

TRATAMENTO DA MANIPUEIRA EM SISTEMA ANAERÓBIO DE LEITO FIXO

Cassava waste treatment in a fixed bed anaerobic system

Crislene Barbosa de ALMEIDA¹Gisele Ferreira BUENO²Vanildo Luiz DEL BIANCHI³**RESUMO**

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da luminosidade e do uso de suporte em um sistema anaeróbio contínuo de leito fixo para o tratamento de manipueira (água residuária do processamento de mandioca). Foram utilizados reatores de vidro de 1,55L, com relação diâmetro/altura de 1:2,5, e anéis de plástico como suporte. Os reatores possuíam fluxo ascendente intermitente e TRH de 5 e 3 dias com concentrações de inóculo de 10, 25 e 50%. As determinações de pH, DQO e alcalinidade foram realizadas conforme APHA (1995) e a concentração de alimentação variou de 700 a 6800 mg DQO L⁻¹. Na concentração de 1000 mg DQO L⁻¹ o tratamento sem luminosidade apresentou resultado significativamente melhor, e nas demais concentrações (TRH de 5 e 3 dias) não houve diferença significativa, sendo que o reator descoberto tornou-se instável. Quanto ao uso de suporte, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

Palavras-chave: manipueira, tratamento anaeróbio, luminosidade, suporte.

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the influence of the brightness and the support use in a continuous fixed bed anaerobic system for “manipueira” treatment (wastewater from cassava flour production). Two glass reactors (1,55L) were used, with relationship diameter/height 1: 2,5, and plastic rings as support. The reactors presented intermittent upflow and HRT equal to 3 and 5 days with inoculum concentration of 10, 25 and 50%. Analysis of pH, COD and alkalinity were accomplished according to APHA (1995). The feed concentration varied from 700 to 6800 mg COD L⁻¹. For the brightness influence, the results from treatment without brightness showed be significantly better also just for 1000 mg COD L⁻¹, and to the other concentrations (for TRH 5 and 3 days) there wasn't significant difference, but the discovered reactor became unstable. To the support use, the treatment didn't present significant differences. And to the inoculum concentration, 25% reached better results.

Keywords: cassava wastewater, anaerobic treatment, brightness, support.

¹ * Doutoranda em Engenharia e Ciência de Alimentos, Depto. Engenharia e Tecnologia de Alimentos, UNESP - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP CEP 15054-000, Brasil. E-mail: crislene2002@yahoo.com.br

² Doutoranda em Engenharia e Ciência de Alimentos, Depto. Engenharia e Tecnologia de Alimentos, UNESP - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP CEP 15054-000, Brasil. E-mail: gisele.f.b@gmail.com.br

³ Docente, Depto. Engenharia e Tecnologia de Alimentos, UNESP - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP CEP 15054-000, Brasil. E-mail: vanildo@ibilce.unesp.br

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot*) é uma espécie da família *Euphorbiaceae* originária da América. Dentre as espécies, a *Manihot esculenta* é a única cultivada para consumo humano, podendo ser nomeada de brava ou mansa, dependendo do teor de glicosídeos cianogênicos (SOUZA; MENEZES, 2004; DÓSEA et al., 2009).

A mandioca é a sexta matéria-prima agroindustrial mais produzida no mundo e é uma cultura amplamente difundida por todo o território brasileiro, sendo a região Nordeste a maior produtora (DÓSEA et al., 2009). O consumo médio de mandioca, no Brasil, é de 1kg pessoa⁻¹ ano⁻¹, enquanto que o consumo de farinha de mandioca chega a 3,7kg pessoa⁻¹ ano⁻¹ (FAO/WHO, 2006). 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 pode causar sérios problemas ambientais, pois gera quantidades significativas de resíduos (CEREDA, 2000).

O processamento da raiz de mandioca é realizado principalmente para a obtenção de farinha e de fécula (SOCCOL e VANDENBERGE, 2003). As etapas de produção de farinha são: colheita, lavagem, descascamento, moagem, prensagem, esfacelamento, peneiramento, torra, classificação, empacotamento, pesagem e armazenagem da farinha (ENGETECNO, 2005). A produção de fécula consiste em lavagem e descascamento das raízes,

moagem, extração com água, separação das fibras e do material solúvel e secagem (LEONEL; CEREDA, 2000).

