

## **II-046 – ESTUDO DO PERFIL VERTICAL NA LAGOA FACULTATIVA DO MÓDULO “A” DA ETE DE TRINDADE, GO**

**Emmanuel Bezerra D’Alessandro<sup>(1)</sup>**

Biólogo pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (ICB/UFG). Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia Civil (EEC/UFG). Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente na EEC/UFG.

**Nora Katia Saavedra Del Aguila<sup>(2)</sup>**

Bióloga. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professora Efetiva da Universidade Federal de Goiás (UFG).

**Maura Francisca de Silva<sup>(3)</sup>**

Bióloga pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Especialista em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Supervisora do Laboratório Central de Esgoto da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO).

**Mariângela Fontes Santiago<sup>(4)</sup>**

Nutricionista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Microbiologia Agrícola pela UFV. Doutora pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora da Universidade Federal de Goiás (UFG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Universitária, 1488, quadra 86, Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil - St. Universitário - Goiânia - GO - CEP: 74605-220 - Brasil - Tel: +55 (62) 3209-6257 - e-mail: [emmanuel\\_dalessandro@hotmail.com](mailto:emmanuel_dalessandro@hotmail.com).

### **RESUMO**

O estudo visou avaliar na lagoa facultativa do módulo A da ETE de Trindade (GO), o comportamento das variáveis: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade (CND), em perfil vertical. Assim como também, realizar uma análise de componentes principais (ACP) em relação à eficiência de remoção da DBO, ortofosfato e amônia, a fim de comprovar a importância do fitoplâncton na remoção destas variáveis. O Estudo foi realizado durante seis meses (setembro, outubro, novembro e dezembro de 2010, e abril e maio de 2011), que compreendeu períodos de estiagem e chuvosos. Nessa lagoa verificou-se influência da sazonalidade da região. Apresentou perfil de OD do tipo clinogrado e estratificação térmica em três períodos de coleta. As variáveis pH e CND estiveram dentro do limite encontrado em lagoas de estabilização. A análise de componentes principais mostrou que as variações da comunidade fitoplanctônica teve influência direta do pH, CND e possivelmente do TDH. Este processo correlacionou com a boa eficiência de remoção de DBO e  $PO_4^{3-}$ . A remoção de amônia esteve relacionada com a temperatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lagoa de Estabilização, Esgoto, Eficiência de Remoção, Fitoplâncton.

### **INTRODUÇÃO**

As algas têm um papel importante nas lagoas de estabilização decorrente do consumo de dióxido de carbono, subproduto da respiração das bactérias heterotróficas e proveniente dos bicarbonatos do próprio meio líquido, e eleva o pH do líquido, cujos valores variam entre 8 e 11 (UEHARA; VIDAL, 1989). O elevado pH das lagoas favorece a redução do número de bactérias patogênicas, a precipitação dos fosfatos de cálcio e a volatilização da amônia.

Devido à diferença de temperatura ou salinidade entre as camadas líquidas das lagoas, as camadas mais leves tendem a se sobrepor às mais densas criando condição de estratificação. Essa estratificação pode ser quebrada pelo vento que sopra sobre a superfície da água (TADESSE; GREEN; PUHAKKA, 2004). As camadas superficiais do corpo d’água são misturadas graças aos efeitos cisalhante e de mergulho que o vento exerce sobre o líquido e, no decorrer do tempo, as camadas mais densas e menos turbulentas misturam-se às menos densas (CHU; SOONG, 1997).

No estado de Goiás existem cerca de 72 ETEs com lagoas de estabilização, e como há vários fatores que influenciam nas condições hidráulicas e biológicas das estações de tratamento de esgotos, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento das variáveis, temperatura, OD, pH, CND, em perfil vertical, na lagoa facultativa do módulo A, da ETE de Trindade (GO). Também, visou uma realização de uma ACP em relação à eficiência de remoção da DBO, ortofosfato e amônia, a fim de comprovar a importância do fitoplâncton na remoção destas variáveis. O Estudo foi realizado durante seis meses (setembro, outubro, novembro, dezembro de 2010 e abril e maio de 2011), que contém períodos de estiagem e chuvosos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Trindade (16°39'09''S e 49°31'50''O) localiza-se no Município de Trindade (GO). A cidade de Trindade possui 102.870 habitantes (SNIS, 2008) sendo que a ETE foi projetada para 71.483 habitantes. A ETE de Trindade, constituída por lagoas de estabilização, consiste de tratamento preliminar, seguido por três módulos em paralelo (A, B e C), contendo cada, uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação em série, sendo o efluente do sistema lançado no córrego Barro Preto. A ETE apresenta, de acordo com os dados do projeto, vazão média de 161,6 L.s<sup>-1</sup>, e eficiência de remoção da DBO de 84%. As características morfométricas da lagoa facultativa do módulo A é, de acordo com o dimensionado: área de 27000 m<sup>2</sup>, profundidade de 1,25 m, volume de 33.750 m<sup>3</sup> e TDH de 4,8 dias.

