

II-210 - REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E COMPORTAMENTO DO CARBONO EM LAGOAS DE ALTA TAXA SUBMETIDAS A DIFERENTES INTENSIDADES DE RADIAÇÃO SOLAR TRATANDO ESGOTO DOMÉSTICO

Lucas Sampaio Lopes⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Maria Lúcia Calijuri⁽²⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP (1977). Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, área de concentração Geotecnia (1988). Professora Titular, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa- UFV.

Paula Peixoto Assemany⁽³⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2010). Mestre em Engenharia Civil, área de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa (2013). Doutoranda em Engenharia Civil, Engenharia Sanitária e Ambiental - UFV.

Mauro Henrique Batalha de Souza⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Aníbal da Fonseca Santiago⁽⁵⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2006). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (2008). Doutor em Engenharia Civil, área Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2013) - UFV.

Endereço⁽¹⁾: Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário, DEC/CCE, sala 320 – Viçosa – Minas Gerais - CEP: 36570-000 - País - Tel: +55 (31) 9322-0813 - e-mail: lucascu@gmail.com.

RESUMO

O entendimento da dinâmica do carbono subsidia a obtenção das condições ótimas de degradação da matéria orgânica e remoção de nutrientes. Por outro lado, a radiação exerce influência na oxigenação das lagoas, controlando o crescimento da biomassa algal e consequentemente a degradação da matéria orgânica. Desta forma, este trabalho objetivou descrever o comportamento das formas inorgânica e orgânica de carbono e determinar a eficiência de remoção de matéria orgânica em lagoas de alta taxa submetidas a diferentes intensidades de radiação solar tratando esgoto doméstico. Foram avaliadas três lagoas de alta taxa (LATs) submetidas a diferentes intensidades de radiação solar, a LAT1 operou sem cobertura e nas outras foram instaladas telas de sombreamento de 9% (LAT2) e 80% (LAT3). O monitoramento das unidades e do afluente foi realizado duas vezes por semana no período de maio a dezembro de 2011. Monitorou-se sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (COT), carbono orgânico dissolvido (COD) e alcalinidade total. A cada duas horas realizou-se medições de pH e temperatura. Através dos valores de pH, temperatura e alcalinidade foram calculados os valores das formas de carbono inorgânico. Foram também calculadas as concentrações de aplicação ideal de DQO para cada lagoa. A média dos resultados de SSV variou de 74,54 a 106,46 mg/L, sendo a LAT1 e LAT2 as maiores produtoras de biomassa. A alcalinidade nas lagoas foi determinada pela concentração de bicarbonato, forma essa predominante na composição do carbono inorgânico nesses ambientes, seguido do CO₂ total. Os valores de pH observados foram considerados como fatores influenciadores na maior presença do íon bicarbonato, limitando a concentração de CO₂ livre. A variação ao longo dos meses da concentração de COD teve, na maioria das amostras, o mesmo comportamento nas três lagoas e no efluente do reator, demonstrando influência do substrato afluente na eficiência de remoção do mesmo. As lagoas apresentaram eficiências de remoção de 11 a 28% de DQO, 47 a 61% de DBO e 55 a 58% de COT. A concentração de aplicação de DQO e intensidade de radiação não interferiram na eficiência de remoção desse parâmetro. A radiação influenciou na disponibilidade das formas de carbono inorgânico presente. Adicionalmente, a influência da qualidade do afluente se mostrou de alta relevância, uma vez que o esgoto como fonte de carbono se mostrou insuficiente para garantir a demanda de carbono para o crescimento das microalgas.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de alta taxa, dinâmica do carbono, remoção de matéria orgânica, esgoto doméstico.

INTRODUÇÃO

O estudo de fontes alternativas de energias renováveis é uma solução para a crescente demanda de energia mundial e a preocupação com a deterioração do meio ambiente. A biomassa algal produzida por meio do reuso de água residuária, é considerada, atualmente, matéria prima promissora para a obtenção de bioenergia. Esta produção pode ocorrer em lagoas de alta taxa (LATs), semelhantes a lagoas de estabilização convencionais, porém são canais fechados em formato de pista oval de baixa profundidade em que ocorre movimentação contínua provida por pás giratórias. Esse sistema é muito utilizado, devido a baixa acumulação de lodo, ausência de odor, arraste de amônia e precipitação do fosfato, sendo possíveis pelos elevados valores de OD e pH presentes nas lagoas, graças a constante movimentação (Nascimento, 2001). No entanto, Oran (1989) destacou que por terem diâmetro muito pequeno ($<20\ \mu\text{m}$), há uma dificuldade em se eliminar as algas do sistema, além da baixa eliminação de coliformes, devido ao baixo tempo de detenção.

