



III WORKSHOP NACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NOS TERRITÓRIOS SEMIÁRIDOS

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E CIANETO DA MANIPUEIRA EM REATOR UASB DE BANCADA

Patrícia da Silva Barbosa¹, Nayara Evelyn Guedes Montefusco², Miriam Cleide Cavalcante de Amorim³

^{1,2,3} Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Juazeiro. Av. Antônio C. Magalhães, 510- Country Clube- Juazeiro – Bahia – Brasil. CEP: 48902-300 / Telefone: (74) 991100697/ E-mail: ¹barbosa-patricia@outlook.com; ²nayara_evelyn@yahoo.com.br; ³miriamcleide@gmail.com

RESUMO: A manipueira é um efluente gerado durante a produção de farinha e apresenta elevada concentração de matéria orgânica e de cianeto, característica que a torna um poluidor em potencial que deve ser tratado adequadamente antes de ser lançado no meio ambiente. Os reatores UASB representam um grande avanço na aplicação da tecnologia anaeróbia para o tratamento de águas residuárias. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de reatores UASB no tratamento da manipueira, através da eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de DQO e do cianeto, principal componente tóxico desse efluente. Durante o experimento foram utilizados dois reatores operando com COV's de 13 e 10 g DQO L⁻¹ d⁻¹, com respectivamente 8 e 12 horas de TDH. Conclui-se que os reatores apresentaram um bom desempenho, visto que a remoção de DQO foi de 59,6% e 60,7% e 74% e 57,7% para o cianeto. Quanto aos parâmetros operacionais, o acréscimo da concentração da alcalinidade total e AGV no efluente demonstraram uma condição de instabilidade no processo de digestão anaeróbia.

Palavras-chave: produção de farinha, tecnologia anaeróbia, meio ambiente

Removal of organic material and cyanide from laboratorial reactor UASB

ABSTRACT: The manipueira is an effluent generated during the production of flour and has a high concentration of organic matter and cyanide (CN), which makes it a potential polluter that must be treated properly before being released into the environment. The UASB reactors represent a major advance in the application of anaerobic technology for the direct treatment of wastewater. The objective of this work was to evaluate the performance of laboratory scale UASB reactors in the treatment of manipueira, through the removal efficiency of organic matter evaluated in terms of chemical oxygen demand (COD) and cyanide, the main toxic component of this effluent. During the experiment, two reactors were operated with organic volumetric loads (COV's) of 13 and 10 g COD L⁻¹ d⁻¹, respectively 8 and 12 TDH hours. It was concluded that the reactors presented a good performance, since COD removal was 59.6% and 60.7% and 74% and 57.7% for cyanide. As for the operational parameters, the increase of the total alkalinity and VFA concentration in the effluent showed a condition of instability in the anaerobic digestion process.

Key-words: Flour production, anaerobic technology, environment

Introdução

O Semiárido brasileiro tem como algumas das principais atividades econômicas a cultura da mandioca (*Manihot esculenta*). De acordo com dados da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2017) a produção de mandioca no Brasil em 2016 foi de 23 milhões de toneladas e 5,8 milhões de toneladas no Nordeste representando 34,8% da produção nacional.

A raiz da mandioca pode ser utilizada como alimento ou como matéria prima para produção de farinha e fécula. Na indústria de processamento de mandioca, seja para produção de farinha ou de fécula, grandes quantidades de resíduos são gerados. Dentre os resíduos gerados (folhas, hastes, cascas e efluentes líquidos), a manipueira é o resíduo mais prejudicial ao meio ambiente, pois apresenta baixos valores de pH, elevadas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), de demanda química de oxigênio (DQO) e de carboidratos (Avancini et al., 2007), além de ácido cianídrico (HCN), resultante da hidrólise dos glicosídeos cianogênicos (PINHO, 2007).

Estima-se que uma tonelada de mandioca processada em uma casa de farinha gera em média 300 litros de manipueira por dia, enquanto que em uma fecularia em média de 600 litros, neste caso a geração de efluente é maior, pois no processo de extração da fécula a massa de mandioca é lavada exaustivamente para a extração do amido (CEREDA, 2002; INOUE et al., 2010).

