



**VII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

## **VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS: ESTUDO DE CASO DE UM MUNICÍPIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS DO BRASIL**

**DOUGLAS ELDO PEREIRA DE OLIVEIRA**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**JOSÉ CARLOS CURVELO SANTANA**  
UNINOVE – Universidade Nove de Julho

**MÁGILLA FEITOSA MEDEIROS**  
Uninove



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

## VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS: ESTUDO DE CASO DE UM MUNICÍPIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS DO BRASIL

Resumo:

O desenvolvimento tecnológico tem gerado demanda por energia, com a escassez de recursos naturais, o ser humano foi forçado a buscar alternativas. Essas fontes geram energia eficientemente sem causar impactos ambientais, um exemplo desse tipo de energia é o biogás produzido a partir de resíduos orgânicos. Observando a necessidade de energia renovável, a GE (GENERAL ELECTRIC) desenvolveu o *Jenbacher*, um gerador de gás que converte os resíduos em energia elétrica. Este relato apresenta um estudo de caso que demonstra a viabilidade econômica de gerar eletricidade a partir de esterco de vaca com o motor *Jenbacher* (GE). Para realização do estudo foi escolhido um município em Minas Gerais, que é um dos maiores produtores de leite do Brasil. O digestor foi projetado com os dados fornecidos pela GE para o gerador. De acordo com os resultados obtidos para um custo de eletricidade produzido aproximadamente 0,43 R \$ / kWh, a taxa de retorno do projeto para a usina gerar energia a partir de esturmo de gado é de cerca de 8 anos, o que mostrou a viabilidade econômica de este projeto. Este relato teve como objetivo demonstrar e propor a viabilidade econômica para gerar eletricidade a partir de esterco bovino, utilizando o motor *Jenbacher*.

Palavras-chave: energia renovável, biogás, desenvolvimento sustentável, biocombustíveis

Abstract:

Technological development has generated demand for energy, with the scarcity of natural resources, the human being was forced to seek alternatives. These sources generate energy efficiently without causing environmental impacts, an example of this type of energy is biogas produced from organic waste . Noting the need for renewable energy, GE (General Electric) has developed the *Jenbacher*, a gas generator that converts waste into electricity. This report presents a case study demonstrating the economic viability of generating electricity from cow manure with the engine *Jenbacher* (GE). To carry out the study was chosen a municipality in Minas Gerais, which is one of the largest milk producers in Brazil. The digester was designed with the data provided by GE for the generator. According to the results obtained for a cost of electricity produced approximately 0.43 R \$ / kWh, the project's rate of return for the power plant to generate energy from livestock manure is about 8 years, which showed the economic viability of this project. This report aimed to demonstrate and propose the economic viability to generate electricity from bovine manure using the *Jenbacher* motor.

Keywords: renewable energy, biogas, sustainable development, biofuels



## 1. Introdução

A importância da energia na sociedade é inegável, a sua utilização permite a criação de bens e a prestação de serviços, assegurando o atual nível de vida e o desenvolvimento tecnológico (Hinrichs & Kleinbach, 2008). Durante muito tempo toda a energia consumida foi gerada por fontes consideradas convencionais, o que causou muitos impactos no meio ambiente (Lima, Rebelatto, & Savi, 2006).

Com o surgimento de uma "consciência ambiental", em linha com a crescente necessidade de energia, encorajou-se o desenvolvimento de novas opções para a geração de energia, emergindo para as energias renováveis (Assis et al., 2017; Bassetto, Guelbert, Kovaleski, Leszcynski, & Lima, 2006; Vanzin, Pandolfo, Brandli, Gheno, & Kurek, 2006). Este relato chama a atenção para o biogás, que pode ser obtido a partir de resíduos agrícolas, esterco de animais e seres humanos. (Tarrento & Martinez, 2006).

A fim de otimizar a produção de biogás e contribuir para o tratamento de resíduos, a GE (GENERAL ELECTRIC) desenvolveu um motor chamado Jenbacher que transforma os resíduos biológicos em energia elétrica (General Electric, 2008).

Com uma produção anual de cerca de 137.529 litros de leite por ano, um município de MG, que é um importante produtor de leite no Brasil (IBGE, 2009). Seguindo esse raciocínio, está correto dizer que o número de bovinos nessa cidade é considerável, estima-se que há cerca de 195.346 bovinos na região (IBGE, 2016). A quantidade de resíduos produzidos por esses animais pode se tornar uma oportunidade interessante para geração de energia (Coldebella, Souza, Souza, & Koheler, 2006).

