

AVALIAÇÃO DE UM REATOR UASB PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE ÓLEO DE ARROZ

PEREIRA-RAMIREZ, Orlando, ABIB, Eduardo N., KOETZ, Paulo R.

LCP-UFPEL-C.P.354-96.010-900 Pelotas, RS- Tel. (053)2757278 FAX (053)2759031
(Recebido Para Publicação em 24/02/2000)

RESUMO

Acompanhou-se por oito meses o desempenho de um reator piloto UASB, tratando efluentes de extração e refino de óleos a partir de farelo de arroz. Analisou-se variações de DQO total e solúvel com relação ao tempo de operação, em diferentes condições de carga volumétrica aplicada, temperatura, pH, óleos e gorduras (O&G), concentrações de Nitrogênio Total Kjendhal (NTK), Fósforo (P) e sulfato (SO_4) relações AVT/Alc., relações DQO/ SO_4 . O tempo de retenção hidráulico (TDH) foi de um dia. Os valores de DQO_t e DQO_s na descarga do reator permaneceram estáveis ao longo da operação, com valores médios de 3532 e 2476mg.L⁻¹, respectivamente. A eficiência máxima de remoção da DQO total foi de 63,6%, e a de remoção da DQO solúvel foi de 58,5%. O aumento da eficiência de remoção pode ser tentado trabalhando na otimização das relações AVT/Alc. e DQO/ SO_4 do afluente do reator e aumentando a carga orgânica.

Palavras-chave: Digestão Anaeróbia, UASB, efluente industrial, óleo de arroz.

ABSTRACT

UASB REACTOR TREATING RICE OIL INDUSTRY WASTEWATER. Process and operation data of UASB pilot reactor were monitored, for 8 months, collecting relative data of COD, temperature, pH, alkalinity, TVFA, O&G, TKN, P, sulfate related to variations of organic load and HRT. The evaluation parameters were total and soluble COD. The results indicate the removals values for Total and Soluble COD were 63.6 and 58.5% respectively. The increasing of COD removal efficiency can be achieved with the optimization of AVT/alkalinity and DQO/ SO_4 relationships and increasing of organic load.

Key words: anaerobic digestion, UASB, industrial effluent, rice oil.

INTRODUÇÃO

As indústrias oleaginosas geram um efluente com concentrações de DQO de até 50.000mg.L⁻¹ e teores de lipídios que dificultam o tratamento biológico. O reator anaeróbio já tem larga utilização no Brasil, mas existem poucas informações sobre sua utilização com efluentes lipídicos.

O Rio Grande do Sul conta com 34 indústrias de óleos vegetais, sendo 30 extratoras a partir de grãos de soja e quatro a partir de farelo gordo de arroz. O efluente é gerado, principalmente, nas operações de refino (90%). Desses, 10% são formados na lavagem do óleo bruto, 30% na lavagem do óleo neutralizado e 30% na lavagem do ácido graxo bruto, recuperado da borra de refino. A parte restante provém das águas barométricas, de lavagens específicas e águas de piso. A maior parte dessas indústrias já tem um sistema primário de tratamento de efluentes. Os sistemas secundários mais usados baseiam-se em processos aeróbios do tipo lodo ativado e lagoas de estabilização.

A concentração de matéria orgânica de até 50.000mgDQO.L⁻¹ do despejo bruto dificulta a aplicação direta de sistemas aeróbios para as indústrias de óleos, cujas vazões de despejos sejam elevadas (DART, 1974).

O tratamento dos efluentes das indústrias de óleos vegetais tem como dificuldade principal, a complexidade física e química dos resíduos, porque os mesmos são constituídos de uma parcela significativa de compostos lipídicos, frações de carboidratos complexo e material protéico em degradação. Segundo RINZEMA (1986), a complexidade do efluente lipídico pode tornar bastante difícil e oneroso seu tratamento biológico. Por outro lado, o tratamento anaeróbio do efluente misto, formado pela acidificação da borra de refino, associado à da área de extração e refino do óleo bruto, é dificultado pela presença de altas concentrações de sulfato. No tratamento de efluentes onde a relação DQO/ SO_4 ⁻² fica menor do que dez, quando a DQO for maior do que 10.000mg.L⁻¹ ocorre uma potencial condição de toxicidade de H₂S (POL *et al.*, 1996)

O aumento do preço da energia a partir dos anos de 1970 diminuiu a atratividade de sistemas de tratamento aeróbio e intensificou a pesquisa de sistemas sem demanda significativa de energia (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). O reator anaeróbio de alta taxa ou performantes, apresentam vantagens sobre os aeróbios, tais como: baixo consumo energético; quantidade reduzida de biomassa excedente; produção de combustível e menor degradação ambiental por aerossóis. Os processos anaeróbios tem tido bom desenvolvimento no Brasil, marcados pelo aumento da carga aplicada, que diminui sensivelmente o tamanho dos reatores.

