

AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NUTRIENTES POR *APHANOTHECE MICROSCÓPICA* NÄGELI EM EFLUENTE AGROINDUSTRIAL

Thais Magalhães Possa – thaispossa@hotmail.com

Universidade Federal de Pelotas

Rua Benjamin Constant, 989

CEP 96010-020 – Pelotas – RS

Louise Hoss– louise_hoss157@hotmail.com

Universidade Federal de Pelotas

Davi Sarubbi– davisarubbi@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas

Resumo: *A produção desordenada de águas residuárias vinculadas ao aumento da população de forma progressiva tem despertado o desenvolvimento de pesquisas em busca de tecnologias alternativas para purificação de efluentes. Tecnologias estas que visem não somente o tratamento de águas residuárias, bem como o aproveitamento de seus nutrientes. Desta forma, o objetivo do trabalho foi determinar a eficiência de remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo do efluente da indústria de laticínio utilizando a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli. Os resultados demonstraram que o tratamento proposto pode ser considerado uma forma alternativa de remoção de DQO, NTK, $P-PO_4^{-3}$ e $N-NH_4^+$ em águas residuárias da indústria de laticínios, com eficiências máximas de remoção de 96%, 87%, 76%, 100% e 100% respectivamente.*

Palavras-chave: *Cianobactéria; *Aphanothece microscopica* Nägeli; efluente de laticínios.*

EVALUATION OF NUTRIENTS REMOVAL BY *APHANOTHECE MICROSCÓPICA* NÄGELI IN AGROINDUSTRIAL WASTEWATER

Abstract: *The disordered production of wastewater linked to progressive population increase has aroused the development of researches seeking for alternative technologies for purification of effluents. These technologies that aim not only the treatment of wastewater, as well as the use of its nutrients. In this way the objective of this study was to determine the organic matter, nitrogen and phosphorus removal efficiency in the effluent from the dairy industry using cyanobacteria *Aphanothece microscopica* Nägeli. The results demonstrated that the proposed treatment may be considered an alternative way of removing COD, TKN, $P-PO_4^{3-}$ and $N-NH_4^+$ in wastewaters from the dairy industry, with maximum removal efficiency of 96%, 87%, 76 %, 100% and 100% respectively.*

Keywords: *Cyanobacteria; *Aphanothece microscopica* Nägeli; dairy wastewater.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente degradação do ambiente tem gerado preocupações de ordem global, de modo que uma relevante importância tem sido dada ao fato, e a consciência dos problemas ambientais aparece como um ponto importante a respeito do crescimento material e econômico e da qualidade de vida. Além disso, o ambiente tem sido considerado uma dimensão do desenvolvimento e deve ser internalizado em todos os níveis de decisão (Braile & Cavalcanti, 1993; Mattos & Filho, 1999).

Dentre as atividades industriais, o setor de alimentos destaca-se por um maior consumo de água e uma maior geração de efluentes por unidade produzida, além de gerar um grande volume de lodo nas estações com tratamento biológico (Ramjeawon, 2000). A indústria de laticínios é um exemplo desse setor, na qual as operações de limpeza de silos, tanques, pasteurizadores, homogeneizadores, tubulações geram um grande volume de efluente com uma elevada carga orgânica. Esta carga orgânica é constituída basicamente de leite (tanto matéria-prima quanto seus derivados), refletindo em um efluente com elevada demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), óleos e graxas, nitrogênio, fósforo entre outros constituintes (Brião, 2000). Desta forma, indústrias de laticínios são intensivas no consumo de água, necessitando de direcionamento de produção mais limpa que melhore o balanço hídrico e recupere os nutrientes tratados atualmente apenas como efluentes.

Para reduzir os efeitos poluentes do setor industrial, tem sido sugerido como tratamento o uso de cianobactérias em tratamentos biológicos, demonstrando não somente alta eficiência de remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo dissolvido bem como produção de proteína unicelular (Metcalf & Eddy, 1991; Hornes & Queiroz, 2004; Queiroz et al., 2007; Zepka et al., 2008).