O carbono pode ser encontrado nas formas orgânica e inorgânica em ambientes aquáticos. Em se tratando de lagoas de alta taxa utilizando água residuária, sua fração inorgânica tem como fontes a chuva, trocas com o ar, decomposição e respiração de organismos, e tem como principais componentes o gás carbônico, o íon bicarbonato e o íon carbonato. A distribuição dessas formas está diretamente relacionada com fatores abióticos como pH e temperatura e bióticos, como atividades de organismos no meio. A intensa atividade fotossintética das algas nestes ambientes, estimulada pela exposição solar contínua resultam em pH superiores a 9, fazendo com que predomine a forma carbonato (CO_3^{2-}). Já fração orgânica é composta por moléculas orgânicas, como lipídeos, proteínas e carboidratos presentes no meio. O carbono orgânico dissolvido é a fração orgânica do carbono que mais é encontrada nos ambientes aquáticos, podendo representar até 90% do carbono orgânico total em lagos (Thurman, 1985), além disso é o componente mais importante nos fluxos de energia, podendo estar entre os principais fatores determinantes do funcionamento biótico deste ecossistema (McDonald et al., 2004).

O carbono é de grande importância para a degradação da matéria orgânica, pois é o substrato da atividade fotossintética realizada pelas algas. A remoção de matéria orgânica em todas suas formas (sedimentável, solúvel ou suspensa) em lagoas de altas taxas ocorre através das bactérias presentes que utilizam o oxigênio produzido pelas algas para oxidar a matéria orgânica. Assim, neste processo, os compostos carbônicos orgânicos são parcialmente oxidados a dióxido de carbono, e que por sua vez são assimilados pelas algas, como fonte de carbono.

A radiação solar por sua vez exerce papel fundamental na oxigenação das lagoas. A intensidade da radiação solar que atinge as algas e a penetração dessa radiação no meio líquido são um dos principais fatores que afetam o crescimento, pois disponibiliza energia para a atividade fotossintética das algas (Kellner e Pires, 1998). Outra grande importância da radiação é seu poder na variação de temperatura, esta que influi diretamente sobre equilíbrios iônicos, pH e solubilidade de gases como o oxigênio e gás carbônico, essenciais para a dinâmica dentro das lagoas (Boutterfas et al., 2002).

A fotossíntese ocorre apenas através da presença de uma fonte luminosa neste caso o sol, então durante o período noturno prevalece a respiração. A fotossíntese consome o CO_2 , o íon bicarbonato (HCO_3^-) do esgoto tende a se converter a OH^- fazendo com que o pH se eleve. Já a respiração produz o CO_2 e o íon bicarbonato (HCO_3^-) do esgoto tende a se converter a H^+ com isso o pH se reduz. Conforme as lagoas de altas taxas são concebidas para maximizar a produção de algas, estas ao realizarem a fotossíntese utilizam o CO_2 como substrato. O controle do CO_2 nas LAT's é de grande importância para manter um pH ideal em que as microalgas possam manter uma atividade fotossintética alta.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo descrever o comportamento das formas inorgânica e orgânica de carbono e determinar a eficiência de remoção de matéria orgânica em lagoas de alta taxa submetidas a diferentes intensidades de radiação solar tratando esgoto doméstico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos de maio a dezembro de 2011, na Unidade Experimental de Tratamento de Esgotos e Utilização de Efluentes da Violeira (ETE Violeira), no município de Viçosa – MG ($20^{\circ}45'41,4020''\text{S}$, $42^{\circ}52'11,9622''\text{O}$).

O clima é considerado do tipo Cwa (clima úmido subtropical) de acordo com a classificação Koppen, com temperatura média anual de 19,4°C e umidade relativa de 81% (INMET, 1990).

