importante valor energético. O biogás pode ser obtido por meio da digestão anaeróbia realizada em um biodigestor, sendo que os modelos mais conhecidos no mercado são (SANTANA; CINTRA, 2012):

- a) O chinês (digestor de cúpula fixa);
- b) O indiano (digestor de tambor flutuante), e
- c) O canadense ou de fluxo tubular, que é o modelo taiwanês (digestor tubular de polietileno) melhorado.

Para dimensionar o biodigestor, é necessário conhecer a quantidade diária da biomassa que será tratada e o tempo de retenção previsto para a biodigestão (BLEY JR., 2015).

Segundo Loch e Destefani (2019), a utilização de novas tecnologias nos setores de produção está desempenhando um papel relevante no que diz respeito à minimização de impactos ambientais. O que não difere na atividade de suinocultura, considerando a implementação de biodigestores como alternativa de tratamento dos dejetos.

De acordo com Coldebella (2006), a inserção de biodigestores para o tratamento dos dejetos da suinocultura em propriedades rurais, torna-se financeiramente viável se o biogás e o biofertilizante forem utilizados da maneira correta. A utilização na própria produção, como fonte de energia elétrica, permite atingir o princípio básico da sustentabilidade, no qual os pilares ambientais, sociais e financeiros são atendidos (CRUZ *et al.*, 2007; LOCH; DESTEFANI, 2019).

2.3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA COM BIOGÁS

A geração de energia elétrica através do biogás tem importante papel na matriz elétrica mundial e é visto como uma relevante fonte de energia alternativa (COLUNA, 2016). O uso de bioenergia no mundo tem aumentado em ritmo acelerado nas últimas décadas, e a produção e uso do biogás também segue nesse crescimento.

A União Europeia apresenta a maior taxa de crescimento de produção e uso de biogás e biometano. Segundo a *European Biogas Association* – EBA (2018) o número de plantas de biogás nos últimos seis anos praticamente triplicou, atingido o valor de 17.783 plantas em 2017.

No Brasil, conforme dados oficiais da EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2017), a participação do biogás na oferta de energia cresceu de 0,01% em 2010 para 0,05% em 2015. Pelo fato de que o modelo da matriz energética estar fundamentado na energia hídrica, não se incentivou da mesma forma a geração de novas formas de energia elétrica. Investimentos na geração de energia que se utiliza do biogás como fonte combustível podem ser viáveis economicamente devido à apropriação de receitas oriundas da venda da energia elétrica (TETRAPLAN, 2012).

O produto principal do biodigestor, o biogás, pode ser utilizado para gerar energia térmica e elétrica. A energia térmica pode ser gerada pela queima direta do biogás, enquanto a energia elétrica é produzida a partir de grupos motogeradores (AMARAL, 2011).

Segundo Tetraplan (2012), a utilização do biogás como combustível para geração de energia elétrica não apenas aproveita de forma sustentável este subproduto da disposição dos resíduos sólidos, como também evita que o gás metano nele contido seja emitido para a atmosfera.

Desse modo, é necessário incentivar e desenvolver novas fontes de energia para oferecer segurança energética ao país, além de substituir o uso de combustíveis fósseis. A biomassa, como fonte para geração de energia elétrica destaca-se devido ao seu potencial em termos de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos (FLORES, 2014).

A fim de estimular o uso dessa fonte alternativa de energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou a Resolução 482 de 2012, que “estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica”.

2.3.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Para o uso da energia elétrica, a ANEEL (2011) (Agência Nacional de Energia Elétrica), regulamentou metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado.

Para os produtores rurais cuja produção depende muito deste insumo, outro fato que vem motivando grande inquietação foi a publicação do Decreto 9.642 de 27 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018). Esta nova regulamentação válida a partir de 2019, estabelece a retirada gradual de descontos concedidos na tarifa rural de energia elétrica, e provoca novo acréscimo no custo da energia.

Neste cenário, os investimentos em empreendimentos de geração com fontes alternativas de energia têm se tornado cada vez mais comuns, sejam impulsionados pela maior exigência da sociedade com relação à sustentabilidade das atividades econômicas, ou com o intuito de garantir maior confiabilidade e segurança energética, como no caso do Brasil (CPFL, 2017).

Dentre a gama de aplicações dos projetos de geração de energia próximo à carga, acredita-se que o agronegócio apresenta grande relevância ao setor. Para a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (2020), a utilização das fontes renováveis de energia contribuirão para que a produção agrícola impacte cada vez menos no meio ambiente, além da possibilidade de melhoria da produtividade e redução nos custos produtivos, permitindo que se agregue mais valor ao produto final.