Portanto, este relato tem como objetivo demonstrar e propor a viabilidade econômica de gerar eletricidade a partir de esterco de vaca usando o motor Jenbacher. Para realizar este estudo escolhemos um município do estado de Minas Gerais, por ser um dos maiores produtores de leite do país (IBGE, 2009).

## 2. Revisão da literatura

### 2.1. Crise de energia

O setor de energia é estratégico e fundamental para o desenvolvimento da humanidade, portanto, tornou-se algo de grande preocupação (Souza, Pereira, Nogueira, Pavan, & Sordi, 2004). O uso maciço de fontes convencionais de energia (combustíveis fósseis) contribuiu para



o aumento do efeito estufa, que gera mudanças climáticas significativas, demonstrando a importância do desenvolvimento de fontes alternativas de energia (Silva, Neto, & Salvado, 2004). A pesquisa e uso de fontes de energia alternativas sempre foi objeto de discussão na década de 90, este tema tem recebido atenção especial da sociedade, durante esse mesmo período, houve um importante acordo para redução da emissão de gases chamado de Protocolo de Quioto (Lima, 2008).

O Protocolo de Quioto estabelece "Mecanismos de Desenvolvimento Limpo" (MDL), nos quais os países membros devem assumir compromissos para quantificar e reduzir os gases que causam o efeito estufa (Bassetto et al., 2006).

No caso brasileiro o modelo energético, recomenda a diversificação de fontes de energia, de acordo com as alternativas tecnológicas disponíveis no país (Silva et al., 2004). O Brasil tem um diferencial em relação a outros países, pois com sua imensa biodiversidade permite a exploração de energia por diversos meios, como biomassa, energia eólica, solar e geotérmica (Pacheco, 2006).

As áreas rurais são destacadas pelo uso energético de vários resíduos agrícolas, especialmente pela digestão anaeróbia de matéria orgânica, responsável pela produção de biogás (Silva et al., 2004).

## 2.2. Biogás

Biogás é um gás natural resultante da fermentação anaeróbia de resíduos animais, resíduos de colheitas, resíduos industriais ou residenciais em condições apropriadas (Coldebella et al., 2006). Normalmente, o biogás é composto de 27 a 45% de dióxido de carbono e 55 a 70% de metano (Coelho, Velázquez, Martins, & Abreu, 2006).

No entanto, os valores variam com o tipo de decomposição dos resíduos, a Tabela 1 apresenta alguns valores de concentrações no biogás, incluindo o gás com menor concentração (Coldebella et al., 2006).

Tabela 1:

Valores das concentrações de gases com efeito de estufa no biogás

Gas	Símbolo	Concentração em biogás (%)
Metano	CH <sub>4</sub>	50-80
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	20-40
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	1-3
Azoto	N <sub>2</sub>	0,5-3
Sulfeto e outros	H <sub>2</sub> S, CO, NH <sub>3</sub>	1-5

Nota. Adaptado de Coldebella apud La Farge (1979)



O processo de conversão de resíduos em biogás através da digestão anaeróbia ocorre quando um ambiente isolado, as bactérias convertem material orgânico em gás (Hinrichs & Kleinbach, 2008). O ambiente onde ocorre essa transformação é chamado de biodigestor (Canafistula & de Carvalho, 2008). Os sistemas de biodigestores são classificados em dois tipos, "batelada" e "contínuo" (Lima, 2008).

Biodigestor tipo batelada: este biodigestor, é um sistema muito simples e de pequena exigência operacional (Azevedo Frigo et al., 2015; Barbosa & Langer, 2011; Deganutti, Palhaci, & Rossi, 2002). Compreende uma câmara de fermentação construída de alvenaria e um tanque de gás móvel, feito de chapa metálica (Lima, 2008; Guterres & Edler, 2017).

Para gerar o biogás, é necessário carregar a câmara com resíduos, então ela deve permanecer fechada por um período de quinze a vinte dias para a ocorrência de digestão anaeróbia (fermentação), a produção contínua de biogás tem um mínimo de vinte dias, após o qual o biodigestor deve ser descarregado e limpo, para retomar a geração de biogás (Bonturi & Dijk, 2012; Abbasi, Tauseef, & Abbasi, 2011; Barbosa & Langer, 2011; Barcelos, 2010). A Figura 1 ilustra um exemplo de digestor do tipo de lote;