Os reatores performantes do tipo UASB apresentam uma série de vantagens sobre os sistemas aeróbios convencionais, menor custo de investimento e de manutenção, pouca produção de lodo excedente, pouco consumo de energia elétrica e facilidade de operação. Eles são econômicos do ponto de vista ecológico e energético.

Objetivou-se a aplicação de um reator UASB ao tratamento de efluentes da indústria de óleo de arroz.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A maioria dos trabalhos publicados na área refere-se ao tratamento de efluentes de óleo de oliva e de óleo de palma. OZTURK (1993), estudando o tratamento de efluentes de óleo de oliva, em reator UASB, concluiu que o mesmo era eficiente na produção de metano e na remoção de DQO, obtendo 75% de redução de DQO, com uma carga orgânica aplicada de 18kgDQO.m⁻³.d⁻¹ e com um TDH de um dia. BECCARI (1996), tratando efluentes do processamento de óleo de oliva pelo processo anaeróbio, verificou existir interação entre os dois estágios sucessivos da digestão anaeróbia: a fase acidogênica e a fase metanogênica. BORJA *et al.* (1996), tratando efluentes de óleo de palma, usando UASB de duplo estágio,

obteve melhor desempenho com cargas de 30000mgDQO.L⁻¹.d⁻¹, obtendo remoção de DQOt de 90%.

Os efluentes contendo lipídios apresentam características especiais que podem determinar a inibição do processo anaeróbio. GUERRERO *et al.* (1996), tratando um efluente de uma indústria de chocolate, com teores de óleos e graxas de 425 a 970mg.L⁻¹, SST de 2400 e DQO de 6500 à 12500mg.L⁻¹, com a adição de cloreto férrico, na dosagem de 60mg.L⁻¹ observou que parte da gordura residual era adsorvida pelo lodo, o que reduzia transferência de substrato e produzia nata pela flotação de lodo. Mesmo nestas condições, eles obtiveram remoções de 70% da carga inicial. SONG *et al.* (1997), acompanharam o desempenho de um reator UASB tratando efluentes com gorduras, removendo quase 80% da DQO, com TDH de 12 a 19 horas, sob cargas de 1.0kgDQO.m⁻³.d⁻¹. A relação de AVT / Alc. variou de 0,04 a 0,13, com o decréscimo do TDH e de 0,04 a 0,22 com o aumento da DQO. Um outro reator UASB teve perdas por arraste de biomassa e formação de espuma, quando tratou efluentes com alto teor de gorduras, apresentando ainda dificuldade de granulação e flotação de grânulos (MENJU *et al.*, 1997). No tratamento de efluente graxo, com DQO de 4000mg.L⁻¹ e O&G de 120mg.L⁻¹, NTK de 160mg.L⁻¹, AVT de 330mg.L⁻¹ e P de 30mg.L⁻¹ obteve-se metanização pela remoção de DQO entre 45 e 75%, com TDH de 20 à 40 horas (MARTINEZ *et al.*, 1996).

O UASB apresenta falhas de operação quando trata efluente contaminado por lipídios, como a flotação de lodo e matéria graxa e ainda o efeito inibitórios dos ácidos graxos superiores para os microrganismos anaeróbios (HWU *et al.*, 1997). Ainda com essas dificuldades, o reator UASB consegue reduzir a DQO em 65% em efluentes semelhantes (SONG *et al.*, 1997). Segundo LETTINGA *et al.* (1996), pode-se reduzir o efeito de óleos e gorduras na metanização do efluente, trabalhando com velocidades ascensionais maiores do que 4m.h⁻¹, tempos de detenção próximos a 10h, usando, neste caso, um reator EGSB.