A nova categoria de prosumidores (produtores consumidores) só foi possível devido aos projetos de GD, que foram impulsionados e passaram a ganhar escalabilidade no Brasil com a criação da Resolução Normativa (REN) n°482/2012, aprimorada pela REN n°687/2015, ambas publicadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). A finalidade desta REN é facilitar a inserção de pequenos geradores de energia às redes de distribuição, por meio da compensação de energia (ANEEL, 2015).

A Geração Distribuída também pode ser enquadrada (RES ANEEL 687, de 24.11.2015) por sistema de compensação em:

I) Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (sistema de condomínio) com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas;

II) Geração compartilhada que se caracteriza pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

III) Autoconsumo remoto, caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica (incluídas matriz e filial), ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

2.3.3 TRANSPORTE DOS DEJETOS SUÍNOS

Estima-se que um suíno, na faixa de 15 a 100 Kg de peso, produz de 4,5% a 8,5% de seu peso corporal em dejetos, compostos de urina, fezes e água desperdiçada. Deve-se avaliar esse volume de dejetos produzidos diariamente para poder planejar a sua atividade e realizar um tratamento adequado (SCHULTZ, 2007; GUSTAVO; GUIMARÃES FILHO, 2012).

A prática mais adotada pela suinocultura brasileira é a armazenagem dos dejetos em lagoas e posteriormente aplicação em pastagens. Contudo, dependendo do volume de aplicação, o solo não consegue mais absorver essa demanda, que muitas vezes supera a recomendação dos órgãos ambientais fiscalizadores (VIVAN *et al.*, 2010; GUSTAVO; GIMARÃES FILHO, 2012). O uso de dejetos suínos como fertilizante exige conhecimentos específicos e consideráveis investimentos em armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos produtores (SERPA FILHO *et al.*, 2012).

Segundo Ching (2007) e Pereira *et al.* (2012), o sistema de transporte de dejetos precisa atender a quatro questões: o que é transportado, para onde, quando e como. Os custos de transporte devem considerar as características do produto e do mercado, o que justifica uma análise de todos os fatores relacionados à ação do transporte e seus referidos custos.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE VIABILIDADE

Para analisar a viabilidade econômica para implantação da central de geração de energia e o pagamento pelos dejetos suínos, são apresentados três cenários:

- Cenário 1 (C1): utiliza o grupo moto gerador (GMG) de 120 kVA do fabricante ENERMAC;
- Cenário 2 (C2): utiliza o GMG de 330 kVA do fabricante ENERMAC;
- Cenário 3 (C3): utiliza o GMG de 420 kVA do fabricante ENERMAC.

Adotou-se esses cenários considerando que cada potência do GMG necessita de uma quantidade diferente de combustível (biogás) e, conseqüentemente, será necessário um volume maior de dejetos, como também um maior volume para o biodigestor. Foi observado também, a quantidade de energia elétrica produzida por cada GMG, visto que, quanto maior a produção de energia, maior será o faturamento considerado na análise de viabilidade financeira.

Segundo os fabricantes, o consumo de biogás dos GMG varia conforme a potência e o percentual de metano presente no biogás (Tabela 1).

Tabela 1 - Consumo de biogás dos GMG

GMG (Potência)	Metano 95% Consumo (m ³ /h)	Metano 70% Consumo (m ³ /h)	Metano 65% Consumo (m ³ /h)
120 kva	30	43	47
330 kva	62	89	97
420 kva	76	109	118

Fonte: Enermac (2019)

Para quantificar os volumes de dejetos suínos necessários para cada cenário, foram consideradas, inicialmente, as quantidades de biogás consumidas por cada GMG fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos.

O volume do biodigestor (V_{bio}), ou seja, a quantidade de biomassa que ocupa a câmara de digestão do biodigestor, em m³, é estimado a partir do número de suínos (N_{sui}) necessários para a produção de dejetos em uma granja, por meio da expressão (1), o qual fornecerá o volume de biogás a ser consumido pelo grupo motor-gerador (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

$$V_{bio} = N_{sui} \cdot TRH \cdot V_{dej} \quad (1)$$

Em que:

V_{bio} é o volume do biogestor em m³;

TRH é o Tempo de Retenção Hidráulica, em dias;

V_{dej} é o volume médio diário de dejetos produzido por suíno, em m³/animal/dia.

O volume de biogás, $Q_{Biogás\ Dia}$, em m³ por dia, que alimentará o grupo motor-gerador (GMG), é estimado a partir do volume de biomassa, ou seja, volume do biodigestor (V_{bio}), por meio da expressão (2), (MARTINS; OLIVEIRA, 2011 *apud* VIEIRA, 2019).

$$Q_{Biogás\ Dia} = V_{bio} \cdot k \quad (2)$$

Em que k é o índice de eficiência de produção de biogás no biodigestor, em m³ biogás/m³ biomassa.