As coletas foram realizadas na lagoa facultativa, com auxílio de um barco, em três pontos horizontais (no início, meio e final da lagoa) e cada um com três profundidades diferentes (superfície, meio e fundo com ±20 cm antes de tocar o fundo). As amostras foram coletadas com uma garrafa de van Dorn de cinco litros, durante seis meses (setembro, outubro, novembro dezembro de 2010 e abril e maio de 2011), que contém períodos de estiagem e chuvosos. Os meses de set/10, abr/11 e mai/11 foram considerados como período de seca e out/10, nov/10 e dez/10 de chuva. As análises de DQO, DBO<sub>5</sub><sup>20°C</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, pH, OD, CND e temperatura foram realizadas segundo APHA (1998).

O tempo de detenção hidráulico (TDH) foi calculado com a vazão média mensal e o volume da lagoa conforme Equação 1;

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo: TDH: tempo de detenção hidráulico (dias)

V: volume mensal da lagoa (m<sup>3</sup>)

Q: vazão média mensal (m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>)

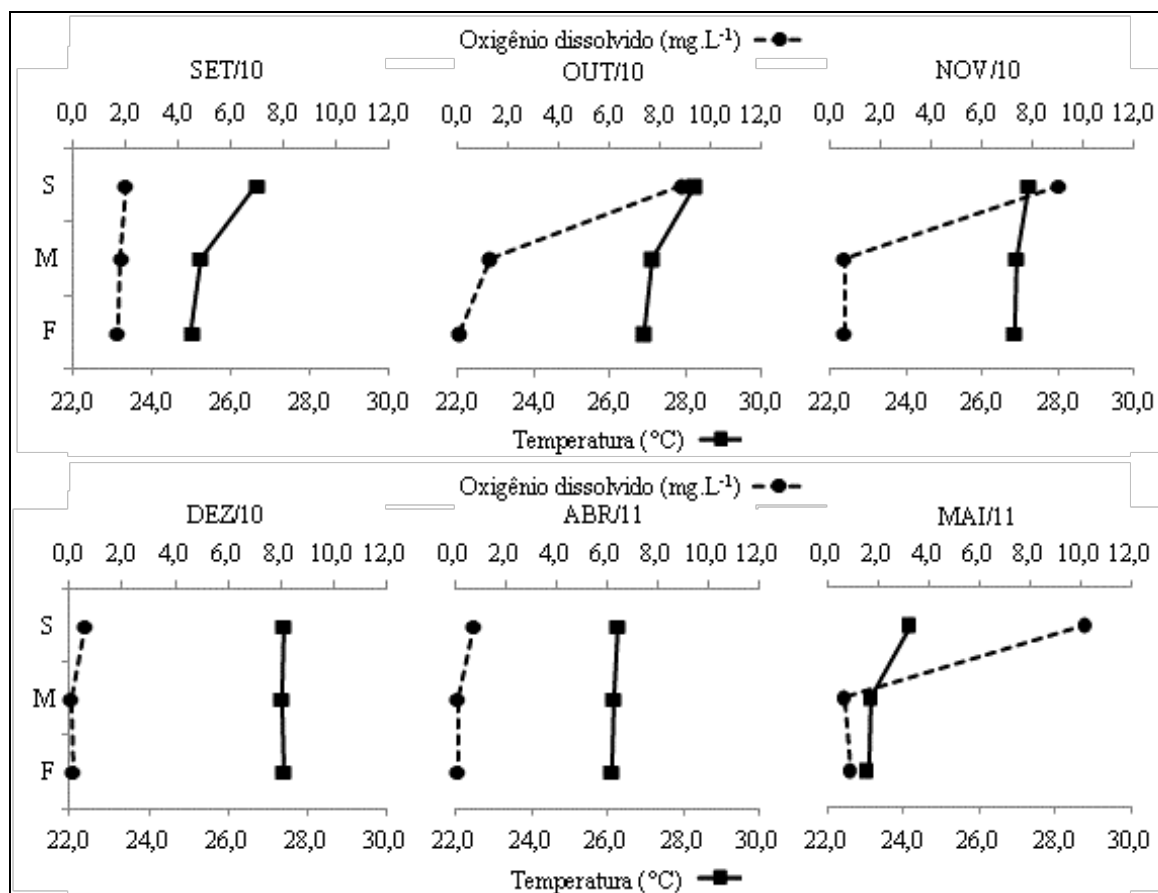
No processo de quantificação do fitoplâncton, as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro âmbar de 100 mL e fixadas com lugol (BICUDO; MENEZES, 2006) e analisadas em microscópio óptico invertido Olympus CKX41 através da câmara de sedimentação de acordo com o método Utermöhl (1958), a partir de campos distribuídos aleatoriamente (ÜHELINGER, 1964). Devida a elevada concentração dos organismos foram realizadas diluições de 1:2 e 1:3. A quantificação dos fitoplâncton foi feita até alcançar, sempre que possível, 250 organismos da segunda espécie mais frequente, que limita-se a 10 ou 15 campos, e adotou-se também uma eficiência de contagem de no mínimo 97%, cuja eficiência é a probabilidade que um número necessário de indivíduos tenha sido contado, porém a probabilidade de uma nova espécie de aparecer está mais próximo de zero (PAPPAS; STOERMER, 1996). Desse modo, o erro de contagem foi inferior a 20%, em um nível de significância de 95% (LUND; KIPLING; LECREN, 1958). Para efeito de contagem, cada célula, colônia cenóbio, tricoma ou filamento foi considerado como um organismo.