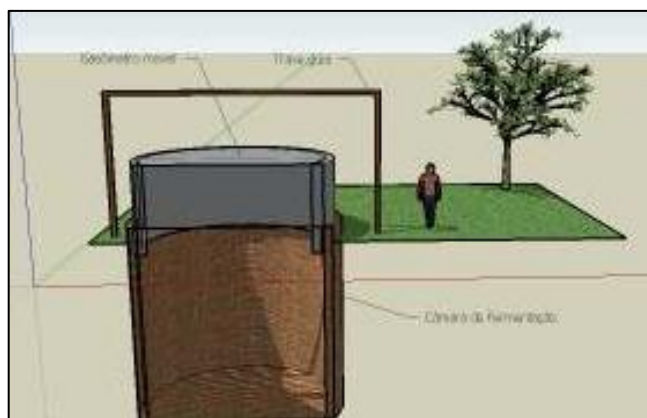


Figura 1 - biodigestor tipo batelada, vista tridimensional  
Fonte: Lima (2008)

Biodigestor tipo contínuo: este modelo de biodigestor difere na construção e método de operação, o despejo de alimentos ocorre através de recipientes ou bombas comunicantes, isto é realizado em intervalos de tempo predeterminados para facilitar o movimento e impedir o entupimento da mangueira de entrada. Existem muitos modelos de alimentação dos biodigestores, os modelos mais utilizados são o "indiano" e o "chinês" (Bonturi & Dijk, 2012).

Biodigestor modelo indiano: apareceu na cidade Mumbai na Índia, cerca de 1900 (Deganutti et al., 2002). O biodigestor indiano (Figura 2) tem uma câmara de fermentação



cilíndrica dividida pela metade, de modo que os resíduos se movem através de duas etapas de fermentação (Abbasi et al., 2011; Lima, 2008). O biodigestor indiano trabalha como um sino de gásômetro (para reter o gás) e uma caixa de entrada e uma saída, alimentação e remoção de resíduos (Nogueira, 2013; Turdera & Yura, 2006).

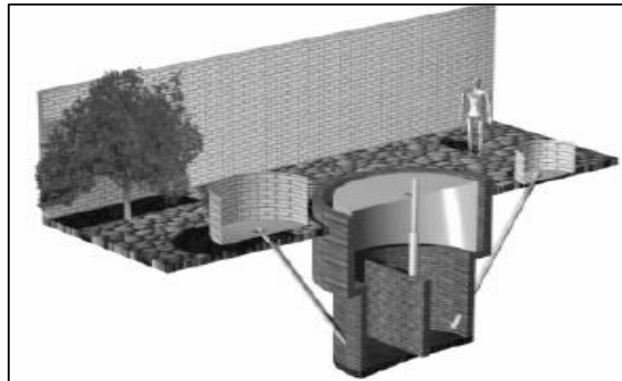


Figura 2 - Biodigestor modelo indiano, visão tridimensional  
Fonte: adaptado de Turdera & Yura (2006)

Biodigestor modelo chinês: o modelo chinês foi inspirado no biodigestor da Índia e foi adaptado às condições locais da China (Nogueira, 2013; Lima, 2008). É constituída por uma câmara cilíndrica construída com tijolos (alvenaria), um telhado curvo, que tem o propósito de armazenar e reter o biogás, duas câmaras para alimentação e remoção de resíduos (Assis et al., 2017; Deganutti et al., 2002). A Figura 3 mostra um exemplo de biodigestor do tipo chinês.

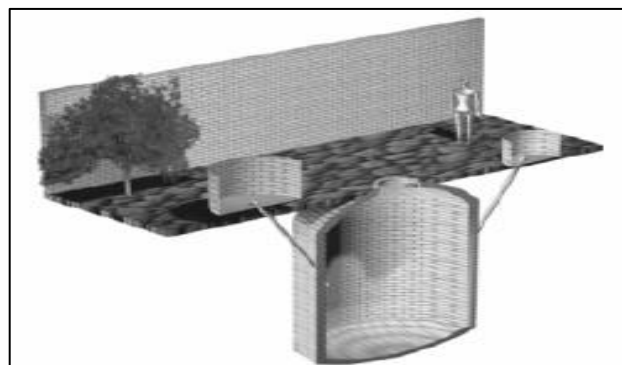


Figura 3 - biodigestor modelo chinês, visão tridimensional  
Fonte: Adaptado de Turdera & Yura (2006)

O biodigestor pode ser alimentado com uma variedade de resíduos orgânicos, mas o rendimento de produção de biogás varia dependendo do resíduo utilizado e de outras variáveis, como por exemplo, temperatura do processo, quantidade de água diluída, impermeabilidade ao ar e outras. Além de ser uma energia limpa, o biogás é considerado uma fonte de riqueza, porque utiliza seus resíduos agrícolas para gerar energia, que ao mesmo tempo são usados como fertilizantes para fortalecer as plantações (Nogueira, 2013; Turdera & Yura, 2006). O biogás



pode gerar outras formas de energia, substituindo fontes convencionais(Deublein & Steinhauser, 2011; Lima, 2008).