As cianobactérias constituem um grupo diverso de organismos procariontes fotossintéticos que estão entre os mais antigos do planeta. Tem sido demonstrado o potencial de cianobactérias e microalgas na remoção de nutrientes de efluentes de indústrias alimentícias, uma vez que várias espécies são capazes de utilizarem compostos orgânicos como fonte de carbono (Voltolina et al., 2005; Kalavathi et al., 2001; Queiroz et al., 2004; Aslan & Kapdan, 2006; Queiroz et al., 2007).

Aphanothece microscopica Nägeli é uma cianobactéria de representativa ocorrência ao redor da cidade de Rio Grande, RS, Brasil. Apresenta um baixo tempo de geração quando cultivada no efluente de agroindústrias como da parboilização do arroz e do processamento de pescado e tem sido utilizada como elemento removedor de nutrientes dos efluentes das indústrias de alimentos com grande sucesso em pesquisas gerenciadas a nível laboratorial e piloto, assim como no aproveitamento das diversas substâncias presentes no efluente para a conversão em biomassa (Queiroz et al., 2002; Hornes & Queiroz, 2004; Queiroz et al., 2004; Jacob-Lopes et al., 2006; Queiroz et al., 2007; Zepka et al., 2008). No entanto, seu comportamento quando desenvolvida no efluente da indústria de laticínio não foi

estudado. Assim o objetivo do trabalho foi verificar a eficiência de remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo do efluente da indústria de laticínio utilizando a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Microorganismo e condições de cultivo

A espécie utilizada foi *Aphanothece microscopica* Nägeli (RSMAN92), originalmente isolada da Lagoa dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (32°01'S - 52°05'W). As culturas foram propagadas e mantidas em meio sintético BG11 (Braun-Grunow medium) (Ripka et al., 1979). As condições de manutenção usadas foram 25 °C, intensidade luminosa de 15 mol.m⁻².s⁻¹ e fotoperíodo de

12h. *Efluente*

O efluente foi obtido em uma indústria de processamento de produtos lácteos (Pelotas, RS), coletado na saída do tanque de equalização da estação de tratamento de efluentes por um período de 6 meses. As amostras foram transportadas em garrafas de polietileno e então esterilizadas a 120°C por 15 minutos. O efluente foi caracterizado quanto ao pH, nitrogênio total (NTK), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (NH₄⁺), fósforo (P-PO₄⁻³), alcalinidade, ácidos voláteis totais (AVT), óleos e graxas, cálcio, dureza, sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), segundo metodologia proposta por Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater (Apha, 2005).

Obtenção e análise dos dados cinéticos

Os experimentos foram conduzidos em biorreatores do tipo coluna de bolhas, construídos em PVC de 4 mm de espessura, diâmetro interno de 10 cm, altura de 100 cm e 4,5L de volume de trabalho. O sistema de dispersão de gases do reator consistiu em um difusor de ar de 1,5 cm localizado no centro da coluna.

Os cultivos foram realizados em operação intermitentemente, alimentados com efluente de laticínios. As condições experimentais foram: concentração celular inicial de 0,2 g .L⁻¹, pH ajustado a 7,6, reator isotérmico operando a temperatura de 30 °C, ausência de luz e aeração contínua de 1VVM.

As concentrações celulares demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NTK), fósforo (P-PO₄⁻³) e nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺) foram monitorados durante 20 h, com amostragens a cada 2 h. Os testes foram realizados em duplicata e os dados cinéticos referentes a uma média de 4 repetições (n=4).

Os dados cinéticos foram usados para a estimativa de parâmetros clássicos de bioprocessos, expressos pela velocidade máxima específica de crescimento (μ_{max} , h⁻¹) e tempo de geração (tg, h). A eficiência de remoção dos nutrientes do efluente da industrialização de laticínios foi determinada através da concentração inicial e final de DQO, NTK, P-PO₄⁻³ e N-NH₄⁺.

3. Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta resultados obtidos da caracterização do efluente da indústria de laticínios.

Tabela 1 Caracterização do efluente da indústria de laticínios.

| Parâmetros | Valores médios | DP | CV |
|---------------------------------|----------------|---------|-------|
| pH | 9,05 | 0,19 | 2,09 |
| NTK | 39,60 | 15,13 | 38,67 |
| DQO | 2193,33 | 875,97 | 73,81 |
| N-NH ₄ ⁺ | 3,9 | 2,66 | 63,52 |
| P-PO ₄ ⁻³ | 10,06 | 3,09 | 47,38 |
| Alcalinidade | 9,12 | 0,003 | 46,77 |
| AVT | 0,006 | 0,001 | 41,13 |
| Óleos e Graxas | 0,002 | 40,41 | 28,19 |
| Cálcio | 143,33 | 12,21 | 30,11 |
| Dureza | 40,65 | 15,85 | 42,65 |
| SS | 358,33 | 228,36 | 63,73 |
| ST | 2725 | 868,84 | 31,88 |
| SF | 1192,5 | 1047,91 | 87,87 |
| SV | 1532,5 | 197,68 | 12,89 |
| C/N | 31 | 6,42 | 20,30 |

pH: potencial Hidrogênico N-TK: nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L); DQO: demanda química de oxigênio (mg/L); N-NH₄⁺: amônia (mg/L); P-PO₄⁻³: fósforo (mg/L); AVT: ácidos voláteis totais; SS: sólidos suspensos (mg/L); ST: sólidos totais (mg/L); SF: sólidos fixos (mg/L); SV: sólidos voláteis (mg/L). Parâmetros expressos em mg/L, exceto: dureza e cálcio em mg/L CaCO₃.

A análise da Tabela 1 indica preliminarmente a grande variabilidade nos parâmetros analisados, o que se reflete nos altos coeficientes de variação. Em destaque pode-se observar o coeficiente de variação do parâmetro DQO, valor este de aproximadamente 74%.

Segundo Contreras et al. (2000) e Mulkerrins et al. (2004), essa é uma característica comum em efluentes de indústrias de alimentos devido a diferenças no tipo e quantidade de matéria-prima processada, assim como variações nas etapas de processamento.

A análise comparativa da DQO com os SST guarda relação direta, o que seria esperado uma vez que a DQO total, inclui as partículas em suspensão na massa líquida (Braile, 1993; Queiroz, et al., 2001). O resultado de fósforo expresso como P-PO₄⁻³, apresenta concentração média de 10 mg/L apresentando levada variabilidade nas concentrações, visto pelo coeficiente de variação de aproximadamente 50%.

Também se pode verificar na Tabela 1 a necessidade de aferir o pH do efluente da indústria de laticínios, uma vez que de acordo com Ripka et al. (1979), o pH ótimo de crescimento destes microrganismos é referenciado como 7,6. Concentrações da ordem de aproximadamente 57 mgL⁻¹ de nitrogênio total demonstram a quantidade que é desperdiçada deste nutriente no processo da industrialização de laticínios, representando um fator crítico na eutrofização dos corpos hídricos receptores. A incorporação do nitrogênio a uma biomassa contribuiria para a solução dos problemas referentes à poluição assim como viabilizaria a produção de proteína unicelular a partir de cianobactérias.

Fay et al. (1983) relatam que a relação ótima entre carbono e nitrogênio para o desenvolvimento de cianobactérias deve estar entre 20 e 30. A razão C/N calculada a partir dos valores médios de DQO e NTK apresenta um valor médio de 31, enfatizando que a água residuária do processamento de laticínios

apresenta grande potencial para crescimento da cianobactéria em estudo. Fontenot et al. (2007) relatam que o processo de degradação biológica dos resíduos líquidos industriais depende da quantidade de carbono, nitrogênio e fósforo disponíveis.

