

II-183 – PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA MANIPUEIRA EM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FLUIDIFICADO: EFEITO DA TAXA DE CARREGAMENTO ORGÂNICO

Norma Candida dos Santos Amorim⁽¹⁾

Engenheira de Agrimensura pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela UFAL. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL) – Campus Satuba.

Juliana Silva Martins⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Alagoas.

Inaê Alves⁽³⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Alagoas.

Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da Universidade Federal de Alagoas.

Endereço⁽¹⁾: Rua 17 de Agosto, s/n - Satuba - AL - CEP: 57120-000 - Brasil - Tel: (82) 3266-1022 - e-mail: normacandida@gmail.com

RESUMO

Estudos visando à produção de hidrogênio estão cada vez mais sendo difundidos por conta benefícios da utilização do hidrogênio em substituição aos combustíveis fósseis. O desempenho de reatores de leito fluidificado vem se mostrando interessante na produção de hidrogênio, porém a utilização de efluentes reais como substrato nesse tipo de reator ainda é novidade. Nesse cenário, buscou-se analisar o efeito da taxa de carregamento orgânico na produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidificado a partir da manipueira. A escolha da manipueira como substrato se fez por conta da grande geração desse efluente em casas de farinha artesanais espalhadas em vários municípios do Estado de Alagoas, além do fato de seu teor de carboidratos variar entre 20 e 40 g/L, o que tornou a manipueira bastante atrativa para obtenção de hidrogênio. O efeito da taxa de carregamento orgânico (TCO) foi avaliado mantendo-se a DQO afluente no reator em 4000 mg/L e variando o tempo de detenção hidráulica (8, 6, 4, 2 e 1 h). Dessa forma, a TCO teórica variou ao longo de cinco fases experimentais (12, 16, 24, 48 e 96 kg/m³ d, respectivamente).

Com a variação da TCO, observou-se um incremento da produção volumétrica de hidrogênio atingindo um valor máximo de 2,04 L/h/L quando aplicada a TCO máxima (161 kg/m³ d).

Já o rendimento da produção de hidrogênio variou de 0,31 para 1,91 mol/H₂.mol glicose, quando a TCO passou de 28 para 126 kg/m³ d, respectivamente. Ao aumentar a TCO para 161 kg/m³ d, o rendimento sofreu um decréscimo, passando para 1,20 mol H₂/mol glicose.

PALAVRAS-CHAVE: Tempo de Detenção Hidráulica, Produção Volumétrica de Hidrogênio, Rendimento da Produção de Hidrogênio.

INTRODUÇÃO

A produção de hidrogênio a partir de efluentes industriais ou agroindustriais proporciona benefícios ao meio ambiente. Isso porque tanto reduz a carga poluidora do efluente que antes seria disposto *in natura* no meio ambiente através do seu tratamento, assim como, pode-se obter o aproveitamento energético do hidrogênio produzido ao longo do processo de tratamento anaeróbio em substituição aos combustíveis fósseis.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da taxa de carregamento orgânico (TCO) na produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidificado a partir do efluente gerado no processamento da mandioca – a manipueira.

A importância da TCO está na sua relação com outros dois parâmetros: a concentração do substrato e o tempo de detenção hidráulica (TDH), de acordo com a Equação 1.

$$TCO = \frac{DQO_{\text{Afluente}}}{TDH}$$

equação (1)

Estudos que utilizaram reatores anaeróbios de leito fluidificado alimentados com substratos sintéticos visando à produção de hidrogênio indicam que o aumento da carga orgânica promove uma perspectiva de maior produção de hidrogênio. Dessa forma, os autores observaram uma relação linear entre a TCO e a produção volumétrica de hidrogênio. Em relação do rendimento da produção de hidrogênio, foi relatado o aumento deste em função da TCO até certo ponto, a partir do qual o incremento da TCO promoveu redução do rendimento. Os autores justificam tal comportamento alegando que a elevada TCO pode causar sobrecarga no reator ou por limitações cinéticas (SHIDA, 2008; AMORIM, 2009; REIS 2010).

Nesse estudo o aumento gradativo da TCO foi realizado mantendo a concentração do substrato constante e reduzindo o TDH em cinco etapas, onde cada etapa possui um TDH correspondente variando de 8 até 1 hora.

Ao final do experimento, foi observado que a produção volumétrica e o rendimento de hidrogênio foram próximos do observados em estudos anteriores que utilizaram substratos sintéticos nesse tipo de reator em condições semelhantes. Os resultados do uso da manipueira, um substrato real, em substituição à substratos sintéticos apontam um novo horizonte na produção de hidrogênio em reatores anaeróbios de leito fluidificado, abrindo as portas para a avaliação do desempenho de outros efluentes reais.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁGUA RESIDUÁRIA – MANIPUEIRA

Nesse estudo foi adotada a manipueira como substrato por ser um efluente agroindustrial bastante gerado em pequenas indústrias de processamento de mandioca de diversos municípios de Alagoas. A coleta das amostras utilizadas nesse projeto foi obtida numa indústria de farinha de mandioca localizada no município de Taquarana no Estado de Alagoas.