### 2.3. Tecnologia *Jenbacher*

Com o objetivo de proteger o meio ambiente e otimizar a produ3o de biog3s, a *General Electric* (GE) desenvolveu uma tecnologia de energia de cogera3o, que utiliza motores que utilizam biog3s para produzir eletricidade(General Electric, 2008). O gerador de motores *Jenbacher* (Figura 4) foi implantado em v3rios pa3ses, totalizando cerca de 560 sistemas de gera3o de energia, fornecendo cerca de 2,8 milh3es de megawatts-hora de eletricidade por ano, o suficiente para suprir 800.000 dos domic3lios europeus demandados(General Electric, 2008).



Figura 4 - Gerador Jenbacher do motor  
Fonte: General Electric (2008)

O processo de energia de cogera3o com o motor *Jenbacher* tem v3rios passos(General Electric, 2008). Conforme mostrado na Figura 5.

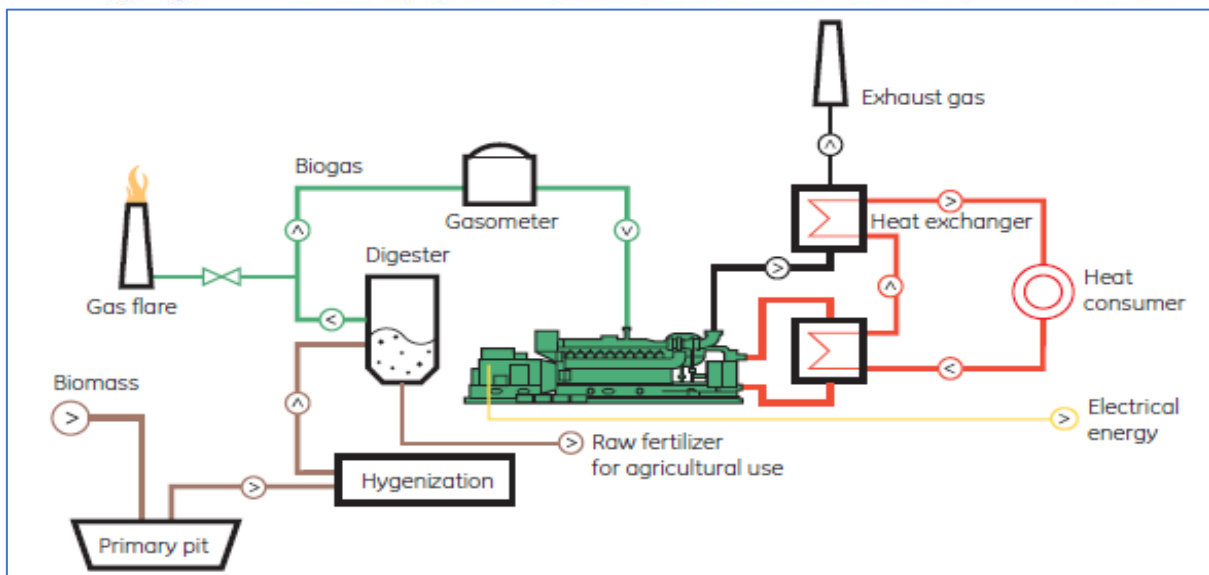


Figura 5 - ciclo de energia elétrica com o Jenbacher  
Fonte: General Electric (2009)

Primeiro, os resíduos orgânicos são coletados e armazenados no buraco principal (poço Primário), então esses resíduos são esterilizados (Higienizados) para eliminar e evitar o surgimento de microrganismos nocivos no processo. O material orgânico é fermentado no Digestor, dando origem ao biogás, que é armazenado no Gasômetro, para assegurar o fornecimento contínuo de gás ao motor Jenbacher, que fornece energia mecânica a um gerador acoplado ao equipamento, resultando na produção de eletricidade (General Electric, 2008). A tecnologia Jenbacher traz muitos benefícios:

- Evita a acumulação de resíduos orgânicos (excrementos de animais, restos da colônia e outros);
- Reduz a emissão de gases com efeito de estufa emitidos durante a utilização de fontes de energia tradicionais. Esta redução também é válida para os gases residuais biológicos emitidos durante a sua deterioração;
- Recicla o material orgânico já utilizado na produção de biogás, para fertilizar as regiões agrícolas. Este "novo" fertilizante é caracterizado por alta qualidade e para manter os locais de aplicação praticamente inodoros;
- Energia térmica obtida com a dissipação de calor do equipamento, também pode ser reciclada de acordo com as necessidades locais, por exemplo, em estufas.