A manipueira é o líquido resultante da prensagem da massa ralada de mandioca para produção de farinha e do processo de extração e purificação da fécula. É o resíduo mais problemático, por possuir elevada carga poluente e efeito tóxico devido à liberação do cianeto, causando sérios problemas ao meio ambiente quando lançada em cursos d'água. Para cada tonelada de mandioca processada, são gerados de 300 a 600 litros de manipueira, sendo que o volume e a composição diferem conforme originada de farinhas ou fecularias (CEREDA, 2000; 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 (BORZACCONI, 1995).

Desde Cereda et al. (1986), vários estudos (BARANA, 1995; SAMPAIO, 1996; BARANA, 2000; LACERDA, 1991, FEIDEN, 2001; ALMEIDA, 2005) vêm sendo desenvolvidos no sentido de avaliar o tratamento anaeróbio para a manipueira. Em resumo, a linha seguida pelas sucessivas pesquisas foi a de utilizar um sistema de separação de fases com TRH de 1 dia para a fase acidogênica e de 3 a 5 dias para a fase metanogênica, obtendo-se eficiências no tratamento de 77 a 89% com uma carga orgânica de 0,5 a 8,4 g DQO L⁻¹ d⁻¹. Via de

regra, os reatores destas pesquisas não sofrem influência da luminosidade, possuem sistemas de distribuição de líquido no fundo do reator, usam suportes para a manutenção da massa microbiana e o inóculo cresce lentamente ao longo do processo de aclimação.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da luminosidade, do uso de suporte e da quantidade inicial de inóculo em um sistema anaeróbio contínuo de leito fixo, para o tratamento de manipueira, em termos de eficiência de redução de DQO.

MATERIAL E MÉTODOS

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

A água residuária utilizada no experimento foi a manipueira, coletada na Indústria Plaza, fábrica de farinha de mandioca localizada no município de Santa Maria da Serra, São Paulo (22°34'00"S; 48°09'36"W). Após a coleta, o material foi transportado para o Laboratório de Bioprocessos, 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) e congelado a -18°C.

Para realizar a alimentação do reator, a manipueira foi descongelada e diluída em concentrações definidas com água de torneira.

O afluente dos reatores anaeróbios sofreu correção de pH através da adição de bicarbonato de cálcio entre 6,6 a 7,4, faixa ideal para o crescimento das arqueas metanogênicas, e para 8,0 a 8,5 quando os reatores apresentaram uma relação acidez/alcalinidade indesejável.

Foram utilizados reatores de vidro, volume útil de 1,55L, com relação diâmetro/altura de 1:2,5, e anéis de plástico de 3,0 cm de diâmetro como suporte. Para efetuar a homogeneização e aclimação do sistema foi efetuada uma agitação pré-manta, que permite a homogeneização da alimentação na base do sistema, com os reatores constituídos de duas partes, sendo a parte inferior (25% do reator) livre para a agitação e a parte superior (75% restantes) constituída pelo material suporte acrescido de 25% de lodo (as partes inferior e superior estavam separadas por tela de nylon). O estudo iniciou-se quando o lodo granulado, 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 dos reatores.

Os reatores foram mantidos à temperatura ambiente (cerca de 29°C). O fluxo era ascendente, com o afluente sendo conduzido ao interior dos reatores através de uma bomba peristáltica ligada a um temporizador, permitindo alimentação intermitente de substrato ao processo.

Os reatores foram inoculados com lodo proveniente do tratamento anaeróbio de indústria de refrigerantes da cidade de São José do Rio Preto/SP. A quantidade de lodo adicionada foi de 10%, 25% e 50% do

volume útil dos reatores, conforme o estudo. O lodo utilizado apresentou 39,40g ST L⁻¹ e 29,80g SV L⁻¹.

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

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

- Caracterização da manipueira

A manipueira utilizada foi caracterizada de acordo com valores de pH, turbidez, DQO e alcalinidade e apresentou os resultados encontrados na Tabela 1.

