

ANÁLISE EXERGÉTICA DE UMA CENTRAL DE COGERAÇÃO ACIONADA POR BIOGÁS EM UMA EDIFICAÇÃO NO PIAUÍ

Ana Livia Formiga Leite, eng.analivia@gmail.com¹

Carlos Antônio Cabral dos Santos, carloscabralsantos2012@gmail.com¹

¹Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa – PB, Brasil

Resumo: A geração de energia elétrica é um dos fatores de maior importância para o mundo atualmente. Em um cenário em que novos equipamentos são desenvolvidos de forma cada vez mais acelerada e com uma configuração inteligente, a demanda de eletricidade é crescente. No Brasil, a maior parte da energia é gerada por hidrelétricas. Porém, essa fonte não garante um grau de segurança energética confortável para o país, pois depende principalmente da frequência das chuvas na região dos reservatórios. Tendo isso em vista, o uso de fontes de energia alternativas é necessário. Nas últimas décadas, uma fonte que vêm recebendo um destaque e é tida como a energia do futuro é o biogás. O biogás é um combustível oriundo da digestão anaeróbia da matéria orgânica, podendo esta ser proveniente de aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto, produção agrícola e resíduos sólidos. Por isso, este trabalho tem como objetivo a análise exergética de um sistema de cogeração cujo combustível é o biogás. O potencial energético do biogás é variável, de acordo com a porcentagem de metano existente, sendo de grande relevância a análise exergética e energética dos sistemas que o utilizam. Um sistema de cogeração é caracterizado por produzir dois tipos de energia a partir de uma única fonte. O sistema em estudo deste trabalho é composto por um motor de combustão interna movido a biogás acoplado a um gerador para a produção de eletricidade e por um trocador de calor, que recebe o rejeito térmico do motor para o aquecimento de água. Este sistema é aplicado a uma edificação residencial situada no Piauí. A análise exergética, além de quantificar os fluxos de calor e de potência, avalia a qualidade da energia transferida, com a determinação da exergia destruída em cada componente do sistema. A potência elétrica disponível pela queima do biogás é de 5,22 kW e a energia térmica dos gases de exaustão é de 25,65 kW. A exergia destruída do motor é superior que a do trocador de calor. No entanto, a eficiência exergética do motor apresentou um valor de 32%, enquanto o valor da eficiência exergética do trocador de calor encontrado foi baixo, o que indica que a transferência de energia não ocorre com qualidade. Existem outras configurações de cogeração que podem favorecer o uso da energia disponível pelo biogás.

Palavras-chave: exergia, geração distribuída, biocombustível.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade está enfrentando tempos de incerteza, com a pandemia do novo coronavírus e com a guerra na Europa. Existe outro problema, que há muito o mundo científico vem alertando: a mudança climática. O aumento da temperatura terrestre está cada vez mais acelerado, o que preocupa a todos os estudiosos (IPCC, 2019). O controle da emissão de gases de efeito estufa e, principalmente, o carbono, deve ficar mais rígido ao longo dos próximos anos. Tendo isso em vista, é fundamental o uso de fontes de energia alternativas para que a emissão dos gases nocivos seja reduzida e as mudanças climáticas sejam freadas.

Um combustível alternativo que está ganhando espaço na matriz energética mundial é o biogás, oriundo da decomposição da matéria orgânica (IEA, 2020). Este combustível é uma combinação de gases resultante da digestão anaeróbia de resíduos. Seu potencial energético vem da presença do metano na sua composição. O biogás pode ser produzido a partir de resíduos alimentares, de dejetos de animais, de estações de tratamento, de aterros sanitários e de outros resíduos com presença de matéria orgânica. Esta fonte de energia promove um grande benefício para o meio ambiente, visto que aproveita o potencial do que seria desperdiçado e promove a geração de energia elétrica descentralizada.

Nos últimos anos, muitos trabalhos estão sendo realizados tendo o biogás como fonte energética. Mendonza (2014) propôs uma análise exergética e ambiental do uso de biogás a partir dos resíduos sólidos urbanos em um aterro sanitário de Santa Catarina que atende dois municípios. A produção de biogás já ocorre no aterro sanitário. O autor identificou que a cada MWh de energia fornecida à rede, há uma emissão de 3,287 kg-CO₂-eq. Gartner (2015) realizou uma análise de viabilidade para a implantação de um biodigestor em um condomínio residencial em Balneário Camboriú para a geração de eletricidade ou o aproveitamento do biogás como gás de cozinha. O autor verificou que a quantidade de biogás produzida era insuficiente para atender a demanda energética do condomínio.

