

## *Análise do uso de biogás de suinocultura como energia térmica em uma indústria cerâmica*

Em um cenário de crise econômica e expectativa de aumento na demanda energética, é importante investir no uso de outras fontes de energia visando a retomada do crescimento econômico brasileiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura como fonte de energia térmica na produção de cerâmica vermelha. Os dados para esse estudo foram levantados na região norte do estado de Mato Grosso do Sul, onde há biodigestores implantados nas granjas suinícolas, cuja a maior parte do biogás é queimado em flare, e um Arranjo Produtivo Local de indústrias cerâmicas que sofrem com o elevado consumo de energia térmica de seu processo produtivo. Foram analisadas quatro rotas diferentes de condução de biogás até o centro consumidor. Concluiu-se que três rotas (I, II e IV-B) são economicamente viáveis. A Rota I, com fornecimento de 10.000 m<sup>3</sup> de biogás por dia, apresentou os melhores indicadores: VPL de R\$ 24.961.610,18, TIR de 12%, playback simples de 8 anos e 1 mês e playback descontado de 8 anos e 11 meses. Propõe-se a implementação do projeto por partes. Primeiro, construir a Rota I e, em sequência, incentivar a construção de outros dutos para implementar a Rota IV-B, cujo fornecimento de biogás é 50.000 m<sup>3</sup> por dia. Posteriormente, é interessante desenvolver novas rotas, com a instalação de mais biodigestores, a fim de ampliar o projeto para o interior e substituir o biogásoduto virtual por dutos. Dado o elevado investimento inicial e os benefícios ambientais, econômicos e sociais para a região, recomenda-se uma parceria entre governo, produtores rurais e/ou empresas privadas para financiamento do projeto.

**Palavras-chave:** Biogás; Suínos; Cerâmica; Viabilidade econômica.

## *Analysis of the use of biogas from swine as thermal energy in a ceramic industry*

In a scenario of economic crisis and expectations of an increase in energy demand, it is important to invest in the use of other energy sources in order to resume Brazilian economic growth. This work aimed to evaluate the economic viability of using biogas from swine as a source of thermal energy in the production of red ceramics. The data for this study were collected in the northern region of the state of Mato Grosso do Sul, where there are biodigesters implanted in pig farms, where most of the biogas is flared, and a Local Productive Arrangement of ceramic industries that suffer from the high thermal energy consumption of its production process. Four different routes for conducting biogas to the consumer center were analyzed. It was concluded that three routes (I, II and IV-B) are economically viable. Route I, with a supply of 10,000 m<sup>3</sup> of biogas per day, presented the best indicators: NPV of R\$ 24,961,610.18, IRR of 12%, payback of 8 years and 1 month and discounted payback of 8 years and 11 months. It is proposed to implement the project in steps. First, build Route I and, then, encourage the construction of other pipelines to implement Route IV-B, whose supply of biogas is 50,000 m<sup>3</sup> per day. Afterwards, it is interesting to develop new routes, with the installation of more biodigesters, in order to expand the project to the interior and replace the virtual biogas-pipeline with ducts. Given the high initial investment and the environmental, economic and social benefits for the region, a partnership between government, rural producers and/or private companies is recommended to finance the project.


**Keywords:** Biogas; Swine; Ceramics; Economic viability.


Topic: Engenharia da Sustentabilidade e Meio Ambiente


Received: 02/01/2021

Approved: 27/01/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Raquel Alves Ribeiro Pontes**   
Faculdade Única de Ipatinga, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6587237275576435>  
<http://orcid.org/0000-0001-9946-2894>  
[raquelalves292@gmail.com](mailto:raquelalves292@gmail.com)

**Marco Aurélio Candia Braga**   
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2155856931108628>  
<http://orcid.org/0000-0003-1868-6437>  
[presidente@fenemi.org.br](mailto:presidente@fenemi.org.br)

**Andréa Teresa Riccio Barbosa**   
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4025767578391844>  
<http://orcid.org/0000-0002-2021-1310>  
[andrea.barbosa@ufms.br](mailto:andrea.barbosa@ufms.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0035

### Referencing this:

PONTES, R. A. R.; BRAGA, M. A. C.; BARBOSA, A. T. R.. Análise do uso de biogás de suinocultura como energia térmica em uma indústria cerâmica. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.1, p.436-452, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0035>

## INTRODUÇÃO

Entre 2019 a 2029, o Brasil terá o desafio de promover a expansão da oferta de energia de modo a sustentar a retomada do crescimento econômico. Nesse período, a expectativa é de recuperação gradual da economia e aumento de consumo de energia a taxa média de 2,5% anuais (BRASIL, 2020).

Dado os compromissos internacionais assumidos pelo país de redução de emissão de gases de efeito estufa, a expansão de produção e o uso da energia devem estar alinhados às diretrizes propostas na INDC do Brasil (*intended Nationally Determined Contribution* – pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada) (BRASIL, 2020). Nelas, pretende-se aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética para aproximadamente 18% até 2030 (BRASIL, 2015). Assim, uma alternativa viável, mas ainda pouco propagada é a tecnologia dos biodigestores rurais, que possibilita a utilização energética do gás metano, cujo potencial de aquecimento global é 21 vezes maior que o do gás carbônico, e a realização de um adequado tratamento dos dejetos agropecuários (ANDRADE et al., 2002).

Devido à grande geração de dejetos, a suinocultura possui capacidade poluente muito superior à de outras criações de animais (LINDNER, 1999). Ao mesmo tempo, ela outorga grande relevância econômica, social e cultural nas regiões em que é desenvolvida, contribuindo para a economia do país (BELLI FILHO et al., 2001). Nas últimas décadas, os investimentos, as fusões e o uso de tecnologias no setor acarretaram um crescimento vigoroso na produção de suínos (ABCS et al., 2016) e, em 2020, a atividade apresenta o maior crescimento esperado de faturamento no agronegócio brasileiro (CEPEA et al., 2020). Nesse sentido, é necessário providenciar maneiras de manejar os resíduos orgânicos, visando reduzir a poluição e impactar positivamente a economia nos municípios produtivos.

Quanto ao setor industrial, até 2050, é esperado um crescimento fortemente influenciado pela expansão da indústria de construção civil, com conseqüente aumento de demanda nos produtos de segmentos relacionados, como a cerâmica estrutural (BRASIL, 2016). Contudo, atualmente, esse segmento apresenta o perfil predominante de empresas pequenas e médias, de administração familiar, que enfrentam dificuldades para permanecer no mercado produtor. Isso ocorre devido à necessidade de sustentabilidade ambiental e energética de seu processo produtivo e à pressão por maior qualidade do produto final. Tais problemas estão relacionados à concentração de sua demanda energética no consumo de lenha e resíduos vegetais e industriais. Assim, há condições de emprego de combustíveis de biomassa na produção de cerâmica vermelha (SCHWOB, 2007).

O objetivo desse artigo, portanto, é avaliar a viabilidade econômica da utilização do biogás proveniente da suinocultura como energia térmica para a produção cerâmica. Para tal, utilizou-se o cenário existente em municípios do norte do estado de Mato Grosso do Sul.