#### 2.4. Análise financeira.

A análise econômica foi realizada de acordo com a adaptação do método proposto por Souza et al. (2004), que está relacionado ao investimento de capital, custos de manutenção e outras variáveis envolvidas. O custo da eletricidade gerada a partir do biogás é representado pela variável "Ce" [R \$ / kWh] e dado pela equação (1)

$$Ce = (CAG + CAB) / PE \quad (1)$$

Onde "CAG" - custo anualizado de investimento no grupo gerador [R \$ / ano], "CAB" - com gasto anual de biogás [R \$ / ano] e PE - Produção de eletricidade por unidade de biogás [kWh / ano]. A variável "CAG" é calculada usando a equação (2):

$$CAG = CIG.FRC + OM \quad (2)$$

Onde "CIG" - Custo de investimento no gerador [R \$]; O fator de recuperação de capital "FRC" é obtido pela equação (3):

$$FRC = j \cdot (1 + j)^n / [j \cdot (1 + j)^{n-1} - 1] \quad (3)$$

Onde "j" - Taxa de Juros [% / ano] e "n" - Anos para recuperar o investimento. O custo de organização e manutenção de "OM" é calculado pela equação (4):

$$OM = CIG.POM / 100 \quad (4)$$

A variável "POM" representa gastos com operação e manutenção. A segunda variável na Equação (1) "CAB" é calculada usando a equação (5):

$$CAB = CB \cdot CNB \quad (5)$$

Onde, "CB" - Custo do biogás [R \$ / m<sup>3</sup>] e "CNB" - Consumo por gerador de motores de biogás [m<sup>3</sup> / ano]. A variável "CB", por sua vez, é calculada com a equação (6):

$$CB = CAD / PAB \quad (6)$$



Onde "CAD" - custo anualizado de investimento no biodigestor [R \$ / ano] e "PAB" - Produção anual de biogás [m<sup>3</sup> / ano]. O cálculo do custo anualizado do investimento em digestor "CAD" é realizado utilizando a equação (7):

$$CAD = CIB.FRC + OM / 100 \quad (7)$$

Onde "CIB" - Custo de investimento no biodigestor [R \$]. A terceira variável na equação (1) é a produção de eletricidade pela planta de biogás "PE", que por sua vez é obtida pela equação (8):

$$PE = Pot.T \quad (8)$$

Em que, Pot - Potência nominal [kW] e RI - disponibilidade anual da planta [horas / ano]. Para determinar o tempo de retorno sobre o investimento "RI", utiliza-se a equação (9):

$$RI = [\ln (-k / j-k)] / [\ln (1 + j)] \quad (9)$$

A variável "k" na Equação (9) é encontrada usando a equação (10):

$$K = [A / CI] - [OM / 100] \quad (10)$$

E a variável "A" na Equação (10) é calculada com a equação (11):

$$A = CI. [FRC + OM / 100] \quad (11)$$

Onde "A" - com poder de despesa anual adquirido na rede [R \$ / ano], "CI" - Custo de investimento no sistema digestor / gerador-motor [R \$] e "OM" - despesas de amortização e manutenção do Planta [R \$ / ano]. O custo de investimento no sistema digestor / gerador-motor "CI" é dado pela equação (12):

$$CI = CIB + CIG \quad (12)$$

### 3. Metodologia

Este relato é classificado como uma pesquisa-ação, de acordo com(Gil, 2004), estes estudos visam proporcionar mais familiaridade com o problema, a fim de torná-lo hipóteses e propostas mais explícitas para tomada de decisão. A abordagem metodológica é um estudo de



caso, que permite estudar um tema em detalhe, a fim de obter maior riqueza de detalhes (Gil, 2004).

A base teórica da pesquisa-ação foi baseada em revistas, folhetos e informações técnicas disponíveis em sites da Web. Para a realização do estudo de caso foi escolhido um município, em Minas Gerais, região onde existem cerca de 195.346 bovinos (IBGE, 2009). Esses animais são responsáveis por produzir cerca de 137.529 litros de leite por ano, é um dos maiores produtores de leite no Brasil (IBGE, 2009).

A quantidade de resíduos produzidos pelo gado é proporcional, o que torna interessante a possibilidade de utilizar esta grande quantidade de matéria orgânica na geração de eletricidade. O motor selecionado para gerar eletricidade a partir de biogás neste estudo foi o modelo Jenbacher J920, um poderoso sistema de cogeração de energia, capaz de atingir altos níveis de eficiência elétrica que pode fornecer até 9,5 MW por máquina (General Electric, 2009).