De acordo com Santos (2009), a forma mais comum de descarte deste resíduo é jogá-lo diretamente nos corpos d'água e no próprio ambiente circundante, formando enormes lagoas, provocando condições de insalubridade na população e afetando à saúde e a economia desta atividade.

Ubalua (2007) cita que muitos tratamentos de águas residuárias praticados por fábricas de fécula no Brasil e em outros países baseiam-se em processos biológicos simples como lagoas de estabilização, mas que reatores anaeróbios têm sido usados devido aos avanços na tecnologia desse tratamento assim como a possibilidade de geração de energia. De acordo com Chernicharo (2007) os reatores UASB (Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente) apresentam algumas vantagens em relação aos processos aeróbios convencionais, tais como eficiência de remoção de demanda química de oxigênio (DQO) de 65% a 75%, baixa produção de lodo, baixo requerimento de energia elétrica, facilidade de instalação, operação e manutenção, baixo requerimento de área de construção, possibilidade de aproveitamento do biogás, capacidade de suportar sobrecargas orgânicas e hidráulicas.

Mai (2006) estudou o tratamento da manipueira de fecularia utilizando reator UASB, com controle de pH entre 6,5 e 7,6 sendo aDQO aplicada de 2 a 12 g DQO L⁻¹ e COV de 3 a 56 g DQO L⁻¹ d⁻¹ e obteve eficiências de 74 a 96% de remoção de DQO.

Annachhatre e Amatya (2000) estudaram um reator UASB com volume de 5,7 L, em escala laboratorial, com recirculação, para tratar manipueira de fecularia pré decantada, com pH de alimentação em torno de 7,0 obtido com uso de NaOH. A concentração de DQO aplicada variou entre 6 e 24 g L⁻¹ e COV entre 10 e 16 g DQO L⁻¹ d⁻¹ obtiveram valores baixos de AGV no efluente e alcalinidade elevada com remoção de DQO de 85%.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de reatores UASB de bancada no tratamento da manipueira, através da eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e cianeto e da determinação do pH, ácidos graxos voláteis (AGV) e alcalinidade total (AT) como parâmetros operacionais dos reatores.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia Ambiental-LEA situado na UNIVASF, Campus Juazeiro-BA. A manipueira utilizada no experimento foi adquirida na casa de farinha, localizada na cidade de Araripina-PE e armazenada sob uma temperatura de 18°C. A caracterização do efluente foi realizado através das análises de DQO, pH, série de sólidos, nitrogênio amoniacal e fósforo total.

Para o tratamento anaeróbio da manipueira foram utilizados dois reatores UASB de bancada de acrílico contendo separador trifásico e defletores de gases com diâmetro externo de 120 mm e interno de 110 mm e altura útil de 400 mm, que correspondeu a um volume útil de 3,14 L. Os reatores foram mantidos à temperatura controlada de 32 °C e possuíam fluxo ascendente, com o afluente sendo conduzido ao interior

dos reatores através de uma bomba peristáltica, modelo MasterFlex L/S Cole Parmer permitindo alimentação contínua do substrato no reator.

O monitoramento dos reatores foi realizado em julho de 2015 durante o período de 10 dias, as análises de DQO, ácidos graxos voláteis (AGV) e alcalinidade total (AT) no efluente dos reatores foram realizadas diariamente e para o afluente a cada dois dias, assim como a determinação do cianeto. A determinação do cianeto total foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Essers et al. (1993), AGV e AT por Ribas et al. (2007) e as demais análises seguiram as recomendações de Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

O afluente dos reatores sofreu correção de pH através da adição de bicarbonato de sódio até o pH ficar entre 6,6 a 7,4, que segundo Chernicharo (2007) é a faixa ideal para o crescimento das arqueas metanogênicas. As concentrações de alimentação foram obtidas por diluições da manipueira concentrada com água de torneira. As cargas orgânicas volumétricas (COV) e tempo de detenção hidráulica (TDH) estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Condições operacionais dos reatores

	Vazão (L d ⁻¹)	COV (g DQO L ⁻¹ d ⁻¹)	TDH (h)
Reator I	9,36	13	8
Reator II	6,34	10	12

Os reatores estavam em operação a cerca três meses antes de se adicionar as COV's determinadas em estudo. O lodo anaeróbio utilizado para inocular os reatores foi adquirido na ETE Mangueira situada em Recife e o volume de inóculo aplicado no reator foi de 30% do seu volume útil o que correspondeu a aproximadamente 1,05 L de lodo e carga biológica de 12 Kg SSV m⁻³.