Na cidade de São Gabriel do Oeste, MS, há um pólo produtor de carne suína e grãos, que exporta grande parte da produção em *commodities*. Para tal, os associados da Cooperativa de São Gabriel do Oeste (COOASGO) tiveram que adequar a criação de suínos às práticas mundiais de produção sustentável. O que levou à implantação de biodigestores do modelo canadense em parcerias com empresas multinacionais, sob

contratos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), aprovados junto à Organização das Nações Unidas (ONU), visando a reversão de créditos de carbono a partir da queima de metano. Atualmente, a maior parte do biogás produzido é queimado em *flare* e a energia não é aproveitada.

Distante apenas 60 km, na cidade de Rio Verde de Mato Grosso, MS, encontra-se o Arranjo Produtivo Local (APL) Terra Cozida do Pantanal, um pólo produtor de cerâmica vermelha que sofre com a elevada demanda energética de seu processo produtivo. Além dos custos, há também o problema ambiental, pois a produção se desenvolveu a partir da queima de lenha do Pantanal<sup>1</sup>, apesar das maiores indústrias utilizarem atualmente madeira de reflorestamento, oriunda de 350 km de distância.

Diante desse cenário, nesse trabalho abordou-se o sistema de biodigestores canadense para o tratamento dos dejetos dos suínos, agregando fins energéticos à queima do gás gerado, com enfoque à aplicabilidade de uma fonte de energia térmica renovável e sustentável na indústria cerâmica, na região norte do MS. O método consistiu na descrição e na análise econômica de quatro possíveis rotas, projetadas para a condução do biogás a partir do levantamento de dados obtidos em pesquisas de campo em indústrias cerâmicas, jazidas de argila, cooperativa, fazendas de criação de suínos, biodigestores, entre outros.

## REVISÃO TEÓRICA

O presente trabalho foi incentivado por projetos de pesquisa realizados anteriormente na região. Entre 2006 e 2007, um dos autores participou de um experimento, realizado por intermédio de pesquisa CNPq/Fundect/Rahe, a fim de avaliar a possibilidade de obtenção de gás metano com condições de aproveitamento para fins de uso industrial, residencial e veicular a partir do biogás da suinocultura. Foi instalado um sistema automatizado de purificação de biogás em um biodigestor em funcionamento numa granja tradicional em São Gabriel do Oeste. Os resultados experimentais demonstraram que os índices obtidos para o gás purificado atingiram valores próximos aos padrões estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis para a comercialização de gás natural (GN). Além disso, o SENAI (2015) identificou um alto potencial para a implantação de indústrias cerâmicas no município de São Gabriel do Oeste após realizar uma pesquisa mineralógica nas jazidas do local.

Pesquisas ressaltaram a importância de analisar a viabilidade de utilizar a energia do biogás oriundo da suinocultura. Os resultados do balanço energético feito por Angonese et al. (2006) nos componentes de um sistema produtivo de suínos em terminação demonstraram que os subprodutos do biodigestor têm valor energético considerável: da energia de saída, 30,1% se referem ao biofertilizante e 13,0% ao biogás.

A análise da literatura realizada por Silva et al. (2019) ratificou os benefícios econômicos, sociais e ambientais da utilização do biogás como alternativa energética. De um modo geral, os resultados pressupõem que a viabilidade de projetos para o aproveitamento energético do biogás depende, substancialmente, de suas escalas para se tornarem autossustentáveis. Assim, os autores defendem que cada

---

<sup>1</sup>Pantanal: Bioma localizado no centro sul da América do Sul, abrangendo os estados brasileiros de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, a Bolívia e o Paraguai. É a maior planície alagada do mundo, com a maior parte de sua área no Brasil, equivalente a 138.183 km<sup>2</sup>. Possui a maior concentração de fauna das Américas e liga duas bacias hidrográficas importantes, a Amazônica e a do Prata, o que lhe atribui a função de corredor biogeográfico (FERREIRA, 2013).

projeto deve ser estudado a fim de melhor avaliá-lo e aprimorá-lo, o que se objetiva neste trabalho.

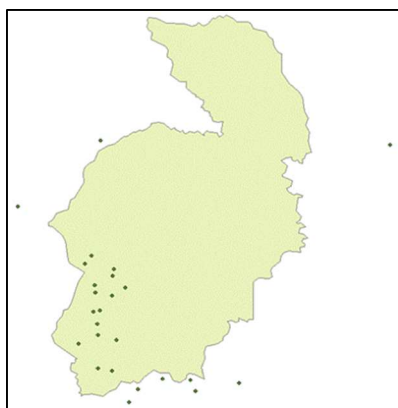
Nesse sentido, Mariano Neto et al. (2019) avaliaram a viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo dos dejetos de suínos em três projetos já publicados em artigos. A conclusão foi que há viabilidade econômica em todos os casos desde que a demanda energética não seja consideravelmente inferior à capacidade de produção do biogás. Ademais, se houver excesso de energia produzida, esta deve ser vendida.

Quanto ao uso como energia térmica, Silva et al. (2016) determinaram a quantidade anual de biogás proveniente da suinocultura na região Centro-Oeste do Brasil e o seu potencial de conversão em calor. Os resultados demonstraram que grandes quantidades de energia térmica podem ser obtidas, podendo alcançar 15 mil TEP por ano no estado de MS. Com isso, os autores afirmam que há estímulo a estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para utilização do biogás como energia térmica.

Ao mesmo tempo, Schwob (2007) sugere como possibilidade de prosseguimento de sua pesquisa a avaliação prospectiva de outras opções energéticas relacionadas a combustíveis gasosos potencialmente aplicáveis no segmento da cerâmica vermelha, diante das vantagens técnicas no âmbito físico-químico para o processo produtivo e para a qualidade final do produto. Ele ainda ressalta que esse segmento industrial é pouco contemplado em matéria de trabalhos acadêmicos.

## METODOLOGIA

Primeiramente, realizou-se o levantamento dos dados de posicionamento das fazendas suícolas que estão no domínio da COOASGO de modo a identificar as maiores concentrações. Dois locais se destacam: sete centros produtores nas proximidades da sede da cooperativa e um assentamento com dez produtores. No mapa do município de São Gabriel do Oeste a seguir, as pocilgas estão identificadas.



**Figura 1:** Mapa de atuação da COOASGO, com identificação das pocilgas.

Após, calculou-se o potencial de produção de biogás por técnicas de conversão de unidades. Os dados aplicados são permanentemente auditados pela ONU devido ao projeto MDL. Para tal, verificou-se a produção de biogás nos biodigestores instalados, sendo identificado que a produção diária de dejetos, por tipo de suíno, e a sua conversão em biogás fornece uma média de 0,49 m<sup>3</sup> de biogás por suíno (cria, recria e terminação). O resultado foi um valor superior a 80.000 m<sup>3</sup> de biogás produzido diariamente, em toda a área

de atuação da cooperativa, durante todo o ano. Os cálculos encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Cálculo de conversão de dejetos em biogás produzido por dia na área de atuação da COOASGO.

