

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO NO TRATAMENTO ANAERÓBIO POR LEITO FIXO DE MANIPUEIRA

Evaluation of the stir influence in a continuous fixed bed anaerobic system for “manipueira” treatment

Crislene Barbosa de ALMEIDA ⁽¹⁾

Gisele Ferreira BUENO ⁽¹⁾

Vanildo Luiz DEL BIANCHI ⁽¹⁾

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da agitação em um sistema anaeróbico contínuo de leito fixo para o tratamento de manipueira (água residuária da fabricação de farinha de mandioca). Para tanto, foram utilizados dois reatores de vidro, volume útil de 1,55L e anéis de plástico como suporte. Os reatores possuíam fluxo ascendente intermitente e TRH de 5 dias. As determinações de pH, DQO, alcalinidade e acidez foram realizadas conforme APHA (1995). A concentração de alimentação variou de 700 a 2000 mg.L⁻¹ de DQO. O reator sem agitação obteve reduções de DQO variando de 89,4 a 96,2% enquanto que a eficiência do reator agitado variou de 70,8 a 93,6%. O pH, em cada reator, variou de 7,5 a 8,0 e uma relação acidez/alcalinidade média de 0,18 para o reator sem agitação e de 0,25 para o agitado, sendo estes valores considerados ideais para este tipo de tratamento, conforme literatura. Assim, conclui-se não ser vantajoso o emprego do tratamento anaeróbico por este tipo de agitação, pois, além da energia consumida por um agitador, verifica-se que este tratamento mostrou-se menos eficiente quanto às reduções de DQO.

Palavras-chaves: manipueira, leito fixo, tratamento anaeróbico.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the stir influence in a continuous fixed bed anaerobic system for “manipueira” treatment (wastewater from cassava flour production). For so much, two glass reactors were used, with 1.55L useful volume and plastic rings as support. The reactors possessed intermittent upflow and HRT equal to 5 days. The pH, COD, alkalinity and acidity determinations were accomplished according to APHA (1995). The feed concentration varied from 700 to 2000 mg. L⁻¹ COD. The reactor without agitation obtained COD reductions varying from 89.4 to 96.2% while the efficiency of the stirred reactor varied from 70.8 to 93.6%. The pH, in each reactor, varied from 7.5 to 8.0 and a relationship medium acidity/alkalinity of 0.18 for the reactor without agitation and of 0.25 for the agitated one, values considered ideals for this treatment type, according to the literature. Like this, it was concluded not to be advantageous the use of the anaerobic treatment for this agitation type, because, besides the energy consumed by an agitator, it was verified that this treatment is less efficient in relation to COD reductions.

Keywords: “cassava wastewater”, fixed bed, anaerobic treatment.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de municípios e indústrias sem um planejamento ambiental adequado provoca alterações bruscas na natureza e estas se refletem em poluição e conseqüente impacto negativo sobre os seres envolvidos, questionando-se, assim, a qualidade de vida resultante.

A mandioca, cientificamente chamada de "*Manihot esculenta*", é uma cultura amplamente difundida por todo o território nacional, com uma produção acima de 170 milhões de toneladas, sendo uma das principais explorações agrícolas do mundo, ficando, dentre as tuberosas, abaixo apenas da cultura da batata (EMBRAPA, 2010). Sua utilização é efetuada de duas maneiras: uma direta, pelo humano (consumo culinário ou de mesa) e animal, e outra, industrial, pela qual se produz a farinha de mandioca e se efetua a extração da fécula, sendo que a utilização industrial causa sérios problemas ambientais, pois gera quantidades significativas de resíduos.

A manipueira é o líquido resultante da prensagem da massa ralada da mandioca para produção de farinha e do processo de extração e purificação da fécula. É o resíduo mais problemático, por possuir elevada carga poluente (que pode chegar a 100 g DQO L⁻¹) e efeito tóxico devido à liberação do cianeto, causando sérios problemas ao meio ambiente quando lançada em cursos d'água (CORDEIRO, 2006). Durante a produção da farinha, são gerados cerca de 400 litros de

manipueira para cada tonelada de raiz processada (DEL BIANCHI, 1998).