MATERIAL E MÉTODOS:

O reator piloto de 2m³ foi instalado na saída do tratamento primário de uma indústria que processa até 300ton. de farelo gordo de arroz por dia. O reator é um tanque cilíndrico com 0,80m de diâmetro e 4m de altura, incluindo o sistema separador de gás e o decantador interno. A construção é de chapa metálica com revestimento interno de resina e fibra de vidro. O reator dispõe de alimentador por bomba, via um distribuidor circular provido de 4 furos de 3mm de diâmetro, e possui 4 tomadas de amostras distribuídas ao longo da altura. A medição da vazão foi feita por cubagem, em intervalos de 6 horas.

O lodo utilizado para a inoculação, foi proveniente de um reator UASB tratando efluentes de cervejaria. O lodo, ainda granuloso, foi retirado do reator em operação, transportado em bombonas plásticas de 200 L até a indústria de óleos e transferido, através de bomba de deslocamento positivo, para o reator piloto, um dia após a coleta. O volume do inóculo foi de 1200L. O lodo tinha a seguinte composição em sólidos: ST, 235.000mg.L⁻¹; SVT, 36.000mg.L⁻¹; SST, 222.000mg.L⁻¹ e SSVT, 34.000mg.L⁻¹.

A biomassa teve um processo de adaptação de 40 dias, com uma carga de 0,25kg DQO.m⁻³.d⁻¹, com alimentação

continua. O reator foi alimentado 24 horas por dia, seis dias por semana, e no sétimo, desligava-se o sistema.

O afluente do reator era proveniente do flutuador do sistema de tratamento primário e as suas propriedades físico-químicas estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Características do efluente bruto de uma indústria de óleo de arroz

| Parâmetros | Unidade | Valor |
|-----------------|--------------------|--------------|
| Temperatura | °C | 30 – 50 |
| pH | | 3.5 - 5.8 |
| DBO | mg.L ⁻¹ | 6000 – 20000 |
| DQO | mg.L ⁻¹ | 8000 – 25000 |
| SST | mg.L ⁻¹ | 200 – 1000 |
| P | mg.L ⁻¹ | 20 – 200 |
| NTK | mg.L ⁻¹ | 50 – 250 |
| O&G | mg.L ⁻¹ | 300 – 2000 |
| SO ₄ | mg.L ⁻¹ | 500 – 3000 |

A coleta, preservação e análise das amostras obedeceram às técnicas recomendadas por APHA (1995). As amostras para análise de pH e temperatura foram tomadas na alimentação e descarga do reator e realizadas duas vezes ao dia, pelo laboratório da empresa.

As amostras para as demais análises foram retiradas duas vezes por semana, na alimentação e na descarga do reator. As análises realizadas foram: DQO, SST, pH, Alcalinidade, AVT, O&G, Nitrogênio Total e Amoniacal, Sulfatos, Sulfetos, Fósforo, Cloretos e SSV.

Os critérios de avaliação estabelecidos para o processo foram os valores da DQO total e solúvel e a eficiência de remoção da DQO em relação do tempo de operação.

A simologia adotada para a expressão dos resultados foi baseada nos trabalhos de Da RIN & ALMEIDA (1988) sobre a tentativa de uniformização das definições de parâmetros e medidas analíticas aplicadas aos trabalhos de digestão anaeróbia. A eficiência de despoluição foi calculada pela equação (1):

$$E_{DQO} = \frac{C_{DQO,0} - C_{DQO}}{C_{DQO,0}} \times 100 \quad (1)$$

E_{DQO} = Eficiência de remoção de DQO

C_{DQO,0} - Valor da DQO na alimentação do reator em mg.L⁻¹

C_{DQO} - Valor da DQO na descarga do reator em mg.L⁻¹

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do monitoramento da DQO estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Os valores dos parâmetros de monitoramento estão apresentados na Tabela 2.