Na Figura 1 pode-se observar o sistema utilizado para a realização do tratamento da manipueira

Figura 1: Sistema utilizado para o tratamento da manipueira.



Fonte: AUTORA

Resultados e Discussões

A caracterização da manipueira em termos de DQO, Nitrogênio amoniacal (NH₃), Fósforo Total (P_{total}), pH, Sólidos Totais (ST), Fixos (STF) e Voláteis (STV) e os dados encontrados na literatura estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Caracterização do substrato em comparação ao encontrado na literatura.

	DQO (g L ⁻¹)	pH	ST (g L ⁻¹)	STV (g L ⁻¹)	STF (g L ⁻¹)	N (g L ⁻¹)	P (g L ⁻¹)
Autora	27,60	4,40	39,70	33,10	6,60	1,20	0,89
Inoue (2008)*	-	3,68	7,95	4,78	3,17	0,20	0,13
Kuzman (2011)*	15,72	4,37	9,54	7,51	2,03	-	-
Correia (2008)**	60	4,20	-	-	-	-	-
Monteiro(2015)**	1101,38	3,90	92,9	73,40	19,50	-	-

*Manipueira de fecularia** Manipueira de casa de farinha

A concentração de DQO encontrada no presente estudo (27,6 g L⁻¹) foi inferior ao encontrado por Correia & Del Bianchi (2008) e Monteiro (2015) que também realizaram seus estudos com manipueira obtida em casa de farinha. E, próximo ao valor determinado por Kuczman (2011) em efluente de fecularia. Segundo Monteiro (2015) além do tipo de processamento utilizado (casa de farinha ou fecularia) as características físico-químicas desse efluente estão diretamente relacionadas a variedade da mandioca, período do plantio e da colheita.

