



Determinação de métodos qualitativos e quantitativos aplicados na geração de Biogás a partir de efluentes

Determination of qualitative and quantitative methods applied in the generation of Biogas from effluents

Anna Vitória Cardoso Martins (orientado)*, Fernando Hermes Passig (orientador)†

RESUMO

A pouca abrangência dos serviços de tratamento de efluentes e a crescente problemática ambiental vinculada ao descarte indevido e aumento do montante desses efluentes trazem à tona a necessidade de métodos de aproveitamento e descarte eficientes. Neste âmbito, o processo de digestão anaeróbica para gerar biogás a partir de esgoto é um dos métodos que mais se destaca. O presente trabalho visou à observação e obtenção do biogás, por meio da análise e levantamento bibliográfico de artigos e pesquisas na área de estudo. Diversos fatores qualitativos e quantitativos são analisados na produção de biogás, alguns se destacam e são recorrentes em diversos trabalhos, como a temperatura e pH do meio, composição final do biogás e demanda química de oxigênio. A observação das variáveis qualitativas e quantitativas do biogás mostra-se de extrema importância para uma produção e rendimento satisfatórios, além de proporcionar um melhor aproveitamento em seu uso para geração de energia.

Palavras-chave: Biogás, efluentes, métodos quantitativos, métodos qualitativos.

ABSTRACT

The limited coverage of effluent treatment services and the growing environmental problematic bound to improper disposal and increase in the amount of these effluents bring up the need for efficient recovery and disposal methods. In this context, the anaerobic digestion process to generate biogas from sewage is one of the methods that stand out the most. The present work aimed to observe patterns in quantitative and qualitative methods applied throughout the process of determining and obtaining biogas, through the analysis and bibliographic survey of articles and research in the study area. Several qualitative and quantitative factors are analyzed in the production of biogas, some of which stand out and are recurrent in several works, such as the temperature and pH of the medium, final composition of the biogas and chemical oxygen demand. The observation of qualitative and quantitative variables of biogas is extremely important for a satisfactory production and yield, in addition to providing a better enjoyment its use for energy generation.

Keywords: Biogas, effluent, quantitative methods, qualitative methods.

1 INTRODUÇÃO

A geração de biogás a partir de efluentes (como o esgoto) é um processo com diversos métodos a serem desenvolvidos e diversas variáveis a serem observadas, estes componentes são responsáveis pela determinação final deste gás, que pode ser muito útil e apresenta diversos benefícios. A destinação final do esgoto urbano é

* Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; annamartins@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba; fhpasig@professores.utfpr.edu.br



um problema ambiental atualmente observado nas grandes cidades e há certa dificuldade em encontrar métodos de reaproveitamento e descarte ecologicamente adequados para estes resíduos (MEDEIROS, AMORIM, GIOTTO, 2017).

Os estudos sobre biogás tiveram início há muitos séculos e seu surgimento data em meados de 1600, quando foi identificada, em regiões pantanosas, a existência de uma substância inflamável até então desconhecida. O biogás foi oficialmente descoberto pelo cientista Thomas Shirley em 1667, no Reino Unido, porém foi o físico italiano Alessandro Volta que determinou sua composição e atestou a presença de metano (CH₄) na substância (CETESB, 2021).

Para que o potencial do biogás seja integralmente aproveitado, são necessárias algumas condições e propriedades específicas a serem determinadas. Quais então os principais métodos quantitativos e qualitativos a serem analisados ao longo do processo de geração do biogás?

Neste âmbito, esta pesquisa visou avaliar quais os principais métodos quantitativos e qualitativos utilizados na determinação de biogás ao longo dos processos de sua produção, além de elencar os principais parâmetros que interferem diretamente nestes métodos. Devido às limitações impostas pela pandemia da COVID-19 que impossibilitaram a realização de ensaios nos laboratórios da UTFPR, o estudo foi conduzido à distância no período de 2020 a 2021.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

O trabalho foi desenvolvido por meio da coleta e levantamento de dados bibliográficos, leitura, análise, observação e determinação de padrões existentes em métodos quantitativos e qualitativos ao longo do processo de obtenção do biogás. Foram utilizados mecanismos de busca como SciELO, Google Acadêmico, ScienceResearch.com e ScienceDirect, por meio dos quais foi possível obter artigos, dissertações, estudos e documentos que traziam conteúdos relevantes sobre o assunto. A estratégia de busca baseou-se nos seguintes termos, nos idiomas português e inglês: “biogás”, “métodos quantitativos de determinação do biogás”, “métodos qualitativos de determinação do biogás”, “avaliação biogás”, entre outros. Além disso, a participação no Curso de Fundamentos de Biogás promovido pelo Projeto GEF Biogás Brasil no período de 14/12/2020 a 15/02/2021 possibilitou a obtenção de informações e dados relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