A água residuária utilizada foi composta por uma solução com manipueira a uma concentração de 4000 mg/L e alguns suplementos, como uréia (125 mg/L), cloreto de cálcio (47 mg/L), fosfato de potássio monobásico (85 mg/L), fosfato de sódio dibásico (33,4 mg/L), dentre outros.

REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FLUIDIFICADO

O reator anaeróbio de leito fluidificado utilizado foi construído em acrílico transparente com uma espessura de 5 mm, possuindo uma altura de 190 centímetros e 5,3 cm de diâmetro interno. O reator possui 5 saídas laterais para coleta das amostras de partículas, localizadas a 20 cm, 40 cm, 70 cm, 110 cm e 160 cm ao longo do reator a partir de sua base, com o volume total de 4192 cm³.

Ao reator foram acopladas duas bombas: uma foi responsável pela alimentação do reator e a segunda foi responsável pela recirculação do substrato. O reator foi operado à temperatura ambiente. A variação da temperatura foi acompanhada por um termômetro. A temperatura mínima observada foi de 23°C e a máxima foi de 31°C.

O esquema de instalação e operação do reator anaeróbio de leito fluidificado pode ser observado na Figura 1.

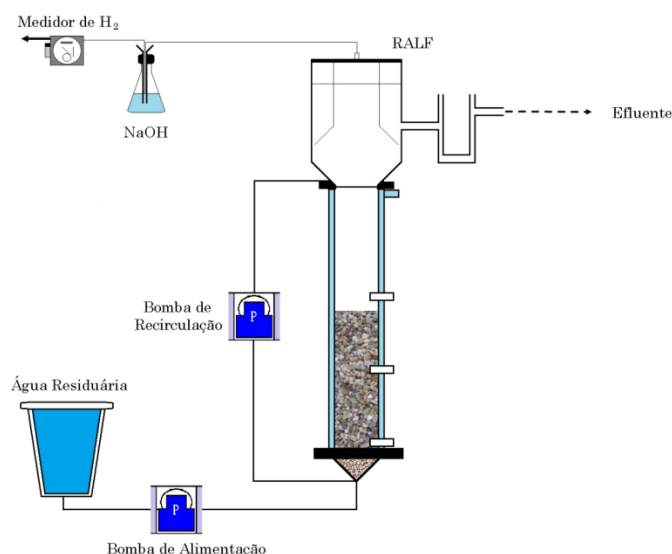


Figura 1: Esquema de instalação do reator anaeróbico de leito fluidificado.

OPERAÇÃO DO REATOR

A operação do RALF foi conduzida continuamente a fim de avaliar o efeito da Taxa de Carregamento Orgânico na produção de hidrogênio utilizando a manipueira como substrato.

Para isso, foi estabelecida a DQO afluente a ser utilizada ao longo do experimento em torno de 4000 mg/L, de acordo com Amorim (2009). No total, foram cinco fases experimentais. As características de cada fase podem ser observadas na Tabela 1.

O RALF foi preenchido por partículas de argila expandida (cinasita) selecionadas na faixa granulométrica de 2,8 mm a 3,35 mm e com densidade maior que a da água até uma altura de 90 cm da base do reator (aproximadamente 1986 cm³) (AMORIM, 2009) e a massa foi de aproximadamente 1,065 kg.

Optou-se por não controlar o pH durante a operação do reator para observar o comportamento do sistema, obtendo a média do pH efluente do reator foi próximo a $5,0 \pm 0,48$.

Tabela 1: Vazão, TDH e TCO adotados em cada fase experimental.

Fase Experimental	Tempo de Operação dias	TDH hora	Vazão mg/h	TCO kg/m ³ d
1	35	8	524,0	12,0
2	47	6	698,7	16,0
3	45	4	1048,0	24,0
4	27	2	2096,0	48,0
5	10	1	4192,0	96,0

RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS

A Tabela 2 apresenta a variação da concentração dos carboidratos totais em forma de glicose afluente e efluente em função do TDH.

A diminuição da concentração dos carboidratos totais em forma de glicose no TDH de 1 h ocorreu devido à mudança da casa de farinha onde a manipueira foi coletada.

Tabela 2: Carboidratos totais médios afluente e efluente; Eficiência de conversão.

TDH (h)	Afluente	Efluente	Eficiência
Nº de Amostras	(mg/L)	(mg/L)	(%)
8 (4)	3766 ± 455	3178 ± 396	16 ± 2
6 (13)	2750 ± 401	1810 ± 160	34 ± 5
4 (16)	2354 ± 346	1940 ± 114	18 ± 3
2 (5)	3400 ± 111	1200 ± 65	65 ± 6
1 (4)	1300 ± 78	700 ± 34	46 ± 7

EFEITO DA TCO NA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

A Figura 2 apresenta o comportamento da produção volumétrica de hidrogênio (HPR) e do rendimento da produção de hidrogênio (HY) em função da TCO.