A Figura 1 apresenta o comportamento da cianobactéria em cultivo no efluente da industrialização de laticínios e meio BG11 na ausência de luminosidade. Verifica-se que no final do período de cultivo no efluente, a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli apresentou aproximadamente 1045 mg L⁻¹ de concentração celular, valor este muito superior ao obtido para o cultivo em meio sintético padrão BG11 (239 mg .L⁻¹). Esses resultados sugerem o potencial de uso desta água residuária como meio de cultivo para a produção de biomassa microbiana em condições heterotróficas.

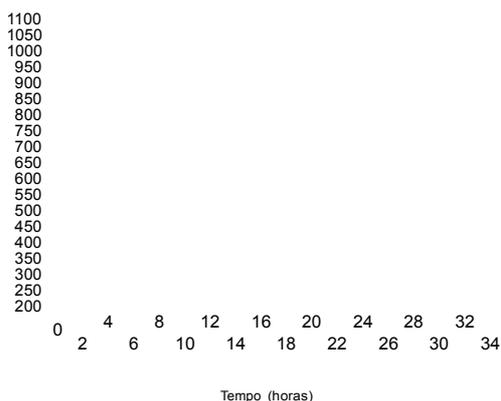


Figura 1 – Curva de crescimento da *Aphanothece microscopica* Nägeli no efluente da industrialização de laticínios e meio BG11 na ausência de luminosidade

A Tabela 2 apresenta os parâmetros cinéticos para o cultivo da *Aphanothece microscopica* Nägeli no efluente da industrialização de laticínios e no meio BG11 na ausência de luminosidade, considerando a fase exponencial de crescimento.

Tabela 2 Variáveis cinéticas de crescimento.

| Variáveis | Efluente | BG11 |
|------------------|----------|------|
| Cinéticas | | |

| | | |
|---------------------------------|------|--------|
| X_0 (mg/L) | 246 | 210 |
| X (mg/L) | 1045 | 239 |
| TR (h) | 12 | 60 |
| tg (h) | 2,7 | 301,36 |
| μ_{\max} (h ⁻¹) | 0,25 | 0,0023 |

X_0 : concentração inicial de biomassa; X: concentração final de biomassa; TR: tempo de residência celular (h); tg: tempo de geração (h); μ_{\max} : velocidade específica de crescimento máxima (h⁻¹).

As variáveis cinéticas de crescimento para ambos os experimentos indicam que a *Aphanothece microscopica* Nägeli desenvolveu-se melhor no efluente da industrialização de laticínios, uma vez que, seu tempo de geração (2,7 h) foi menor do que no meio BG11 (301,3). Isto se explica na medida em que o meio BG11 apresenta reduzidas concentrações de fontes orgânicas de carbono, resultando em reduzido crescimento na ausência de luz, frente o efluente da indústria de alimentos. Mesmo apresentando a fotossíntese como metabolismo preferencial, verifica-se que a *Aphanothece* desenvolveu-se no efluente na ausência de luminosidade a partir do consumo de matéria orgânica.

A velocidade específica de crescimento máxima registrada para o microrganismo desenvolvido no efluente é mais de cem vezes maior do que a verificada quando se utiliza o meio BG11. Este rápido crescimento é típico de cianobactérias cultivadas no efluente de indústrias de alimentos, o que demonstra a capacidade destes microrganismos em removerem e assimilarem heterotroficamente compostos orgânicos e inorgânicos de efluente (Guerrero et al., 1999; Ogbonna & Tanaka, 2000; Queiroz et al., 2004; Hornes & Queiroz, 2004; Queiroz et al., 2007).

A Figura 2 apresenta a eficiência de remoção de NTK, DQO, P-PO₄⁻³ e N-NH₄⁺ versus tempo de cultivo. Os dados demonstram que o tratamento pela cianobactéria removeu substancialmente os parâmetros analisados com eficiências de remoção de até 73%, 95%, 100% e 100%, respectivamente.