3 RESULTADOS

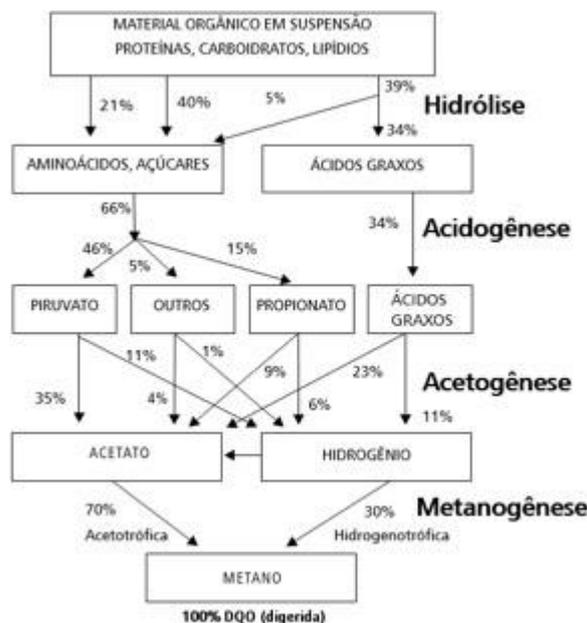
Utilizar o esgoto para produção de biogás é uma maneira ambientalmente e economicamente interessante de dar uma disposição final e aproveitar esse montante de efluentes que seria anteriormente descartado. Além disso, seu potencial energético torna ainda mais interessante sua produção, pois a energia química contida nas moléculas de biogás pode ser convertida em mecânica através da combustão e posteriormente, através de geradores, em energia elétrica (COELHO, et al, 2006).

3.1 Digestão Anaeróbia

O processo de digestão anaeróbia é um método eficiente para obtenção de biogás, e consiste na degradação de matéria orgânica complexa a compostos mais simples realizada por bactérias sem a necessidade da presença de oxigênio (O₂). Esse processo pode ser dividido em quatro fases: hidrólise, onde bactérias hidrolíticas quebram em moléculas mais simples compostos orgânicos; acidogênese, onde ocorre fermentação e acidificação dos compostos produzidos na hidrólise; acetogênese, onde é feita a transformação dos produtos

da etapa anterior em CO₂, acetato e hidrogênio por bactérias acetogênicas e metanogênese, que consiste na síntese do metano e do dióxido de carbono realizada por arqueias metanogênicas (CHERNICHARO, 1997). O processo é demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Esquema do processo de digestão anaeróbica de macromoléculas complexas (os números referem-se a porcentagens, expressas como DQO digerida).



Fonte: Adaptado de Campos et al. (1999).

3.2 Fatores qualitativos e quantitativos que influenciam a geração de biogás

A análise da impermeabilidade ao ar do meio é um dos fatores qualitativos de maior importância na produção de biogás, devido as bactérias produtoras de metano serem estritamente anaeróbias. A composição química do resíduo é fator determinante no potencial de geração de metano e vazão de biogás, pois os microrganismos envolvidos no processo utilizam como principais substratos o carbono, o nitrogênio e os sais orgânicos, e consequentemente quanto maior as proporções destes nutrientes, melhores e mais satisfatórias as características do biogás gerado. No caso da falta de nutrientes, podem ser necessários processos de suplementação para a digestão anaeróbia.

Como em todos os processos que envolvem microrganismos, a metodologia leva em conta fatores quantitativos como temperatura, pH, alcalinidade e acidez, pois estes influenciam diretamente o metabolismo dos microrganismos e consequentemente o processo de digestão anaeróbica, que é integralmente mediado por microrganismos (LIMA, PASSAMANI, 2012). A temperatura é fator de extrema influência no processo de formação do metano, pois as bactérias mediadoras deste processo possuem faixas ideais de temperatura para melhor atividade, por exemplo, bactérias mesófilas tem sua melhor atividade na faixa de 32 a 37°C, já bactérias termofílicas possuem sua melhor atividade na faixa de 50 a 60°C. O pH é resultado de diversas reações que ocorrem no processo de digestão e também age diretamente no crescimento das bactérias metanogênicas, para que a eficiência do biogás não seja afetada é necessário estabilidade do pH entre 6,0 e 8,0. A alcalinidade e a acidez são importantes pois estão diretamente relacionadas ao pH, a acidez consiste na alta produção e acúmulo de ácidos voláteis (causa redução do pH), já a alcalinidade consiste na capacidade do carbonato e bicarbonato



de neutralizar o aumento dos ácidos voláteis e evitar a diminuição brusca do pH (efeito tampão) e consequentemente o desequilíbrio do processo de produção do biogás.