Assim, considerando a quantidade de biogás consumida nos GMG e a relação de volume de biogás por volume de substrato, contida na Tabela 2, calculou-se o montante necessário de dejetos suínos para atender a demanda.

Tabela 2 - Volume de biogás por volume de substrato

Sólidos Voláteis (g/kg)	Sólidos Totais (g/kg)	Produção de biogás ($LN_{\text{biogás}} \cdot \text{kgSV}^{-1}$)	Vol. Biogás por m^3 de substrato
677,30	26,30	798,00	10

Fonte: Dados da pesquisa.

Para quantificar a geração de energia elétrica, considerou-se as potências de regime contínuo (Tabela 3) dos GMG em kW. Estipulou-se que o tempo de operação será de 22 h/dia para todos os GMG e partindo do pressuposto que a planta irá operar em Geração Distribuída, a tarifa de energia elétrica considerada foi a tarifa convencional subgrupo B2 rural, que conforme a resolução homologatória nº 2559 de 18 de junho de 2019 da ANEEL é de 0,61 R\$/kWh.

Tabela 3 - Potências de regime contínuo do GMG

Cenários	Potência Total	Potência Contínua
Cenário 1	120 kVA	75 kW
Cenário 2	330 kVA	211 kW
Cenário 3	420 kVA	260 kW

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a coleta do substrato a base do estudo é da utilização de caminhões tanque com volume de 15 m^3 e bombas acopladas com capacidade de $125 \text{ m}^3/\text{h}$ de vazão com biomassa, tanto para carregamento como para descarregamento. Considerando as condições do terreno e o caminhão utilizado, foi estipulada como velocidade média de deslocamento do caminhão de 40 km/h e um raio médio de atuação de 10 km .

Foram avaliados os custos do transporte, por meio de informações de empresas especializadas. Considerou-se os dados relacionados à manutenção, operação e depreciação do veículo. Por fim, os dados foram tabulados levando em consideração cada fase do processo para coleta dos dejetos suínos. Considerando a quantidade necessária para os GMG, dimensionou-se os biodigestores que atenderão a demanda da Central de Energia.

O sistema de biodigestão no Cenário 1, será composto por um biodigestor modelo lagoa coberta (canadense), com volume de 2.500 m^3 , profundidade de 4,5 metros, geomembrana PEAD inferior 1,00mm e geomembrana PEAD superior 1,25 mm.

Nos Cenários 2 e 3, são utilizados dois biodigestores operados em paralelo, modelo lagoa coberta (canadense), totalizando um volume de 5.000 m^3 e agitação. Cada biodigestor deverá possuir volume de 2.500 m^3 , profundidade de 4,5 metros, geomembrana PEAD inferior 1,00mm e geomembrana PEAD superior 1,25 mm.

O sistema de agitação nos biodigestores operará de forma intermitente com o objetivo de otimizar a produção de biogás e o consumo de energia elétrica. Para o sistema de segurança, é necessário para cada biodigestor duas válvulas de alívio e um queimador tipo *flare* com combustão aberta, ignição automática e *re-start* para queima de até $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a análise de viabilidade econômica, considerou-se o CAPEX e OPEX de cada cenário (CAMARGO, 2016). Os dados foram alcançados por meio de contato com empresas especializadas de cada ramo e posteriormente os valores obtidos foram tabulados em planilha do EXCEL.

Para o cálculo da receita da geração de energia elétrica, considerou-se que o sistema irá operar em caráter de Geração Distribuída (GD), portanto a tarifa de energia elétrica considerada, foi referente aos consumidores rurais ligados em baixa tensão com valor da tarifa de R\$ 0,61° KWats/hora

Para se realizar as projeções de fluxo de caixa, todas as receitas e economias bem como os custos e despesas operacionais dos três cenários sofreram variações anuais a partir do 2º ano de projeto pelo IPCA do ano de 2019 que é de 4,31% a.a. (IBGE, 2020). Após a tabulação dos dados do CAPEX, OPEX e receitas do projeto, obteve-se os resultados das ferramentas de análise de rentabilidade (VPL, TIR e *PAYBACK*), que foi realizada para um horizonte de 15 anos.

Para o cálculo do pagamento pelos dejetos suínos, foi necessário realizar simulações do valor de compra que, variaram entre R\$ 0,50 e R\$ 5,00/m³ e o retorno do investimento (*PAYBACK*) de cada cenário, que foi considerado um tempo máximo de 5 anos.

A análise financeira é indispensável para o entendimento competitivo de um empreendimento, a qual busca compreender a melhor alocação de recursos, para que se maximize os resultados de tal empreendimento. Na análise financeira, deve-se considerar os riscos que devem ser mitigados, bem como, os custos, a relação com o macroambiente e o contexto no qual o empreendimento está inserido (JUNIOR, 2010; SCHERER, 2017).