Estas eficiências de remoção registradas foram verificadas na fase logarítmica de crescimento celular, conforme pode ser visto na Figura 1 no período de 12h de experimento. Isto evidencia o desenvolvimento da cianobactéria no escuro devido à presença de matéria orgânica, manifestando-se no consumo de DQO. Estes resultados indicam um metabolismo respiratório da *Aphanothece microscopica* Nägeli, capaz de suprir suas necessidades na ausência de luminosidade. Schemetterer (1994) reporta que a provável função da respiração nas cianobactérias é a geração da quantidade mínima de energia necessária para sua manutenção no escuro, refletindo no consumo de substratos orgânicos.

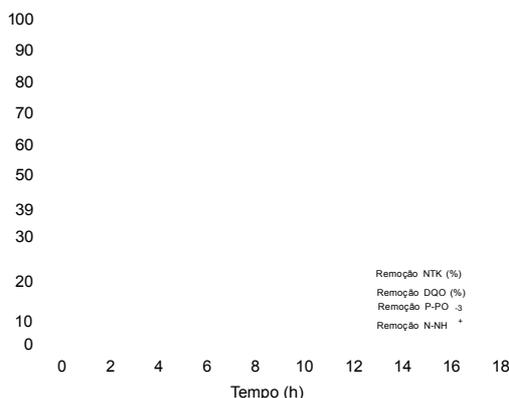


Figura 2 – Eficiência de remoção de NTK, DQO, P-PO₄⁻³ e N-NH₄⁺ durante o tempo de cultivo da *Aphanothece* no efluente da industrialização de laticínios.

Na Figura 2 também se observa que a eficiência de remoção de nitrogênio total (73%) é superior à de lagoas facultativas e aeradas, a qual situa-se entre 20 e 50%. Este resultado obtido expressa o potencial da cianobactéria para a remoção de nitrogênio no efluente estudado, considerando que Queiroz et al. (2002), utilizando a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli no efluente da parboilização do arroz, obteve remoção de 79,4% em 21 horas de cultivo.

Os resultados obtidos de eficiências de remoção DQO podem ser comparados ao trabalho realizado por Queiroz et al. (2007) que registraram remoção de 83,4% de DQO em 15 h de cultivo quando utilizada a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli no efluente da parboilização do arroz, no presente trabalho esta eficiência de remoção foi de até 95%. A alta eficiência pode ser explicada pela habilidade de algumas espécies de cianobactéria em crescerem com o metabolismo heterotrófico, assimilando compostos orgânicos imediatamente após serem transferidas para o ambiente com ausência de luz (Fay, 1983; Shi et al., 1999; Tam & Wong, 2000; Queiroz et al., 2001; Queiroz et al., 2002; Queiroz et al., 2004; Hornes & Queiroz, 2004; Queiroz et al., 2007). Nesse sentido a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli apresenta grande potencial de ser utilizada em reatores sem a necessidade de fontes luminosas para a remoção de matéria orgânica do efluente da industrialização de laticínios.

Com relação a eficiência de remoção de $P-PO_4^{-3}$ (100%), estes estão de acordo com o reportado por Hornes & Queiroz (2004) os quais realizaram o cultivo da cianobactéria *A. microscopica* Nägeli no efluente do processamento do pescado com eficiências de remoção de $P-PO_4^{-3}$ até 100%. Estes resultados são superiores aos alcançados por Lincoln et al. (1996), que constataram reduções de apenas 41% de fósforo total utilizando a cianobactéria *Arthrospira platensis* no efluente proveniente do processo anaeróbio da estação de tratamento de uma indústria de laticínios.

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal $N-NH_4^+$ o experimento apresentou remoção máxima 100%. Considerando que as culturas foram constantemente aeradas e os valores de pH se mantiveram alcalinos nos experimentos, é provável que o desprendimento de amônia tenha contribuído para a remoção de nitrogênio amoniacal. Segundo Nuñez et al. (2001) e Sung & Liu (2003), essa remoção acontece principalmente em temperaturas acima de 30 °C e, acompanhado de o pH alcalino, ocorre o deslocamento do equilíbrio amônio/amônia para a produção de amônia livre. Porém, deve ser ressaltado que o desprendimento da amônia pelo efeito da aeração pode colaborar em parte com a eliminação de nitrogênio amoniacal e que a cianobactéria desempenha um papel importante na remoção deste componente.