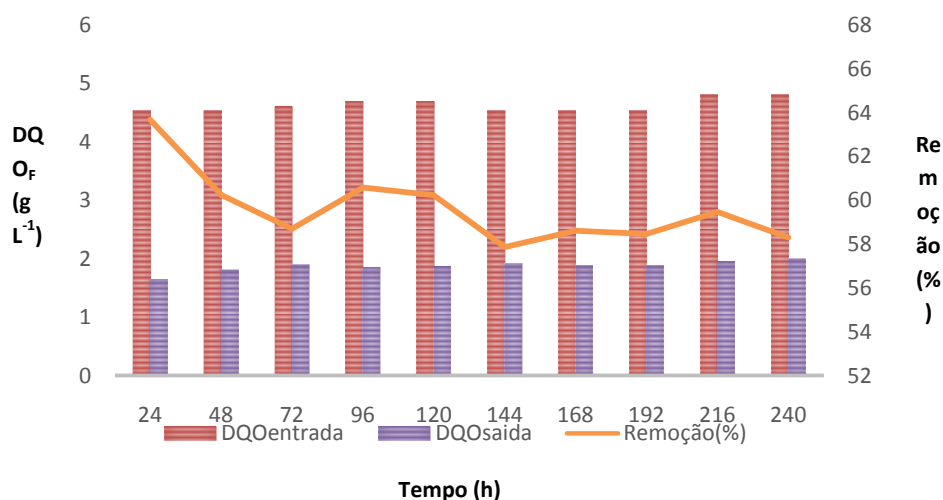
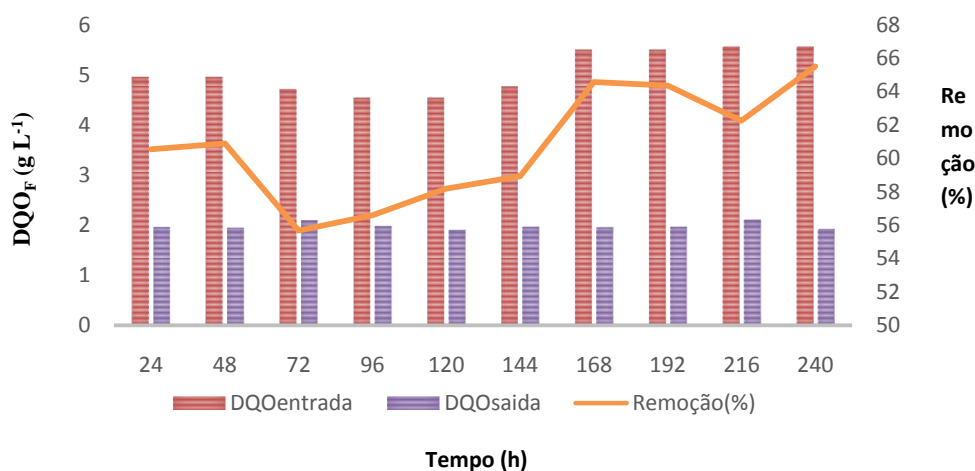
A série de sólidos é uma análise que pode determinar indiretamente a quantidade de matéria orgânica. A concentração de ST da amostra foi de 39,7 g L⁻¹ sendo que 16,62 % corresponde aos STF e 83,37% aos SV, logo o alto percentual de sólidos voláteis indica a predominância de matéria de origem biológica que pode ser facilmente degradada pelas bactérias em um processo de digestão anaeróbia. Monteiro (2015) encontrou em seu estudo 92, 9 de ST, 73,4 de STV e 19,5 de STF, valores estes superiores da manipueira utilizada neste experimento. A baixa quantidade de sólidos pode ser devido a separação da água da pré-lavagem e lavagem das raízes, o que diminui a quantidade de resíduos de solo no efluente ou pelo bom desempenho do filtro-prensa, equipamento usado no processo de separação da massa de mandioca para fabricação da farinha (MACHADO, 2013).

O pH é um fator limitante para o crescimento das bactérias metanogênicas. A manipueira em questão apresentou pH ácido (4,4) corroborando com os resultados apresentados pelos autores na Tabela 2, justificando a necessidade de correção de pH no experimento.

Remoção de DQO e cianeto

A análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um indicativo indireto de matéria orgânica do efluente e parâmetro essencial para avaliar a eficiência da operação dos reatores. A Figura 2 mostra a remoção da matéria orgânica em termos de DQO_F (filtrada) do reator I que operou com COV de 13 g DQO L⁻¹ d⁻¹ e TDH de 8h. Observa-se que após 24 h de operação a remoção foi de 64% apresentando uma queda logo no 2º dia de operação para 60%, apesar de apresentar um leve aumento durante o 4º e 5º dia o sistema não conseguiu se restabelecer obtendo uma eficiência de remoção entre 58% e 59% até finalizar o ciclo de 10 dias.

O reator II, cuja a COV aplicada foi de 10 g DQO L⁻¹ d⁻¹ e 12 h TDH apresentou menor variações e um melhor desempenho na eficiência de remoção do que o reator I. Conforme pode ser visto na Figura 3 durante as primeiras 48 h de funcionamento a remoção de DQO no reator II ficou em torno de 62%, em seguida houve uma queda para 56%, mas gradativamente a remoção da DQO_F aumentou alcançando valores de 66% nos últimos dias.

Figura 2: Eficiência de Remoção de DQO no reator I**Figura 3: Eficiência de Remoção de DQO no reator II**

As remoções médias de DQO_F (Tabela 2) para os reatores I e II foram respectivamente de 59,6% e 60,7%, encontrando-se próximo da faixa considerada satisfatória por Chernicharo (2007), que é de 65-75%.