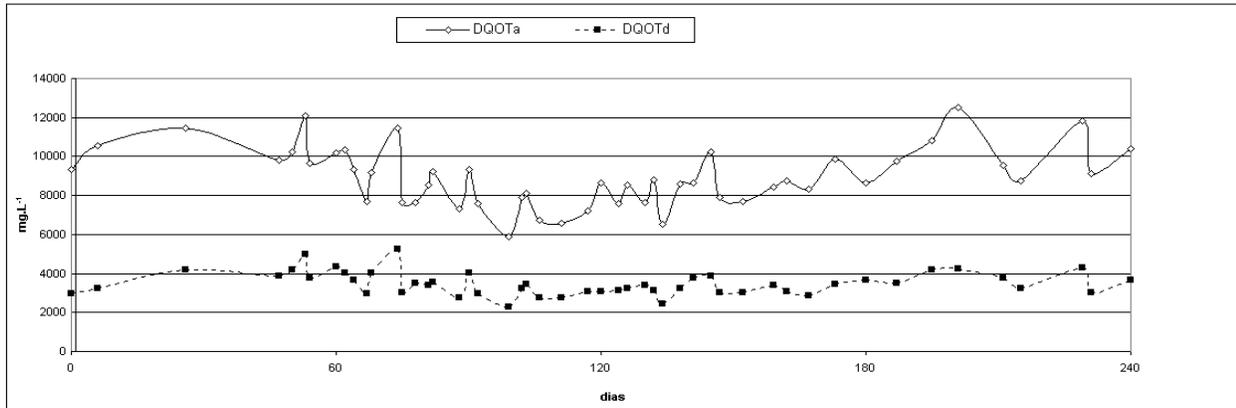


Figura 1 - DQO Total na Alimentação e Descarga do Reator com Relação ao Tempo

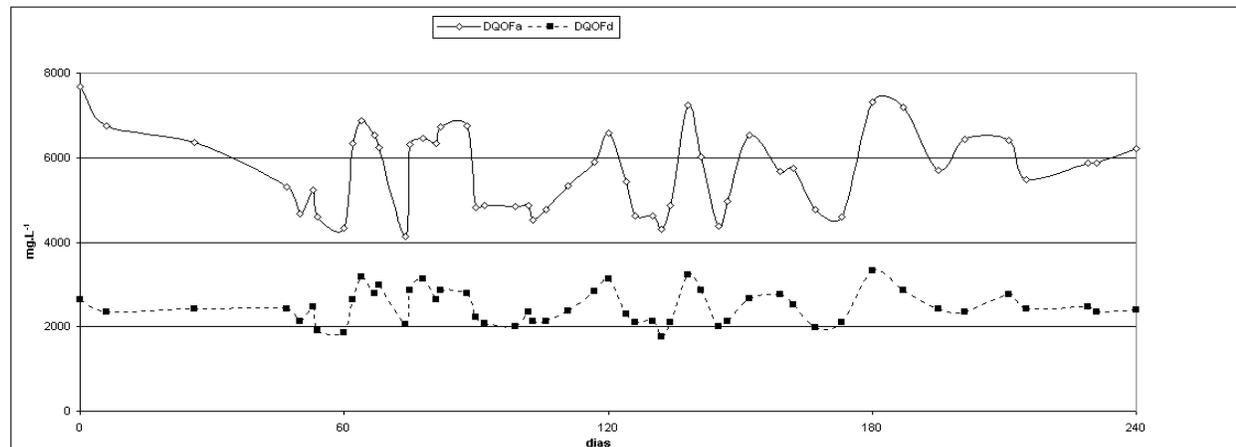


Figura 2 - DQO Solúvel na Alimentação e Descarga do Reator com Relação ao Tempo.

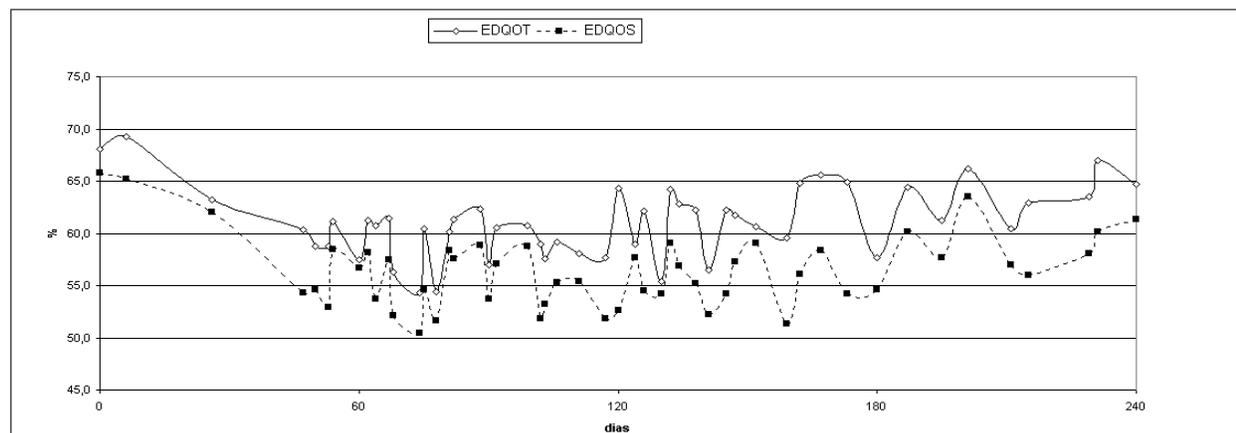


Figura 3 - Eficiência na Remoção de DQOT e DQOS com Relação ao Tempo.