Segundo Cavalcanti e Plantullo (2008), para uma análise de projetos de investimento ideal, se faz necessário o uso de um conjunto de técnicas (quantitativas, analíticas e estatísticas), bem como a composição de cenários presentes e futuros, além de fatores financeiros que possam interferir nos resultados do projeto.

As ferramentas de decisão econômica mais utilizadas em uma análise de viabilidade econômica são: o *payback*, que é o tempo de recuperação do investimento realizado; o VPL, que é o valor presente líquido; e a TIR, que é a taxa interna de retorno (LIRA, 2009; VIEIRA *et al.*, 2019). O Quadro 1 apresenta as três ferramentas em mais detalhes.

Quadro 1 - Ferramentas de análise econômica

Técnicas	Definição	Critérios de Decisão
Payback Descontado	Cálculo do Tempo necessário para retorno do capital investido, considerando as variações do dinheiro ao longo do tempo baseado nas entradas de caixa.	Quanto menor o tempo de recuperação do investimento, melhor.
Valor Presente Líquido - VPL	Atualização de uma taxa de juros dos fluxos de caixa, somados posteriormente.	O índice sendo maior que zero, o projeto é lucrativo. Quanto maior o VPL, melhor.
Taxa Interna de Retorno - TIR	É a taxa de juros que iguala o VPL de um projeto.	Se a TIR for maior que a taxa de referência, o projeto é viável. Quanto maior a TIR, melhor.

Fonte: Adaptado de Vieira *et al.*, 2019

Outras variáveis relevantes para análise de viabilidade financeira, estão relacionadas às receitas e aos custos do projeto. Tais variáveis são: CAPEX e OPEX.

A sigla CAPEX vem do inglês *Capital Expenditure* e significa Despesas de Capitais ou Investimentos em Bens de Capitais. O CAPEX envolve todos os custos relacionados à aquisição de equipamentos e instalações que visam a melhoria de um produto, serviço ou da empresa em si. CAPEX é a medida de base para calcular o Retorno sobre o Investimento em determinado projeto (CAMARGO, 2016).

Já a sigla OPEX vem do inglês *Operational Expenditure* e significa Despesas Operacionais e Investimento em Manutenção de Equipamentos. São os gastos cotidianos, como por exemplo despesas com funcionários, combustível, comercial, manutenção de equipamentos e com serviços terceirizados (CAMARGO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise de viabilidade econômica, considerou-se o CAPEX e OPEX de cada horizonte. Para o cálculo da receita da geração de energia elétrica, considerou-se que o sistema irá operar em caráter de Geração Distribuída (GD), portanto a tarifa de energia elétrica considerada refere-se aos consumidores rurais ligados em baixa tensão com valor da tarifa de 0,61 R\$/kWh

Para se realizar as projeções de fluxo de caixa, todas as receitas e economias bem como os custos e despesas operacionais dos três horizontes sofreram variações anuais a partir do 2º ano de projeto pelo IPCA do ano de 2019 que foi de 4,31 % a.a., conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Após a tabulação dos dados do CAPEX, OPEX e receitas do projeto, obteve-se os resultados das ferramentas de análise de rentabilidade (VPL, TIR e *PAYBACK*), que foi realizada para um horizonte de 15 anos.

Para o cálculo do pagamento pelos dejetos suínos, foi necessário realizar simulações do valor de compra. Como a compra de dejetos não é comum, foram realizadas simulações para o valor unitário R\$/m³ para cada cenário e o *payback* considerado foi de um tempo máximo de 5 anos. Foi utilizada uma curva de preço partindo de R\$ 0,00 até R\$ 5,00 com variação de R\$ 0,50 conforme Figura 1 para cada um dos cenários.

