

## PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DO BAGAÇO DO MALTE: ABORDAGEM TEÓRICA

Zenilda Garcia Ferreira <sup>1</sup>  
Jéssia Estefânia de Oliveira Amorim Silva <sup>2</sup>  
José Raul da Silva Domingos <sup>3</sup>  
Márcia Ramos Luiz <sup>4</sup>

### RESUMO

As indústrias são responsáveis por uma quantidade significativa dos resíduos gerados no Brasil, chamando atenção para os impactos ambientais gerados a partir desse problema. Tais indústrias precisam seguir normas determinadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), gerenciando desde de a geração de resíduo até o descarte ou tratamento. Uma forma de destino para esses resíduos é a produção do biogás, que pode ser usado como fonte de energia limpa e renovável. O resíduo gerado nas indústrias cervejeiras, conhecido como bagaço do malte, tem um grande potencial bioenergético, sendo uma ótima opção para produção do biogás, a partir da decomposição anaeróbia, a energia gerada a partir desse processo pode ser reutilizada na própria indústria.

**Palavras-chave:** Resíduo; biogás; bagaço do malte; indústria cervejeira, anaeróbia.

### INTRODUÇÃO

As questões que englobam os problemas relacionados ao manejo sustentável dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são alvo de vários estudos com diversos focos. A tratativa dessas problemáticas no Brasil se baseia na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que determina como os setores industriais, sejam públicos ou privados, ajam diante dos processos que culminam na geração de resíduos sólidos (EL-DEIR, 2014).

A PNRS determina, entre outros, que o gerenciamento de resíduos deve respeitar uma sequência de prioridade partindo da não geração para a redução, reciclagem, tratamento e disposição final, a fim de gerar o mínimo de impacto possível (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [zenildagarcia52@gmail.com](mailto:zenildagarcia52@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduado pelo Curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [oestefania41@gmail.com](mailto:oestefania41@gmail.com)

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, [joserauldomingo2011@gmail.com](mailto:joserauldomingo2011@gmail.com) ;

<sup>4</sup> Professor orientador: Doutora, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [marciarluiz@yahoo.com.br](mailto:marciarluiz@yahoo.com.br);

Além do consumo *per capita*, parte significativa dos resíduos sólidos produzidos se origina a partir dos mais variados processos industriais. Essas indústrias precisam obedecer às normas estabelecidas pela PNRS, onde determina que esses sítios industriais acompanhem e gerenciem todo seu resíduo produzido, em todas as etapas dos processos, tendo uma logística pronta para seu destino ou tratamento; desta forma quando colocado em prática, os resíduos devem ser processados da forma correta antes da destinação final (BRASIL, 2010).

O biogás pode ser usado como uma fonte de energia limpa e renovável, ganhando ênfase na sua baixa emissão de gases poluentes, podendo substituir os combustíveis derivados do petróleo. Pode também ser utilizado para geração de energia elétrica, produção de fertilizantes, gás de cozinha, entre outros. Quando uma indústria investe nesse meio de tratamento de resíduos, além de ter uma forma correta de destinação, terá benefícios voltados para seu próprio funcionamento, chamado de cogeração, diminuindo seus gastos com outras demandas (AQUINO et al., 2015).

A biomassa é considerada a principal matéria-prima para produção de biogás, podendo ser obtida de resíduos sólidos urbanos (animais, vegetais, industriais e florestais). Algumas indústrias que geram resíduos agroindustriais têm como principal destino a nutrição de animais ou utilização do resíduo como adubo em plantações. Com a geração dos resíduos surgem muitos estudos de como tratar esse problema, tendo uma grande variedade de métodos físicos, químicos e biológicos, tendo como destaque a produção do biogás (FRANCO; NASCIMENTO FILHO, 2014).

É possível utilizar resíduos liberados de indústrias cervejeiras, conhecido como bagaço do malte, que oferece grande capacidade bioenergética, como fonte de produção do biogás, através da digestão anaeróbia, tendo como principal composição uma grande quantidade de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (ARAÚJO, 2017)

## **METODOLOGIA**

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de estudos sobre a produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais. A seleção dos estudos foi feita através do Journal, revistas e livros, utilizando palavras-chaves como biogás, bagaço, malte e resíduos sólidos.

## **DESENVOLVIMENTO**

A produção do biogás é feita a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica (biomassa), tendo como produto cerca de 60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e com pequenas quantidades de outros gases (cerca de 5%), como o ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), carboidratos e oxigênio ( $\text{O}_2$ ) (ALENCAR, 2019).