3.3 Composição do Biogás

Pressão, temperatura, umidade, concentração de metano e concentração de outros gases ou ácidos são fatores que determinam as características do biogás gerado. A importância da quantificação dos gases presentes no biogás consiste nos problemas advindos da presença de certas quantidades destes em sua composição. A amônia, por exemplo, é fator negativo na caracterização de biogás, mesmo quando presente em pequenas quantidades, já a presença de gás sulfídrico pode acarretar corrosão, diminuindo o rendimento e a vida útil dos equipamentos utilizados no processo, o dióxido de carbono por sua vez, pode acabar prejudicando o processo de queima e torna-lo menos eficiente (SALOMON, 2007). A interferência destes compostos no biogás faz com que sejam necessários métodos de remoção para a retirada destes. Algumas técnicas de remoção de amônia utilizadas no processo de produção de biogás são: cloração, troca iônica, precipitação e arraste por ar ou air stripping (MOURA, 2008). A remoção de CO₂ também possui variadas técnicas distintas, uma muito interessante levantada em um dos estudos analisados é a lavagem com solvente químico composto por aminas, que por terem afinidade química específica muito alta com o CO₂ tornam o procedimento extremamente seletivo e eficiente (SUTANTO, et al, 2017).

O biogás é composto predominantemente por gás metano e carbônico, possuindo também baixas concentrações de gás sulfídrico, hidrogênio e nitrogênio em sua composição. O potencial de geração de energia do biogás pode ser determinado com base no teor de metano presente na amostra, pois quanto maior sua quantidade, maior o potencial do gás (CABRAL, 2016). O poder calorífico do biogás é a unidade que determina quanta energia está contida neste combustível, esse poder é geralmente estimado analisando a concentração de metano na amostra e quanto maior seu valor, maior a quantidade de energia que pode ser obtida dele (SOUZA, et al, 2004).

Na tabela 1 constam valores obtidos na análise do biogás gerado por meio de tratamentos anaeróbios.

Tabela 1 – Composição do Biogás

Componente	Unidade	Biogás de esgoto sanitário	Biogás de lodo
Metano (CH ₄)	% em vol.	60 – 85	60 – 70
Dióxido de carbono (CO ₂)	% em vol.	5 – 15	20 – 40
Monóxido de carbono (CO)	% em vol.	0 – 0,3	-
Nitrogênio (N ₂)	% em vol.	2 – 25	0 – 2
Hidrogênio (H ₂)	% em vol.	0 – 3	0 – 1,5
Amônia (NH ₃)	% em vol.		< 0,05
Número de metano	-		> 100
Poder calorífico superior (PCS)	kWh/Nm ₃	6,6 – 9,4	6,6 – 7,7
Poder calorífico Inferior (PCI)	kWh/Nm ₃	6,0 – 8,5	6,0 – 7,0
Índice de Wobbe	kWh/Nm ₃	7,0 – 13,4	7,0 – 9,1

Fonte: Adaptado de Rands et al. (1981); Noyola, Capdeville & Roques (1988); Agrawal, Harada & Okui (1997); Bohn (2001 apud Belli et al., 2001); Pagliuso, Passig & Villela (2002); Barbosa & Stuetz (2005); Usepa (2005); Noyola, Morgan-Sagastume & López-Hernández (2006); Rasi, Veijanen & Rintala (2007); DWA – M 361 (2011).



3.4 Quantificação e medição do Biogás

A demanda química de oxigênio ou concentração de DQO é um indicador de matéria orgânica que mede os elementos reduzidos presentes no composto. Outros parâmetros recorrentes nas análises de biogás são: vazão de esgoto e do biogás produzido. As vazões podem ser medidas através de métodos de volumetria diversos que serão definidos em função do destino final deste biogás, e são muito úteis para o monitoramento operacional dos reatores anaeróbios (AQUINO, SILVA, CHERNICHARO, 2006). A produção de metano de um reator pode ser determinada em função da demanda química de oxigênio (DQO) do efluente por meio da Eq. (1).

$$V_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{K(t)} \quad (1)$$

Onde:

V_{CH_4} = Volume de metano produzido em litros;

DQO_{CH_4} = Carga de DQO removida do reator e convertida em metano em gDQO;

$K(t)$ = Fator de correção para a temperatura do reator em $gDQO.L^{-1}$ (o fator de correção leva em consideração a pressão atmosférica, a constante dos gases e a temperatura operacional do reator).