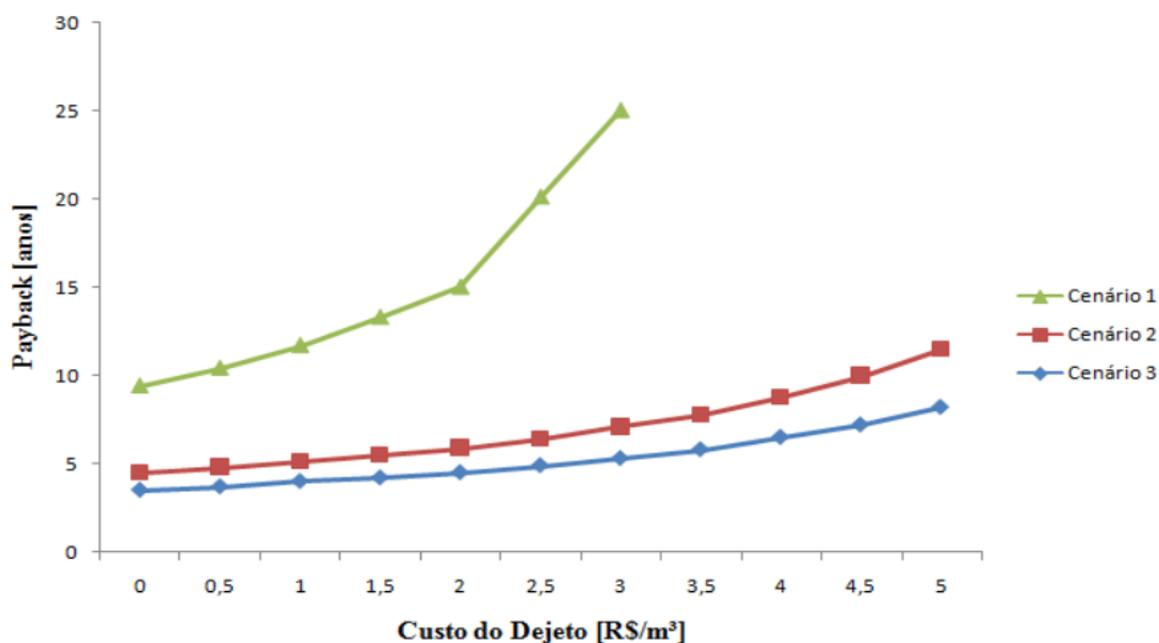


Figura 1: Curva de preço para os Cenários de Viabilidade
Fonte: Autores (2021).

De acordo com os dados de potência dos GMG e do consumo diário de biogás, foram calculadas as quantidades de dejetos necessários para os três cenários. Os resultados estão apresentados na Tabela 4. Para calcular a quantidade de dejetos para cada horizonte, inicialmente calculou-se a quantidade de biogás necessária por dia, através da seguinte expressão (3):

$$CD_{\text{Biogás}} = CH_{\text{Biogás}} \cdot h \quad (3)$$

Sendo,

$CD_{\text{Biogás}}$: Consumo diário de biogás em m^3

$CH_{\text{Biogás}}$: Consumo horário de biogás em m^3/h

h : Número de horas trabalhadas por dia

Tabela 4 - Cálculo da necessidade diária de dejetos para cada horizonte

Cenários	Potência (kW)	Consumo Biogás 60% (m^3/h)	Consumo Diário de Biogás (m^3)	Necessidade Diária de Dejetos (m^3)
1	77	47	1034	103,4
2	211	97	2134	213,4
3	260	118	2596	259,6

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na Tabela 5, calculou-se a quantidade de caminhões necessários para coleta dos dejetos suínos. Considerou-se o volume do tanque (m^3), a vazão da bomba (m^3/h) e a distância média das propriedades.

Tabela 5 - Cálculo da quantidade de caminhões

Cenários	Nº de Viagens	Horas de Trabalho	Nº de Caminhões	Tanque do Caminhão (m^3)	Vazão Bomba (m^3/h)	Distância Média Propriedades (km)
1	7	5,18	1	15	125	10
2	15	11,1	2	15	125	10
3	18	13,32	2	15	125	10

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Tabela 6 apresenta os custos para a aquisição dos caminhões, equipamentos, instalação do sistema de biodigestão, e demais valores para a análise de investimentos.

Tabela 6 - CAPEX para cálculo de viabilidade de cada cenário

Descrição	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Terraplenagem	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00	R\$16.500,00
Pavimentação	R\$ 189.876,00	R\$ 189.876,00	R\$ 189.876,00

Descrição	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Terraplenagem	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00	R\$16.500,00
Pavimentação	R\$ 189.876,00	R\$ 189.876,00	R\$ 189.876,00
Obras civis	R\$37.000,00	R\$37.000,00	R\$37.000,00
Biodigestor	R\$185.238,00	R\$370.566,00	R\$370.566,00
Sistema de Tratamento	R\$53.178,00	R\$53.178,00	R\$53.178,00
Lagoa de digestato	R\$32.280,00	R\$32.280,00	R\$32.280,00
Flare (queimador de excesso)	R\$12.600,00	R\$25.200,00	R\$25.200,00
Caminhão de coleta	R\$409.000,00	R\$818.000,00	R\$818.000,00
Gasoduto interno	R\$51.236,00	R\$51.236,00	R\$51.236,00
Ponto de conexão cabinado	R\$71.400,00	R\$71.400,00	R\$71.400,00
GMG (grupo motor/gerador)	R\$ 132.493,00	R\$ 375.800,00	R\$ 448.810,00
Painel de Comando	R\$28.688,00	R\$37.435,00	R\$39.240,00
Painel de Proteção	R\$38.080,00	R\$58.190,00	R\$58.190,00
Container	-	R\$49.290,00	R\$49.290,00
Projeto de Geração Distribuída	R\$7.980,00	R\$12.820,00	R\$12.820,00
Aquisição de terreno	R\$ 500.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 500.000,00
TOTAL	R\$ 1.687.605,00	R\$ 2.682.631,00	R\$ 2.757.446,00

Fonte: Dados da Pesquisa.