TIPO	PRODUÇÃO DE DEJETOS (kg/dia)	QUANTIDADE DE ANIMAIS	TOTAL DE DEJETOS (kg/dia)
Fêmeas e leitões	27,0	2.000	54.000,0
Fêmeas em gestação	16,2	7.800	126.360,0
Leitões em creche	1,4	42.000	58.800,0
Leitões de engorda	7,0	115.000	805.000,0
Cachaços	9,0	96	864,0
Lotação total	-	166.896	1.045.024,0
Total de biogás produzido por dia (0,49m <sup>3</sup> x 166.896)		36.262.332,8 kg	
Fator de conversão		1000 kg biogás = 2,25 m <sup>3</sup> biogás	
TOTAL DE BIOGÁS PRODUZIDO		81.510,2 m <sup>3</sup>	

De modo análogo, calculou-se o potencial de produção de biogás nas granjas localizadas somente em São Gabriel do Oeste e nos locais de máxima concentração. A quantidade estimada de biogás produzido nessa cidade é de aproximadamente 50.000 m<sup>3</sup>/dia, nas granjas localizadas próximo à sede da COOASGO é cerca de 10.000 m<sup>3</sup>/dia e no assentamento é de 8.256 m<sup>3</sup>/dia.

De acordo com Pecora (2006) e Silva et al. (2016), a produção de energia térmica é obtida pela queima direta do biogás, por isso, neste trabalho considerou-se a utilização de biogás sem purificação como fonte de energia térmica nas fornalhas dos secadores e nos fornos de queima da indústria cerâmica. Os fornos túneis, amplamente empregados em Rio Verde de MT, são ideais para essa substituição de fonte de calor pois possuem melhor desempenho térmico, menor consumo energético, facilidade de operação e controle das curvas de queima.

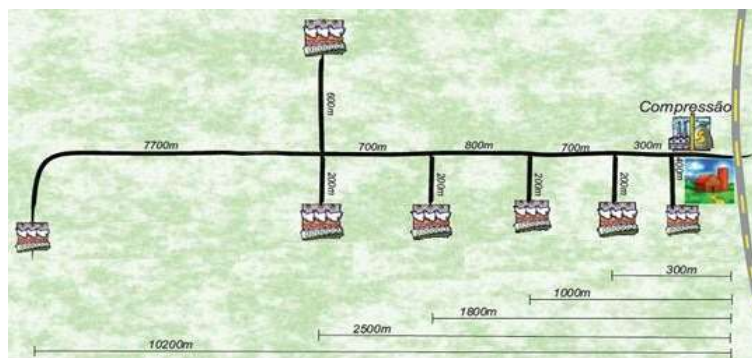
Quatro possíveis rotas de condução do biogás desde as granjas até a indústria cerâmica foram projetadas. Nelas, comparou-se diferentes alternativas para a localização de uma Central de Captação do biogás oriundo das pocilgas e duas alternativas de transporte do biogás da Central até a indústria: via biogasoduto e via biogasoduto virtual<sup>2</sup>. Em todas elas, a interligação das granjas até a Central de Captação é via biogasoduto.

## Rota I

Na Rota I, a Central de Captação está instalada na sede da COOASGO e o transporte do biogás até o APL Terra Cozida do Pantanal é via biogasoduto virtual.

A sede da cooperativa está localizada em frente à rodovia BR-163 e em sua proximidade há sete centros produtivos de suínos, cuja a capacidade de geração de biogás é de 10.000 m<sup>3</sup>/dia. A vantagem dessa rota é que o biogasoduto seria totalmente construído em estradas municipais, facilitando assim as autorizações e licenças ambientais, envolvendo somente sete produtores. O esquema do biogasoduto na Rota I, com as distâncias das granjas até a Central de Captação, encontra-se na Figura 2.

<sup>2</sup> Biogasoduto virtual: consiste no transporte do biogás em feixe de cilindros pressurizados à 240 bar através de uma carreta. Esse veículo dispõe de uma estação que comprime o biogás no local de captação e realiza a descompressão para a pressão de 3 a 5 bar no momento do consumo. Ao se contratar uma empresa para executar o transporte rodoviário do gás, ela é responsável por toda a logística do processo e cobra um percentual dos quilômetros rodados.

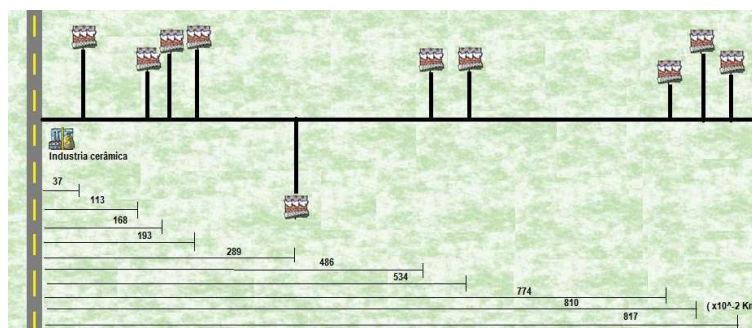


**Figura 2:** Esquema do biogasoduto da ROTA I, que interliga sete centros produtivos de suínos até a Central de Captação, instalada na sede da COOASGO, com a descrição das distâncias em metro.

## Rota II

Na Rota II a Central de Captação está instalada no assentamento de dez produtores e há a implantação de uma indústria cerâmica no mesmo local, de modo que não é necessário o transporte do biogás até o centro consumidor.

A capacidade de geração de biogás dos dez produtores do assentamento é de 8.256 m<sup>3</sup>/dia. Nessa rota, diferentemente das demais, verificou-se também a viabilidade econômica da implantação de uma indústria cerâmica em São Gabriel do Oeste. Considerou-se que a indústria e a Central estão localizadas no mesmo ponto geográfico, de frente para a estrada mais próxima, de modo a facilitar o escoamento da produção cerâmica. Na Figura 3 há o esquema do biogasoduto na Rota II, com as distâncias das granjas até a indústria.



**Figura 3:** Esquema do biogasoduto (representado em km) da ROTA II, que leva o biogás dos locais de produção até uma Indústria Cerâmica a ser implantada no local.

## Rota III

No projeto da Rota III e da Rota IV há a instalação de um ponto de coleta do biogás, produzido tanto pelos produtores próximos à sede da COOASGO, quanto pelos produtores do assentamento. Esse Ponto de União é interligado às centrais de captação das Rotas I e II, via biogasoduto.

A localização do ponto de coleta foi determinada através da análise de imagens via satélite. Buscou-se a construção de um biogasoduto que conciliasse ao máximo os seguintes fatores: menor distância possível; passagem por estradas, evitando-se adentrar em propriedades; e possibilidade de beneficiar outras granjas do entorno. O caminho, portanto, percorrido pelo biogasoduto da Central de Captação da Rota I até o Ponto de União tem uma distância de 33.638,61 m e margeia uma estrada antiga. Já, da Central de Captação da

Rota II até o Ponto de União a distância é de 13.231,21 m e o caminho margeia uma estrada federal.

A grande vantagem dessas rotas é a expectativa de captar o biogás de outros produtores da COOASGO que estiverem alocados próximos ao biogasoduto e de futuros produtores de biogás da região, sendo possível idealizar a criação de um Zoneamento Econômico Ecológico. Assim, as análises de ambas ocorreram sob dois cenários: Hipótese A – a capacidade de geração de biogás é o somatório da capacidade dos produtores das Rotas I e II, isto é, 18.256 m<sup>3</sup>/dia; e Hipótese B – há captação de todo o biogás produzido em São Gabriel do Oeste, 50.000 m<sup>3</sup>/dia, supondo a inclusão dos demais produtores de suínos.

Na Rota III o transporte do biogás do Ponto de União até o APL Terra Cozida do Pantanal é via biogasoduto (esquema na Figura 4). Essa rota poderá atrair a instalação de novos biodigestores próximos ao biogasoduto, uma vez que em Rio Verde do MT há vários confinamentos de bois de grande porte, o que facilitaria o fornecimento de biogás para indústria cerâmica do APL.