A América latina tem uma crescente e significativa participação na aplicação do tratamento anaeróbio nos efluentes agroindustriais. A temperatura e o clima tropical são propícios para a operação destes reatores, cuja tecnologia oferece energia e conservação do meio ambiente.

A biodigestão anaeróbia de resíduos (agroindustriais, domésticos, rurais, etc.) permite o aproveitamento do biogás (metano) gerado, que, na verdade, é apenas uma das vantagens deste processo, cuja finalidade maior é o tratamento de efluentes. As outras vantagens são: alta redução de DBO, produção de biofertilizante, pequena produção de lodo, baixos custos operacionais e de investimento e possibilidade de sistemas descentralizados de tratamento (Pompermayer, 2000).

O reator que emprega microrganismos fixos a um suporte é denominado filtro biológico. Esse tipo de reator é largamente empregado e sua utilização ganhou impulso nos últimos vinte anos com o desenvolvimento de suportes de materiais plásticos, que conferem elevada porosidade aos leitos (Sant'anna, 1996). A principal vantagem dos reatores com filme fixo baseia-se no desenvolvimento do biofilme fixado ao suporte, com um aumento no tempo de residência microbiano e com conseqüente redução da lavagem de células (Lomas, 2000).

Segundo Barana (1995), o grau de agitação também influencia muito, sendo que

quanto maior o grau de contato entre o material a ser digerido e as bactérias, mais eficiente será o processo. Para Cetesb (1984), deve-se promover o contato da massa microbiana com o substrato através de uma agitação efetiva e, segundo Pinho (2004), a agitação é importante para acelerar a redução de DQO devido ao maior contato entre o material orgânico e as enzimas, assim a agitação aumenta as eficiências de redução de DQO.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da agitação em um sistema anaeróbio contínuo de leito fixo para o tratamento de manipueira, em termos de eficiência de redução de DQO.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local do experimento: O experimento foi realizado em biorreator de bancada, localizado no Laboratório de Bioprocessos na UNESP (Universidade Estadual Paulista), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, campus de São José do Rio Preto.

Água residuária: A manipueira foi coletada na indústria Plaza, fábrica de farinha de mandioca localizada no município de Santa Maria da Serra, São Paulo. Após a coleta, o material foi transportado para o Laboratório de Bioprocessos da UNESP de São José do Rio Preto, onde foi deixado em repouso para promover a sedimentação do amido que posteriormente foi removido. O sobrenadante foi armazenado em garrafas do tipo PET (polietileno tereftalato) de 2L e congelado a -18°C.

Para realizar a alimentação do reator, a manipueira foi descongelada e diluída em concentrações definidas (700, 1000 e 2000 mg.L⁻¹ de DQO) com água de torneira.

O afluente dos reatores anaeróbios sofreu, quando necessário, correção de pH através da adição de bicarbonato de cálcio, até pH entre 6,6 a 7,4, faixa ideal para o crescimento das arqueas metanogênicas (Chernicharo, 1997), porém corrigiu-se o pH para 8,0 - 8,5 quando os reatores apresentaram uma relação acidez/alcalinidade indesejável.

A aclimação do sistema ocorreu a cada concentração de manipueira. Cada vez que a DQO do efluente atingia a estabilização (verificada através da estabilização da DQO de saída do reator), era iniciado o estudo naquelas características do processo.

Inóculo: Os reatores foram inoculados com lodo proveniente do tratamento anaeróbio de indústria de refrigerantes da cidade de São José do Rio Preto/SP (Refrigerantes Arco-Íris). A quantidade de lodo adicionada aos reatores foi de 25% do volume útil dos reatores. O lodo utilizado apresentava 39,40g ST L⁻¹ e 29,80g SV L⁻¹.