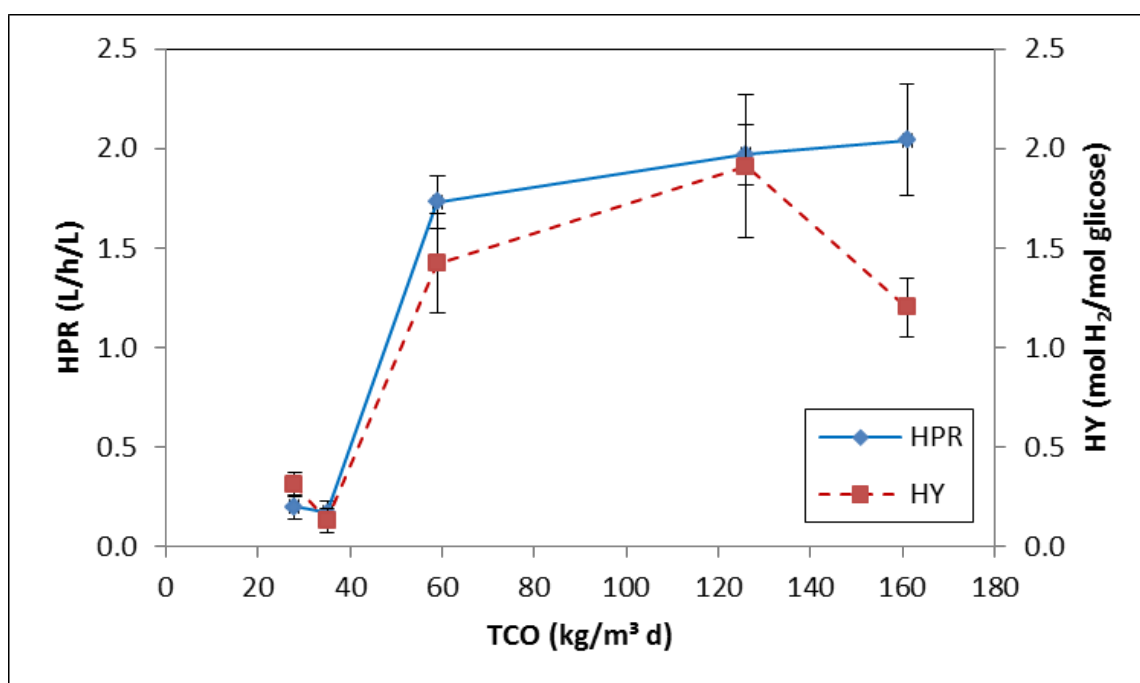


Figura 2: HPR e HY em função da TCO.

Alguns autores que utilizaram RALF em suas pesquisas obtiveram comportamento semelhante.

Shida (2008) observou que o aumento do rendimento de hidrogênio em função da taxa de carregamento orgânico ocorreu quando variou a TCO de 13,57 (1,84 mol H₂/mol glicose) para 59,43 kg/m³ d (2,29 mol H₂/mol glicose). No entanto, quando a TCO passou de 59,43 para 104,2 kg/m³ d, o rendimento diminuiu de 2,29 para 2,10 mol H₂/mol glicose.

Amorim (2009) também observou comportamento semelhante do rendimento de hidrogênio em função da TCO. Para o autor, o rendimento aumenta com o incremento da taxa de carregamento orgânico até certo ponto a partir do qual o rendimento sofre redução. O autor justifica tal comportamento devido provavelmente à sobrecarga aplicada ao reator por conta da elevada TCO ou por limitações cinéticas.

Barros (2009) também chegou a conclusões semelhantes, já que na sua pesquisa o rendimento de hidrogênio sofreu redução quando aplicada taxas de carregamento orgânico acima de 150 kg/m³ d.

CONCLUSÕES

A produção volumétrica de hidrogênio aumentou com o incremento da taxa de carregamento orgânico. A produção volumétrica máxima foi observada no TDH de 1 h e na aplicação da taxa de carregamento orgânico de 161 kg/m³ d, onde atingiu o valor de 2,04 L/h/L. O rendimento máximo observado em relação ao incremento da TCO foi de 1,91 mol H₂/mol glicose quando aplicada uma TCO 126 kg/m³ d. Os dados mostram que o rendimento da produção de hidrogênio sofreu acréscimo de 0,31 para 1,91 mol H₂/mol glicose com o aumento da TCO de 28 até 126 kg/m³ d, respectivamente. A partir desse ponto o incremento da TCO até 161 kg/m³ d resultou na diminuição do rendimento de hidrogênio para 1,20 mol H₂/mol glicose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, E. L. C. Efeito da concentração de glicose e da alcalinidade na produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidificado. São Carlos. 2009. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2009.
2. SHIDA, G. M. Produção de hidrogênio e ácidos orgânicos por fermentação acidogênica em reator anaeróbio de leito fluidificado. São Carlos. 2008. Dissertação de Mestrado. Escola de engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2008.
3. REIS, C. M. Efeito da velocidade ascensional na produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidificado. São Carlos. 2010. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2010.
4. BARROS, A. R. Influência de diferentes materiais suporte na produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidificado. São Carlos. 2009. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2009.