Kuczman et al.(2014) avaliaram o tratamento de efluente do processamento industrial de fécula de mandioca em reator anaeróbio de fase única com meio suporte em peças de bambu e alimentação contínua. As cargas orgânicas médias aplicadas foram de 0,556; 0,670; 0,678 e 0,770 g DQO L⁻¹ d⁻¹ para os tempos de detenção hidráulica de 13,0; 11,5; 10,0 e 7,0 dias sem agitação, obtendo respectivamente 88, 80, 88 e 67% de remoção média da DQO. Como pode ser observado a maior carga orgânica e menor TDH utilizadas pelos autores foi a que produziu a menor redução de DQO e a que mais se aproximou dos valores obtidos neste trabalho.

A elevada concentração de cianeto presente na manipueira atribui a este efluente alta toxicidade. Na tabela 2 estão expressos os valores médios da concentração e remoção do cianeto total. Os valores de cianeto do afluente foi 0,052 g L⁻¹ para o reator I e 0,045 para o reator II. Observa-se que o reator I, cuja a

concentração na entrada foi superior apresentou maior eficiência na remoção do cianeto (74%) em comparação ao reator I (57%,7).

Em alguns casos, como o da manipueira os reatores UASB têm dificuldades em produzir um efluente que se enquadre dentro da legislação ambiental vigente, a resolução CONAMA Nº430/2011. De acordo com a mesma os efluentes de qualquer fonte poluidora deverão possuir teor limite de cianeto de $0,001 \text{ g L}^{-1}$ para ser lançado no corpo receptor. Comparando os valores de cianeto do estudo com o permitido pela legislação percebe-se que esse efluente precisa ser submetido a algum pós- tratamento para poder se enquadrar na resolução.

Tabela 2: Valores médios de DQO e cianeto do afluente e efluente e suas respectivas remoções.

	DQO _F (g L ⁻¹)			Cianeto (g L ⁻¹)		
	Entrada	Saída	E.R (%)	Entrada	Saída	E.R (%)
Reator I	4,63	1,87	59,6	0,052	0,045	74,19
Reator II	5,06	1,95	60,7	0,013	0,019	57,73

Os valores encontrados neste trabalho foram próximos ao determinado Amorim (2015). A autora encontrou remoções de cianeto de 65% e 66% quando operou os reatores nas condições $12 \text{ g DQO L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e $15,5 \text{ g DQO L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ambos com TDH de 12h, ainda de acordo com a mesma, essas condições apresentaram maiores concentrações de nitrogênio total e amoniacal.

Os dados encontrados também foram semelhantes ao de Barana (2000) que trabalhou com reatores com separação de fases acidogênica e metanogênica para o tratamento da manipueira e encontrou remoções de 67,5 e 75,8 de cianeto.