O processo anaeróbio é dividido em quatro fases. Primeira fase é a hidrólise, em que as ligações moleculares complexas do material orgânico (polímeros) são quebradas por enzimas, transformando em compostos orgânicos simples (monômeros) ou matéria orgânica volátil. Segunda fase é a acidogênese, em que o produto da hidrólise é transformado em ácidos orgânicos voláteis (ácido propanóico, ácido butanóico, ácido láctico, álcoois, hidrogênio e gás carbônico). Terceira fase é a acetogênese, o produto decorrente da acidogênese é transformado em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono. Por fim, a quarta fase é a metanogênese, convertendo o ácido acético e o hidrogênio em metano e dióxido de carbono (ARAÚJO, 2017).

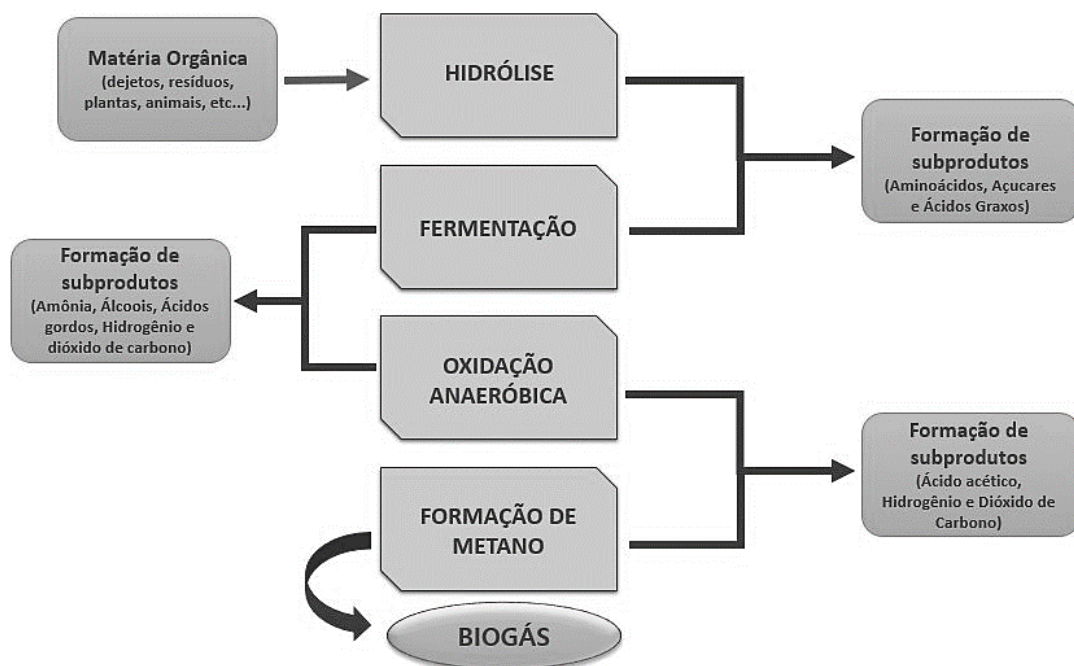


Figura 1- Etapas do processo anaeróbio e produção do biogás. Fonte: ARAÚJO (2017).

Apesar de parecer um processo simples, é preciso ter atenção com alguns fatores que podem influenciar na produção do biogás. Cada grupo de bactéria tem sua temperatura ideal para ter o maior rendimento, a predominante na fase metanogênese é o grupo das mesofílicas,

que tem uma variação ideal de temperatura entre 37°C a 42°C. As bactérias também têm melhor desenvolvimento em um pH ideal (BMELV, 2010).

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são decorrentes dos centros urbanos, podendo ser formado por papel, resíduos alimentícios, madeira, papelão, vidro, metais, entre outros, tendo como destino aterros sanitários, aterros controlados e os lixões, onde normalmente acontece a produção do biogás de forma natural, podendo variar de acordo com o aterro, a composição, idade, umidade dos resíduos e as condições citadas anteriormente (temperatura e pH). O RSU ganha destaque na produção do biogás, por ser descartado diariamente em grandes quantidades e por ser considerado uma despesa pública, podendo ter várias formas de comercialização para esse biogás (MELO, 2015).