Constata-se que, para o investimento total inicial (CAPEX), considerando os caminhões e a implantação do centro de biodigestão, varia entre R\$ 1.687.605,00 e R\$ 2.757.446,00. O OPEX mensal, que inclui o custo operacional total dos veículos, pagamento aos produtores pela compra dos dejetos suínos e manutenção do biodigestor, corresponde a R\$ 14.539,65, R\$ 39.139,29 e R\$ 55.871,15 para os cenários C1, C2 e C3, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 - OPEX para cálculo financeiro.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Consumo de Diesel (deslocamento)	R\$ 6.132,00	R\$ 13.140,00	R\$ 15.768,00
Compra Dejetos	-	R\$ 6.402,00	R\$ 19.470,00
Motorista do caminhão 1	R\$ 3.099,10	R\$ 3.099,10	R\$ 3.099,10
Motorista do caminhão 2	-	R\$ 3.099,10	R\$ 3.099,10
Operador da planta	R\$ 1.549,55	R\$ 1.549,55	R\$ 1.549,55
Manutenção dos equipamentos (GMG)	R\$ 3.092,00	R\$ 6.055,00	R\$ 6.055,00
Manutenção dos caminhões	R\$ 667,00	R\$ 1.334,00	R\$ 1.334,00
Demanda Contratada	-	R\$ 4.460,54	R\$ 5.496,40
TOTAL MENSAL	R\$ 14.539,65	R\$ 39.139,29	R\$ 55.871,15
TOTAL ANUAL	R\$ 174.475,80	R\$ 469.671,48	R\$ 670.453,80

Fonte: Dados da Pesquisa.

Levando em consideração os dados expostos, realizou-se a análise de viabilidade econômica. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para os três cenários de projeto propostos por este trabalho.

Tabela 8 - Resumo dos resultados da análise de viabilidade.

Análise de Viabilidade Econômica	Resultados		
Ferramentas	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VPL	R\$ 1.013.922,61	R\$ 5.222.340,95	R\$ 5.664.443,99
TIR	11,00%	23,10%	24,00%
PAYBACK	9,4 anos	5,1 anos	4,9 anos
Valor da compra dos dejetos (m ³)	R\$ 0,00	R\$ 1,00	R\$ 2,50

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota-se, que nos cenários C2 e C3, os VPL's foram positivos e que as TIR's foram maiores do que a TMA adotada (8%). Observa-se no cenário C1 que, os resultados ficaram abaixo do esperado e mesmo sem utilizar o pagamento pelos dejetos o payback apresentou valor muito alto comparando aos os demais cenários. Desse modo, mesmo considerando o pagamento pelos dejetos suínos, os cenários C2 e C3 apresentam viabilidade econômica, sendo que o cenário C3 foi o mais viável economicamente, mesmo considerando o valor de compra dos dejetos suínos mais elevado. Assim, por meio das simulações considerando o pagamento dos dejetos, concluiu-se que nos cenários C2 e C3 a compra do substrato (dejetos), não inviabiliza o projeto. O cenário C2 possibilita o pagamento de R\$ 1,00/m³ e apresenta *payback* de aproximadamente 5 anos. No cenário C3, para um *payback* de 5 anos é possível pagar pelo dejetos suíno um valor de R\$ 2,50/m³.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs analisar a viabilidade o pagamento pelos dejetos suínos dos pequenos produtores. Para isso, foi realizada uma análise de viabilidade econômica para implantação de uma central de energia a partir do biogás considerando três cenários de investimentos com capacidades de geração de energia distintas.

A análise de viabilidade econômica mostrou que os cenários mais rentáveis são C2 e C3 com *PAYBACK*. O C3 é o cenário mais viável, devido à potência do GMG e a receita com a geração de energia elétrica. O C1 apresentou o pior cenário, com *PAYBACK*.

Por meio das simulações do pagamento dos dejetos, concluiu-se que nos cenários C2 e C3 a compra do substrato não inviabiliza o projeto. O cenário C2 possibilita o pagamento de R\$ 1,00/m³ e com *PAYBACK* de aproximadamente 5 anos. No cenário C3, para obter um *PAYBACK* de 5 anos é possível pagar pelo dejetos suíno um valor de R\$ 2,50/m³.

Com base nos resultados obtidos, destaca-se que é possível realizar o pagamento pelos dejetos suínos aos produtores e ainda assim, obter uma viabilidade econômica atrativa com os projetos e que, o pagamento pelos dejetos suínos proporciona uma renda extra para o pequeno produtor rural e a coleta desse substrato garante uma destinação ambientalmente correta para estes dejetos.