A análise econômica da geração de eletricidade produzida por biogás foi realizada utilizando o método adaptado proposto por Souza et al. (2004), O custo da eletricidade gerada a partir do biogás é representado pela variável "Ce" [R \$ / kWh] e dado pela equação (1).

$$Ce = (CAG + CAB) / PE \quad (1)$$

#### 4. Análise dos resultados

O valor estimado do motor "Jenbacher J920" é de aproximadamente 3,5 milhões de Euros. O preço do Euro em 14/04/17 é de R \$ 3,33, então o valor do equipamento é de R \$ 11.655.000,00. Para simular o financiamento do equipamento foi utilizado a taxa de juros de 8%, valor fornecido pelo governo federal para atividades agrícolas (Souza et al., 2004). O prazo de amortização do investimento é de 10 anos (valor adotado pelos autores). O valor calculado de FRC foi de R \$ 0,172.

As despesas de operação e manutenção durante o ano (POM), representando cerca de 4% do investimento total (Souza et al., 2004). Portanto, o montante gasto com a organização e manutenção (OM) é de R \$ 4.662,00 R \$ / ano. O custo anualizado do investimento no grupo gerador de motores (CAG) é de 2.013.984,00 R \$ / ano.

O tamanho e o custo de investimento no digestor utilizado neste estudo são baseados em Coldebella et al, (2006), que propõe um biodigestor com dimensões de 40x7x3m a um custo de R \$ 25.000,00. O Jenbacher J920 consome 637 m<sup>3</sup> / ano de biogás. Portanto, o volume de



840 m<sup>3</sup> proposto do biodigestor atende à demanda exigida, enquanto ainda fornece uma margem de segurança.

Com esta configuração, a produção anual de biogás deve ser de 650 m<sup>3</sup> / ano (adoptada pelos autores), o volume necessário para satisfazer a procura do motor Jenbacher J920 (637 m<sup>3</sup> / ano) e ao mesmo tempo, garantindo um pequeno fornecimento extra de biogás em caso de eventualidades.

Em média, uma vaca de 120 a 520 kg gera esterco para gerar biogás 0,292 m<sup>3</sup> / dia (Antonelli et al., 2016; Coldebella et al., 2006). Assim, o número de bovinos necessário para gerar os 650 m<sup>3</sup> / ano de biogás, pode ser calculado usando a regra simples de três. O resultado encontrado foi equivalente a 2226 bovinos. O custo anual do biogás (CAB) é de R \$ 196.440,49. A potência elétrica alcançada pelo Jenbacher J920 é de 9,5 MW. A disponibilidade anual da planta é de 8760 horas (adotada pelos autores), equivalente a 24 horas por 365 dias. A produção de eletricidade por biogás (PE) é de 3.467.500 kWh / ano. Substituindo as variáveis "CAG", "CAB" e "PE" para valores na equação (1), encontrou-se o custo de 0,42981 R \$ / kWh, aproximadamente 0,43 R \$ / kWh. O retorno do investimento "RI" é de 8,13 anos.

A empresa que distribui energia elétrica no município estudado do estado de Minas Gerais é a Cemig, a taxa vigente no período de 18/04/2013 a 17/04/2017 era de R \$ / 0,526 kWh (Anell, 2017). A Figura 6 mostra um gráfico, onde você pode comparar o preço da energia elétrica (R \$ / kWh) em Minas Gerais, com o custo da energia produzida através da tecnologia "Jenbacher J920".