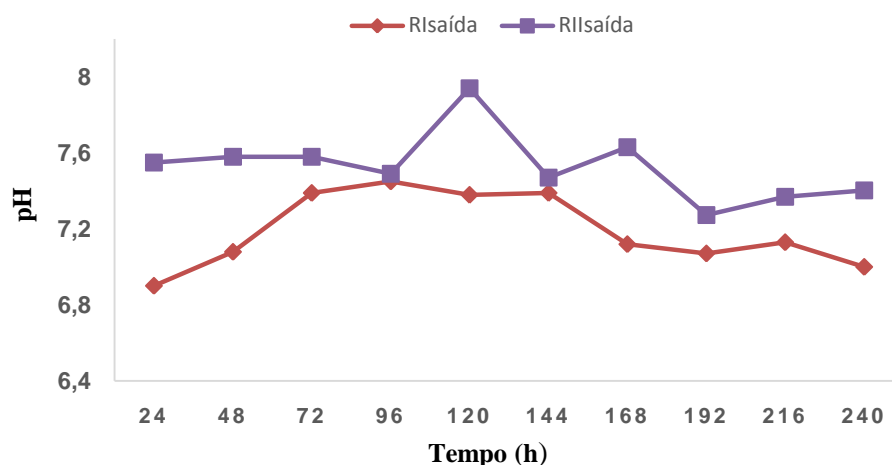
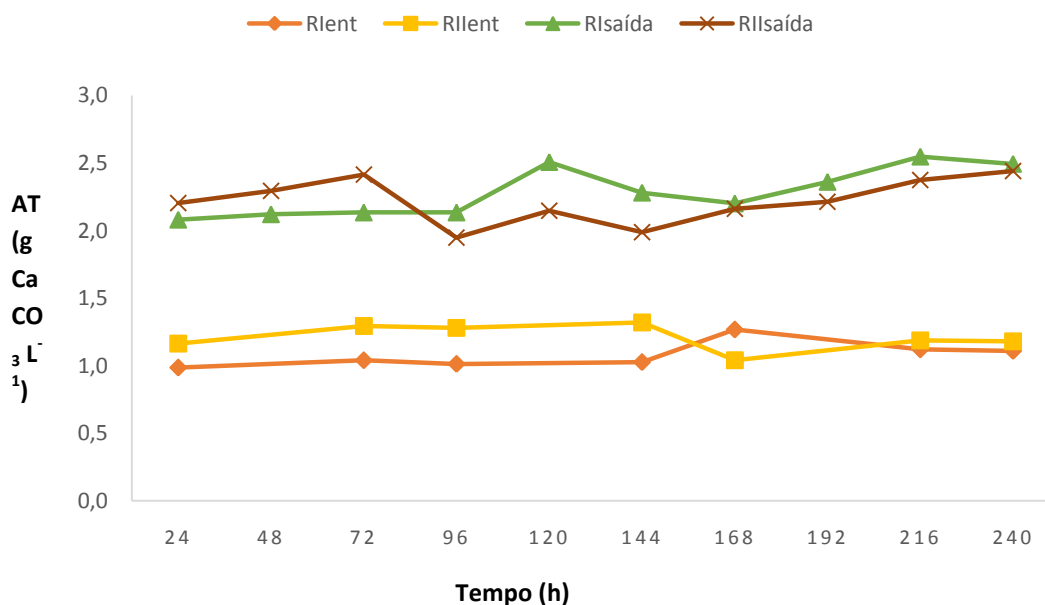
Variação do pH, Ácidos Graxos Voláteis e Alcalinidade Total

O pH, a alcalinidade e os ácidos voláteis são importantes para avaliação do equilíbrio dos reatores anaeróbios, pois de acordo com Costa (2009) esses parâmetros tem uma intensa interação, estabelecidas na capacidade da alcalinidade do sistema em neutralizar os ácidos gerados na digestão anaeróbia e em tamponar o pH quando houver acúmulo de ácidos voláteis, devendo ser monitorados a fim de garantir um controle adequado dos processos anaeróbios.

A Figura 4 mostra o comportamento do pH na saída dos reatores durante o período de análise, como pode ser observado em ambos ensaios a variação de pH permaneceu dentro da faixa recomendado por Chernicharo (2007), o que demonstra a estabilidade dos reatores quanto a manutenção do pH. O único ponto discrepante de pH observado foi no reator II, que aumentou para 8 no 5º dia, mas se restabelecendo em seguida.

O comportamento da alcalinidade total (AT) ao longo da pesquisa pode ser observada na figura 5, analisando as concentrações do afluente e efluente dos reatores observa-se que os reatores I e II tiveram poucas variações, ficando entre $1,0$ a $1,5 \text{ g CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ na entrada do reator e $2,0$ a $2,5 \text{ g CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ na saída. Valores de alcalinidade entre $1,0$ e $5,0 \text{ g L}^{-1}$ indicam que a digestão anaeróbia está ocorrendo de forma satisfatória (Metcalf; Eddy, 2003). No entanto, mesmo com os reatores operando dentro da faixa considerada ideal pelos autores supracitados, o acúmulo de ácidos graxos voláteis indica que o sistema estava em colapso.