As LATs foram alimentadas continuamente com efluente de reator UASB construído em escala real para o tratamento de todo o esgoto produzido no bairro da Violeira ($Q_{med} = 115 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, volume = 48 m³, altura = 5,70 m e TDH = 7 h). As unidades experimentais foram construídas em fibra de vidro e apresentaram 1,28m de largura, 3m de comprimento e 0,5m de altura, sendo a altura útil de 0,3m. Para prover o fluxo nas unidades, foram instaladas pás giratórias impulsionadas por uma bomba, que forneceram ao meio uma velocidade de aproximadamente 0,30m/s. O tempo de detenção hidráulico (TDH) de 4 dias foi ajustado através do controle manual da vazão, em 10,4L.h⁻¹. Foram avaliadas 3 LATs submetidas a diferentes níveis de radiação solar. A primeira considerada “testemunha” operou sem cobertura (LAT1) e nas outras foram instaladas telas de sombreamento de 9% (LAT2) e 80% (LAT3), respectivamente (Figura 1).

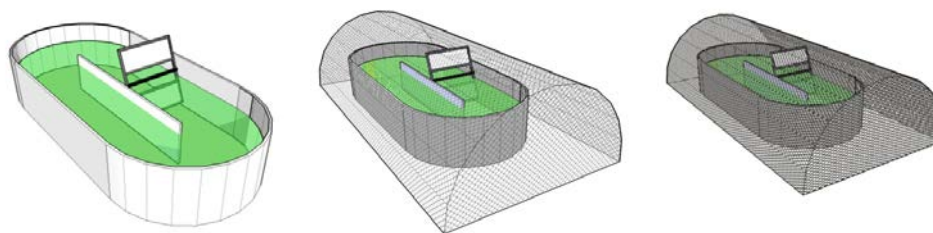


Figura 1. Da esquerda para direita: LAT testemunha, com 9% de sombreamento e com 80% de sombreamento.

As amostras foram coletadas no reservatório de alimentação das lagoas e próximas ao dispositivo de saída de efluente nas LATs, de forma composta, das 8 às 16 horas, com intervalo de duas horas para cada coleta, duas vezes por semana. As análises foram feitas de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Foram avaliadas as seguintes variáveis: sólidos suspensos voláteis (SSV) para medição da biomassa total (biomassa algal e bacteriana), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico dissolvido (COD) para medição da matéria orgânica e alcalinidade total. Para determinação do COT e COD utilizou-se o equipamento TOC 5000 Shimadzu. Adicionalmente, nas datas de amostragem, a cada duas horas realizou-se medições de pH e temperatura. Para tais variáveis utilizou-se sensor da marca Hach modelo HQ40d. Através dos valores de temperatura, pH e alcalinidade foram calculados de acordo com metodologia proposta por Mackereth et al. (1978), os valores de cada forma de carbono inorgânico: dióxido de carbono total, dióxido de carbono livre, bicarbonato e carbonato.

Para análise da eficiência de remoção de DQO, foram calculadas as concentrações de aplicação ideal para cada lagoa segundo metodologia descrita em Oswald (1988) e adaptado por De Godos et al. (2009). Os cálculos foram realizados segundo equação abaixo, por meio dos dados de radiação fornecidos pelo CPTEC/INPE para o mesmo período de monitoramento, a qual traçou-se uma linha de tendência.

$$DQO = \frac{85,938FS}{dhX}$$

Em que: F é eficiência fotossintética (0,025%), S é irradiação solar (Wh/ m²d), d é altura da lagoa (cm), h é calor de combustão (5,5 cal/mg), θ é o tempo de detenção hidráulica (dias) e X é relação DBO/DQO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de concentração média de SSV e alcalinidade e valores médios de pH e temperatura nas três unidades e no esgoto afluente às lagoas.

Tabela 1: Concentração média de SSV e alcalinidade e valores médios de pH e temperatura nas três unidades e reator UASB

	UASB	LAT1	LAT2	LAT3
SSV (mg.L ⁻¹)	74,5	101,1	106,5	78,5
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	249,5	113,7	99,9	135,8
pH	6,71	8,09	8,18	7,77
T (°C)	21,7	21,85	21,33	20,43