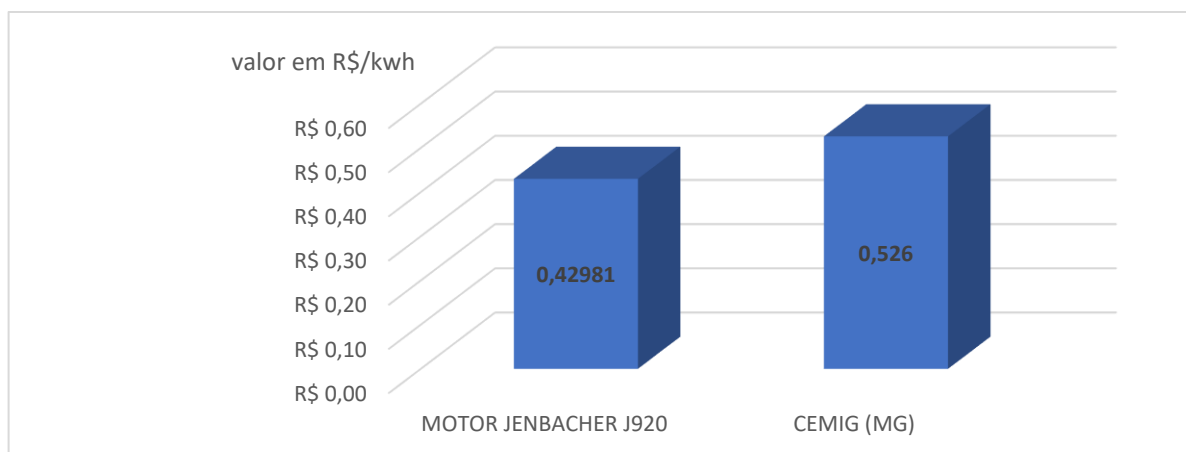


Figura 6 - Comparação entre os valores R \$ / kWh  
Fonte: Autores



## 5. Conclusão

Em tempos de escassez de energia, há a necessidade de fontes de energia renováveis, portanto, este trabalho apresentou um estudo de caso, que propôs e demonstrou a viabilidade econômica de geração de eletricidade a partir de resíduos (esterco) bovinos, com o motor gerador *Jenbacher*, desenvolvido pela *General Electric* e utilizando a adaptação do método proposto por Souza et al. (2004), de viabilidade econômica da geração de eletricidade produzida por biogás.

O estudo de viabilidade foi realizado utilizando como base um município de Minas Gerais, que é um dos maiores produtores de leite do Brasil. Realizou-se um cálculo para dimensionar e projetar o biodigestor com o tamanho e o custo de investimento baseados em Coldebella et al. (2006), que propõe um biodigestor com dimensões de 40x7x3m e com os dados fornecidos pela GE para dimensionar o gerador, bem como aumentar o custo de produção de eletricidade a partir de esterco de bovinos gerado na região.

De acordo com os resultados obtidos de um custo de eletricidade de aproximadamente 0,43 R \$ / kWh, a taxa de retorno do projeto para implementar a usina para gerar energia a partir de estrume bovino é de aproximadamente 8 anos, o que demonstrou a viabilidade econômica deste projeto.

Além do fator financeiro, é importante ressaltar os benefícios indiretos obtidos com a implementação da tecnologia *Jenbacher*, por exemplo, a reutilização de energia térmica dissipada pelo equipamento, a venda ou uso de estrume como um fertilizante rico em proteína, conforme, (Assis et al., 2017; Silva et al., 2004) que tentou combinar a aplicação de esterco com a adubação verde, gás metano livre, venda de Créditos de carbono e outros. Sem dúvida, a tecnologia *Jenbacher* é um avanço na geração de energia sustentável.

**Referencias**

- Abbasi, T., Tauseef, S. M., & Abbasi, S. A. (2011). *Biogas Energy*. Springer Science & Business Media.
- Anell. (2017). Ranking das Tarifas - ANEEL. Recuperado 26 de setembro de 2017, de <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>
- Antonelli, J., Lindino, C. A., Azevedo, J. C. R. de, Souza, S. N. M. de, Cremonez, P. A., & Rossi, E. (2016). Produção de biogás por digestão anaeróbia do soro de leite. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(3), 463–467.
- Assis, J. C., Silva, S. N. D., Freitas, A. D. de, Palma, D. A. G., Ferreira, D. H. do C., & Silveira, B. F. F. (2017). Produção de biogás a partir do resíduo orgânico do restaurante universitário da Unipampa campus Bagé. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 8(1). Recuperado de <http://publicase.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/19625>
- Azevedo Frigo, K. D., Feiden, A., Galant, N. B., Santos, R. F., Mari, A. G., & Frigo, E. P. (2015). Biodigestores: seus modelos e aplicações. *Acta Iguazu*, 4(1), 57–65.
- Barbosa, G., & Langer, M. (2011). Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unoesc & Ciência - ACSA*, 2(1), 87–96.
- Barcelos, B. R. de. (2010). Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos.
- Bassetto, L. I., Guelbert, T. F., Kovaleski, J. L., Leszcynski, S., & Lima, I. A. (2006). Crédito de carbono: uma moeda ambiental como fator de motivação econômica. *XXVI ENEGEP-Fortaleza, CE, Brasil*, 9.
- Bonturi, G. D. L., & Dijk, M. V. (2012). Instalação de biodigestores em pequenas propriedades, 8, 8.