Nas indústrias cervejeiras, o bagaço de malte é o principal subproduto, sendo cerca de 85% do total de resíduos gerados (SILVA, 2018). O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, chegando a produzir 14,1 bilhões de litros de cerveja por ano, sendo gerado uma grande quantidade de resíduo, cerca de 14-20 kg de bagaço a cada 100 litros de cerveja produzida (CORDEIRO; EL-AOUAR; GUSMÃO, 2012).

A produção de cerveja é dividida em quatro etapas, que são: a malteação (grãos da fonte de amido são preparados), produção do mosto (conversão do amido do malte em açúcares, formando o mosto e depois a fervura com a adição do lúpulo), fermentação (dividida em primária e secundária) e o processamento final (filtração e engarrafamento). O resíduo gerado conhecido como bagaço do malte é derivado do processo de obtenção do mosto e constituído principalmente de restos de casca e polpa de malte, mas também é possível encontrar grãos do adjunto, como arroz, milho e trigo (CORDEIRO; EL-AOUAR; GUSMÃO, 2012).

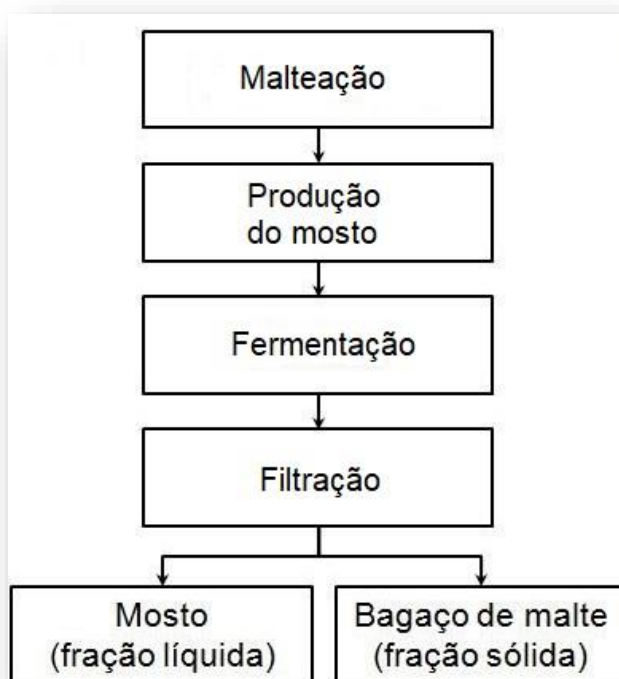


Figura 2 - Processos de fabricação de cerveja. Fonte: TOZETTO (2017).

A maior parte do bagaço do malte é destinado a nutrição de animais, uma pequena parte é designada para queima e disposição final. Tal resíduo tem um grande potencial bioenergético, podendo ser melhor aproveitado, tendo como alternativa a produção do biogás, com capacidade de sustentar o consumo elétrico da fábrica de cerveja (DIAS, 2017). Segundo Oliver et al., (2008), o biogás pode ser usado como combustível, sendo uma fonte de energia alternativa, com a queima de forma limpa e renovável, o seu poder calorífico pode variar de 5000 a 7000 kcal/m<sup>3</sup>.

Quadro 1 – Relação de 1m<sup>3</sup> de biogás com outras fontes de energia.

0,61 litros gasolina	1,5 quilos de lenha
0,45 litros de gás de cozinha	0,55 litros óleo diesel
0,58 litros de querosene	0,79 litros de álcool hidratado

Fonte: Oliver et al, (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos estão sendo realizados para comprovar a capacidade energética do bagaço do malte, um resíduo gerado a partir da produção da cerveja, para a geração do biogás e suas utilidades, analisando o processo de degradação anaeróbia.

Malakhova et al. (2015) pesquisou sobre a produção do biogás a partir da biotransformação do bagaço do malte em co-digestão de folhas e caules (fitomassa de alcachofra de Jerusalém (*H. tuberosus L.*)), por meio de degradação anaeróbica com bactérias termofílicas (+55 ° C) e mesofílica (+30 ° C). Os resultados obtidos mostraram que a maior produção de biogás aconteceu em condições termofílicas, **tomando** uma concentração de bagaço de malte de 50 e 100g L<sup>-1</sup>, cerca de 6 a 8 L de metano foi gerado em 100g de bagaço, com a adição da fitomassa de alcachofra de Jerusalém, foi produzido 8 a 9 L de metano para 100g de bagaço. Também foi analisado o potencial do resíduo fermentado gerado na produção do biogás para suplementação do solo, resultando no crescimento das culturas de alface. Os resultados mostram o potencial que o bagaço do malte tem para produção do biogás e aplicação como aditivo do solo.

