

Revisão bibliográfica dos fatores que interferem na produção de biogás em cidades

Literature review of factors that interfere on biogas production in cities

RESUMO

João Ângelo Zacharias Radicchi
joaoradicchi@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Fabio Neves Puglieri
puglieri@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Com o crescimento populacional ficou evidente a necessidade de se pensar sobre as consequências deixadas pelo modelo de economia linear, na qual se podia utilizar e posteriormente descartar o produto de qualquer maneira no meio ambiente. Dessa forma, modelos de produção que reutilizam produtos descartados passaram a ser estudados na finalidade de reduzir danos ambientais que podem ser gerados como consequência desse descarte. Visando melhorar a aplicabilidade desses estudos torna-se necessária a identificação de fatores que impactam na viabilidade da produção de biogás nas cidades. Com a realização da revisão bibliográfica foi possível observar as métricas utilizadas para um estudo de viabilidade, como taxa interna de retorno, taxa mínima de atratividade, valor presente líquido e payback period, os fatores que influenciam na produção de biogás, sendo esses o pré-tratamento dos resíduos, a temperatura e umidade da matéria bem como o tempo para a degradação dessa e também as vantagens ambientais para a produção de biogás por meio da decomposição de resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás. Fatores. Viabilidade.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The population's growth made the need to think about linear production model's consequences evident. In the linear production model, people could use and throw objects on the environment, which made people start studying a production model that reuse discarded products in order to decrease the bad impact on the environment resulting from these discard. To improve the applicability of these studies it's substantial the identification of the factors that impact the feasibility of biogas production in the cities, which would make possible to observe the impacts of it to the places where it would be executed. Thereby, this literature review helped to identify the economic metrics that are useful to do a feasibility study, like the internal rate of return (IRR), the minimum acceptable rate of return (MARR), the net present value (NPV), the payback period, the factors that influence on the production of biogas, these being pre-treatment of residues, temperature and humidity of the matter; the time for the matter to degrade and the positive effects of biogas production through the decomposition of solid residues for the environment.

KEYWORDS: Biogas. Factors. Feasibility.



INTRODUÇÃO

O aumento expressivo da população nos últimos anos acabou por gerar grande volume de resíduos bem como grande demanda por energia. Como uma estratégia para manter materiais, produtos e resíduos em uso por mais tempo, surgiu o conceito de economia circular, sendo que uma das formas de reaproveitar resíduos orgânicos gerados no ambiente urbano é por meio de biodigestão e produção de biogás.

Atualmente, os resíduos orgânicos são amplamente descartados nos centros urbanos em função de sua grande produção por habitante. Segundo Pin et al. (2018) é considerada uma taxa de crescimento para a geração de resíduos urbanos de 0,5% ao ano para o intervalo de 2017 a 2036 nas cidades onde o estudo foi realizado. Jain e Sharma (2010) evidenciam que a geração de resíduos é considerável independentemente tanto do tamanho das cidades quanto da condição socioeconômica da população dessa.

Agregado a isso, boa parte dos resíduos é descartada de forma prejudicial ao meio ambiente, e conforme afirmam Possoli et al. (2013), no Brasil, os principais destinos para os resíduos sólidos municipais ainda são os lixões e os aterros. O processo de produção do biogás auxilia para uma melhora desse cenário pois, segundo Mbuligwe e Kassenga (2004), reduz o volume de resíduos em torno de 50 a 60% além de reduzir a emissão de gases poluentes.

O biogás, ao passar por um processo de purificação, pode ser utilizado como combustível veicular o que contribui tanto para uma diminuição da utilização de combustíveis de origem fóssil quanto para uma diminuição da emissão de gases causadores do aquecimento global, haja vista que o metano, quando queimado libera apenas dióxido de carbono e água. Além de combustível veicular, o biogás pode ser utilizado para gerar energia elétrica e térmica.

Visto que a produção de biogás apresenta grandes vantagens ambientais e pode ser utilizada para diversos fins energéticos, este trabalho tem por objetivo, através da revisão da bibliografia, identificar os fatores que impactam na viabilidade econômica de projetos relacionados a produção de biogás no ambiente urbano.

METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, utilizou-se o método de revisão bibliográfica sistemática elaborado por Conforto, Amaral e da Silva (2011).