Por trata-se de construção de cenários, este estudo não pode ser generalizado, além desta limitação, há ainda outro fator limitante, que é a distância média entre os pontos da coleta e o local de geração de energia através do Biogás gerado pelos dejetos suínos, considerado neste estudo uma distância média de 10 quilômetros.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF PAYMENT TO SMALL PRODUCERS, FOR PIG MANURE FOR THE GENERATION OF ENERGY – BIOGAS

ABSTRACT: The objective of this study is to estimate the feasibility of payment for swine manure to small producers. For this, an economic feasibility analysis was carried out for the implementation of a biogas power plant considering three investment scenarios with different power generation capacities. Scenario 1 (C1) uses the 120 kVA motor generator (GMG) group. Scenario 2 (C2) uses the 330 kVA motor generator (GMG) group, and Scenario 3 (C3) uses the 420 kVA motor generator group (GMG). The biodigester analyzed is a model of covered pond (Canadian), with a depth of 4.5 meters, with HDPE geomembrane and a volume of 2,500m³. In the study, three tools were used to analyze the economic viability of the scenarios, the NPV (Net Present Value), the IRR (Internal Rate of Return), and the PAYBACK (Investment Recovery Time). It was concluded that the order of profitability is the scenarios: C3, C2, and C1, respectively. It was also concluded that the payment for swine manure is possible, allows the generation of extra income for the rural producer and obtains an attractive economic viability with the projects.

KEYWORDS: Pig manure. Economic viability. Biogas.

Originals recebidos em: 28/01/2021
Aceito para publicação em: 13/12/2021

REFERÊNCIAS

AFONSO, E.; R. NASCIMENTO, R. A.; ALVES, L. K. S.; PALHARES, J. C. P. **Viabilidade econômica na construção e implantação de biodigestor e esterqueira na suinocultura**. PUBVET, v. 13, p. 162, 2019.

AMARAL, R. G. **Viabilidade Econômica da Implantação de um Sistema de Geração de Energia Elétrica a Partir de Biogás Gerado em um Abatedouro de Aves**. Trabalho de Diplomação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Por dentro da conta de energia elétrica: informação de utilidade pública. 4. Ed. – Brasília – DF, 2011.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Resolução Normativa N°687, 24 de novembro de 2015.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócio**. 3. ed., São Paulo: Atlas, 2010.

BLEY JÚNIOR, C. **Biogás: A energia invisível**. 2 ed. revista e ampliada. Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás-ER), 2015.

BRASIL. Decreto 9.642, de 28 de dezembro de 2018. Altera o Decreto nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013, para dispor sobre a redução gradativa dos descontos concedidos em tarifa de uso do sistema de distribuição e tarifa de energia elétrica. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/Decreto/D9642.htm. Acesso em 15/05/2019.

CAMARGO, Renata Freitas de. **CAPEX x OPEX: entenda as principais diferenças e saiba o que levar em consideração na hora de escolher**. 2016. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/capex-x-opex/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, **Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil**. Desenvolvimento em Questão, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015.

CAVALCANTI, Marly; PLANTULLO, Vicente Lentini. **Análise e Elaboração de Projetos de Investimento de Capital: Sob uma Nova Ótica**. Curitiba: Juruá, 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, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, Sept./Oct. 2010.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada**. 3. ed., São Paulo: Atlas, 2007.

COLUNA, Naraisa Moura Esteves. **Análise do potencial energético dos resíduos provenientes da cadeia agroindustrial da proteína animal no Estado de São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

COLDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso de biogás da bovinocultura e suinocultura**

para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2006.

COUTO, Gustavo Ragassi de Assis. **Análise ambiental de sistemas de tratamento de dejetos da suinocultura no município de Patrocínio-MG.** 2019, 121p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2052>

CPFL Energia. **A importância e os desafios da inserção de novas fontes de energia na matriz elétrica brasileira.** 01 de janeiro de 2017. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/a-importancia-e-os-desafios-da-insercao-de-novas-fontes-de-energia-na-matriz-eletrica-brasileira.aspx>> Acesso em: 20 jan. 2020.

CRUZ, A.; WANDER, A.; SOUSA, A. **Viabilidade econômica do uso do biodigestor na suinocultura.** In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural–SOBER. Anais. Londrina. 2007.

DOLMAN, M. A.; VROLIJK, H. C. J.; DE BOER, I. J. M. **Exploring variation in economic, environmental and societal performance among Dutch fattening pig farms.** Livestock Science, v. 149, n. 1-2, p. 143-154, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.07.008>

DOS SANTOS, Débora Teresinha; DA SILVA, Valeska Martins. **A Suinocultura e os Impactos ao Meio Ambiente.** Ciência & Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 43-48, 2019. <http://dx.doi.org/10.33053/cientec.v2i2.8120>

EBA – European Biogas Association. **Statistical Report of the European Biogas Association. European Biogas Association;** Belgium, Brussels. 2018. Disponível em: <http://european-biogas.eu/2019/02/06/biogas-trends-for-this-year/> Acesso em 16 Jul. 2019.

