

3.07.02 - Engenharia Sanitária / Tratamentos de Águas de Abastecimento e Residuárias

## PRODUÇÃO BIOLÓGICA DE HIDROGÊNIO E METANO A PARTIR DA VINHAÇA E ESGOTO SANITÁRIO

Wallisson M. Carvalho<sup>1\*</sup>, Eduardo L. C. Amorim<sup>2</sup>

1. Estudante de IC do Centro de Tecnologia, CTEC/UFAL

2. Pesquisador do Centro de Tecnologia, CTEC/UFAL

### Resumo:

A crescente conscientização ambiental e a necessidade de diminuição da dependência de fontes fósseis têm conduzido ao desenvolvimento de tecnologias de fontes renováveis. Neste sentido, a produção biológica de metano e hidrogênio tem sido apontada como alternativa. Entre os processos biológicos conhecidos, os fermentativos apresentam a vantagem de poder utilizar resíduos agroindustriais, esgoto sanitário e etc., tornando-os atrativos do ponto de vista ambiental e econômico.

Este trabalho tem como objetivo viabilizar a produção de metano, a partir do esgoto sanitário, e de hidrogênio, a partir da vinhaça da cana-de-açúcar, utilizando reatores anaeróbios, de leito fixo e fluidizado.

O esgoto sanitário apresentou ser um bom substrato, tendo maior produção volumétrica no tempo de detenção hidráulica de 12 horas. A vinhaça apresentou valores esperados pela literatura na produção de hidrogênio, sendo a maior produção volumétrica quando se tinha o afluente com diluição 1:4 da amostra original.

**Palavras-chave:** Esgoto Sanitário, Vinhaça, Biogás

**Apoio financeiro:** CNPq

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UFAL

### Introdução:

A demanda global por energia tem crescido vertiginosamente, e cerca de 88% desta carência é atendida, até o presente momento, por combustíveis fósseis (WEILAND, 2010). A combustão destes combustíveis fósseis produz dióxido de carbono e outros gases residuais que causam impactos ambientais, quando usados em excesso.

Diante da questão ambiental e da necessidade energética, fontes alternativas de energia, que sejam renováveis e menos poluente, começaram a ganhar destaque. (VAN GINKEL et al., 2001)

Os estudos do aproveitamento do metano para fins energéticos nas Estações de Tratamento de Efluentes – ETE se tornaram uma nova saída para a viabilidade do intento, que apenas pela função ambiental já se justificaria. (LOPES e at, 2011)

O hidrogênio surge como uma fonte alternativa de energia, já que possui fonte renovável e na sua combustão há apenas geração de oxigênio e água, sendo considerado um combustível limpo. Além disso, o seu conteúdo energético é aproximadamente 2,75 vezes maior do que qualquer combustível baseado em hidrocarbonetos.

O processo de digestão anaeróbia apresenta-se como uma interessante opção de tratamento de águas residuárias, tanto no controle da poluição quanto na possibilidade de recuperação de energia. (SILES et al., 2010)

Portanto, os objetivos deste projeto são:

- Caracterizar a vinhaça do processamento de cana-de-açúcar e o esgoto sanitário;
- Avaliar a influência da taxa de carregamento orgânico na produção de metano;
- Avaliar o tempo de detenção hidráulica (TDH) na produção de metano;
- Avaliar a influência da concentração de vinhaça na produção de hidrogênio;
- Identificar a composição do biogás gerado através da degradação anaeróbia da vinhaça;
- Verificar a estabilidade operacional do reator anaeróbio de leito fluidificado na produção de hidrogênio a partir da vinhaça;
- Verificar a estabilidade operacional do reator anaeróbio de leito fixo na produção de metano a partir de esgoto sanitário.

### Metodologia:

O efluente utilizado como substrato para a produção de hidrogênio foi o resíduo provindo da indústria canavieira (vinhaça). Este foi coletado e congelado até seu uso para alimentação do reator. Na caracterização, foram feitas análises do pH, cloretos,

alcalinidade total, ácidos voláteis, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, sólidos totais (ST) e sólidos totais voláteis (STV) da amostra bruta.