Barati *et al.* (2017) realizaram uma análise exergética de uma usina de biogás aproveitando da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos da cidade de Teerã, no Irã. A unidade de digestão anaeróbia gera eletricidade ao ser acoplada a um motor de combustão interna e também produz biofertilizante como subproduto do processo. Os autores tinham o objetivo de identificar as principais perdas energéticas do sistema para melhorar a eficiência do processo. O estudo concluiu que o motor de combustão interna possuía a maior perda de exergia, seguido da unidade de digestão anaeróbia.

Lee *et al.* (2017) desenvolveram uma otimização por meio de uma análise exergoeconômica e exergoambiental para um sistema que utiliza o biogás existente em uma estação de tratamento de efluentes para mover uma unidade de cogeração formada por uma microturbina a gás e por um gerador de vapor. Os autores identificaram que os três componentes com a maior exergia destruída são: a câmara de combustão, um trocador de calor e um pré-aquecedor. Com a otimização foi possível a redução tanto do custo exergoeconômico, como do exergoambiental.

Sevinchan *et al.* (2019) dimensionaram um sistema a biogás multigeracional, isto é, com múltiplas formas de geração de energia, incluindo dois estágios de digestores, um ciclo Brayton, um chiller de absorção de simples efeito, um ciclo Rankine orgânico e um aquecedor. O biogás é obtido por meio da decomposição da silagem do milho e dos dejetos de galinha. Esse sistema foi analisado energeticamente e exergeticamente, bem como foi quantificado o seu impacto ambiental. A produção de eletricidade do sistema foi de 1078 kW, 198 kW de calor, 87,54 kW de potência frigorígena e 40 kg de água. A eletricidade gerada seria suficiente para alimentar cerca de 300 casas.

Um trabalho recente de Aghbashlo *et al.* (2019) abordou uma análise exergoeconômica de um sistema a biogás conectado a um grupo motogerador para a geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos urbanos. A análise foi realizada pelo método SPECO. O custo unitário exergético dos dois produtos obtidos, eletricidade e biofertilizante, foi calculado em 27,26 USD/GJ e 2,27 USD/GJ, respectivamente.

Ajay *et al.* (2021) desenvolveram uma revisão de biodigestores portáteis que utilizam resíduos alimentares domésticos. O estudo apresenta diferentes técnicas para o aproveitamento destes resíduos, bem como as matérias primas que podem ser utilizadas. Os autores concluíram que os resíduos alimentares podem ser uma fonte de energia para o favorecimento da geração de eletricidade descentralizada.

Nota-se que, o uso do biogás para a geração de energia está cada vez mais consolidado a partir do avanço científico e tecnológico. A análise exergética é uma ferramenta fundamental que possibilita que os sistemas sejam mais eficientes. Diante disso, este trabalho tem como o objetivo analisar exergeticamente uma central de cogeração composta por um motor de combustão interna acionado a biogás, proveniente de resíduos alimentares de um edifício residencial, em que há o aproveitamento dos gases de exaustão deste motor para a geração de calor para aquecimento de água.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A edificação em estudo é situada em Teresina, no estado do Piauí, no nordeste brasileiro, e é composta de três torres residenciais, de doze andares cada, com oito apartamentos por andar, totalizando 288 unidades habitacionais. Para o cálculo da quantidade de pessoas, considerou-se uma média de 4 pessoas por apartamento.

A produção do biogás ocorre a partir de um tipo de substrato, matéria orgânica na qual ocorre a biodigestão. Neste trabalho, o biogás seria produzido por meio dos resíduos orgânicos das cozinhas. Como a edificação selecionada está na fase de projetos, a quantidade de resíduos gerada foi estimada com base em dados do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Teresina (2018). Segundo este relatório, a média de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados por Teresina é de 1,53 kg.hab.dia. A fração orgânica destes resíduos domiciliares é estimada em 51,40%.