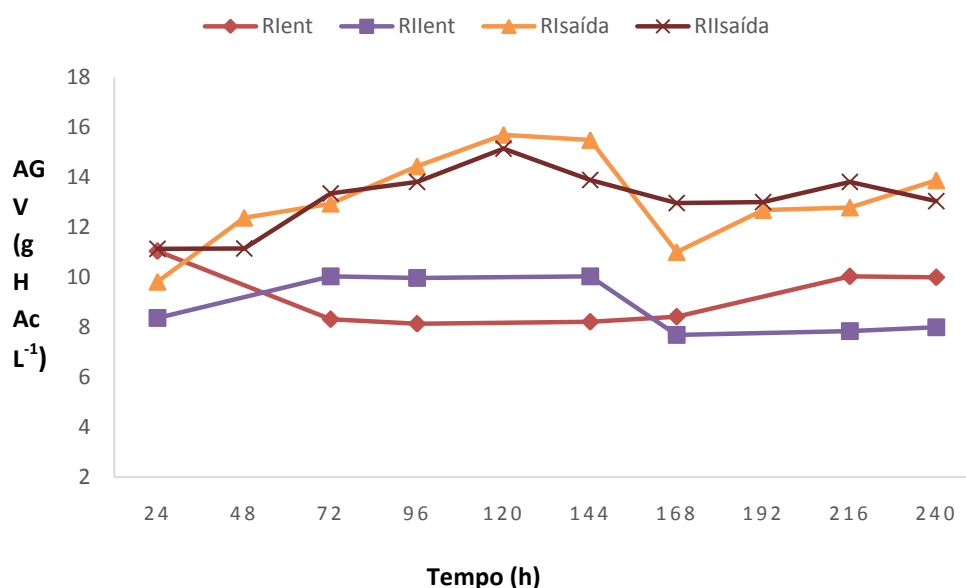
(BARBOSA; MONTEFUSCO; AMORIM, 2017)

Figura 4: Variação de pH nos reatores durante o experimento**Figura 5: Comportamento da alcalinidade total nos reatores**

Correia & Del Bianchi (2008) utilizaram reator anaeróbio compartimentado vertical (RACOV) no tratamento de manipueira de farinha e também observaram um aumento na alcalinidade em média de 1,29 para 1,73 g CaCO₃ L⁻¹ e 1,03 para 1,93 g CaCO₃ L⁻¹ operando com DQO de alimentação respectivamente de 2 a 5 g L⁻¹ e 5 a 10 g L⁻¹.

Os ácidos graxos voláteis são os principais compostos orgânicos intermediários presentes na digestão anaeróbia e como pode ser observado na Figura 6 a manipueira apresentou elevada concentração de ácidos tanto no afluente quanto no efluente. Na entrada os AGV variaram em torno de 8,4 a 11,6 g H Ac L⁻¹ no reator I e 8,4 a 10 g H Ac L⁻¹ no reator II.

Verifica-se que os valores de AGV na saída dos reatores foram maiores que na entrada, resultando em um acúmulo médio destes compostos da ordem de 42,9% no reator I e 32,6% no reator II, indicando um desequilíbrio na etapa acetogênica da digestão anaeróbia.

Figura 6: Produção de AGV no afluente e efluente dos reatores.

Segundo Aquino et al. (2007) a avaliação da atividade dos microrganismos sintróficos é fundamental para a boa operação dos digestores anaeróbios. Como os microrganismos metanogênicos não produzem metano a partir de propionato ou butirato, a queda de eficiência de um reator anaeróbio pode estar mais relacionada à baixa atividade dos microrganismos sintróficos produtores de acetato do que à atividade de microrganismos metanogênicos consumidores de acetato.

Dessa forma, o desempenho dos reatores pode ter sido afetado pelo acúmulo do AGV, visto que, a remoção da matéria orgânica em termos de DQO_F encontrada foi abaixo da faixa citada na literatura. No entanto, é importante ressaltar que pelo aumento da concentração da alcalinidade total que o sistema tentou se estabilizar, produzindo alcalinidade para tentar neutralizar a produção dos AGV e que apesar do acúmulo de AGV, o pH conseguiu se manter sua neutralidade, indicando que os reatores foram capazes de tamponar o pH.

Conclusões

Os reatores apresentaram boa eficiência de remoção de matéria orgânica avaliada em termos de DQO (59 e 60%) e de cianeto total (74 e 58%). Quanto ao pH os valores se mantiveram dentro da faixa esperada para reatores anaeróbios (6,5 -7,5), no entanto os parâmetros operacionais alcalinidade total e AGV apresentaram valores elevados no efluente. O acúmulo de ácidos orgânicos na saída dos reatores mostra o desequilíbrio entre os microrganismos produtores e consumidores de AGV, condição que demonstra instabilidade no processo da digestão anaeróbia que pode ter afetado o desempenho dos reatores.