Reatores: Foram utilizados dois reatores de vidro, volume útil de 1,55L, com relação diâmetro/altura de 1:2,5, e anéis de plástico de 3,0 mm de diâmetro como suporte. Os reatores eram constituídos de duas partes, sendo a parte inferior (25% do reator) livre para a agitação e a parte superior (75% restantes) constituída por 25% de lodo e o material suporte (as partes inferior e superior

estavam separadas por tela de nylon). Somente um dos reatores foi agitado intermitentemente, através de agitador magnético, pois, embora ambos os reatores tenham passado um período de agitação e aclimação, o estudo iniciou-se quando o lodo, muito denso, começou a escassear na parte inferior do reator e, ao se notar a ausência total de lodo nesta região, cessou-se a agitação em um reator.

Os reatores foram mantidos à temperatura controlada por condicionador de ar (26°C) e possuíam fluxo ascendente, com o afluente sendo conduzido ao interior dos reatores através de uma bomba peristáltica ligada a um temporizador, permitindo alimentação intermitente de substrato no reator.

Análises: As análises de pH, DQO, alcalinidade e acidez foram realizadas conforme APHA (1995) com as amostras retiradas nas entradas e saídas dos reatores.

Tratamento Estatístico dos dados obtidos: A análise de variância (ANOVA) dos resultados experimentais foi realizada a partir de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com a utilização do teste

de Tukey, considerando-se um nível de significância $p < 0,05$, segundo Banzatto e Kronka (2006), utilizando o programa computacional ESTAT – Sistema para Análises Estatísticas, versão 2.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento foi realizado durante 30 ciclos com TRH de 5 dias. As concentrações de alimentação foram de 700, 1000 e 2000 mg DQO L⁻¹ sendo estas obtidas por diluições da manipueira concentrada com água de torneira.

A caracterização da manipueira utilizada quanto ao pH, turbidez, DQO, alcalinidade e acidez encontra-se na Tabela 01.

Conforme observa-se na Figura 01, o reator sem agitação obteve reduções de DQO variando de 89,4 a 96,2%, com média de 92,4% ($\pm 1,6\%$), 94% ($\pm 1,2\%$) e 91,6% ($\pm 0,9\%$) para cada alimentação, respectivamente. A eficiência do reator agitado variou de 70,8 a 93,6%, com médias de eficiência de 88,8% ($\pm 2,6\%$), 80% ($\pm 4,7\%$) e 88,5% ($\pm 1,6\%$), respectivamente (Figura 02).

TABELA 01. Características da manipueira.

PARÂMETROS	VALORES
pH	3,45 – 4,58
Turbidez	30 NTU
DQO	88.000 – 100.000 mg.L ⁻¹
Alcalinidade	735,0 mg. L ⁻¹
Acidez	3350,0 mg. L ⁻¹

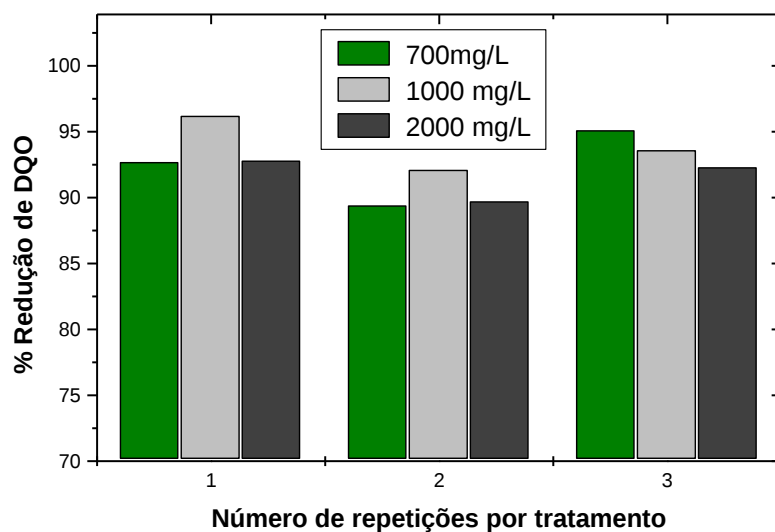


Figura 01. Eficiências de redução de DQO para o reator sem agitação.