Tabela 1. 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

- Influência da luminosidade

Este experimento, onde os reatores continham 25% de inóculo, foi realizado durante 15 ciclos com TRH de 5 dias e 25 ciclos para o TRH de 3 dias.

Para o TRH de 5 dias, as concentrações de alimentação foram de 700, 1000 e 2600 mg DQO L⁻¹ (cargas orgânicas de 0,14, 0,20 e 0,52 g DQO L⁻¹ d⁻¹, respectivamente).

Para o TRH de 3 dias, as concentrações de alimentação foram de 2500, 3000, 4800, 6500 e 6800 mg DQO L⁻¹ (cargas orgânicas de 0,83, 1,00, 1,60, 2,17 e 2,27 g DQO L⁻¹ d⁻¹, respectivamente).

Observa-se, na Figura 2, o comportamento da redução de DQO dos reatores para o TRH de 5 dias, onde o reator descoberto apresentou reduções variando de 86,3 ± 2,4% a 92,8 ± 5,1% com a maior redução na concentração de 2600 mg DQO L⁻¹, enquanto que o reator coberto (sem a

influência da luminosidade) obteve reduções de DQO muito semelhantes e mais

constantes nas diversas concentrações, sendo estas em torno de 93%.

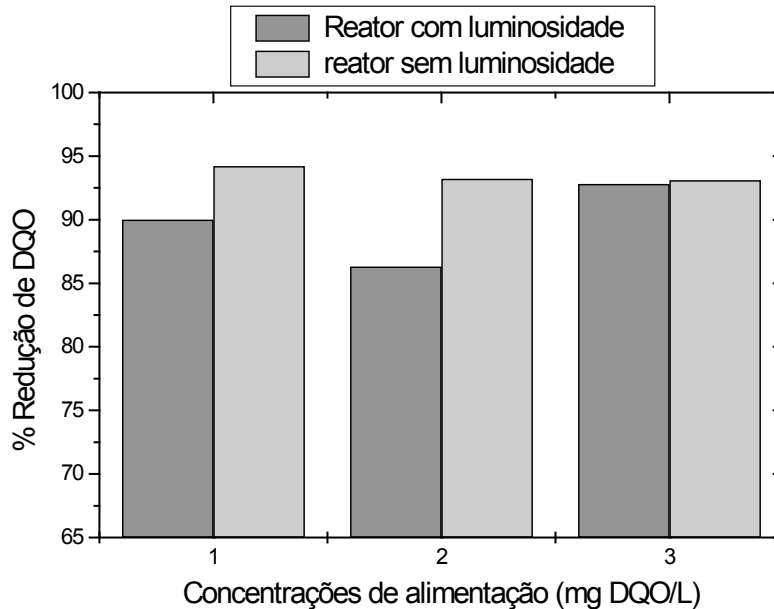


Figura 2. Comparação entre os reatores quanto à eficiência de redução de DQO para o TRH de 5 dias, sendo 1- 700, 2- 1000 e 3- 2600 mg DQO L⁻¹.

A ANOVA dos resultados permitiu observar que: para o TRH de 5 dias o tratamento com luminosidade não diferiu do tratamento sem luminosidade ($p > 0,05$) e, pelo teste de Tukey, apenas na concentração de 1000 mg DQO L⁻¹ a média do tratamento sem a influência da luminosidade apresentou resultado significativamente melhor. Nas demais comparações, não houve diferença significativa.

Não se encontram referências semelhantes a este estudo, especificamente,

na literatura em relação à influência da luminosidade de reatores anaeróbios.

Para o TRH de 3 dias, a média de eficiência de redução de DQO do reator coberto variou de $79,1 \pm 1,1\%$ a $83,8 \pm 1,6\%$ e a eficiência do reator descoberto variou de $72,2 \pm 3,0\%$ a $84,4 \pm 1,1\%$. Na figura 3, observa-se o desempenho dos reatores, e verifica-se que o reator coberto (sem luminosidade) obteve melhor desempenho, sendo que a partir de 4800 mg DQO L⁻¹, os reatores apresentaram eficiências semelhantes.