Os resíduos são compostos por uma massa seca e por água. A produção do biogás ocorre a partir da massa seca. Por isso, deve ser definido o teor de sólidos voláteis que representa a matéria que pode ser aproveitada para a geração do biogás (Gartner, 2015). Como este trabalho se trata de uma análise teórica, foram estimados valores de teor de umidade e de sólidos voláteis para o cálculo da quantidade de resíduos com potencial para produção do biogás com base no trabalho de Gartner (2015) que analisou os resíduos de um condomínio residencial. Estes valores podem ser visualizados na Tab.1.

Tabela 1. Parâmetros Iniciais para o cálculo da produção de biogás

Caracterização dos resíduos	Valor
Teor de Sólidos Voláteis	90%
Teor de Umidade	80%
Potencial de Geração de Biogás Teórico	316,6 NL biogás/kgSV

O substrato é então encaminhado para o biodigestor, equipamento no qual ocorre a produção do biogás. O combustível é então direcionado ao motor de combustão interna, no qual há a produção de potência mecânica, que é convertida em eletricidade pelo gerador elétrico. Após a reação de combustão, os gases de exaustão saem pelo escapamento. Estes gases possuem um bom potencial energético, pois saem a uma alta temperatura, podendo assim ter sua energia térmica aproveitada. Por isso, é adicionado ao sistema um trocador de calor para aquecimento o de água, em que os gases de exaustão cedem calor para a água a ser utilizada para banho ou para cozinha. O sistema descrito pode ser visualizado na figura 1.

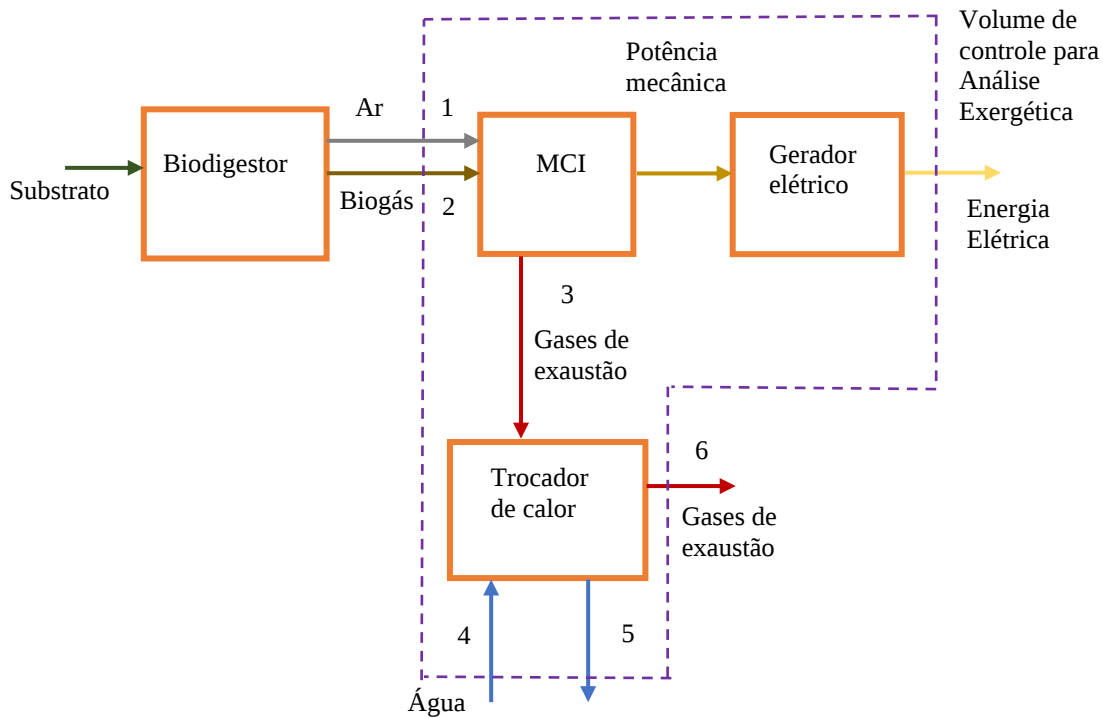


Figura 1. Representação do sistema de cogeração proposto acoplado à unidade de biodigestão.