**Figura 4:** Esquema do biogasoduto, com 60 km, da ROTA III, interligando o Ponto de União (das Rotas I e II) até o APL Terra Cozida do Pantanal, em Rio Verde do MT.

#### Rota IV

A Rota IV (Figura 5) é similar à anterior, porém, o transporte do biogás do Ponto de União até o APL Terra Cozida do Pantanal é via biogasoduto virtual. Embora semelhantes, esta última é mais rápida de ser implementada pois, necessitaria de investimentos tanto financeiros quanto de licenciamento ambiental, para um trecho menor de biogasoduto. Ademais, a instalação do biogasoduto pode ser feita em etapas, o que forneceria tempo para as empresas do APL se estruturarem.



**Figura 5:** Esquema da ROTA IV, que interliga os 60 km do Ponto de União até a APL Terra Cozida do Pantanal, em Rio Verde do MT, via transporte rodoviário.

#### Análise de viabilidade econômica

Para cada rota, a viabilidade econômica foi avaliada por meio de indicadores de análise de investimentos, que para Brealey et al. (2017) são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR),



*Payback* Simples e *Payback* Descontado. Segundo Gitman et al. (2012), o cálculo matemático para obtenção do VPL e da TIR estão, respectivamente, nas Equações (1) e (2).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I \quad (1)$$

$$I = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} \quad (2)$$

Em que: I = valor do investimento inicial (R\$ ano<sup>-1</sup>); FC<sub>j</sub> = valor das entradas de caixa do ano j (R\$ ano<sup>-1</sup>); i = taxa de desconto, isto é, custo de capital (%); j = contador de tempo; n = período de vida útil do investimento (ano).

Se os valores das entradas de caixa forem constantes a cada ano, o *playback* simples pode ser determinado dividindo-se o valor do investimento inicial pelo valor da entrada de caixa (GITMAN et al., 2012). Já o *playback* descontado atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de juros, trazendo os fluxos ao valor presente, para depois calcular o período de recuperação (BRUNI, 2008).

Para o investimento ser viável, o VPL deve ser maior que zero, a TIR deve ser maior que a taxa de custo de capital e o *playback*, descontado ou não, não pode ultrapassar o tempo de vida-útil estimada para o projeto. Quanto maiores os valores de VPL e TIR, maior o retorno financeiro do investimento (GITMAN et al., 2012). Quanto mais rápido for o retorno financeiro, menor o risco de investimento no projeto (SOUZA et al., 2008). Para se obter esses indicadores, projetou-se o fluxo de caixa do empreendimento, as receitas e os custos, e considerou-se os investimentos a serem realizados.

## RESULTADOS

Conforme a Portaria MSGÁS n° 046, de 04/06/2020, a tarifa de venda de GN para o segmento industrial no MS, mercado comum, é R\$ 2,1846/m<sup>3</sup> com impostos, dentro da faixa de fornecimento de 1.001,00 m<sup>3</sup>/dia a 50.000,99 m<sup>3</sup>/dia. Para Pinto et al. (2014), a formação da tarifa do GN para os consumidores industriais é composta de quatro partes: Parcela Variável, Parcela do Transporte, Margem de Distribuição e Impostos (PIS/CONFINS e ICMS). Esse modelo de decomposição do preço foi adaptado neste estudo de modo que 60% é a Parcela do Produtor (Parcela Variável) e 40% a Parcela do Transporte (Parcela Fixa). Nessa última, estão inclusos todos os custos de manutenção, operação e controle do biogásoduto.

Para o cálculo da tarifa do biogás, considerou-se a proporcionalidade dos preços segundo o poder calorífico dos gases (9.400 kcal/m<sup>3</sup> para GN e 5.140 kcal/m<sup>3</sup> para biogás), obtendo-se R\$ 1,1946 por m<sup>3</sup> de biogás fornecido. Assim, o valor de transporte e remuneração para o biogásoduto será 40% x R\$ 1,1946/m<sup>3</sup> = R\$ 0,4778/m<sup>3</sup> e a remuneração para o produtor rural de suínos será 60% x R\$ 1,1946/m<sup>3</sup> = R\$ 0,7167/m<sup>3</sup>.

Para estimar os custos com tubulações, utilizou-se os dados fornecidos pela empresa Mega Tubos e Conexões, cujos preços dos tubos em PEAD (polietileno de alta densidade) com resina PE 100 é de R\$ 128,87/m para diâmetros de 140 mm, de R\$ 410,60/m para 250 mm e de R\$ 1.048,38/m para 400 mm. O investimento total para implantação do biogásoduto abrange ainda custos de transporte e mão de obra de instalação, que foram obtidos com prestadores de serviço idôneos, porém aqui não identificados.

As projeções dos fluxos de caixa para os projetos de cada uma das rotas foram estimadas



considerando um cenário de 30 anos, tempo médio de duração de um empreendimento dessa natureza. Além disso, a taxa de custo de capital adotada para o cálculo dos indicadores de análise de investimentos foi de 2,00% ao ano, valor da meta da taxa SELIC para 2020, segundo o Relatório Focus, de 31 de julho de 2020, divulgado pelo Banco Central do Brasil.

### Viabilidade econômica da Rota I

A Tabela 2 a seguir descreve os dados do biogasoduto da Rota I, que se encontra esquematizado na Figura 2. Os custos correspondentes encontram-se na Tabela 3.

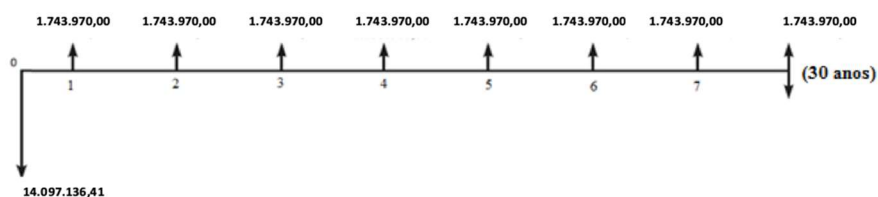
**Tabela 2:** Diâmetro do biogasoduto em relação a distâncias – Rota I.

POSIÇÃO EM RELAÇÃO A CENTRAL	DISTÂNCIA ATÉ A CENTRAL (m)	COMPRIMENTO DO DUTO SECUNDÁRIO (m)	DIÂMETRO DOS DUTOS (mm)
1	110	400	140
2	300	200	140
3	1000	200	140
4	1800	200	140
5	2500	200	140
6	2500	600	140
7	10200	-	140
Duto principal	10200	-	250

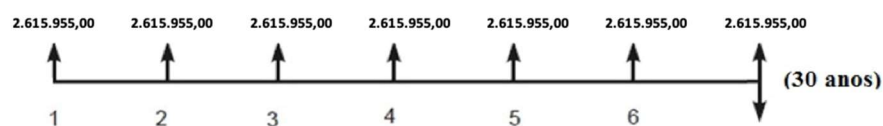
**Tabela 3:** Custos de implantação do biogasoduto da Rota I.