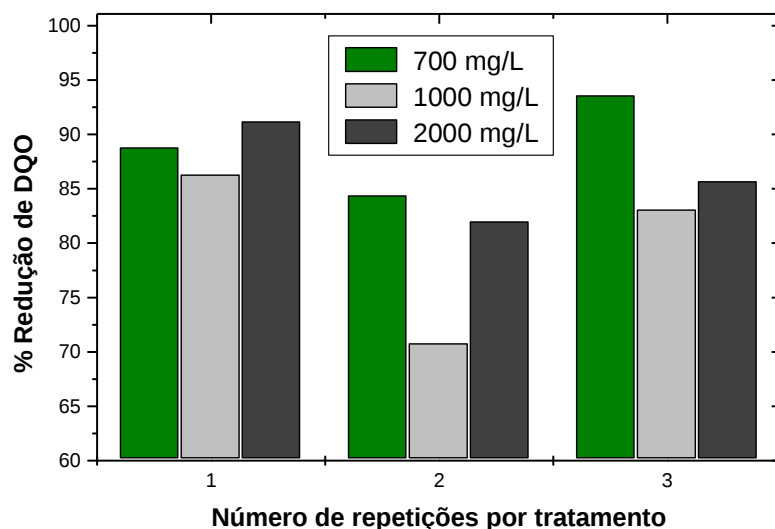


Figura 02. Eficiências de redução de DQO para o reator com agitação.

Não se encontram referências semelhantes a este estudo, especificamente, na literatura em relação à agitação em reatores anaeróbios. Os valores obtidos nesta etapa da pesquisa foram semelhantes aos de Ratusznei et al. (2003) que obtiveram 86% de redução de DQO embora tratando

água residuária sintética e foram superiores aos encontrados por Cubas et al. (2004) que obtiveram 78% de redução de DQO, porém no tratamento de água residuária sintética e com um TRH de apenas 8 horas.

Outros estudos foram encontrados na literatura, que citam diferentes formas de

agitação para reatores anaeróbios e que tiveram eficiências inferiores a 92%. Lacerda (1991) obteve 90% de redução de DQO no tratamento da manipueira em reator com separação de fases, sendo o TRH de 1 dia para a fase acidogênica e de 3-4 dias para a metanogênica; Zaiat (1996), tratando água residuárias de indústria de papel reciclado em reator de leito fixo com um TRH de 9,2 horas e uma carga orgânica de 2,0 Kg DQO $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$, obteve um valor médio de redução de DQO de 82%; Massé; Masse (2001), tratando água residuárias de abatedouro à temperatura de 30°C (4,93 Kg DQO $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$), 25°C (2,94 Kg DQO $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$) e 20°C (2,75 Kg DQO $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$), obtiveram eficiências de redução de DQO da ordem de 90,8%, 88,7% e 84,2%, respectivamente; e Del Pozo; Diez (2003), que obtiveram redução média de 85% tratando água residuária de abatedouro avícola com TRH de 6 horas. Ressalta-se que, Barana (1995), Cetesb (1984) e Pinho et al. (2004) afirmam que a agitação é importante para acelerar e aumentar a redução de DQO.

O pH, em cada reator, variou de 7,5 a 8,0 e obteve-se uma relação acidez/alcalinidade média de 0,18 para o reator sem agitação e de 0,25 para o agitado, sendo estes valores considerados satisfatórios para este tipo de tratamento (Cetesb, 1984; Chernicharo, 1997; Barana, 2000).

Através da análise estatística dos resultados, observa-se que a média do tratamento com agitação não diferiu da média do tratamento sem agitação ($p>0,05$) e

pelo teste de Tukey, apenas na concentração de 1000 mg DQO L^{-1} o tratamento sem agitação apresentou resultado significativamente melhor. Nas demais comparações não houve diferença significativa.