A média dos resultados de SSV variou de 74,54 a 106,46 mg.L⁻¹, sendo a LAT2 a maior produtora de biomassa e a LAT3 a de menor produção, apesar da pouca diferença de produtividade entre a LAT1 e LAT2. Concentrações de SSV de 700-800 mg.L⁻¹ em reatores de bancada com tempo de detenção de 3 e 4 dias, tratando esgoto doméstico misturado com efluente de laticínios com adição de CO₂ foram encontradas por Woertz et al. (2009). Para o tratamento testemunha, sem a adição de CO₂, a concentração média de SSV ficou em torno de 200 mg.L⁻¹. Park e Craggs (2010) reportaram resultados de 548 mg.L⁻¹ de SSV para lagoas de alta taxa tratando esgoto doméstico com TDH de 8 dias e 341 mg SSV.L⁻¹ para lagoas de 4 dias de tempo de detenção, com adição de CO₂. Os resultados de SSV do presente estudo foram inferiores aos reportados em literatura, principalmente devido a não suplementação com uma fonte externa de carbono.

A alcalinidade nas lagoas foi determinada pela concentração de bicarbonato, forma essa predominante na composição do carbono inorgânico nesses ambientes. Craggs et al. (2012) apresentou valores variando de 134 à 144gCaCO₃/m³ para estudo com LATs tratando esgoto doméstico, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Os relativamente altos valores de pH observados podem ser considerados como fatores influenciadores na maior presença do íon bicarbonato, limitando a concentração de CO₂ livre. Porém, tais valores não foram elevados o suficiente para promover a maior abundância do íon carbonato, conforme pode ser observado na Figura 2.

A Figura 2 apresenta a predominância das formas de carbono inorgânico.

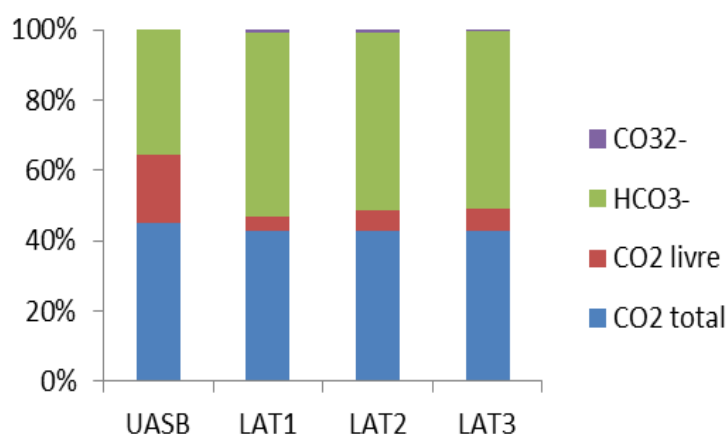


Figura 2: Predominância das formas de carbono inorgânico nas três lagoas estudadas e no reator UASB.

Conforme observado, o íon bicarbonato foi a forma predominante de carbono inorgânico presente nas lagoas, seguido do CO₂ total como a segunda forma mais presente. A respiração dos organismos aquáticos e a decomposição da matéria orgânica, nesse caso específico, das microalgas e do esgoto respectivamente, representaram uma fonte importante de CO₂ nas lagoas. O processo fotossintético ao reduzir o carbono disponível da água, e ao produzir um aumento do pH e, o consequente deslocamento da reação para o sistema carbonato, consistiu, por sua vez, em fonte do íon bicarbonato e ainda contribuiu com a redução de CO₂ livre, e com o deslocamento do equilíbrio químico. Oswald (1988) obteve valores de CO₂ total de 88 mg.L⁻¹ em lagoas de alta taxa, valor um pouco mais elevado do que os encontrados nesse estudo. As concentrações de CO₂ total para as lagoas estudadas variaram de 49,6 a 69,4 mg.L⁻¹.

A variação do COD nas três lagoas e esgoto afluyente pode ser observada na Figura 3.

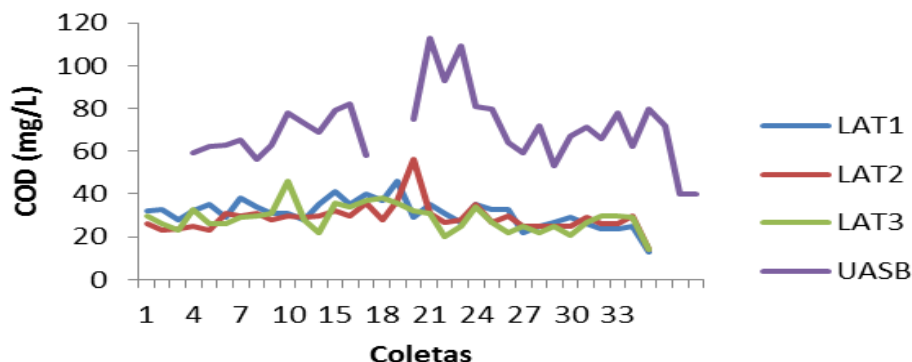


Figura 3: Variação da concentração de COD ao longo de todo período de monitoramento nas três lagoas estudadas e no reator UASB.