3. ANÁLISE ENERGÉTICA E EXERGÉTICA

Inicialmente, para realizar a análise energética, é necessário o cálculo do potencial energético do biogás. Para isso, deve-se definir o valor do Poder Calorífico Inferior (PCI), que varia conforme a porcentagem de metano na composição do combustível. Segundo Nogueira (1996) apud Gartner (2015), o valor do PCI considerando um valor médio de 65% de metano é 6,4 kWh/m³. O potencial energético pode ser calculado pela Eq.1.

$$E_{total} = PCI \cdot V \quad (1)$$

Onde E_{total} é a energia total disponível pela combustão do biogás em kWh.dia e V é o volume diário de biogás produzido. Para calcular a quantidade de energia disponível em um dia, é necessário aplicar a Eq.2.

$$E_{disp} = \frac{E_{total}}{86400} \quad (2)$$

Sendo E_{disp} a energia em kW e 86400 a quantidade de segundos existente em um dia. A energia gerada pela combustão não é totalmente convertida em energia elétrica. Uma parte da energia é transformada em calor e outra parte da energia é perdida por meio de atrito. O calor está contido tanto nos gases de exaustão como na água de arrefecimento. Desse modo, tem-se que a energia do combustível é dissipada de acordo com a Fig.2.

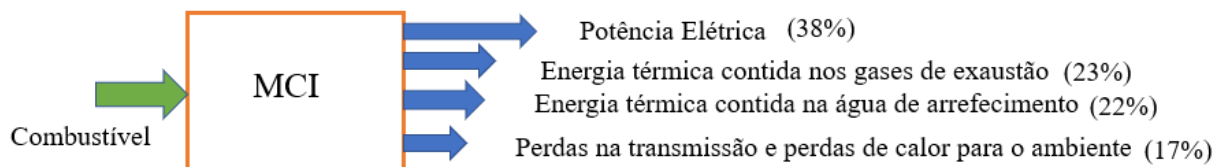


Figura 2. Representação esquemática da energia do combustível.

A potência elétrica, a energia térmica contida nos gases de exaustão, a energia térmica contida na água de arrefecimento, bem como as perdas podem ser calculadas conforme a Eq.3, Eq.4, Eq.5 e Eq.6, respectivamente. Os índices de rendimento do gerador, dos gases de exaustão, do arrefecimento e das perdas estão representados na Fig.2.

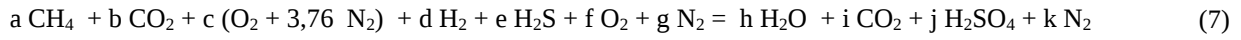
$$P_{el} = E_{disp} \cdot \eta_{ger} \quad (3)$$

$$Q_{ge} = E_{disp} \cdot \eta_{ge} \quad (4)$$

$$Q_{arref} = E_{disp} \cdot \eta_{arref} \quad (5)$$

$$E_{perdas} = E_{disp} \cdot \eta_{perdas} \quad (6)$$

Com isso, pode-se iniciar a análise termodinâmica. O volume de controle para as análises energética e exergética inclui o grupo motogerador e o trocador de calor. Como a energia é oriunda de um processo de combustão, é necessário o balanceamento da seguinte reação química:



3.1. Análise Energética

Sendo os coeficientes a, b, c, d e, g, h, i e j o número de mols de cada componente da reação.

A Primeira Lei da Termodinâmica para volumes de controle pode ser escrita da seguinte forma, desprezando os termos de energia cinética e potencial:

$$\dot{Q}_{ent} + \dot{W}_{ent} + \sum_{ent} \dot{m} \cdot h = \dot{Q}_{sai} + \dot{W}_{sai} + \sum_{sai} \dot{m} \cdot h \quad (8)$$

Sendo $\dot{Q}$ a taxa de transferência de calor que entra ou sai do volume de controle, $\dot{W}$ a potência, $\dot{m}$ a vazão mássica e h a entalpia. Para o volume de controle do motor de combustão interna, o balanço de energia é dado pela Eq.9.

$$\dot{Q}_{motor} = \dot{W}_{motor} + \dot{m}_2 \cdot (h_P - h_R) \quad (9)$$

onde o subíndice P indicado para os produtos da reação de combustão e o R para os reagentes.