INVESTIMENTO	CUSTO
Tubulação	R\$ 4.420.086,00
Instalação	R\$ 9.677.050,41
Implantação do biogasoduto	R\$ 14.097.136,41

Nessa rota são vendidos para a indústria 10.000 m<sup>3</sup> de biogás por dia. A remuneração do biogasoduto é de R\$ 0,4778/m<sup>3</sup> de biogás, portanto, a receita anual desse investimento é de R\$ 1.743.970,00. Ao passo que a remuneração do produtor rural é de R\$ 0,7167/m<sup>3</sup>, o que corresponde a um lucro anual de R\$ 2.615.955,00. Os fluxos de caixa que retratam o investimento e o retorno do projeto da Rota I para o investidor do biogasoduto e para o produtor rural de suínos estão representados respectivamente nas Figuras 6 e 7 a seguir.



**Figura 6:** Diagrama do fluxo de caixa para o biogasoduto - Rota I.



**Figura 7:** Diagrama do fluxo de caixa do produtor rural - Rota I.

A partir do diagrama da Figura 6, descontando-se a taxa de 2,00% ao ano, aplicou-se as Equações (1), (2) e os métodos de cálculo para *Payback*. Os resultados líquidos anuais de investimento para a implantação do biogasoduto estão dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4:** Resultados líquidos anuais de investimento para o biogasoduto da Rota I.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 14.097.136,41	R\$ 24.961.610,18	12%	8 anos e 1 mês	8 anos e 11 meses

O tempo necessário para o investidor do biogasoduto recuperar o valor do investimento inicial a partir das entradas de caixa geradas pelo projeto, é de 8 anos e 1 mês, sem considerar o valor do dinheiro no tempo, e de 8 anos e 11 meses, ao levar-se em conta o valor temporal do dinheiro.

Nessa rota, após o biogás ser captado das granjas e levado via biogasoduto até a Central, deverá ser transportado até a indústria via biogasoduto virtual. Desse modo, a compressão, o transporte e a posterior descompressão ficam a cargo de uma empresa, fugindo, então, do escopo de avaliação desse estudo.

### Viabilidade econômica da Rota II

A análise é apresentada em duas etapas: a primeira é análoga à da rota anterior e contempla o projeto de captação e condução do biogás; a segunda trata da construção da indústria cerâmica.

Para o biogasoduto da Rota II, esquematizado na Figura 3, tem-se a Tabela 5 com a descrição de seus dados e a Tabela 6 com o resumo dos custos de sua implantação.

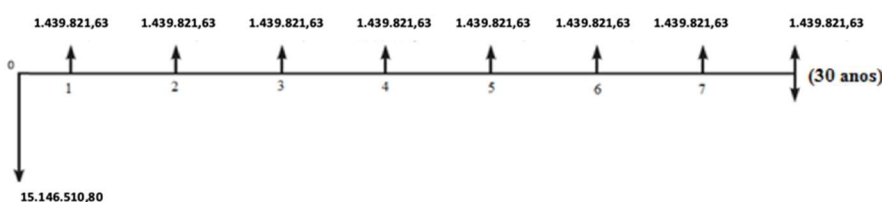
**Tabela 5:** Diâmetro do biogasoduto em relação a distâncias – Rota II.

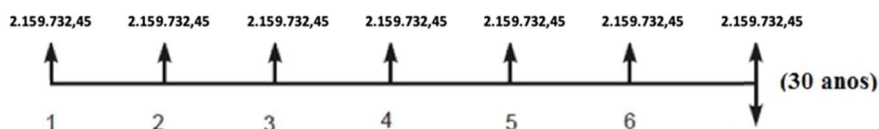
POSIÇÃO EM RELAÇÃO A CENTRAL	A DISTÂNCIA ATÉ A CENTRAL (m)	COMPRIMENTO DO DUTO SECUNDÁRIO (m)	DIÂMETRO DOS DUTOS (mm)
1	369	1253	140
2	1132	468	140
3	1679	720	140
4	1931	761	140
5	2893	949	140
6	4864	374	140
7	5336	458	140
8	7735	284	140
9	8079	601	140
10	8170	536	140
Duto principal	8421	-	250

**Tabela 6:** Custos de Implantação do biogasoduto da Rota II.

INVESTIMENTO	CUSTO
Tubulação	R\$ 4.282.946,08
Instalação	R\$ 10.863.564,72
Implantação do biogasoduto	R\$ 15.146.510,80

Nessa rota são vendidos para a indústria 8.256 m<sup>3</sup> de biogás por dia. A partir dos valores de remuneração para o biogasoduto e para o produtor rural, obtém-se a receita anual para o investimento do biogasoduto no valor de R\$ 1.439.821,63 e o lucro anual de R\$ 2.159.732,45 para o produtor de suínos. Os fluxos de caixa que retratam o investimento e o retorno do projeto da Rota II para o investidor do biogasoduto e para o produtor rural estão representados respectivamente nas Figuras 8 e 9 a seguir.

**Figura 8:** Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - Rota II.



**Figura 9:** Diagrama do fluxo de caixa do produtor rural - Rota II.

A partir do diagrama da Figura 8, descontando-se a taxa de 2,00% ao ano, aplicou-se as Equações (1), (2) e os métodos de cálculo para *Payback*. Os resultados líquidos anuais de investimento para a implantação do biogásoduto estão dispostos na Tabela 7.

**Tabela 7:** Resultados líquidos anuais de investimento para o biogásoduto da Rota II.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 15.146.510,80	R\$ 17.100.390,34	9%	10 anos e 7 meses	12 anos

O tempo necessário para o investidor do biogásoduto recuperar o valor do investimento inicial a partir das entradas de caixa geradas pelo projeto, é de 10 anos e 7 meses, sem considerar o valor do dinheiro no tempo, e de 12 anos, ao levar-se em conta o valor temporal do dinheiro.

A segunda etapa consiste na análise da viabilidade econômica de instalação de uma indústria cerâmica no mesmo local que a Central de Captação do biogás. O projeto dessa indústria considerou uma produção mensal de 600.000 m<sup>2</sup> de pisos, o que representa um lucro anual de R\$ 3.558.500,46 para o fabricante, e estimou o investimento inicial de R\$ 19.896.274,29 para as obras de construção da fábrica; a aquisição de máquinas, equipamentos e instalações; além do capital de giro necessário para operação inicial e alavancagem da produção. Com base nos resultados líquidos anuais de investimento, descontando a taxa de custo de capital de 2,00% ao ano, foram determinados os indicadores de análise de investimentos para a indústria cerâmica, que são: VPL de R\$ 59.801.523,09; TIR de 18%; *Payback* de 5 anos e 8 meses; *Payback* descontado de 6 anos.

### Viabilidade econômica da Rota III

A Tabela 8 a seguir descreve as distâncias percorridas pelo biogásoduto da Rota III, conforme o esquema da Figura 4. Esse biogásoduto também inclui os das Rotas I e II, cujos dados estão nas Tabelas 2 e 5 respectivamente. Os custos para a implantação do biogásoduto estão resumidos na Tabela 9.