Os resultados demonstram que a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli cresce no efluente da industrialização de laticínios em um curto tempo de residência celular e apresenta potencial de remoção de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica no efluente em estudo em condições heterotróficas.

4. Conclusões

Nas condições experimentais, se pode concluir que:

1. A velocidade específica de crescimento máxima da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli foi superior quando cultivada no efluente em comparação ao cultivo em meio BG11, apresentando $\mu_{máx.}$ de 0,25 h⁻¹ e 0,0023 h⁻¹, respectivamente.

2. As variáveis cinéticas de crescimento no experimento realizado no efluente demonstraram a viabilidade da aplicação da *Aphanothece* no efluente da industrialização de laticínios na ausência de luminosidade, sendo obtidas altas concentrações celulares em um tempo de geração de 12 h;

3. As maiores remoções de NTK, DQO, $P-PO_4^{-3}$ e $N-NH_4^+$ ocorreram em aproximadamente 12 horas de experimento;

4. *Aphanothece microscopica* Nägeli apresentou grande potencial de remoção de NTK (73%), DQO (95%), $P-PO_4^{-3}$ (100%) e $N-NH_4^+$ (100%) do efluente da industrialização de laticínios.

5. REFERÊNCIAS

Apha (2005), Awwa, wef. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21° ed. Washington, D.C., USA.

Aslan, S.; Kapdan, I.K. (2006). Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae, Ecological Engineering, vol. 28, pp. 64-70.

Braille, P.M.; Cavalcanti, J.E.W.A. 1993), Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: Cetesb.

Brião, V. B. (2000), Estudo de prevenção à poluição em uma indústria de laticínios. Maringá, 2000. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá.

Contreras, E.M.; Giannuzzi, L.; Zaritzky, N.E. (2000), Growth kinetics of the filamentous microorganism *Sphaerotilus natans* in a model system of a food industry wastewater, *Water Research*, vol. 34, pp. 4455-4463.

Fay, P. (1983), *The blue-greens (Cyanophyta-Cyanobacteria)*, First published in Great Britain. pp. 01-88.

Fontenot, Q.; Bonvillain, C.; Kilgen, M.; Boopathy, R. (2007), Effects of temperature, salinity, and carbon: nitrogen ratio on sequencing batch reactor treating shrimp aquaculture wastewater, *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 1700-1703.

Guerrero, L.; Omil, F.; Méndez, R.; Lema, J.M. (1999), Anaerobic hidrólisis and acidogenesis of wastewaters from food industries with high content of organic solids and protein, *Water Research*, vol. 33, pp. 3281-3290.

Hornes, M.O.; Queiroz, M.I. (2004), Evaluation of the growth of cyanobacterium *Aphanothece microscopica* Nägeli in effluent of fishing industry. In: International Congress of Chemical and Process Engineering, 16th. Prague – Czech Republic.

Jacob-Lopes, E.; Zepka, L.Q.; Queiroz, M.I.; Netto, F.M. (2006), Caracterização da fração protéica da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli cultivada no efluente da parboilização do arroz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 26, pp. 482-488.

Kalavathi, F.D.; Uma, L.; SUBRAMANIAN, G. (2001), Degradation and metabolization of the pigment melanoidin in distillery effluent by the marine cyanobacterium *Oscillatoria boryana* BDU 92181. *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 29, pp. 249-251.

Lincoln, E. P.; Wilkie, A. C.; French, B. T. (1996), Cyanobacterial process for renovating dairy wastewater, *Biomass and Bioenergy*. vol. 10, n. 1, pp. 63-68.