Para o trocador de calor, tem-se a equação 10.

$$\dot{Q}_{ge} = \dot{m}_3 \cdot (h_3 - h_6) = \dot{m}_4 \cdot C_{p,ag} (T_5 - T_4) \quad (10)$$

3.2. Análise Exergética

Para a análise exergética, foram calculadas a exergia física (Eq.11) e a exergia química para os pontos em estudo. A exergia do combustível e dos gases de exaustão pode ser definida pela Eq.12. E, por fim, a exergia total é dada pela Eq.13.

$$ex_f = (h - h_0) - T_0 \cdot (s - s_0) \quad (11)$$

$$\bar{ex}_{ch} = \sum_{i=1}^j y_i \cdot \bar{ex}_{ch}^0 + \bar{R} \cdot T_0 \cdot \sum_{i=1}^j y_i \ln y_i \quad (12)$$

$$ex_{tot} = ex_f + ex_{ch} \quad (13)$$

Onde as propriedades com o subíndice 0 são consideradas as propriedades no estado morto, isto é, no estado de referência a uma temperatura de 25°C e pressão de 101 kPa, s é a entropia, y_i é a fração molar de cada componente. É importante ressaltar que a exergia química calculada na Eq.10 está na base molar, devendo ser dividida pela massa molecular da mistura para que se obtenha a propriedade em base mássica. A exergia química padrão ($\bar{ex}_{ch}^0$) é um valor tabelado obtido em Kotas (1995).

A exergia destruída e a eficiência exergética foram calculados conforme as equações 12 e 13, respectivamente.

$$Ex_{dest} = \sum_{ent} \dot{m} \cdot ex_{tot} - \sum_{sai} \dot{m} \cdot ex_{tot} \quad (14)$$

$$\eta = \frac{\sum_{sai} \dot{m} \cdot ex_{tot}}{\sum_{ent} \dot{m} \cdot ex_{tot}} \quad (15)$$

Para o motor de combustão, a exergia destruída é obtida pela equação 16 e a eficiência exergética pela equação 17. E, para o trocador de calor, os valores são determinados pelas equações 18 e 19.

$$Ex_{dest,motor} = Ex_{comb} - \dot{W}_{motor} - \dot{m}_3 \cdot (ex_{tot,3} - ex_{tot,6}) \quad (16)$$

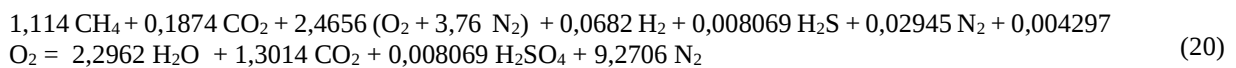
$$\eta_{motor} = \frac{\dot{W}_{motor} + \dot{m}_3 \cdot (ex_{tot,3} - ex_{tot,6})}{Ex_{comb}} \quad (17)$$

$$Ex_{dest,trocador} = \dot{m}_3 \cdot (ex_{tot,3} - ex_{tot,6}) + \dot{m}_4 \cdot (ex_{tot,4} - ex_{tot,5}) \quad (18)$$

$$\eta_{motor} = \frac{\dot{m}_4 \cdot (ex_{tot,4} - ex_{tot,5})}{\dot{m}_3 \cdot (ex_{tot,3} - ex_{tot,6})} \quad (19)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, obteve-se a equação da combustão do biogás balanceada de acordo com o número de mols (Eq. 20).



Na Tabela 2, pode-se observar os valores referentes à produção de biogás e ao seu uso. Ressalta-se o valor da energia total disponibilizada pelo combustível de 13,74 kW. Destes, 5,22 kW podem ser aproveitados para a geração de energia elétrica. Como a edificação em estudo é um condomínio residencial, esta energia gerada pode ser utilizada para a iluminação de áreas comuns do condomínio. A quantidade de calor contida nos gases de exaustão seria perdida, mas como foi proposto um sistema de cogeração, esse resíduo térmico se transforma em fonte de energia para aquecimento de água. Nota-se que a quantidade de calor disponível na água de arrefecimento também poderia ser uma fonte de energia, configurando, assim, um sistema de trigeração, de modo a tornar o sistema mais viável.

Tabela 2. Valores das análises energética e exergética.