A análise de componentes principais (ACP) foi feita de acordo com Ter Braak (1995). Previamente, a transformação logarítmica (log(x+1)) foi aplicada em todas as variáveis, excetuando-se o pH. Para realização da análise estatística utilizou-se o software PC-ORD 5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Perfil vertical das variáveis físico-químicas

De acordo com a Figura 1, os valores de temperatura variaram na coluna d'água e também durante os dias de coleta, sendo que, na superfície, o maior valor registrado foi em out/10 (28,2°C) e o menor valor foi em mai/11 (24,2°C). No meio e no fundo, a temperatura variou de 27,4 (dez/10-M;F) e 23,1°C (mai/11-F). O maior valor de OD foi registrado em mai/11-S e o menor em out/10-F e dez/10-M;F (10,3 e 0,1 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente).



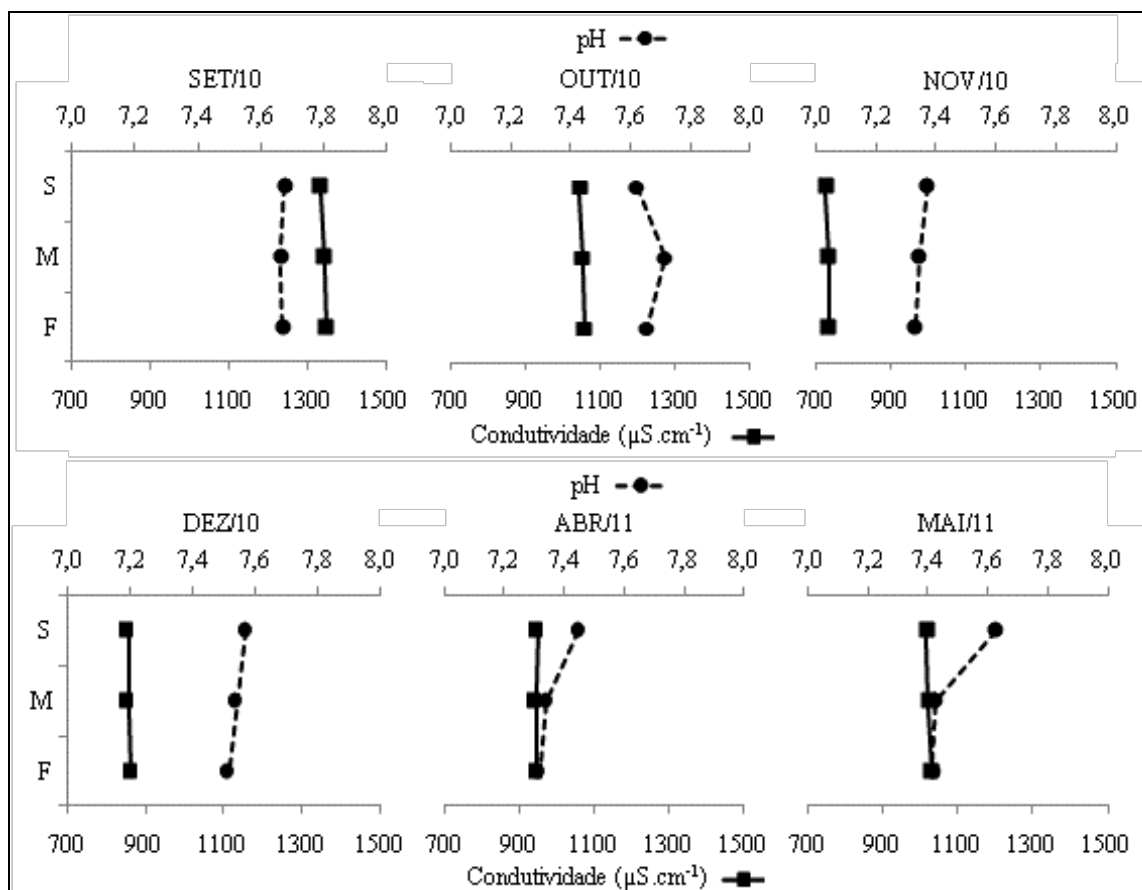
**Figura 1: Valores de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>) do perfil vertical na lagoa facultativa. S= superfície;M= meio;F= fundo da lagoa**

Na estação seca foram registradas as menores médias de temperatura e na estação chuvosa as maiores médias, sendo que em mai/11 registrou-se a maior média de OD e em dez/10 e abr/11 a menor. Pasqualetto et al.(2005) também registraram, na lagoa facultativa do Parque Atheneu (Goiânia,GO), valores de oxigênio dissolvido semelhantes ao do estudo variando de 0,0 a 4,4 mg.L<sup>-1</sup>.

Um ponto importante que deve ser destacado é o horário da coleta, que foi realizada no período da manhã, entretanto, o déficit de oxigênio pode ser explicado pelo processo de decomposição da matéria orgânica no ciclo noturno, quando não ocorre compensação através de produção pela atividade fotossintética (KAYOMBO et al., 2002).