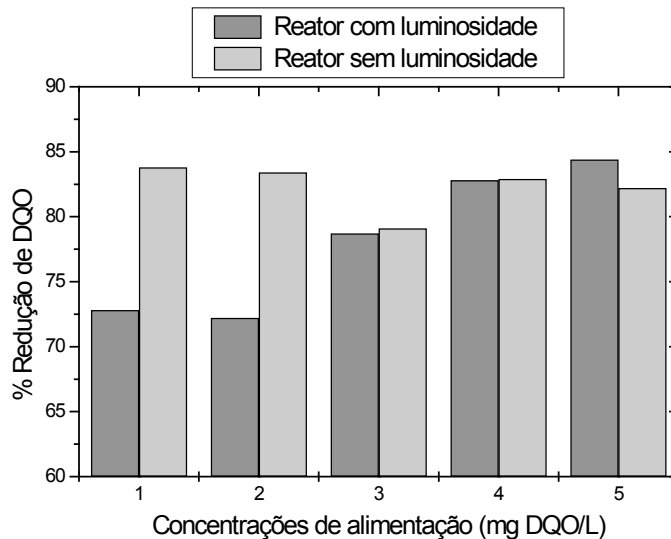


Figura 3. Comparação entre os reatores quanto à eficiência de redução de DQO para o TRH de 3 dias, sendo 1- 2500, 2- 3000, 3- 4800, 4- 6500 e 5- 6800 mg DQO L⁻¹.

Para o TRH de 3 dias, observa-se que a luminosidade não apresenta influência positiva para o sistema ($p > 0,05$). O pH dos efluentes dos reatores variou entre 6,8 a 8,4 para o reator coberto e de 5,6 a 8,6 para o descoberto, observando-se uma maior dificuldade do reator sob a influência da luminosidade em neutralizar o líquido tratado ao longo do TRH proposto.

Com relação à acidez/alcalinidade, obteve-se valores entre 0,02 a 0,37 e 0,08 a 0,43, respectivamente. Através destes valores, corrigia-se o pH do afluente conforme a necessidade de alcalinizar o sistema.

Desta maneira, conclui-se que o TRH de 5 dias foi o que apresentou melhores eficiências de redução de DQO (superiores a 92%) e que a luminosidade não apresenta influência positiva para o sistema, sendo este reator instável quanto às eficiências de redução de DQO.

- Avaliação do uso de suporte

Este estudo foi realizado durante 10 ciclos com TRH de 5 dias e 33 ciclos para o TRH de 3 dias em reatores com 25% de inóculo.

Para o TRH de 5 dias e 700 mg DQO L⁻¹ de alimentação (carga orgânica de 0,14g DQO L⁻¹ d⁻¹) verificou-se que ambos os reatores apresentaram eficiências de redução de DQO similares, apresentando o reator sem suporte redução maior de DQO de $93,6 \pm 0,6\%$.

Para o TRH de 3 dias (Figura 4), e alimentação de 2000, 3000 e 6800 mg DQO L⁻¹ (cargas orgânicas de 0,67, 1,0 e 2,27 g DQO L⁻¹ d⁻¹, respectivamente), as médias de eficiências do reator com suporte foram de $82,1 \pm 4,3\%$ a $85,6 \pm 0,8\%$ enquanto que as eficiências do reator sem suporte foram de $74,3 \pm 3,4\%$ a $85,2 \pm 0,9\%$.