**Tabela 8:** Diâmetro dos biogásodutos em relação a distâncias – Rota III.

TRECHOS DO GASODUTO	DISTÂNCIA (m)	DIÂMETRO DOS DUTOS (mm)
Rota I ao Ponto de União	33.368,61	400
Rota II ao Ponto de União	13.231,21	400
Ponto de União ao APL Terra Cozida do Pantanal	60.360,00	400

**Tabela 9:** Custos de Implantação do biogásoduto da Rota III.

INVESTIMENTO	CUSTO
Tubulação - Ponto de União ao APL Terra Cozida do Pantanal	R\$ 63.280.216,80
Implantação - Ponto de União ao APL Terra Cozida do Pantanal	R\$ 51.039.912,42
Rota I	R\$ 14.097.136,41
Rota II	R\$ 15.146.510,80
Tubulação - Rota I até Ponto de União	R\$ 34.982.983,35
Implantação - Rota I até Ponto de União	R\$ 28.216.218,23
Tubulação - Rota II até Ponto de União	R\$ 13.871.335,94

Implantação - Rota II até Ponto de União	R\$11.188.200,79
Implantação do biogasoduto	R\$ 231.822.514,74

A análise foi dividida em duas hipóteses: III-A e III-B. Na Rota III-A são vendidos para a indústria 18.256 m<sup>3</sup> de biogás por dia. Com base na remuneração para o biogasoduto, a receita anual desse investimento é de R\$ 3.183.791,63. A partir da remuneração para o produtor rural, seu lucro anual é de R\$ 4.775.687,45. A seguir estão representados os fluxos de caixa que representam o investimento e o retorno do projeto da Rota III-A para o investidor do biogasoduto e para o produtor rural de suínos, respectivamente, nas Figuras 10 e 11.

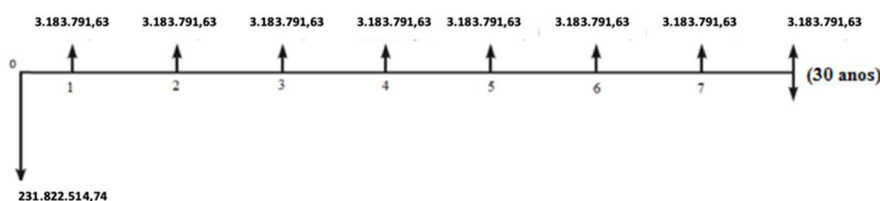


Figura 10: Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - Rota III-A.

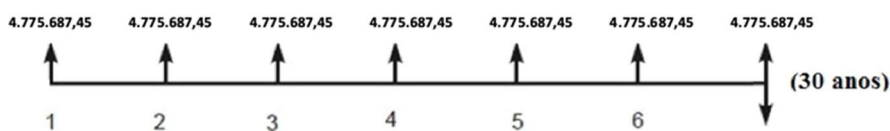


Figura 11: Diagrama do fluxo de caixa do produtor rural - Rota III-A.

A partir do diagrama da Figura 10, descontando-se a taxa de 2,00% ao ano, aplicou-se as Equações (1), (2) e os métodos de cálculo para *Payback*. Os resultados líquidos anuais de investimento para a implantação do biogasoduto estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10: Resultados líquidos anuais de investimento para o biogasoduto da Rota III-A.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 231.822.514,74	-R\$ 160.516.867,02	-5%	72 anos e 10 meses	-

O tempo necessário para o investidor do biogasoduto recuperar o valor do investimento inicial, a partir das entradas de caixa geradas pelo projeto, é de 72 anos e 10 meses, sem considerar o valor do dinheiro no tempo. Ao levar-se em conta o valor temporal do dinheiro (*payback* descontado), observou-se que não é possível obter o retorno do investimento, pois, no 30º ano ainda restará um saldo descontado de -R\$ 160.516.867,02 para o investimento, que não será anulado até, pelo menos, o 100º ano.

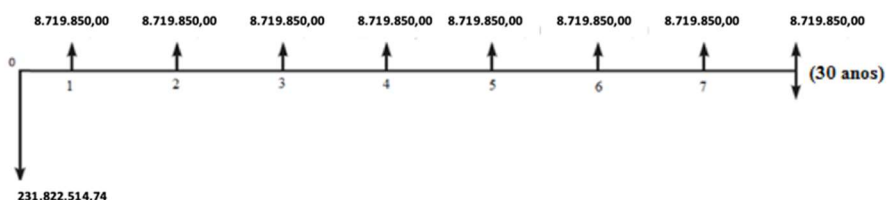


Figura 12: Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - Rota III-B.

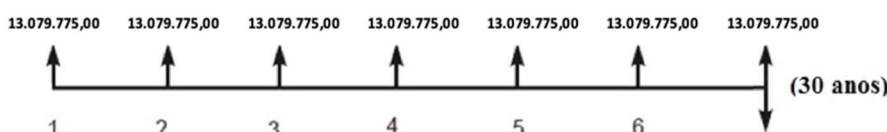


Figura 13: Diagrama do fluxo de caixa do produtor rural - Rota III-B.

A Rota III-B considera a venda de 50.000 m<sup>3</sup> de biogás por dia para a indústria cerâmica, logo, a receita

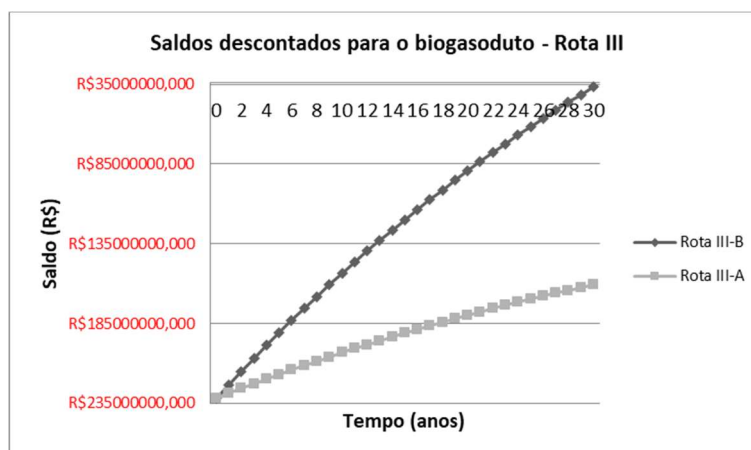
anual para o biogásoduto é de R\$ 8.719.850,00 e o lucro anual do produtor rural é de R\$ 13.079.775,00. A seguir tem-se o fluxo de caixa que representa o investimento e o retorno do biogásoduto na Figura 12, o fluxo de caixa para o produtor de suínos na Figura 13 e os resultados líquidos anuais de investimento para a implantação do biogásoduto na Tabela 11.

**Tabela 11:** Resultados líquidos anuais de investimento para o biogásoduto da Rota III-B.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 231.822.514,74	-R\$ 36.528.781,80	1%	26 anos e 7 meses	38 anos e 4 meses

O tempo necessário para o investidor do biogásoduto recuperar o valor do investimento inicial, a partir das entradas de caixa geradas pelo projeto, é de 26 anos e 7 meses, sem considerar o valor do dinheiro no tempo, e de 38 anos e 4 meses, ao levar-se em conta o valor temporal do dinheiro.

Na Figura 13 há o comparativo entre os saldos descontados para os investimentos do biogásoduto nas Rotas III-A e III-B ao longo dos anos, o que permite identificar como o volume fornecido de biogás impacta positivamente o retorno financeiro do projeto.



**Figura 13:** Comparativo entre saldos descontados dos investimentos para o biogásoduto - Rota III.

#### Viabilidade econômica da ROTA IV

O biogásoduto da Rota IV, esquematizado na Figura 5, está descrito na Tabela 12 e os custos de sua implantação estão resumidos na Tabela 13.