Para a produção de metano, utilizou-se esgoto sanitário proveniente de um supermercado, composto por loja, açougue, padaria e restaurante. Na caracterização, foi realizado um perfil temporal de 12 horas do esgoto sanitário, onde, a cada hora, foram feitas análises da DQO, ST e STV das amostras brutas.

Para a realização dos experimentos, foi utilizado um reator de leito fluidizado e um reator de leito fixo, ambos de escoamento ascendente e operados de modo contínuo.

O reator anaeróbio de leito fluidizado (RALF) foi utilizado para produção de hidrogênio, o de leito fixo (RALFixo) para produção de metano.

O material suporte para o RALF foi argila expandida, enquanto que para o RALFixo foi utilizado partículas de espuma de poliuretano com porosidade de 95%.

A temperatura que o RALFixo foi submetido teve valores entre 27°C e 31°C, já o RALF teve valores entre 21°C e 32°C. Seu afluente de alimentação, no entanto, deveria estar a uma temperatura em torno de 15°C, e para isso, foi necessário mantê-lo dentro da geladeira durante todo o processo.

O inóculo utilizado no RALF foi o lodo ativado adquirido de uma estação de tratamento de esgoto, que passou por um tratamento térmico para impedir o crescimento de microrganismos metanogênicos consumidores de hidrogênio.

O procedimento de inoculação do RALF foi feito de acordo com o proposto por Amorim et al. (2009), no qual o inóculo foi mantido em recirculação no reator durante 48 horas para promover o contato entre os microrganismos, o material suporte e resíduos.

No caso do RALFixo foi utilizado como inóculo o lodo proveniente de um biodigestor metanogênico de resíduos da suinocultura de produção de metano da UFAL.

O lodo anaeróbio foi imobilizado na espuma de poliuretano, conforme a metodologia desenvolvida por Zaiat (1996). Esta consiste em macerar o lodo em solução aquosa e misturá-lo às matrizes de poliuretano, até que todas fiquem em contato com a mistura.

Durante operação do RALF foi avaliada a produção de hidrogênio em três fases, cada uma delas avaliando uma determinada concentração de vinhaça na alimentação do reator. Foram elas 15%, 25% e 50%,

respectivamente.

Na do RALFixo, foi avaliada a produção de metano em três fases, cada uma delas avaliando um determinado TDH. 24h, 12h e 6h respectivamente.

Para cada fase dos reatores, foram feitas análises da DQO, carboidratos, produção volumétrica e composição do biogás.

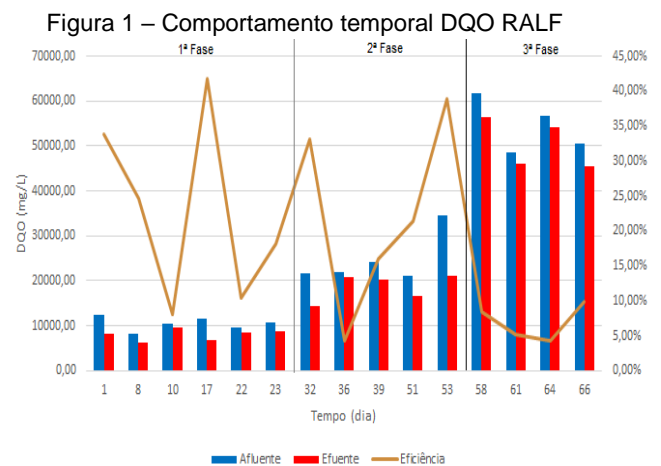
Cada fase foi alterada quando se obteve estabilidade na eficiência de conversão de matéria orgânica.

## Resultados e Discussão:

A partir da caracterização dos dois efluentes, foi possível perceber que os dois atendiam o indicado pela revisão bibliográfica para utilização nos reatores.

Com base na literatura, valores de eficiência na remoção da DQO menores que 30% são esperados no RALF.