Oliveira, Alves e Costa (2018) estudaram o potencial de produção de biogás a partir de dois subprodutos gerado na indústria de cerveja, o bagaço do malte e o excedente de levedura. O bagaço do malte teve 301 ± 5 L kg<sup>-1</sup> de volume de metano produzido, já o excedente de levedura teve como resultado 515 ± 4 L kg<sup>-1</sup>, mostrando um maior potencial para formação do biogás. O potencial de eletricidade desses subprodutos estudados é de 206kWh por metro cúbico de cerveja produzida, podendo satisfazer 80% do consumo elétrico da cervejaria.

Tejada e Perina (2016) analisaram o potencial de geração do biogás e remoção de DQO a partir do bagaço do malte, através da decomposição anaeróbia, avaliando algumas propriedades, como lipídios, carboidratos, nitrogênio, proteínas, DQO, entre outros. Foi possível comprovar o potencial do bagaço do malte para produção do biogás, mas algumas condições afetaram de forma negativa o processo, como as temperaturas baixas, podendo não ter a diminuição de DQO e a formação do biogás.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Verificou-se de acordo com os artigos estudados que o bagaço de malte para geração de biogás é muito eficiente, mostrando a importância do tratamento dos resíduos sólidos e utilizando sua capacidade bioenergética como fonte de energia renovável, sendo voltada para o

funcionamento da própria indústria cervejeira. Os estudos mostraram que é possível realizar a produção do biogás a partir da digestão anaeróbia, tendo um melhor resultado quando adicionado subprodutos e fornecer uma temperatura adequada para realização do processo.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. A. V. de. Potencial de geração de biogás a partir da biodegradação da cama de frango. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial) Campina Grande: UEPB, 2019.

AQUINO, A. R. de; PALETTA, F. C.; CAMELLO, T. C. F.; MARTINS, T. P.; ALMEIDA, J. R. de. Sustentabilidade ambiental, 1. ed. - Rio de Janeiro: Rede Sirius; OUERJ, 2015.

ARAÚJO, A. P. C. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BMELV. Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização. Ed. 5. 2010. Disponível em: <<http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/1/e/leitfadenbiogas-por-finalweb20131002.pdf>>

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

CORDEIRO, L. G.; EL-AOUAR, Â. A.; GUSMÃO, R. P. Caracterização do bagaço de malte oriundo de cervejarias. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.7, n.3, p 20-22, 2012.

DIAS, H. R.A. Avaliação da produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de hidrolisado hemicelulósico gerado pelo pré-tratamento por auto-hidrólise do bagaço de malte. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

EL-DEIR, Soraya Giovanetti Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada / Soraya Giovanetti El-Deir. -- 1. ed. -- Recife : EDUFRPE, 2014. 393 p. : il.

FRANCO, C. R.; B. NASCIMENTO FILHO, W. B. de. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. *Revista Virtual de Química*, v.7, n.6, p. 1968-1987, 2015.

MALAKHOVA, D. V.; EGOROVA, M. A.; PROKUDINA, L. I.; NETRUSOV, A.I.; TSAVKELOVA, E. A. The biotransformation of brewer's spent grain into biogas by anaerobic microbial communities. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 31, p. 2015-2023, 2015.

MELO, F. H. F. A. Caracterização e estudo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em consórcio municipal do estado de Pernambuco. Dissertação Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015.

OLIVEIRA, J. V.; ALVES, M. M.; COSTA, J. C. Biochemical methane potential of brewery by-products. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 20, P 435–440, 2018.

OLIVEIRA, T. B. DE; GALVÃO JUNIOR, A. DE C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 55–64, 2016.

OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. Manual de treinamento em biodigestão. Salvador: Instituto Winrock – Brasil, 2008.

REBELLO, F. F. P. Produção de cerveja. *Revista Agrogeoambiental, Inconfidentes*, p.145-155, dez. 2009.

SILVA, L. F. da. Viabilidade técnica da produção de briquetes a partir do bagaço de malte de cevada. 2018. 49 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

TEJADA, E. S. Biodigestão anaeróbica de diferentes materiais orgânicos com controle de ph da matéria-prima. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2016.

TOZETTO, L. M. Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*). Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.