Percebe-se que a variação ao longo dos meses da concentração de COD teve, na maioria das amostragens, o mesmo comportamento nas três lagoas e no efluente do reator, demonstrando uma dependência das lagoas do substrato afluyente. Ou seja, o funcionamento e a consequente eficiência de remoção de matéria orgânica carbonácea das lagoas de alta taxa estão intimamente relacionados com as características do meio de cultivo utilizado para o crescimento das microalgas, não variando significativamente com a radiação solar disponível para cada lagoa.

A Tabela 2 apresenta os dados de DQO, DBO e COT, suas respectivas eficiências de remoção e relação DBO/DQO.

Tabela 2: Concentração (mg.L^{-1}) e eficiências de remoção de DQO, DBO e COT, e relação DBO/DQO nas três unidades estudadas e reator UASB

	DQO	DBO	DBO/DQO	COT	Eficiência de Remoção (%)		
					DQO	DBO	COT
UASB	219	77	0,4	68,8			
LAT1	171	39	0,2	31,0	22	50	55
LAT2	195	30	0,2	28,8	11	61	58
LAT3	158	41	0,3	28,6	28	47	58

De acordo com a Tabela 2, as lagoas apresentaram eficiências de remoção de 11 a 28% de DQO, 47 a 61% de DBO e 55 a 58% de COT. Outros estudos, como o de Park e Craggs (2010) e de Craggs et al. (2012) demonstraram altas porcentagens de remoção de DBO filtrada, entre 84 a 91%. Diferentemente, o afluyente às LATs deste estudo, por ter passado por um sistema de tratamento anaeróbio, apresentou menor biodegradabilidade também observado pela baixa relação DBO/DQO, portanto menor remoção. Esses resultados corroboram com os de García et al. (2006), que encontraram remoção de matéria orgânica, em termos de DQO, de 35 a 38% para LATs operando com 3 e 7 dias de TDH, respectivamente. Eles também atribuíram esses valores de eficiência de remoção por utilizarem efluente urbano previamente tratado.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam a concentração calculada ideal de aplicação de DQO (CA calculada) e os valores de entrada (UASB) e saída de DQO para as três lagoas. Essa concentração significa a concentração máxima de matéria orgânica que deverá ser aplicada nas LATs para que elas consigam ter uma eficiente remoção.

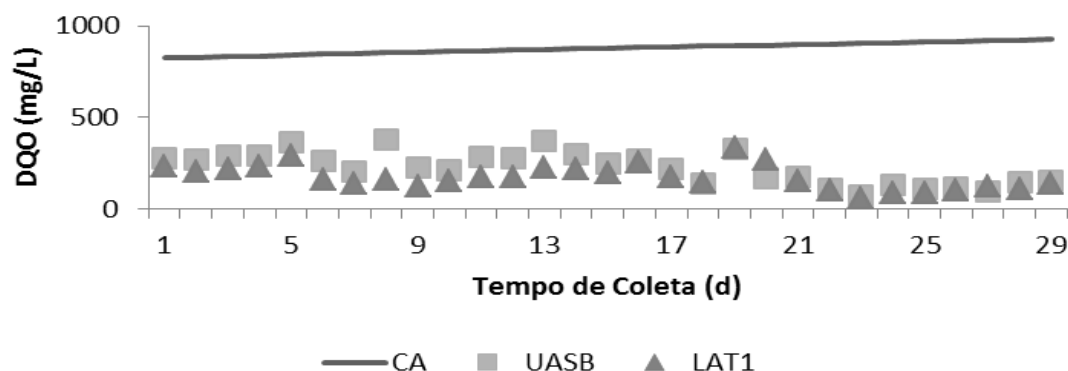


Figura 4: Valores de DQO (afluente e efluente) e curva de concentração ideal a ser aplicada para a LAT1.