A lagoa apresentou perfil de oxigênio dissolvido do tipo clinogrado (out/10, nov/10 e mai/11) que pode ser atribuído a processos de decomposição e/ou respiração no metalímnio, os quais seriam mais intensos, por unidade de volume, que no epilímnio. O hipolímnio possui OD mais baixo que o metalímnio por conta da relação água-sedimento, onde a decomposição bacteriana é mais intensa (WETZEL, 1981). Em dez/10 e abr/11 a lagoa apresentou perfil isotermal, quando foi registrada a maior velocidade dos ventos (abr/11) e precipitação (dez/10), homogeneizando-a. Tadesse, Green e Puhakka (2004) registraram gradiente de estratificação térmica em lagoas facultativas e de maturação de 3 a 5°C/m. A ETE Trindade apresentou na lagoa facultativa variação de 1,6°C em set/10, 1,3°C em out/10 e 1,2°C em mai/11.

Durante o estudo o pH registrado na lagoa facultativa variou de 7,7 (set/10-S;M;F e out/10-M) a 7,3 (abr/11-M;F e nov/10-M;F), indicando que, durante o estudo o pH teve uma variação de 0,4 (Figura 2). Em nov/10 foi registrada a menor média de pH, e em set/10 e out/10 as maiores. Os organismos presentes no tratamento biológico dos esgotos são exigentes em relação ao pH, normalmente inibem-se em pH menor que 6,0 e superior a 9,0. Entretanto, o pH deste estudo esteve dentro da faixa adequada para a vida aquática encontrada em lagoas de estabilização. A neutralidade do pH pode ser justificada aos intensos processos de decomposição e respiração, bem como ao processo de fotossíntese provocado pelo fitoplâncton (SHIMADA, BIDONE; FILHO, 1987), e também, esta pequena variação de pH pode estar ligada ao sistema de tamponamento da lagoa e a valores de alcalinidade, que permitiram manter o pH relativamente estável.