Referências

AMORIM, M.C.C. *Estudos de caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manipueira proveniente de casas de farinha*. Tese de doutorado. Recife, PE: UFPE, 2015. 220 p.

APHA, (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th edition. American Public Health Association, Washington, D.C.

AVANCINI, S.R.P.; FACCIN, G.L.; TRAMONTE, R.; ROVARIS, A.A.; PODESTA, R.; SOUZA, N.M.A.; AMANTE, E. R. *Cassava starch fermentation wastewater: Characterization and preliminary toxicological studies. Food and Chemical Toxicology*, v. 45, pp. 2273–2278, 2007.

CEREDA, M. P. *Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca. In: Cereda, M. P. Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, (Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas) v. 4, p. 13-37, 2002.*

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbios*, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2 ed. Minas Gerais-UFMG, 2007. 380p.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. *Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.2 – Brasília: Conab, 2014- v. 1 Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Anual, Acessado em : Janeiro 2017.*

CORREIA, G. T.; DEL BIANCHI, V. L. *Tratamento biológico de água residuária da produção de farinha de mandioca utilizando reator anaeróbico compartimentado vertical (RACOV). Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 29, n. 2, p. 159-166, 2008.

ESSERS, A. J. A; BOSVELD, M.; VAN DER GRIFT RM, VORAGEN AGJ. *Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. Journal Sci Food Agric*, v. 63, p. 287-296, 1993.

FORESTI, E. *Anaerobic treatment of domestic sewage: established technologies and perspectives. Water Science Technology*, v. 45, n.10, p. 181-186, 2002.

INOUE, K.R.A.; SOUZA, C.F.; MATOS, A.T.; SANTOS, N.T.; ALVES, E.E.N. *Características do solo submetido a tratamento com biofertilizantes obtidos na digestão da manipueira. Tecnologia & Ciência Agropecuária, Paraíba*, v. 4, n. 2, p. 47-52, jun. 2010.

KUCZMAN, O; GOMES S. D; TAVARES, M. H. F.; TORRES, D. G. B.; ALCÂNTARA, M. S. *Produção específica de biogás a partir de manipueira em reator de fase única. Eng.Agríc*, v. 31, n. 1, 2011.

KUCZMAN, O.; TAVARES, M. H. F.; GOMES, S. D.; GUEDES, L. P. C.; GRISOTTI, G. *Cassava starch extraction effluent treatment in a one phase tubular horizontal pilot reactor with support medium. Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 6, p. 1270-1282, 2014.

MAI, H.N.P. *Integrated treatment of tapioca processing industrial wastewater: based on environmental bio-technology. PhD-thesis. Wageningen: Wageningen University, 2006. 177p.*

MACHADO, E.P. *Análise de eficiência de tratamento de manipueira em reator anaeróbico de fluxo vertical com separação de fases. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2013.*

METCALF, L.; EDDY, H. P. *Wastewater Engineering-Treatment Disposal and Reuse.. 4rd edition Inc. New York: McGraw – Hill Book Company, 2003 p. 1819.*

MONTEIRO, S. R. M. *Produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbia de manipueira e lodo de estação de tratamento de esgoto. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife-PE. 2015, 104 p.*

(BARBOSA; MONTEFUSCO; AMORIM, 2017)

PINHO, M. M. C. de A. *Características químicas de solos adubados com manipueira*. Dissertação de Mestrado. Recife, PE: UFRPE, 2007. 86 p.

RIBAS, M. M. F.; MORAES, E. de M.; FORESTI, E. *Avaliação da acurácia de diversos métodos para determinação de ácidos graxos voláteis e alcalinidade a bicarbonato para monitoramento de reatores anaeróbios*. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 240-246. 2007.

UBALUA, A.O. *Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives*. *AfricanJournal of Biotechnology*, v. 6, n. 18, p. 2065-2073, 2007