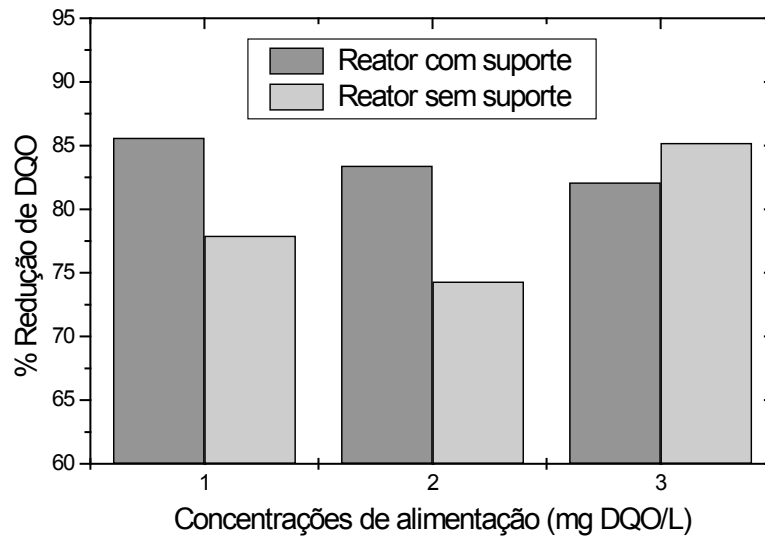


Figura 4. Eficiências de redução de DQO conforme alimentação: 1- 2000; 2- 3000 e 3- 6800; mg DQO L⁻¹.

O pH e a relação acidez/ alcalinidade situaram-se entre 6,1 - 8,7 e 0,16 a 0,30, respectivamente, para o reator sem suporte e 6,8 - 8,1 e 0,02 a 0,37, respectivamente para o reator com suporte.

Através da análise dos resultados ($p > 0,05$), admitiu-se que o uso de suporte não influenciou positivamente o sistema.

CONCLUSÕES

- A luminosidade não apresentou efeito positivo para o sistema, sendo que este reator tornou-se instável quanto às eficiências de redução de DQO.

- A queda do pH no reator susceptível à luminosidade ocasionou gastos com alcalinizantes.

- Dependendo do lodo utilizado, no caso lodo granulado, não se fez necessário o

uso de suporte para o tratamento da manipeira.

- Não é necessária a separação de fases para o tratamento da manipeira, uma vez que atingiu-se, neste trabalho, resultados semelhantes e/ou superiores, aos da literatura, sem esta separação.

AGRADECIMENTOS

A autora C.B.A. agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. B. **Tratamento aeróbio, anaeróbio e misto de manipeira em reatores sob diferentes características.** São José do Rio Preto, 2005. 91p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

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^aed. Jaboticabal: FUNEP, 2006

BARANA, A. C. **Estudo da carga orgânica de manipueira na fase metanogênica de reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo**. Botucatu, 1995, 95p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

BARANA, A. C. **Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**. Botucatu, 2000, 95p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

BORZACCONI, L.; LÓPEZ, I.; VIÑAS, M. Application of anaerobic digestion to the treatment of agroindustrial effluents in Latin America. **Water Science Technology**, v. 32, n. 12, p.105-111, 1995.

CEREDA, M. P. et al. Tratamiento anaeróbio em dos fases de suspensiones amiláceas I- Fase acidogênica. **Rev. Agroq. Tecnol. Aliment.**, v. 26, p.101-108, 1986.

CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas - Fundação Cargill), São Paulo, 2000, 320p.

DEL BIANCHI, V. L. **Balço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do estado de São Paulo**. Botucatu, 1998, 118p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

DÓSEA, R. R.; MARCELLINI, P. S.; SANTOS, A. A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Qualidade microbiológica na obtenção de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. **Cienc. Rural** [online]. ahead of print, p. 0-0. Epub 04-Dez-2009. ISSN 0103-8478.

ENGETECNO. Projetos e Consultoria pra Indústrias Alimentícias e para Área de Saúde. In: _____. **Farinha de mandioca**. São Paulo, 2005. Capturado em 20 jul. 2005. Online. Disponível em: <http://www.engetecno.com.br/tecnologia_farinha_de_mandioca.htm>.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization of the United Nations). Fao stat agriculture data.

In: _____. **Nova York**: FAO/WHO, 2006. Capturado em 10 out. 2006. Online. Disponível em: <<http://www.fao.org>>.

FEIDEN, A. **Tratamento de águas residuárias de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto**. Botucatu, 2001, 120p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

LACERDA, T. H. M. **Estudo cinético da fase metanogênica de substrato de manipueira**. Botucatu, 1991, 91p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 122-127, 2000.

SAMPAIO, B. M. L. **Viabilidade do processo de tratamento anaeróbio de resíduos da industrialização da mandioca em sistema de duas fases**. Maringá, 1996, 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá.

SOCCOL, C. R.; VANDENBERGE, L. P. S. Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 3648, p. 1-14, 2003.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.