TABELA 2 – Resultados do monitoramento do reator tratando efluente de uma indústria de óleo de arroz

| Parâmetro | 28/03-18/06 | 24/06-18/09 | 11/09-23/11 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Temperatura | 37,7 | 35,1 | 38,9 |
| PH | 7,0 | 7,1 | 7,2 |
| DQOt | 9.667 | 7.939 | 9.969 |
| DQOs | 5.933 | 5.348 | 5.985 |
| E – DQO total | 60,5 | 60,4 | 63,6 |
| E – DQO sol. | 57,1 | 55,3 | 58,4 |
| AVT/Alc.* | 0,8 | 0,6 | 0,3 |
| DQO/SO ₄ ** | 3,9 | 4,8 | 10,6 |
| O&G | 1.701 | 1.652 | 1.630 |

* Na descarga do reator ; ** Na alimentação do reator.

Os valores de DQO total e solúvel na alimentação foram muito variáveis, provavelmente em função das mudanças na produção e da qualidade da matéria prima processada. A descarga teve um valor constante evidenciando a estabilidade do sistema (Fig. 1 e 2).

Nos primeiros 80 dias de operação, a eficiência de remoção da DQO total e solúvel foi de 60,5% e 57,1% respectivamente, como ilustrados pela Fig. 3 e a Tabela 2. Neste período a relação AVT/Alc. foi de 0,8, valor muito alto para a digestão anaeróbia ser bem sucedida, motivada pela carência de alcalinidade na alimentação. A relação DQO/SO₄, nesta fase era de 3,9, bem abaixo do valor recomendado, que é superior à 7. A temperatura média da alimentação foi de 37,7°C e o pH de 6,7. Após esta fase, adicionou-se carbonato de sódio para diminuir o valor da relação AVT/Alc. e se obteve o valor médio de 0,6. A relação DQO/SO₄ foi de 4,8, ainda inferior ao desejado. Apesar desta melhoria de condições, a eficiência de remoção de DQO total e solúvel não aumentou ficando em 60,4 e 55,3% respectivamente. A temperatura média neste período foi de 35,1°C e o pH entre 6,9 e 7,1.

Na fase final do monitoramento, dos 160 aos 240 dias, adicionou-se uma quantidade maior de bicarbonato, reduzindo a relação AVT/Alc. para 0,25. A temperatura e o pH se mantiveram com valores médios de 39°C e 7,0 respectivamente. Neste período, foi registrada uma diminuição no teor de sulfatos no afluente, devido a melhorias na rotina operacional da indústria, o que repercutiu na relação DQO/SO₄ que passou para 10,6. A eficiência de remoção da DQO total e solúvel, nesta fase, aumentou para 63,6 e 58,5% respectivamente, conforme a Tabela 2. Neste período, como no anterior, o tempo de detenção hidráulico foi de 1 dia.

As cargas orgânicas aplicadas, tomaram valores de: 0,27 a 3,9kg.m⁻³.d⁻¹ no período inicial de 80 dias.; 4,0 a 5,5kg.m⁻³.d⁻¹, para a segunda fase e de 5,5 a 6,2kg.m⁻³.d⁻¹ para o último período. Neste, obteve-se a melhor eficiência da remoção de DQO o que parece indicar que seria possível trabalhar com cargas orgânicas mais elevadas.

O teor de óleos e graxas (O&G) deste efluente está em torno de 1600mg.L⁻¹, o que pode explicar a baixa eficiência de remoção obtida, conforme descrito por HWU *et al.* (1996).

As eficiências de remoção de carga orgânica descritas na revisão bibliográfica para efluentes de óleos vegetais e

outros efluentes lipídicos, variam de 70 à 90%, valores superiores aos encontrados neste trabalho. O aumento da eficiência de remoção pode ser tentado trabalhando na otimização das relações AVT/Alc. e DQO/SO₄ do afluente do reator e aumentando a carga orgânica. O efluente deve ter um melhor pré-tratamento, incluindo ações preventivas no processo produtivo e ajustes para obter melhor performance na operação do sistema primário, de maneira a que se possa melhor condicioná-lo para o processo biológico.