- Canafistula, F. J. F., & de Carvalho, P. C. M. (2008). Avaliação da equivalência energética do biogás de esterco de caprinos. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/francisco\\_canafistula/publication/266483042\\_avaliacao\\_da\\_equivalencia\\_energetica\\_do\\_biogas\\_de\\_esterco\\_de\\_caprinos/links/54613a320cf27487b4527049.pdf](https://www.researchgate.net/profile/francisco_canafistula/publication/266483042_avaliacao_da_equivalencia_energetica_do_biogas_de_esterco_de_caprinos/links/54613a320cf27487b4527049.pdf)
- Coelho, S. T., Velázquez, S., Martins, O. S., & Abreu, F. C. de. (2006). A conversão da fonte renovável biogás em energia. In *Congresso Brasileiro de Planejamento Energético* (Vol. 2006). Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Suani\\_Coelho/publication/228452829\\_A\\_conversao\\_da\\_fonte\\_renovavel\\_biogas\\_em\\_energia/links/54d4bfdf0cf2970e4e639342/A-conversao-da-fonte-renovavel-biogas-em-energia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Suani_Coelho/publication/228452829_A_conversao_da_fonte_renovavel_biogas_em_energia/links/54d4bfdf0cf2970e4e639342/A-conversao-da-fonte-renovavel-biogas-em-energia.pdf)
- Coldebella, A., Souza, S. N. M. de, Souza, J. de, & Koheler. (2006). Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*. Recuperado de [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200053&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200053&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Deganutti, R., Palhaci, M. do C. J. P., & Rossi, M. (2002). Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*. Recuperado de <http://www.proceedings.scielo.br>
- Deublein, D., & Steinhauser, A. (2011). *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*. John Wiley & Sons.
- General Electric. (2008). Jenbacher Gas Engine Services | Maintenance & Repair | GE Power. Recuperado 26 de setembro de 2017, de <https://www.gepower.com/services/jenbacher.html>



- General Electric. (2009). Biogas | GE Power Generation. Recuperado 26 de setembro de 2017, de <https://www.gepower.com/applications/biogas.html>
- Gil, A. C. (2004). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa-Cap 2* (Vols. 1–4). Atlas.
- Guterres, B. Q., & Edler, M. A. R. (2017). A energia do futuro: biogás. *Revista interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão*, 4(1). Recuperado de <http://www.revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/electronica/article/view/4172>
- Hinrichs, R. A., & Kleinbach, M. (2008). *Energia e Meio Ambiente* (3º). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- IBGE. (2009). Cidades.IBGE. Recuperado 5 de agosto de 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>
- IBGE. (2016). Cidades.IBGE. Recuperado 5 de agosto de 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/patos-de-minas/panorama>
- Lima. (2008). Sustentabilidade Energética e Ambiental do Sítio Ecológico Falkoski. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Helena\\_Lima/publication/266489760\\_sustentabilidade\\_energetica\\_e\\_ambiental\\_do\\_sitio\\_ecologico\\_falkoski/links/56a0031608ae4af52546dde6/sustentabilidade-energetica-e-ambiental-do-sitio-ecologico-falkoski.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Helena_Lima/publication/266489760_sustentabilidade_energetica_e_ambiental_do_sitio_ecologico_falkoski/links/56a0031608ae4af52546dde6/sustentabilidade-energetica-e-ambiental-do-sitio-ecologico-falkoski.pdf)
- Lima, M., Rebelatto, D., & Savi, E. (2006). O papel das fontes renováveis de energia na mitigação da mudança climática. In *Simpósio de Engenharia de Produção* (Vol. 13).
- Nogueira, M. I. V. (2013). Valorização de Biorresíduos no Município de Paços de Ferreira.
- Pacheco, F. (2006). Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, 149, 4–11.





- Silva, F. M., Neto, P. C., & Salvado, N. (2004). Avaliação do desempenho do motor alimentado com duplo combustível-biodiesel e biogás. Recuperado de [http://oleo.ufla.br/anais\\_01/artigos/e02.pdf](http://oleo.ufla.br/anais_01/artigos/e02.pdf)
- Souza, S. de, Pereira, W. C., Nogueira, C. E. C., Pavan, A. A., & Sordi, A. (2004). Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. *Acta Scientiarum Technology*, 26(2), 127–133.
- Tarrento, G. M., & Martinez, J. C. (2006). JC Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. *XIII SIMPEP-Bauru, SP, Brasil*, 6.
- Turdera, M. V., & Yura, D. (2006). Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados. *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*. Recuperado de [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100062&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100062&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Vanzin, E., Pandolfo, Brandli, Gheno, & Kurek. (2006). Análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: aplicação no aterro metropolitano Santa Tecla. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 26.