Mattos, K.M.C.; Filho, N.J.F. (1999), *Instrumentos da Gestão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável*. IV Encontro de Engenharia de Produção. Porto Alegre.

Metcalf & Eddy (2003), *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4a ed. Boston: Mc Graw Hill.

Mulkerrins, D.; Dobson, A.D.W.; Colleran, E. (2004), Parameters affecting biological phosphate removal from wastewaters. *Environment International*, vol. 30, pp. 249-259.

Nuñez, V.J.; Vontolina, D.; Nieves, M.; Pina, P.; Medina, A.; Guerrero, M. (2001), Nitrogen budget in *Scenedesmus obliquus* cultures with artificial wastewater, *Bioresource Technology*, vol. 78, pp. 161-164.

Ogbonna, J.C.; Tanaka, H. (2000), Production of pure photosynthetic cell biomass for environmental biosensors, *Materials Science and Engineering C*, vol. 12, pp. 9-15.

Queiroz, M.I.; Koetz, P.R.; Treptow, R.O. (2001), The *Nägeli microscopica Aphanothece* potential in the production of the single-cell protein from the remaining water. In: CHAMES, S.W., CÁNOVAS-BARBOSA, G.V. and AGUILERA, J.M. (Ed.) Proceedings of the eighth International Congress on Engineering and Food (ICEF 8), Pennsylvania, USA, pp. 2027-2031.

Queiroz, M.I.; Bastos, R.G.; Beneri, R.L.; Almeida, R.G. (2002), Evaluación del crecimiento de la *Aphanothece microscopica* Nägeli en las aguas residuales de la parbolización del arroz, *Revista Información Tecnológica*, vol. 13, pp. 61-66.

Queiroz, M.I.; Zepka, L.Q.; Lopes, E.J.; Bastos, R. (2004). Evaluation of single cell protein production by *Aphanothece microscopica* Nägeli in batch reactor, *Food Science and Biotechnology*, vol. 13, pp. 130-141.

Queiroz, M. I.; Lopes, E. J.; Zepka, L. Q.; Bastos, R.; Goldbeck, R. (2007), The kinetics of the removal of nitrogen and organic matter from parboiled rice effluent by cyanobacteria in a stirred batch reactor, *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 2163-2169.

Ramjeawon, T. (2000), Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. *Journal of Cleaner Production*, vol.8, pp. 503-510.

Rippka, R.; Deruelles, J.; Waterbury, J. B.; Herdman, M.; Stanier, R. Y. (1979), Generic assignments strain histories and properties of pure cultures of Cyanobacteria, *Journal of General Microbiology*, Great Britain. vol. 111, pp. 01-61.

Schmetterer, G. (1994), Cyanobacterial Respiration, *The Molecular Biology of Cyanobacteria*. Kluwer Academic Publishers. pp. 409-435.

Shi, Xian-Ming; Zhang, Xue-Wu; Chen, F. (2000), Heterotrophic production of biomass and lutein by *Chlorella protothecoides* on various nitrogen sources, *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 27, pp. 312-318.

Sung, S.; Santha, H. (2003), Performance of temperature-phased anaerobic digestion (TPAD) system treating dairy cattle wastes, *Water Research*, vol. 37, pp. 1628-1636.

Tam, N.F.Y.; Wong, Y.S. (2000), Effect of immobilized microalgal bead concentrations on wastewater nutrient removal. *Environmental Pollution*, vol. 107, pp. 145-151.

Voltolina, D.; Gómez-Villa, H.; Correa, G. (2005), Nitrogen removal and recycling by *Scenedesmus obliquus* in semicontinuous cultures using artificial wastewater and a simulated light and temperature cycle, *Bioresource Technology*, vol. 96, pp. 359-362.

Zepka, L.Q.; Jacob-Lopes, E.; Goldbeck, R.; Queiroz, M.I. (2008), Production and biochemical profile of the microalgae *Aphanothece microscopica* Nägeli submitted to different drying conditions, *Chemical Engineering and Processing*, vol. 47, pp. 1311-1316.