Para seleção dos artigos a serem trabalhados, além da utilização da plataforma CAFE (comunidade acadêmica federada), utilizou-se a base de dados *Scopus* tendo como *strings* de pesquisa: *cities*, *feasibility* e *biogas*. Para a inclusão dos artigos foi verificada a abordagem dos mesmos em relação ao objetivo da pesquisa, que é a viabilidade da geração de biogás nos centros urbanos. A busca por meio de *strings* resultou num total de 84 artigos encontrados que posteriormente foram inseridos numa planilha de Excel.

O primeiro filtro se baseia na leitura do título, do resumo e das palavras-chave sendo que, aqueles que estão com essas partes alinhadas ao assunto

procurado foram inseridos numa outra tabela, estando essa em uma nova aba no Excel. Com isso, dos 84 artigos inicialmente encontrados, foram selecionados 63.

Para o segundo filtro realizou-se a leitura da introdução e da conclusão sendo que os artigos alinhados ao tema novamente foram inseridos em outra tabela do Excel. Após essa etapa, foram selecionados 29 artigos.

O terceiro e último filtro se baseia na leitura completa do artigo sendo selecionados apenas aqueles ligados ao tema os que serão utilizados para a realização da atividade de pesquisa científica. Após a leitura completa dos 29 artigos que passaram pelo segundo filtro foram selecionados 19 artigos para a realização da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 1 apresenta uma síntese das contribuições da literatura para a viabilidade da produção de biogás em cidades, divididas em fatores técnicos e econômico-financeiros.

Quadro 1 – síntese das contribuições da literatura para a viabilidade da produção de biogás em cidades

Fatores	Contribuições
Técnicos	“Separação adequada de resíduos orgânicos e inorgânicos nos lares” (TSYDENOVA et al., 2019, p. 5).
	“Queda na eficiência do gerador” (TSYDENOVA et al., 2019, p. 15).
	“Eficiência da geração de energia” (AYODELE; OGUNJUYIGBE; ALAO, 2018, p. 725).
	“Capacidade da planta fabril” (AYODELE; OGUNJUYIGBE; ALAO, 2018 p. 725).
	“Capacidade da geração de resíduos por pessoa” (AYODELE; OGUNJUYIGBE; ALAO, 2018, p. 725).
	“Eficiência na coleta dos resíduos” (AYODELE; OGUNJUYIGBE; ALAO, 2018, p. 725).
	“Taxa de crescimento populacional” (AYODELE; OGUNJUYIGBE; ALAO, 2018, p. 725).
	“Temperatura ideal que auxilia na atividade das bactérias fica em torno de 36 a 40 °C” (FELCA et al., 2018, p. 147).
	“Umidade da matéria” (OGUNJUYIGBE; AYODELE; ALAO, 2017, p. 154).
	“Temperatura” (OGUNJUYIGBE; AYODELE; ALAO, 2017, p. 154).
	“Tempo para a degradação da matéria” (OGUNJUYIGBE; AYODELE; ALAO, 2017, p. 155).
	“Planta fabril construída em função da quantidade anual de matéria a ser processada” (GARCÍA et al., 2016, p. 5763).
“Pré-tratamento da matéria” (AMIR; HOPHMAYER-TOKICH;	

	KURNANI, 2016, p. 64).
	“Diferentes tecnologias para a conversão de resíduos em energia, sendo que a escolha do modelo varia em função das propriedades físico-químicas desses” (JAIN; SHARMA, 2010, p. 77).
Econômico-financeiros	“Custo com coleta de resíduos” (ASCHER; LI; YOU, 2020, p. 2).
	“Custo com bens de capital” (ASCHER; LI; YOU, 2020, p. 5).
	“Queda no preço da energia para venda” (TSYDENOVA et al., 2019, p. 15).
	“Preço mínimo para venda de energia” (DA SILVA et al., 2018, p. 601).
	“Incentivos para a produção em cidades pequenas” (FELCA et al., 2018, p. 152).
	“Projeto viável, para uso pela própria estação, em cidades com população entre 100 e 200 mil habitantes” (DOS SANTOS et al., 2016, p. 83).
	“Incentivos para comércio de fertilizantes produzidos pelo processo de biodigestão” (AMIR; HOPHMAYER-TOKICH; KURNANI, 2016, p. 84).
	“Projeto mais atrativo com taxa interna de retorno maior que 30%” (BALCAZAR; DIAS; BALESTIERI, 2013, p. 740).
“Projeto pode ser realizado em grandes centros urbanos” (POSSOLI et al., 2013, p. 145).	

Fonte: Autoria própria (2020).