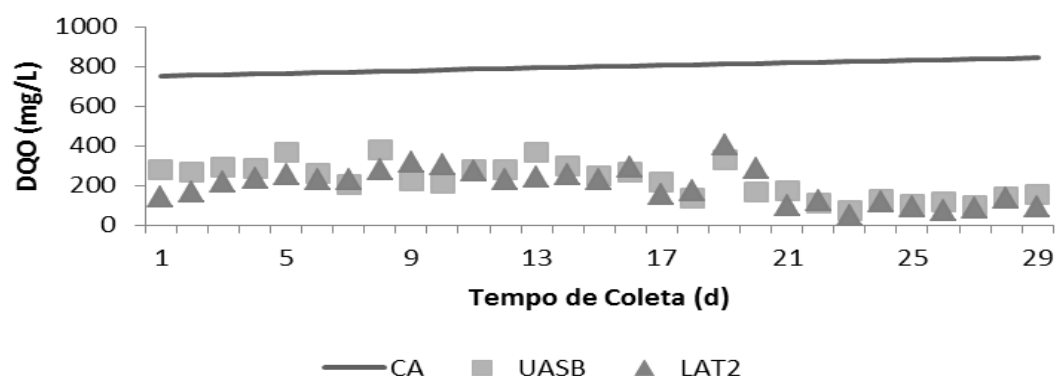


Figura 5: Valores de DQO (afluente e efluente) e curva de concentração ideal a ser aplicada para a LAT2.

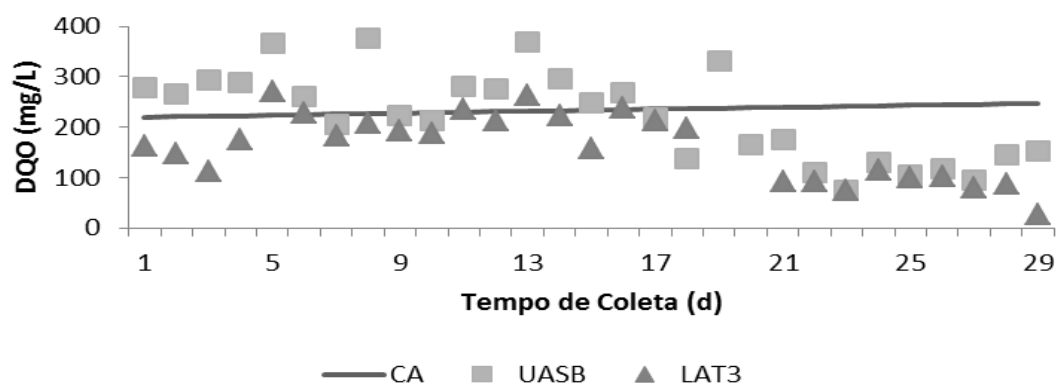


Figura 6: Valores de DQO (afluente e efluente) e curva de concentração ideal a ser aplicada para a LAT3.

Para as lagoas LAT1 e LAT2, na maior parte do tempo, a concentração de DQO permaneceu abaixo da concentração máxima passível de tratamento. Entretanto, na lagoa LAT3 tanto a concentração de entrada quanto o efluente de saída estiveram a maior parte do tempo acima da curva calculada e mesmo assim, essa unidade com bloqueio de 80% da radiação solar, demonstrou remoção superior às demais. Observa-se também que a eficiência de remoção acompanhou os valores de entrada de matéria orgânica, ou seja, houve uma queda na remoção de matéria orgânica, quando os valores de entrada de DQO se mostraram reduzidos. Demonstra-se, então, que a primeira lagoa com nenhuma restrição de radiação e a LAT3 com restrição de 80% tiveram uma eficiente remoção de matéria orgânica independente da concentração máxima calculada e da porcentagem de bloqueio da radiação solar.

CONCLUSÃO

As lagoas apresentaram eficiências de remoção de 11 a 28% de DQO, 47 a 61% de DBO e 55 a 58% de COT. A concentração de aplicação de DQO e intensidade de radiação não interferiram na eficiência de remoção desse parâmetro, pois mesmo aplicando-se concentrações de entrada de matéria orgânica maiores que a curva ideal calculada manteve-se uma eficiente remoção de matéria orgânica. É importante ressaltar que o modelo proposto por Oswald (1988) foi nesse estudo adaptado para diferentes intensidades de radiação e por isso teve resposta não tão adequada.