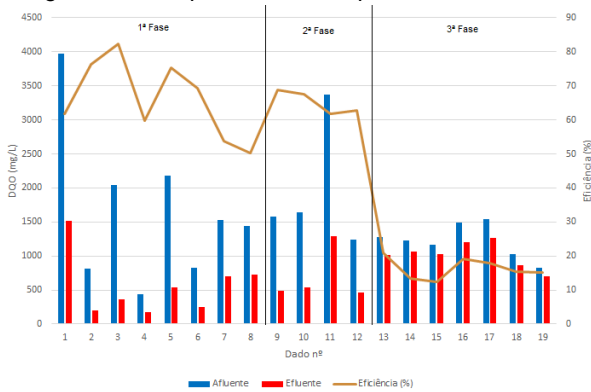
Para o reator com a vinhaça, foi observada uma grande faixa de variação da eficiência da taxa de remoção da matéria orgânica, variando de 4,25% a 51,63%. Foi possível notar que a terceira fase, com 50% de concentração de vinhaça, teve a eficiência de remoção média mais baixa em relação às outras duas fases. Na figura 1, é possível observar o comportamento temporal da DQO no RALF.



Fonte: Autor

Para o RALFixo, foi observado que as duas primeiras fases, com TDH de 24h e 12h, tiveram eficiência de remoção de DQO acima de 60%. Já a última fase, com TDH de 6h, teve uma queda significativa na eficiência de remoção, sendo abaixo de 10%. Na figura 2, é possível observar o comportamento temporal da DQO no RALFixo.

Figura 2 – Comportamento temporal DQO RALFixo



Fonte: Autor

Como o RALF é um reator acidogênico, é esperado que a eficiência de remoção dos carboidratos apresente taxas relativamente altas. A literatura sugere valores de eficiências superiores a 30%. No RALF, foi observado que a eficiência de remoção dos carboidratos não apresentou os valores (figura 3) como esperado. No entanto, isto não indica que não houve produção de hidrogênio; pode-se atribuir a baixa eficiência de remoção ao fato de que a sacarose apresenta uma degradação mais difícil quando comparada com a glicose.

Figura 3 – Comportamento temporal carboidratos



Fonte: Autor

A taxa de carregamento orgânico é a relação entre a diferença dos valores da DQO bruta afliuente e efluente de cada amostra e TDH da fase. No RALFixo, para o TDH de 24h, o valor médio da TCO removida foi de 1,1 kg/m<sup>3</sup>dia, e o valor médio da produção de metano foi de 10,32mL/d, onde a maior produção foi de 16,25mL/d. Para TDH de 12 horas, o valor médio da produção de metano foi de 158,58mL/d, e TCO removida média, de 2,53Kg/m<sup>3</sup>.d. Para TDH de 6 horas, foi possível verificar que a produção volumétrica média de metano foi de 146,94 mL/d, e TCO removida média de 0,811 Kg/m<sup>3</sup>.d.

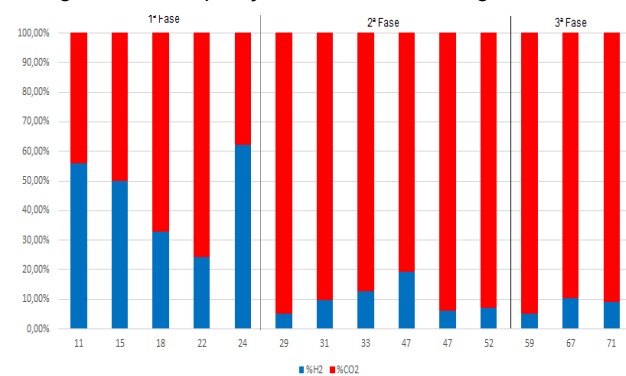
A maior produção volumétrica de hidrogênio do RALF foi encontrada após 30 dias de operação do reator, sendo igual a 1,59 LH<sub>2</sub>/h/Lreator, quando o afliuente tinha 25% de

vinhaça na composição. A partir do dia 60, a produção volumétrica de hidrogênio diminuiu, como consequência da diminuição da diluição da vinhaça na alimentação do reator, que passou a ter 50% de vinhaça na composição.