Componente	Potência Elétrica (kW)
Quantidade de matéria orgânica	0,786 kg.hab.dia
Quantidade total de matéria orgânica	905,47 kg.dia
Massa de Sólidos	181,09 kg.dia
Massa de Sólidos Voláteis	162,98 kg.dia
Volume de biogás produzido	51,60 Nm ³ /dia
Energia total disponível pela queima do biogás	13,74 kW
Potência elétrica gerada	5,22 kW
Calor existente nos gases de exaustão	3,16 kW
Calor existente no sistema de arrefecimento	3,02 kW
Perdas em transmissão e em calor para o ambiente	2,33 kW

Na Tabela 3, tem-se as propriedades termodinâmicas dos pontos do sistema. Essas propriedades foram calculadas com o auxílio de softwares computacionais. Observa-se que o combustível não possui exergia física, por estar na condição padrão do estado de referência, assim como o ar. A temperatura da água aquecida foi considerada como 40°C por ser a temperatura estabelecida como ideal para banho. Já a temperatura de saída dos gases de exaustão foi estabelecida em 100°C para que houvesse um maior aproveitamento da energia dos gases de exaustão.

Tabela 3. **Propriedades dos pontos da unidade de cogeração em estudo.**

Pontos	Fluido	Temperatura (°C)	Entalpia (kJ/kg)	Vazão mássica (kg/s)	Entropia (kJ/kg.K)	Exergia física (kJ/kg)	Exergia química (kJ/kg)	Exergia total (kJ/kg)
1	Ar	25	-	0,00392	-	-	-	-
2	Biogás	25	-5807	0,000318	3,888	0	346094	346094
3	Gases de Exaustão	526	-15749	0,00424	4,1	8378	45,64	8423
4	Água	25	104,9	0,4081	0,3669	0,09929	49,96	50,06
5	Água	40	167,7	0,4081	0,5722	1,616	49,96	51,58
6	Gases de Exaustão	100	-21798	0,00424	3,791	1183	45,64	1229

Os produtos da unidade de cogeração são a potência elétrica e a taxa de transferência de calor no trocador. Esses valores podem ser verificados na Tab.4. O valor da energia transferida dos gases de exaustão para a água é de 25,65 kW. É interessante notar que essa energia seria desperdiçada caso não fosse adotada a cogeração. Na tabela 4, também pode ser observado o resultado da análise exergética. O motor de combustão interna possui uma maior exergia destruída, mas uma eficiência exergética mais alta quando comparado com o trocador de calor. A eficiência exergética do trocador de calor apresentou um valor abaixo do esperado. Isso significa que a troca térmica entre os gases de exaustão e a água não está com uma boa qualidade, de modo que a energia presente nos gases poderia ser aproveitada de uma outra forma, como por exemplo em um chiller de absorção para a produção de frio ou ainda no aquecimento de água a temperaturas mais altas para a utilização em cozinhas ou até mesmo geração de vapor.

Tabela 4. **Valores das análises energética e exergética.**

Componente	Potência Elétrica (kW)	Calor transferido (kW)	Exergia Destruída (kW)	Eficiência Exergética
MCI+Gerador elétrico	5,22	-	74,33	32,46%
Trocador de Calor	-	25,65	29,88	2,03%

Tendo isso em vista, analisou-se a variação da eficiência exergética do trocador de calor em relação à variação da temperatura de saída da água (Fig.3). Com o aumento desta temperatura, observou-se que há também o aumento da eficiência exergética. Dessa forma, uma temperatura de saída da água maior garante uma maior eficiência na qualidade da troca térmica entre este fluido e os gases de exaustão. Outro parâmetro que foi analisado foi a temperatura de saída dos gases de exaustão do trocador de calor (Fig.4)

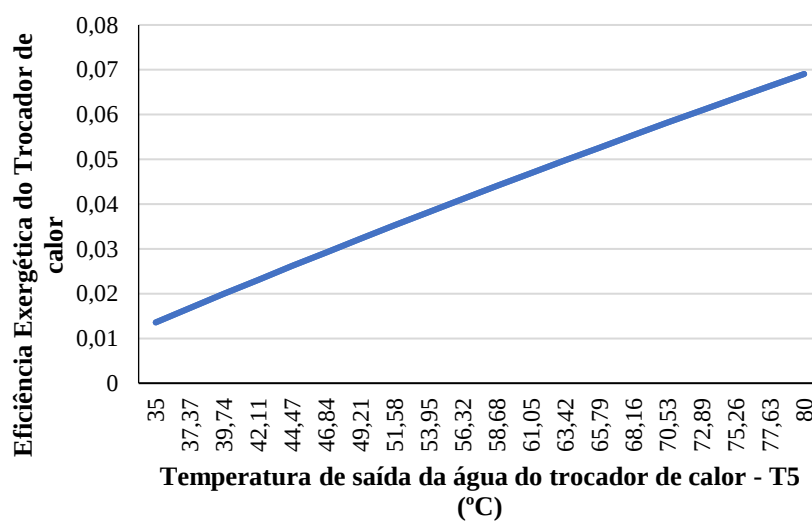


Figura 3. Variação da eficiência exergética em relação à temperatura de saída da água do trocador de calor.