**Figura 2-Valores de pH e condutividade elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) do perfil vertical na lagoa facultativa. S= superfície; M= meio; F= fundo da lagoa.**

Os valores de condutividade foram elevados, o que é comum em lagoas de estabilização, segundo Jordão e Pessoa a variabilidade química é a variável que mais influência na condutividade. O valor máximo de CND foi de  $1348 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (set/10-F) e o mínimo de  $726 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (nov/10-S) (Figura 2).

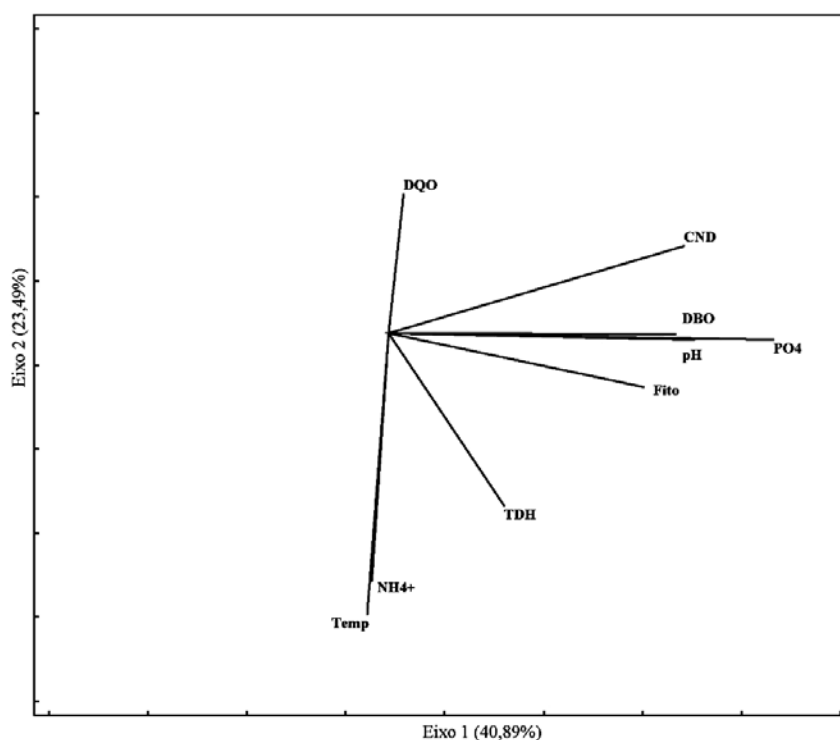
#### ACP da eficiência de remoção

Os dois primeiros componentes principais explicaram 64,38% da variabilidade total dos dados, sendo que as variáveis que correlacionaram com o primeiro eixo 1 foram: fitoplâncton, DBO,  $\text{PO}_4^{3-}$ , pH e CND; e com o eixo 2: o TDH,  $\text{NH}_4^+$  e temperatura (Tabela 1).

**Tabela 1: Explicabilidade dos eixos e correlação das variáveis limnológicas obtidas durante período estudado na lagoa facultativa, com os dois primeiros eixos. Em negritos estão os coeficientes considerados mais importantes para a formação dos componentes.**

	<i>Eixo 1</i>	<i>Eixo 2</i>
<b>Explicabilidade</b>		
Eigenvalues	4,49	2,58
% de Variância	40,89	23,49
Broken-Stick	3,02	2,02
<b>Variáveis</b>	<b>Eigenvectors</b>	<b>Eigenvectors</b>
Fitoplâncton	<b>0,8032</b>	-0,3709
DBO	<b>0,8517</b>	-0,0415
TDH	0,5401	<b>-0,6630</b>
NO <sub>3</sub>	0,4148	0,1728
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,2082	<b>-0,7937</b>
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	<b>0,9864</b>	-0,1273
DQO	0,1935	0,5955
pH	<b>0,8796</b>	-0,1275
OD	0,1856	-0,1459
Temperatura	-0,2327	<b>-0,8457</b>
CND	<b>0,8650</b>	0,4707

A análise de componentes principais (Figura 3) mostrou que as variações da comunidade fitoplanctônica teve influência direta do pH, CND e possivelmente com TDH. Este processo interagiu na remoção de DBO e PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>. A temperatura apresentou correlação com a eficiência de remoção da amônia. Pano e Middlebrooks (1982) descrevem que a remoção de amônia na lagoa facultativa está relacionada com a temperatura, pH, tempo de detenção e biomassa algal, assim como altas concentrações de nitrato podem estar ligadas a remoção de amônia.