Como instrumento qualitativo da produção, foi analisado através de cromatografia gasosa a composição do biogás produzido pelo reator. Foi possível identificar que a maior concentração média ocorreu na Fase 1, que pode ter se sobressaído pelo fato do afliuente ter apenas 15% de vinhaça na sua composição. Além disso, nos 10 primeiros dias havia suplementação de 2g de glicose/L de afliuente.

A composição volumétrica do biogás produzido pelo RALF é ilustrada na figura 4.

Figura 4 – Composição volumétrica do biogás – RALF



Fonte: Autor

### Conclusões:

Os resultados obtidos mostram a importância da utilização de novas alternativas para o tratamento de águas residuárias e geração de bioenergia.

Para o reator anaeróbico de leito fluidizado utilizando a vinhaça como afliuente, foi possível concluir que os resultados obtidos nas análises de DQO e carboidratos foram condizentes com aqueles encontrados na literatura, salvo algumas exceções, demonstrando que houve a degradação da matéria orgânica. Isto leva a crer que ocorreu uma boa produção de hidrogênio.

A maior produção volumétrica de hidrogênio ocorreu no trigésimo dia de operação, quando a alimentação continha 25% de vinhaça (Fase 2).

Na Fase 1, quando se tinha 15% de vinhaça na composição do afliuente, a composição do biogás gerado apresentou maiores concentrações de H<sub>2</sub>.

A Fase 3 demonstrou ter os piores resultados em relação às outras duas, mas, ainda assim, se manteve dentro do esperado.

A vinhaça se mostrou como uma fonte de substrato interessante para a produção de

hidrogênio, devido à sua alta produção volumétrica, em todas as fases.

Para o reator anaeróbio de leito fixo, utilizando o esgoto sanitário como afluente, pode-se concluir que a condição operacional com tempo de detenção hidráulica de 12 horas apresentou resultados mais significativos em relação às outras duas opções estudadas (6h e 24h), tanto para a eficiência global do processo quanto para a estabilidade do processo de digestão anaeróbia e produção de metano.

A primeira fase (TDH 24h), apesar de apresentar uma boa eficiência na degradação da DQO, com média acima de 60%, não apresentou valores significativos na produção de metano.

A última fase (TDH 6h) não apresentou boa eficiência de remoção da DQO, com média abaixo de 20%, como também mostrou valores menores na produção de metano.

Foi possível observar que a produção volumétrica de metano aumentou com o aumento da TCO removida. Ou seja, a TCO removida ótima na produção de metano para o reator de leito fixo foi de 2,53Kg/m<sup>3</sup>.d no TDH de 12 horas.

### Referências bibliográficas

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology Biotechnology*, 85, 849–860. 2010.

VAN GINKEL, S.W.; SUNG, S.; LAY, J.J. Biohydrogen production as a function of pH and substrate concentration. *Environmental Science and Technology*, v. 35, p. 4719-4725, 2001.

LOPES, A.O et al. Produção de Metano em Estação de Tratamento de Esgoto e Co-Geração de Energia Elétrica: Um estudo de caso na ETE em Passos – MG. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011.

SILES, J. A.; BREKELMANS, M. A. ; MARTÍN, M.A., CHICA, A. F. ; MARTÍN, A.

Impact of ammonia and sulphate concentration on thermophilic anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 101, 9040-9048. 2010.

AMORIM, E.L.C.; BARROS, A.R.; DAMIANOVIC, M.H.R.Z.; SILVA, E.L. Anaerobic fluidized bed reactor with expanded clay as support for hydrogen production through dark fermentation of glucose. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.34, p.783 - 790, 2009.

ZAIAT, M. (1996). Desenvolvimento de reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) para tratamento de águas residuárias. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

MACHADO, O. J.; FREIRE, F. B. Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). *OLAM – Ciência & Tecnologia*, 2, 170. 2009