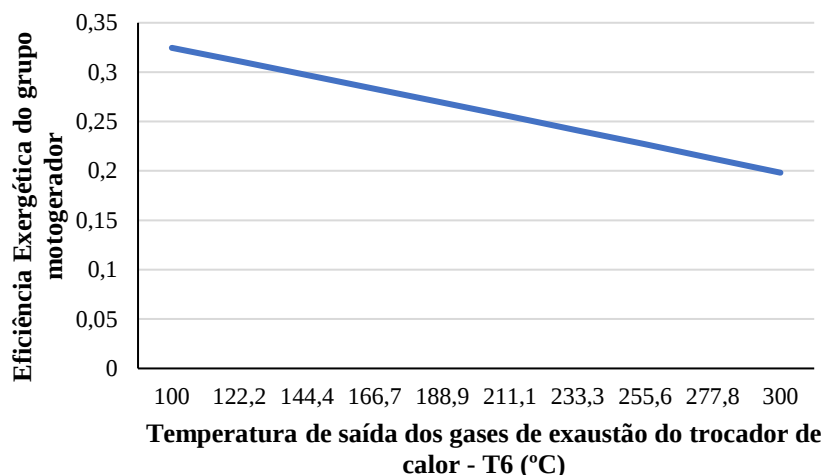


Figura 4. Relação entre eficiência exergética e a temperatura de saída dos gases de exaustão do trocador de calor.

Notou-se que o maior impacto dessa variação de temperatura foi na eficiência do grupo motogerador, pois se reflete na quantidade de energia que é aproveitada. Quanto menor é a temperatura de saída dos gases de exaustão, maior é a eficiência exergética, pois uma quantidade de energia maior é disponibilizada à água.

Portanto, quanto maior a temperatura de saída da água e menor a temperatura de saída dos gases, mais eficiente exergeticamente é a unidade de cogeração proposta. Ressalta-se ainda que quando se aumenta a eficiência, o valor da exergia destruída diminui. Isso é importante, pois a exergia destruída representa uma energia desperdiçada. Sabe-se que cada insumo tem um custo e, por isso, sua energia produzida deve ser empregada da forma mais eficiente para que se possa obter melhores valores gastando menos e consumindo menos recurso.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizada a análise exergética de um sistema de cogeração para um condomínio residencial utilizando biogás produzido a partir da matéria orgânica de resíduos alimentares como combustível. A quantidade de biogás teórica produzida foi de 51,60 Nm³ por dia. Esse volume de biogás ao ser direcionado ao grupo motogerador é capaz de gerar uma potência elétrica de 5,22 kW.

A unidade de cogeração analisada é composta por um grupo motogerador e por um trocador de calor que aproveita os gases de exaustão do motor para aquecer água a ser utilizada para banho nas residências. O calor disponibilizado pelos gases de exaustão para a água foi de 25,65 kW.

Na análise exergética, encontrou-se um valor de 74,33 kW de exergia destruída para o gerador e de 29,88 kW para o trocador de calor. Já a eficiência exergética do motor foi de 32,46% e do trocador de 2%. Observou-se que a eficiência do trocador é muito baixa. Isso significa que os gases de exaustão podem ser melhor aproveitados de outra maneira. Pela análise paramétrica, verificou-se que quanto maior a temperatura de saída da água, melhor a eficiência exergética do trocador.

Com este estudo, foi possível avaliar o potencial de produção de biogás na escala residencial e uma possibilidade de seu uso para gerar energia elétrica e térmica para aquecimento. Sugere-se como trabalhos futuros o estudo de outras configurações para a cogeração ou até mesmo trigeração, bem como o uso da análise exergoeconômica para que sejam quantificados os custos exergéticos.