Alguns estudos analisados mostram que a estimativa teórica da produção de biogás não corresponde a quantidade real do gás obtida, e isto ocorre devido as perdas de metano não observadas no cálculo que ocorrem no sistema real. Essas perdas podem se dar por dissolução do gás no efluente do reator e pela transferência do gás da superfície da água no reator para a atmosfera (VERONEZ, 2001).

Após a análise da bibliografia selecionada, a produção de biogás mostra-se um processo com diversos parâmetros a serem atenciosamente observados e analisados, e com diversos procedimentos de controle rígido necessários. Em vista que, o rendimento e aproveitamento final deste gás e sua consequente produção de energia está intimamente relacionado com a eficiência destes procedimentos e com o controle rigoroso das condições adequadas para sua geração. Além disso, cabe destacar que no processo produtivo deste gás, algumas variáveis são muito difíceis de serem controladas, o que pode fazer com que, os resultados obtidos na realidade, não sejam os esperados e estimados através dos parâmetros e cálculos teóricos, mas, apesar disso, a produção de biogás por tratamento anaeróbico de efluentes (esgoto, lodo) mostra-se um processo viável e interessante.

4 CONCLUSÃO

A produção científica sobre biogás é vasta e traz contribuição inegável para a sociedade, apesar de apenas uma pequena parcela aprofundar-se na caracterização quantitativa e qualitativa do biogás. Os dados obtidos após a seleção de diversos materiais possibilitaram a determinação de métodos qualitativos e quantitativos recorrentes e relevantes utilizados na determinação de biogás, como: temperatura, pH, DQO, poder calorífico, composição, entre outros. Fica evidente após a pesquisa, a importância da escolha adequado do substrato, da análise da tecnologia e forma de geração, da aplicação correta de meios de remoção e da observação apurada da composição do biogás obtido, para que seja atingido um melhor rendimento final e consequentemente, um melhor aproveitamento energético desta fonte, que pode trazer diversos benefícios ao meio ambiente e sociedade além de minimizar o descarte de resíduos sólidos, tão abundante atualmente.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- MEDEIROS, R.F.; AMORIM E.B.; GIROTTO, V. **Transformação e obtenção do biogás metano por meio de biodigestores anaeróbios para geração de energia**. REGRAD, UNIVEM, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 339-353, 2017.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **BIOGÁS**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 25 mai. 2021.
- COELHO, S.T.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; SILVA, O.C.; PECORA, V.; ABREU, F.C. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto**. Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas. 2006.
- CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Reatores anaeróbios**. DESA/UFMG, Belo Horizonte, v. 5, 246 p., 1997.
- LIMA, A.C.G.; PASSAMANI, F.C. **Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.
- SALOMON, K.R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Itajubá. 2007.
- MOURA, D.A.G. **Remoção de Amônia por Arraste com Ar de Lixiviados de Aterros Sanitários**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.
- SUTANTO, S.; DIJKSTRA, J.W.; PIETERSE J.A.Z.; BOON, J.; HAUWERT P.; BRILMAN, D.W.F. **CO₂ removal from biogas with supported amine sorbents: First technical evaluation based on experimental data**. Journal Separation and Purification Technology, v. 184, p. 12-25, 2017.
- CABRAL, C.B.G. **Avaliação da produção de biogás para fins energéticos em reatores anaeróbios tratando esgoto sanitário**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.
- SOUZA, S.N.M.; MAGALHÃES, E.C.; AFONSO, A.D.L.; RICIERI, R.P. **Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no biogás**. Revista Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 26, n. 1, p. 11-19, 2004.
- AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q.; CHERNICHARO, C.A.L.R. **Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (dco) aplicado a análise de efluentes anaeróbios**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Pará, v. 11, n. 4, p. 295-304, 2006.
- VERONEZ, F.A. **Desempenho de um reator UASB tratando esgoto sanitário e realizando concomitantemente o adensamento e a digestão do lodo de descarte de biofiltros aerados submersos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2001.