**Tabela 12:** Diâmetro dos biogásodutos em relação a distâncias – Rota IV.

TRECHOS DO GASODUTO	DISTÂNCIA (m)	DIÂMETRO DOS DUTOS (mm)
Rota I ao Ponto de União	33.368,61	400
Rota II ao Ponto de União	13.231,21	400

**Tabela 13:** Custos de Implantação do biogásoduto da Rota IV.

INVESTIMENTO	CUSTO
Rota I	R\$ 14.097.136,41
Rota II	R\$ 15.146.510,80
Tubulação - Rota I até Ponto de União	R\$ 34.982.983,35
Implantação - Rota I até Ponto de União	R\$28.216.218,23
Tubulação - Rota II até Ponto de União	R\$ 13.871.335,94
Implantação - Rota II até Ponto de União	R\$11.188.200,79
Implantação do biogásoduto	R\$117.502.385,52

O consumo de biogás das Rotas IV-A e IV-B é o mesmo das Rotas III-A e III-B, nessa ordem. Em consequência, a receita anual do biogasoduto e o lucro anual para o produtor rural também são idênticos aos casos da rota anterior. Para as Rotas IV-A e IV-B, respectivamente, os fluxos de caixa que representam o investimento e o retorno do biogasoduto estão representados nas Figuras 14 e 15; os resultados líquidos anuais de investimento obtidos para a implantação do biogasoduto estão nas Tabelas 14 e 15; e os fluxos de caixa para o produtor rural são os mesmos da rota anterior, logo, encontram-se nas Figuras 11 e 13. Por fim, o gráfico comparativo entre os saldos descontados para os investimentos do biogasoduto nas Rotas IV-A e IV-B está na Figura 16.

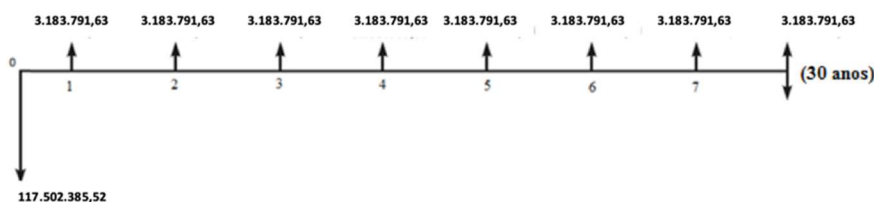


Figura 14: Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - Rota IV-A.

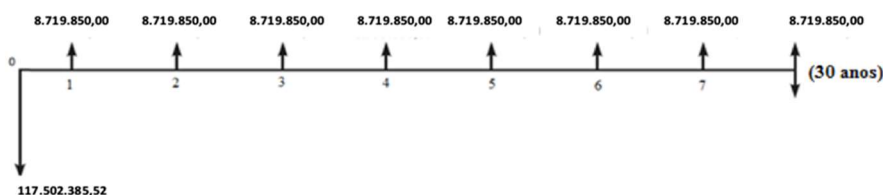


Figura 15: Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - Rota IV-B.

Tabela 14: Resultados líquidos anuais de investimento para o biogasoduto da Rota IV-A.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 117.502.385,52	-R\$ 46.196.737,80	-1%	36 anos e 11 meses meses	67 anos e 8 meses

Tabela 15: Resultados líquidos anuais de investimento para o biogasoduto da Rota IV-B.

INVESTIMENTO INICIAL	VPL	TIR	PAYBACK SIMPLES	PAYBACK DESCONTADO
R\$ 117.502.385,52	R\$ 77.791.347,42	6%	13 anos e 6 meses	15 anos e 11 meses

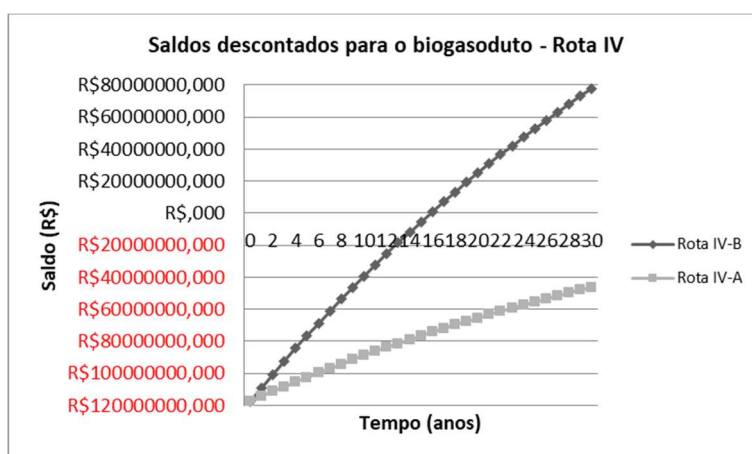


Figura 16: Comparativo entre saldos descontados dos investimentos para o biogasoduto - Rota IV.

O tempo para o investidor do biogasoduto recuperar o valor do investimento inicial, a partir das entradas de caixa geradas pelo projeto, é de 36 anos e 11 meses para a Rota IV-A e de 13 anos e 6 meses para a Rota IV-B, sem considerar o valor do dinheiro no tempo. Ao levar-se em conta o valor temporal do dinheiro (*payback* descontado), o prazo para a Rota IV-A é de 67 anos e 8 meses e para a Rota IV-B é de 15

anos e 11 meses. Outrossim, o gráfico da Figura 16 demonstra como o aumento de volume biogás viabiliza o projeto. Após o biogás ser captado das granjas e levado via biogasoduto até o Ponto de União, deverá ser transportado até a indústria via biogasoduto virtual, de forma que a compressão, o transporte e a posterior descompressão fica a cargo de uma empresa, o que foge do escopo de avaliação desse estudo.

## DISCUSSÃO

Os resultados foram comparados por meio da Tabela 16. Por meio dos indicadores obtidos, verificou-se que existe viabilidade econômica em três situações: Rotas I, II e IV-B. Isso porque elas apresentaram VPL positivo, TIR maior que a taxa de custo de capital (2,00%), *playback* simples e *playback* descontado menores que o prazo de vida útil do projeto (30 anos).

**Tabela 16:** Comparação dos resultados da análise de viabilidade econômica para cada rota.

	ROTA I	ROTA II	ROTA III		ROTA IV	
			III-A	III-B	IV-A	IV-B
INVEST. INICIAL (R\$)	14.097.136,41	15.146.510,80	231.822.514,74		117.502.385,52	
BIOGASODUTO VPL (R\$)	24.961.610,18	17.100.390,34	-	-	-	77.791.347,42
TIR	12%	9%	-5%	1%	-1%	6%
PAYBACK SIMP.	8a e 1m	10a e 7m	72a e 10m	26a e 8m	36a e 11m	13a e 6m
PAYBACK DESC.	8a e 11m	12a	-	38a e 4m	67a e 8m	15a e 11m
LUCRO ANUAL PROD. RURAL (R\$)	2.615.955,00	1.439.821,63	4.775.687,45	13.079.775,00	4.775.687,45	13.079.775,00

A rota mais desvantajosa é III-A, com valor de VPL mais negativo, menor TIR, *playback* simples maior que o tempo de duração do projeto e ausência de *playback* descontado. A Rota IV-A também é bastante desvantajosa, com TIR negativo e os dois tipos de *playback* maiores que o prazo de vida útil do projeto. A Rota III-B apresentou resultados parcialmente melhores que as duas anteriores, mas também é inviável economicamente e ainda possui elevado investimento inicial.