6. REFERÊNCIAS

- Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Soltanian, S., Ghanavati, H., Dadak, A., 2019. "Comprehensive exergoeconomic analysis of a municipal solid waste digestion plant equipped with a biogas genset." *Waste Management*, Vol. 87, pp. 485-498. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.029>.
- Ajay, C.M., Mohan, S., Dinesha, P., 2021. "Decentralized energy from portable biogas digesters using domestic kitchen waste: A review", *Waste Management*, Vol. 125, pp. 10-26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.031>.
- Barati, M.R., Aghbashlo, M., Ghavanati, H. et al., 2017. "Comprehensive exergy analysis of a gas engine-equipped anaerobic digestion plant producing electricity and biofertilizer from organic fraction of municipal solid waste", *Energy Conversion and Management*, Vol. 151, pp. 753-763. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.09.017>.
- IEA, 2020. IEA World Energy Balances 2020. Disponível em < www.iea.org > Acesso em 04 abr. 22.
- Gartner, G.L., 2015. Geração de Biogás Proveniente de Resíduos Sólidos Urbanos em Condomínios Residenciais Verticais: Estudo de Caso no Condomínio Marques de Firenze. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Ambiental, UNIVALI, Itajaí.

- IPCC, 2019. An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Disponível em < <https://www.ipcc.ch/srccl/download/>> Acesso em 04 abr. 22.
- Lee, S., Esfahani, I.J., Ifaei, P., Moya, W., Yoo, C., 2017. "Thermo-environ-economic modeling and optimization of an integrated wastewater treatment plant with a combined heat and power generation system", Energy Conversion and Management, Vol. 142, pp. 385-401. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.060>.
- Mendonza, D.A.G., 2014. Análise exergética e ambiental da produção e uso de biogás para geração distribuída. Dissertação. Mestrado em Engenharia Mecânica. UFSC, Florianópolis.
- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Teresina-PI, 2018. Disponível em <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/09/PLano-Municipal-de-Gest%C3%A3o-Integrada-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-de-Teresna.pdf>> Acesso em 03 mar. 22.
- Sevinchan, E., Dincer, I., Lang, H., 2019. "Energy and exergy analyses of a biogas driven multigenerational system", Energy, Vol.166, pp. 715-723. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.085>.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EXERGETIC ANALYSIS OF A COGENERATION CENTER POWERED BY BIOGAS IN A BUILDING IN PIAUÍ

Ana Livia Formiga Leite, eng.analivia@gmail.com¹

Carlos Antônio Cabral dos Santos, carloscabraldosantos2012@gmail.com¹

¹Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa – PB, Brasil

Abstract. *The generation of electricity is one of the most important factors for the world today. In a scenario where new equipment is developed at an accelerated pace and with a smart configuration, the demand for electricity is growing fast. In Brazil, most of the energy is generated by hydroelectric plants. However, this source does not guarantee a degree of energy security, as it depends on the frequency of rainfall in the region, mainly in the reservoirs. Therefore, the use of alternative energy sources is necessary. In the last decades, a source that has been gaining prominence and is considered as the energy of the future is biogas. Biogas is a fuel originated from the anaerobic digestion of organic matter from landfills, sewage treatment plants, agricultural production and solid waste. The objective of this work is the exergetic analysis of a cogeneration system powered by biogas. The energy potential of biogas is variable, according to the percentage of methane. Thus, exergetic and energetic analysis are of great relevance. A cogeneration system is characterized by producing two types of energy from one source. The system of this work consists of an internal combustion engine powered by biogas connected to a generator to produce electricity and a heat exchanger, which receives the thermal waste from the engine to heat water. This system is applied to a residential building located in Piauí. The exergetic analysis, quantifies the heat and the power and evaluates the quality of the transferred energy, with the determination of the exergy destroyed in each component of the system. The electrical power available by burning the biogas is 5.22 kW and the thermal energy of the exhaust gases is 25.65 kW. Destroyed exergy from the motor is higher than the destroyed exergy from the heat exchanger. However, the exergetic efficiency of the motor presented a value of 32%, while the value of the exergetic efficiency of the heat exchanger found was low, which indicates that the energy transfer does not occur with quality. There are other cogeneration configurations that can favor the use of energy available from biogas.*

Keywords: *exergy, decentralized generation, biofuel*