A radiação, por outro lado, se mostrou de grande influência na disponibilidade de formas de carbono inorgânico presente nas lagoas. A alcalinidade nas lagoas foi determinada pela concentração de bicarbonato, forma essa predominante na composição do carbono inorgânico nesses ambientes, seguido do CO₂ total. Os valores de pH observados foram considerados como fatores influenciadores na maior presença do íon bicarbonato, limitando a concentração de CO₂ livre.

Adicionalmente, a influência da qualidade do afluente se mostrou de alta relevância, uma vez que o esgoto como fonte de carbono se mostrou insuficiente para garantir a demanda de carbono para o crescimento das microalgas. Uma das causas constatada é esgoto utilizado ser pré-tratado, necessitando de uma fonte alternativa de complementação. Já a remoção de matéria orgânica se mostrou dentro do esperado e do descrito em literatura, podendo as lagoas de alta taxa serem consideradas eficientes na remoção desse parâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for examination of water and wastewater. Washington: American Water Work Association, Water Environmental Federation. 2005.
2. BOUTERFAS, R.; BEUKOURA, M.; DAUTA, A. Light and temperature effects on the growth rate of three freshwater algae isolated from a eutrophic lake. *Hydrobiologia*. 489, p. 207-217. 2002.
3. CRAGGS, R.J.; SUTHERLAND, D.; CAMPBELL, H. Hectare-scale demonstration of high rate algal ponds for enhanced wastewater treatment and biofuel production. *Journal of Applied Phycology*. 24, pp 329-337. 2012.
4. DE GODOS, I.; BLANCO, S.; GACÍA-ENCINA, P. A.; BECARES, E.; MUNÓZ, R. Long-term operation of high rate algal ponds for the bioremediation of piggery wastewaters at high loadings rates. *Bioresource Technology*. 100, pp 4332-4339. 2009.
5. GARCÍA, J.; GREEN, B. F.; LUNDQUIST, T.; MUJERIEGO, R.; HERNÁNDEZ-MARINÉ, M.; OSWALD, W. J. Long term diurnal variations in contaminant removal in high rate ponds treating urban wastewater. *Bioresource Technology*. 97, pp 1709-1715. 2006.
6. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET. Normais Climatológicas 61/90. Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília. 1990.
7. KELLNER, E.; PIRES, E. C. Lagoas de Estabilização: Projeto e Operação. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1998. v. 1. 240 p.
8. MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.E. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshwater Biological Association. Sci. Pub.* n.36, Wilson and Sons LTDA. 117 p. 1978.
9. MCDONALD, S.; BISHOP, A.G.; PRENZLER, P.D & ROBARDS, K. 2004. Analytical Chemistry of freshwater humic substances. *Analytica Chimica Acta*, 527: 105-124.
10. NASCIMENTO, J. R. S. Lagoas de alta taxa de produção de algas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 2001. 166p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
11. ORAN, N. J. Water Stabilization Ponds and Aerated Lagoons. *Biological Wastewater treatment Systems, Theory and Operation. Library of cataloging*, chapter 10, p 286-287. 1989.
12. OSWALD, W.J. Micro-algae and waste-water treatment M.A. In: Borowitzka, L.J. Borowitzka (Eds.), *Microalgal Biotechnology*, Cambridge University Press, New York, USA, pp. 305-328. 1988.
13. PARK, J. B. K.; CRAGGS, R. J. Wastewater treatment and algal production in high rate ponds with carbon dioxide addition. *Water Science Technology*. 61, pp 633-639. 2010.
14. ROCHA, E. O.; CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. F.; ASSIS, L. C.; ALVES, L. G. S. The Contribution of Conservation Practices in Reducing Runoff, Soil Loss, and Transport of Nutrients at the Watershed Level. *Water Resources Management*, V. 26, N.13, p. 3831-3852, 2012.

15. THURMAN, E.M. 1985. Organic geochemistry of natural waters. Martinus Nijhoff/Dr.Junk, Netherlands. 497p.
16. WOERTZ, I., FEFFER, A., LUNDQUIST, T., NELSON, Y. Algae grown on dairy and municipal wastewater for simultaneous nutrient removal and lipid production for biofuel feedstock. Journal of Environmental Engineering, 135, pp 1115-1122. 2009.