**Figura 3: Análise de Componentes Principais (ACP) da eficiência de remoção da lagoa facultativa durante o estudo. Temp.: temperatura; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= íon amônio; TDH: tempo de detenção hidráulico; Fito: fitoplâncton; pH: potencial hidrogeniônico; PO<sub>4</sub>= ortofosfato; DBO:demanda bioquímica de oxigênio; CND: condutividade elétrica; DQO demanda química de oxigênio.**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A lagoa facultativa mostrou sofrer influência da sazonalidade da região. Apresentou perfil de OD do tipo clinogrado e estratificação térmica em três períodos de coleta. As variáveis pH e CND esteve dentro do limite encontrado em lagoas de estabilização.

A análise de componentes principais mostrou que as variações da comunidade fitoplanctônica teve influência direta do pH, CND e possivelmente do TDH. Este processo correlacionou com a boa eficiência de remoção de DBO e  $\text{PO}_4^{3-}$ . A remoção de amônia esteve relacionada com a temperatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20. ed. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A/American Public Health Association; American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1998.
2. BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gênero de algas de águas continentais do Brasil. 2. ed. São Carlos: Rima, 2006. 502 p.
3. CHU, C. R.; SOONG, C. K. Numerical simulation of wind-induced entrainment in a stably stratified water basin. *Journal of Hydraulic Research*, v. 35, n. 1, p. 21-41, 1997.
4. KAYOMBO, S. et al. Diurnal cycles of variation of physical-chemical parameters in waste stabilization ponds. *Ecological Engineering*, v. 18, p. 287-291, 2002.
5. LAU, P. S.; TAM, N. F. Y.; WONG, Y. S. Effect of Algal Density on Nutrient Removal from Primary Settled Wastewater. *Environmental Pollution*, v. 89, p. 59-66, 1995.
6. LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, v. 11, p. 143-170, 1958.
7. PANO, A.; MIDDLEBROOKS, E. J. Ammonia nitrogen removal in facultative wastewater stabilization ponds. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 54, n. 4, p. 344-351, 1982.
8. PAPPAS, J. L.; STOERMER, E. F. Quantitative Method for Determining a Representative Algal Sample Count. *Journal of Phycology*, v. 32, p. 693-696, 1996.
9. PASQUALETTO, A. et al. Eficiência das lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgotos do Parque Atheneu, em Goiânia (GO). In: PASQUALETTO, A. *Gestão das águas*. Goiânia: Editora da UCG, 2005. p. 37-52.
10. SHIMADA, P.; BIDONE, F. R. A.; FILHO, M. A. Estudo de lagoas de estabilização para tratamento de esgoto doméstico na região de Centro-Oeste. *Revista DAE*, v. 47, n.150, p. 268-274, 1987.
11. SNIS. Ministério das Cidades:Secretaria Nacional de Saneamento Nacional. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2008. Disponível em: <<http://www.sn timer.gov.br>>. Acesso em: 30 maio 2011.
12. TADESSE, I.; GREEN, F. B.; PUHAKKA, J. A. Seasonal and diurnal variations of temperature, pH and dissolved oxygen in advanced integrated wastewater pond system treating tannery effluent. *Water Research*, v. 38, p. 645-654, 2004.
13. TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University, 1995. Cap. 5, p. 91-173.
14. UEHARA, M. Y.; VIDAL, L. W. Operação e manutenção de lagoas anaeróbicas e facultativas. São Paulo: CETESB, 1989. 89 p.
15. ÜHELINGER, V. Étude statistique des methodes de dénombrement planctonique. *Archives des Sciences*, v. 17, p. 121-223, 1964.
16. UTHERMÖL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologie*, v. 9, p. 1-38, 1958.
17. WETZEL, R. G. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1981. 679 p.