Conclui-se não ser vantajoso o emprego deste tipo de agitação em reatores anaeróbios, pois, além da energia consumida por um agitador, este tratamento mostrou-se menos eficiente quanto às reduções de DQO.

CONCLUSÕES

- A eficiência média do processo situou-se entre 86,0 a 93% de remoção de matéria orgânica, com um TRH de 5 dias, sendo que as maiores reduções foram verificadas para o reator sem agitação.

- A variação de pH, nos reatores, foi de 7,5 a 8,0 e a relação acidez/alcalinidade de 0,18 a 0,25.

- O tratamento anaeróbio sem agitação apresentou-se significativamente mais eficiente que o anaeróbio com agitação concluindo-se não ser vantajoso o emprego do tratamento anaeróbio por este tipo de agitação.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**, 19th ed. American Public Health Association / American Water Works Association / Water Environment Federation, Washington, DC, USA, 1995.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4^a. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- BARANA, A.C. **Estudo da carga orgânica de manipueira na fase metanogênica de reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo**. 1995. 95p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BARANA, A.C. **Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**. 2000, 95p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BORZACCONI, L.; LÓPEZ, I.; VIÑAS, M. Application of anaerobic digestion to the treatment of agroindustrial effluents in Latin America. **Water Science Technology**, v. 32, nº 12, p.105-111, 1995.
- CETESB. **Treinamento prático especializado – Microbiologia da digestão anaeróbia**. São Paulo, 1984, 36p.
- CORDEIRO, G.Q. **Tratamento de Manipueira em Reator Anaeróbio Compartmentado**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.
- CUBAS, S.A.; FORESTI, E.; RODRIGUES, J.A.; RATUSZNEI, S.M.; ZAIAT, M. Influence of liquid-phase mass transfer on the performance of a stirred anaerobic sequencing batch reactor containing immobilized biomass. **Biochemical Engineering Journal**, v. 14, p. 99-105, 2004.
- DEL BIANCHI, V.L. **Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do estado de São Paulo**. 1998. 118p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- DEL POZO, R.; DIEZ, V. Organic matter removal in combined anaerobic-aerobic fixed-film bioreactors. **Water Resource**, v. 37, p. 3561-3568, 2003.
- EMBRAPA. Disponível em <http://www.embrapa.br>. Acesso em maio/2010.
- LACERDA, T.H.M. **Estudo cinético da fase metanogênica de substrato de manipueira**. 1991, 91p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LOMAS, J.M. et al. Influence of recirculation flow in a pilot scale down flow stationary fixed film anaerobic treating piggery slurry. **Biomass and Bioenergy**, v. 18, p. 421-430, 2000.

MASSÉ, D.I.; MASSE, L. The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing bath reactors. **Bioresource Technology**, v. 76, p. 91-98, 2001.

PINHO, S.C.; RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.; FORESTI, E.; ZAIAT, M. Influence of agitation rate on the treatment of partially soluble wastewater in anaerobic sequencing batch biofilm reactor. **Water Research**, v. 38, p. 4117-4124, 2004.

POMPERMAYER, R.S.; PAULA JR., D.R. de. Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos. In: **AGRENER' 2000, ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 3, 2000, Campinas, Trabalhos...

Campinas: UNICAMP/SBEA, 2000. (paper nº 16_6) CD-ROM.

RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D.; CAMARGO, E.F.M.; RIBEIRO, R.; ZAIAT, M. Effect of feeding strategy on a stirred anaerobic sequencing fed-batch reactor containing immobilized biomass. **Bioresource Technology**, v. 90, p. 199-205, 2003.

SANT'ANNA JR, G.L. Tratamento biológico de efluentes: ênfase em reatores de leito fluidizado trifásico. In: IV SHEB - IV SEMINÁRIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSAS, 05/09 Dezembro, Maringá-PR – Brasil, **Anais...**, 1996, p. 114-126.

ZAIAT, M. **Desenvolvimento de reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) para tratamento de águas residuárias**. 1996, 157p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.