Para tornar a produção de biogás viável em centros urbanos, do ponto de vista técnico, diversos fatores devem receber atenção. A começar, é possível citar a necessidade de separar resíduos orgânicos de inorgânicos, pois o lixo inorgânico não pode ser utilizado no biodigestor já que acarreta em perda de eficiência. Este é um grande problema para a produção de biogás em cidades, pois diferentemente de propriedades rurais, o controle na origem da separação dos resíduos é bastante dificultado. Neste caso, é necessário trabalhar com políticas públicas para a sensibilização da sociedade para separar adequadamente o lixo orgânico dos demais.

Além disso, o pré-tratamento da matéria, como a trituração da mesma, realizado em conjuntura com o controle de suas propriedades, tais como umidade, temperatura e tempo de degradação no biodigestor, se fazem fatores fundamentais para a viabilidade técnica de projetos de biogás em cidades, haja vista que acabam por melhorar a eficiência do processo.

Ainda na parte técnica, fatores como a capacidade da planta (incluindo futuras expansões de capacidade) e crescimento populacional, com conseqüente aumento da geração de resíduos, precisam ser considerados. Em função disso, grande parte dos trabalhos revisados apresentam estimativas para crescimento populacional das cidades em que foram realizados.

Do ponto de vista econômico-financeiro, a literatura apresenta, como fatores que impactam na viabilidade de projetos de biogás em cidades o custo da

coleta de resíduos bem como os custos para a aquisição de bens de capital, também chamado de CAPEX.

Por conta disso, investir em meios logísticos eficientes para transporte dos resíduos orgânicos dos pontos de coleta até os biodigestores é uma estratégia importante a ser pensada, e, no caso de cidades menores, a criação de clusters pode ser uma alternativa.

A revisão da bibliografia permitiu observar as principais métricas econômicas utilizadas para analisar a viabilidade de um projeto sendo as mais recorrentes a taxa mínima de atratividade (TMA) que se resume na taxa em que os investidores aceitam investir no projeto mesmo correndo maior risco, a taxa interna de retorno (TIR) sendo a taxa que iguala a as entradas de fluxo de caixa com o investimento inicial (taxa em que o NPV se iguala a 0), *payback period* sendo o tempo necessário para a recuperação do gasto inicial e o *net present value* (sigla em inglês NPV, ou valor presente líquido) sendo essa a relação entre os fluxos de caixa futuros com o valor inicial gasto no projeto. Essa métrica foi a mais utilizada para análise econômica nos artigos revisados, por meio dela é obtido o valor da TIR que será comparada com a TMA o que possibilita verificar a atratividade do projeto.

Por meio da utilização dessas métricas, o estudo de Santos, Barros e Filho (2016), citado por Felca et al. (2018), aponta que a produção de biogás por meio de estações de tratamento de água apenas se mostra viável em cidades com população superior a 300 mil habitantes, isso porque apenas nessas foi possível obter um valor de NPV positivo, o que indica que os fluxos de caixa futuros serão maiores que o gasto inicial, já evidenciando a viabilidade do projeto.

No caso da produção de biogás para geração de energia elétrica, o preço de venda da energia também é um fator que afeta a viabilidade de projetos de biogás em cidades. Em contrapartida, a venda de fertilizantes produzidos ao final do processo de biodigestão pode ser uma fonte de receitas extra para o empreendimento.

A taxa interna de retorno deve ser observada com atenção. Embora Balcazar, Dias e Balestieri (2013) citem 30%, atualmente, às baixas taxas de juros no Brasil acarretam numa diminuição da taxa mínima de atratividade. Isso faz com que TIR menores podem se mostrar bastante viáveis, desde que sejam maiores do que a TMA e, quanto maior a diferença entre elas, maior será a atratividade do projeto.

CONCLUSÕES

O objetivo do estudo foi levantar os conhecimentos que se têm até então sobre a viabilidade para a produção de biogás nas cidades, fazendo uma síntese desses e verificando as oportunidades e os desafios para que seja possível ampliar a utilização desse modelo de produção na finalidade de atingir algo próximo do potencial de geração desse modelo no país.

Um fator técnico importante que foi notado é a dificuldade da correta separação dos resíduos nos lares, o que acaba por dificultar uma tentativa de reaproveitamento e aumentar os custos para uso em biodigestores. Outro ponto importante que auxiliaria numa melhora da atratividade do projeto seria os

incentivos para a comercialização de subprodutos originados no processo, como o fertilizante. Agregado a isso têm-se a dificuldade para a utilização de biodigestores em cidades pequenas.