EMBRAPA: **Atualidades da Suinocultura Brasileira,** 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnpia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173144/1/final8757.pdf> Acesso em: 01 jul. 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Produção de biogás no Brasil cresce 30% em um ano.** Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257_2017_1710.pdf Acesso em: 10 Jul. 2019.

FLORES, Marcelo Costa. **Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica** – estudo de caso em confinador suíno. Marcelo Costa Flores, p. 31- 32, 2014.

GUIMARÃES, D.; AMARAL, G.; MAIA, G.; LEMOS, M.; ITO, M.; CUSTODIO, S. **Suinocultura:** estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. Agroindústria/BNDES Setorial 45, p. 85-136, mar. 2017.

GUSTAVO, Serafim Bitencourt; GUIMARÃES FILHO, Leopoldo Pedro. Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do Rio Sangão-Santa Catarina. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente,** v. 5, n. 2 Especial, 2012. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2012v5n2%20Especialp%25p>

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IPCA 2019**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso, 26/07/2020.

KRABBE, Everton Luis; SANTOS FILHO, Jonas Irineu; MIELE, Marcelo; MARTINS, Franco Muller. **Cadeias produtivas de suínos e aves. Embrapa Suínos e Aves** - Capítulo em livro científico, 2013.

LIRA, J. C. Umbelino. **Análise econômica e balanço energético do biogás em granjas de suínos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Engenharia Elétrica, Goiânia - GO, 2009.

LOCH, Patrícia; DESTEFANI, Renzo Gianni. Viabilidade Financeira para Implantação do Sistema de Biodigestores na Cidade de Villa Ocampo Província de Santa Fé – Argentina. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 4, n. 2, p. 171-190, 2019.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. AGROSTAT - **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm> Acesso em 16 Jul. 2019.

MARTINS, Franco M.; DE OLIVEIRA, Paulo AV. **Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura**. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000300008>

MAURI, G. de N.; DE LIMA, J. G., POZO, O. V. C., DE FREITAS, R. R. Startups no agronegócio brasileiro: uma revisão sobre as potencialidades do setor. **Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE**, v. 3, n. 1, p. 107-121, 2017.

MELZ, Laércio Juarez; GASTARDELO, Tiane Alves Rocha. A suinocultura industrial no mundo e no Brasil. **Revista UNEMAT de Contabilidade**, v. 3, n. 6, p. 72-92, jul./dez. 2014. <https://doi.org/10.30681/ruc.v3i6.266>

OLIVEIRA, L. A. G. De. **Dejetos suínos**: qualidade, utilização e o impacto ambiental. In: Curso de Seminários Aplicados, Departamento de Ciência Animal da Escola Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Anais. 2011.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Notícias. Disponível em: www.fao.org/brasil/noticias. Acesso, 10/07/2020. 2020.

PEREIRA, Sandra Mara; DA SILVA, Débora Lobo; OLIVEIRA, Homero Fernandes; DA ROCHA JR, Weimar Freire. Bioenergia e resíduos na cadeia de suínos: uma análise de custos e investimentos para transporte de dejetos suínos com posterior geração de bioenergia no município de Toledo/PR. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 8, n. 14, p. 51-74, 2012.

SANTANA, L. E.; CINTRA, L. M. L. A biodigestão como solução para a destinação dos resíduos do setor pecuarista. **Revista da Ciência da Administração**, v. 6, 2012.

SCHERER, LEANDRO **Análise estratégica e financeira da produção de biogás a partir de dejetos suíno em Itaipulândia - PR**. / Leandro Scherer. Cascavel (PR), 2017.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007.

SERPA FILHO, Rogério; SEHNEM, Simone; CERICATO, Alceu; SANTOS JUNIOR, Silvio; FISCHER, Augusto. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, 2012.

SOUSA, A. P. M. et al. **Retorno de investimento de sistemas de tratamento de resíduos em granjas de suínos**. *Ciência Animal Brasileira*, v. 21, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-32898>

TETRAPLAN, ARCADIS. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento** (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. Acesso em, v. 15, p. 36, 2012.

VIEIRA, F. P. *et al.* **Análise de Viabilidade Econômica do Biogás e do Biometano Provenientes de Dejetos Suínos**: Um estudo de caso. *Tecnia*, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 146-167, jun. 2019.

VIVAN, M., KUNZ, A., STOLBERG, J., PERDOMO, C., & TECHIO, V. H. Eficiência da Interação Biodigestor e Lagoas de Estabilização na Remoção de Poluentes em Dejetos de Suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.