CONCLUSÕES

Os valores de DQOt e DQOs na descarga do reator, permaneceram estáveis ao longo do tempo de operação, com valores médios de 3.532 e 2.476 mg.L⁻¹, respectivamente. A eficiência máxima de remoção da DQO total foi de 63,6%. A eficiência máxima de remoção da DQO solúvel foi de 58,5%.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq e pela FAPERGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECCARI, M.; BONEMAZZI, F.; MAJONE, M. & RICARDI, C. Interaction between acidogenesis and methanogenesis in the anaerobic treatment of olive oil mill effluent. *Water Research*, Rome, v. 30, n. 1, p. 183-189. 1996.
- BORJA, R.; BANKS, C.J. & SANCHEZ, E. Anaerobic treatment of palm oil mill effluent in a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) system. *J. Biotechnology*, Sevilla, v. 45, n. 2, p. 125-35. 1996.
- Da-RIN, B.P. & ALMEIDA, S. Simbologia recomendada para os processos de tratamento de efluentes. *Engenharia Sanitária*. v.27, n.2, p. 119-121, abr./jun. 1988.
- DART, M.C. Waste from manufacture of edible oils and margarine. In: *Treatment of wastes from the food and drink industry*. Newcastle-upon-tyne: The Institute of Water Pollution Control, 1974. p. 45-48.
- GUERRERO, L.; ALKALAY, D & KERA, M. Biodegradabilidad anaerobia de los efluentes residuales de una fábrica de chocolates. In: Proc. VI Seminario Taller Latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, Bucaramanga. *Proceedings*. Bucaramanga: IAWPRC, 1996. p. 283-292.
- HULSHOFF POL, L. W.; LENS, P.N.L.; STAMS, J.M. & LETTINGA, G. Perspectives for anaerobic treatment of sulfate-rich wastewaters. In: Proc. VI Seminario Taller Latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, Bucaramanga. *Proceedings*. Bucaramanga: IAWPRC, 1996. p. 383-396.
- HWU, C.S.; VAN LIER, J.B.; KULIK, Z.; MISHRA, P.K. & LETTINGA, G. *et al.* Feasibility of expanded granular sludge bed (EGSB) system for the treatment of wastewaters containing long-chain fatty acids. In: Proc. CONFERENCE ON ANAEROBIC DIGESTION, 8, 1997, Sendai. Proc. Sendai: IAWPRC, 1997. v. 3, p. 103-108.
- LETTINGA, G. *et al.* Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and bioengineering*, v.22, p. 699-734. 1996.
- MARTINEZ, J., GALISTEO, M. & VINAS, M. Tratamiento anaerobio de efluentes com alto contenido de material lignocelulósico (efluentes de matadero y frigorífico). In: Proc. VI Seminario Taller Latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, Bucaramanga. *Proceedings*. Bucaramanga: IAWPRC, 1996. p. 249-258
- MENJU, T.; SHIBAZAKI, S.; ASHIKAGA, N & TAMURA, H. Application of anaerobic digestion to lipid containing wastewater. In: Proc. CONFERENCE ON ANAEROBIC DIGESTION, 8, 1997, Sendai. Proc. Sendai: IAWPRC, 1997. v.3, p. 420-423.

- ÓZTÜRK, M. Degradation of acetate, and butyrate under shock temperature. *Journal of Environmental Engineering*, v.119, n.2, p. 321-331. 1993.
- RINZEMA, A. Anaerobic treatment of edible oil refinery wastewater in granular sludge UASB reactors. Wageningen: texto datilografado, 1986.
- SONG, J.J.; KWON, Y.H. & PARK, C.S. Slaughterhouse wastewater treatment by upflow anaerobic sludge blanket process. In: Proc. VIII CONFERENCE ON ANAEROBIC DIGESTION, Sendai, Japão, 1997. v.3, p. 196-199.
- SOUZA, M. E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. *R. DAE*, v.44, n.137, p.88-94. 1984.
- APHA. STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 19ed. Washington AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIROMENT FEDERATION, 1995. 19. ed.
- VAN HAANDEL, A. & LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos*. Campina Grande, PB, ed. Epgraf, 1994.