Apesar dos resultados da análise da Rota IV-B serem favoráveis à realização do investimento, o alto custo das tubulações e a hipótese do fornecimento de biogás de todos os produtores de suínos de São Gabriel do Oeste impossibilitam que essa rota seja diretamente implementada.

A Rota II, por sua vez, está atrelada à construção de uma indústria cerâmica, o que acresce mais R\$ 19.896.274,29 ao valor do investimento inicial de R\$ 15.146.510,80. Isso compromete a execução do projeto, embora os dados atestem a viabilidade econômica da implantação tanto do biogasoduto quanto da indústria cerâmica e que essa fábrica possa oferecer novos empregos e contribuir para a economia local.

Os indicadores obtidos para a Rota I apontam que esse é o melhor projeto para ser investido: VPL elevado, maior TIR e menores prazos de *playback* simples e descontado. Uma grande vantagem em relação às outras rotas viáveis é o valor menor do investimento inicial. Ao comparar-se com a Rota II, cujo o aporte inicial é mais próximo da Rota I, o retorno para o produtor rural é maior. Além disso, o biogasoduto virtual permitirá que os produtores rurais e ceramistas adaptem aos poucos suas máquinas e equipamentos para o emprego do biogás, modificando a cultura de seu uso. Com isso, consolida-se a utilização da tecnologia e novas frentes de pesquisas e projetos poderão surgir com uma aceitabilidade muito maior. [56] Essa rota ainda



apresenta, conforme citado anteriormente, a vantagem do biogasoduto ser totalmente construído em estradas municipais, facilitando as autorizações e licenças ambientais, envolvendo apenas sete produtores.

Muitos são os benefícios ambientais, sociais e econômicos para o desenvolvimento da região a longo prazo com a implantação de um projeto que propicie a utilização do biogás proveniente da suinocultura como energia térmica para a produção cerâmica: extinção do processo de queima de lenha/cavaco em Rio Verde de MT, diminuindo o desmatamento e possibilitando maior aproveitamento da terra, antes necessária para o plantio de lenha; utilização mais nobre para os combustíveis fósseis, antes queimados em fornos; incentivo à instalação de novos biodigestores na agricultura local; possível redução de gastos com energia para a indústria cerâmica; aumento na qualidade dos produtos gerados pela indústria cerâmica pois o biogás permite uma queima mais controlada; renda extra para o produtor rural e industrial; ganho de tecnologia e conhecimento. Todos esses fatores poderão acarretar o aumento do fluxo de caixa dos municípios e do governo estadual. O aumento nas vendas poderá gerar mais impostos.

As entidades envolvidas, contudo, foram resistentes ao serem apresentadas ao projeto. Ademais, como o capital inicial necessário é bem elevado, as empresas privadas que poderiam investir, com o atual momento econômico possivelmente não investirão. Dessa forma, a maneira mais provável do projeto se concretizar seria através do aporte financeiro e jurídico dos poderes públicos municipal, estadual e/ou federal. Esse aporte poderia ser realizado em parcerias e acordos com empresas privadas e/ou com os produtores rurais, que apresentarão lucros anuais relevantes. Ao longo do tempo, os criadores de suínos poderão se tornar produtores de bioenergia e, para dar suporte a essa transformação, também deverão investir em capital, inovação gerencial e tecnológica.

## **CONCLUSÕES**

Os indicadores obtidos na análise das quatro diferentes rotas demonstraram que há viabilidade econômica em investir nos projetos das Rotas I, II e IV-B, o que traria diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais para a região norte do MS. No entanto, o elevado investimento inicial e a resistência das entidades envolvidas ao projeto podem representar um obstáculo a sua execução. Assim, é necessário que se desenvolva uma parceria entre governo, produtores rurais e empresas a fim de investir no projeto.

Recomenda-se a implementação por partes. Inicialmente construir a Rota I, que apresenta os melhores indicadores e o menor investimento inicial, para que as empresas do APL tenham tempo de se adaptar, atualizar o parque fabril e os processos de produção, além dos produtores rurais se conscientizarem da necessidade do uso da nova tecnologia e se profissionalizarem. Com o amadurecimento do projeto, deve-se incentivar a fixação de novos dutos de forma a implementar a Rota IV-B. A construção de outras rotas deve vir em sequência, promovendo a instalação de novos biodigestores, até substituir o biogasoduto virtual por dutos e, possivelmente, deslocar essa tecnologia para o interior, ampliando o projeto para outras áreas.

Por fim, sugere-se como estudos futuros desenvolver novas rotas economicamente viáveis, que ampliarão o projeto, a fim de criar um zoneamento econômico ecológico na região, incentivando a instalação de outros biodigestores, tanto de suínos como de bovinos. Observou-se também a necessidade de novas

pesquisas de eficiência energética nas indústrias cerâmicas pois, na maioria dos casos, a produção está centrada em consumo de energia elétrica. Além disso, por ser uma situação inédita na região, é interessante desenvolver estudos de aproveitamento de resíduos na produção cerâmica.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. A. N.; RANZI, T. J. D.; MUNIZ, R. N.; SILVA, L. G. S.; ELIAS, M. J.. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, AGRENER, 4. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2002.
- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F.. Eficiência energética de sistemas de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300030>
- ABCS; SEBRAE. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Mapeamento da suinocultura brasileira**: Mapping of brazilian pork chain. Brasília: ABCS, 2016.
- BELLI FILHO, P.; JÚNIOR, A. B. C.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C.. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.166-170, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100032>
- BRASIL. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2015.
- BRASIL. **Nota Técnica DEA 13/15**: Demanda de energia 2050. Rio de Janeiro: MME, 2016.
- BRASIL. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME, 2020.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F.. **Principles of corporate finance**. 12 ed. New York: McGraw Hill Education, 2017.
- BRUNI, A. L.. **Avaliação de Investimento**. São Paulo: Atlas, 2008.
- CEPEA; CAN. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Relatório PIB do agronegócio brasileiro**: Mês de Referência Julho 2020. Piracicaba: CNA, 2020.
- GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J.. **Principles of managerial finance**. 13 ed. Boston: Prentice Hall, 2012.
- LINDNER, E. A.. **Diagnóstico da suinocultura e avicultura em Santa Catarina**. Florianópolis: FIESC, 1999.
- MARIANO NETO, L. M.; PONCIANO, W. H.; SILVA, A. M. B.. Economic viability of the biogas produced on pig farms in Brazil for electric power generation. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.18, p. 935-945, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2019.16797>
- PECORA, V.. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP**: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PINTO, R. P.. **Tarifação na malha de biogásodutos de transporte no Brasil**: evolução e perspectivas. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- SCHWOB, M. R. V.. **Perspectivas de difusão do gás natural na indústria brasileira de cerâmica vermelha**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Relatório de pesquisa mineralógica do município de São Gabriel do Oeste**. Rio Verde do Mato Grosso: LabSenai Cerâmica, 2015.
- SILVA, R. L.; SILVA, A. M. P.. Quantificação do biogás da suinocultura e da energia térmica obtida via combustão na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.31, n.1, p.31-37, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n1p31-37>
- SILVA, A. C. G.; TREVISAN, G. M.. Processo de produção e aproveitamento energético do biogás: uma revisão dos sistemas e tecnologias existentes no mercado. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n. 2, p.197-210, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.002.0017>
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A.. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustener Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.