Como sugestão para trabalhos futuros propõe-se a pesquisa de tecnologias para a produção de biogás em pequenas cidades bem como estudo de geração de biogás em estações de tratamento de água.

AGRADECIMENTOS

À minha família pela educação me proporcionada e por todo apoio prestado. Ao meu orientador, Fabio Neves Puglieri, pela ajuda mesmo em tempos de videoconferência, pelas correções e pela confiança para a realização da pesquisa. A esta universidade e ao corpo docente por estimularem a realização de projetos como este.

REFERÊNCIAS

AMIR, E.; HOPHMAYER-TOKICH, S.; KURNANI, T.B.A. Socio-economic considerations of converting food waste into biogas on a household level in Indonesia: The case of the city of Bandung. **Recycling**, v.1, p.61-88, 2016.

ASCHER, S.; LI, W.; YOU, S. Life cycle assessment and net present worth analysis of a community-based food waste treatment system. **Bioresource Technology**, v.305, p. 1-10 2020.

AYODELE, T.R.; OGUNJUIGBE, A.S.O.; ALAO, M.A. Economic and environmental assessment of electricity generation using biogas from organic fraction of municipal solid waste for the city of Ibadan, Nigeria. **Journal of Cleaner Production**, v.203, p.718-735, 2018.

BALCAZAR, J.G.C.; DIAS, R.A., BALESTIERI, J.A.P. Analysis of hybrid waste-to-energy for medium-sized cities. **Energy**, v. 55, p.728-741, 2013.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; DA SILVA, S.L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **ANAIS DO 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO – CBGDP**, 2011.

DA SILVA, H.N.C.; PRATA, D.M.; LIMA, G.B.A.; ZOTES, L.P.; MATTOS, L.V. A techno-economic evaluation of the energy generation by proton exchange membrane fuel cell using biogas reforming. **Journal of Cleaner Production**, v.200, p.598-608, 2018.

DOS SANTOS, I.F.S.; VIEIRA, N.D.B.; BARROS, R.M.; FILHO, G.L.T.; SOARES, D.M.; ALVES, L.V. Economic and CO₂ avoided emissions analysis of WWTP biogas recovery and its use in a small power plant in Brazil. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v.17, p.77-84,2016.

FELCA, A.T.A.; BARROS, R.M.; TIAGO FILHO, G.L.; DOS SANTOS, I.F.S.; RIBEIRO, E.M. Analysis of biogas produced by the anaerobic digestion of sludge generated at wastewater treatment plants in the South of Minas Gerais, Brazil as a potential energy source. **Sustainable Cities and Society**, v.41, p.139-153, 2018.

GARCÍA, P.E.E.; CORTÉS, M.E.T.; GOMÉS, R.J.S.; CALLEJAS, E.S.; RAYA, H.E.A. Economic feasibility analysis for electrical generation from biogas in waste disposal sites in Mexico City. **Applied Economics**, v.48, p.5761-5771, 2016.

JAIN, S.; SHARMA, M.P. Power generation from MSW of Haridwar city: A feasibility study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, p. 69-90, 2011.

MBULIGWE, S.E.; KASSENGA, G.R. Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar es Salaam city, Tanzania. **Resources, Conservation and Recycling**, v.42, p.183-203, 2004.

OGUNJUIGBE, A.S.O.; AYODELE, T.R.; ALAO, M.A. Electricity generation from municipal solid waste in some selected cities of Nigeria: An assessment of feasibility, potential and technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.80, p. 149-162, 2017.

PIN, B.V.R.; BARROS, R.M.; SILVA LORA, E.E.; DOS SANTOS, I.F.S. Waste management studies in a Brazilian microregion: GHG emissions balance and LFG energy project economic feasibility analysis. **Energy Strategy Reviews**, v.19, p.31-43, 2018.

POSSOLI, L.; COELHO, V.L.; ANDO JUNIOR, O.H.; NETO, J.M.; SPACEK, A.D.; OLIVEIRA, M.O.; SCHAEFFER, L.; BRETAS, A.S. Electricity generation by use of urban solid waste. **ANNALS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGIES AND POWER QUALITY – INCREPQ 13**, p. 140-145, 2013.

TSYDENOVA, N.; MORILLAS, A.V.; HERNÁNDEZ, Á.M.; SORIA, D.R.; WILCHES, C.; PEHLKEN, A. Feasibility and Barriers for Anaerobic Digestion in Mexico City. **Sustainability**, v.11, p. 1-21, 2019.