

## II-041 – REMOÇÃO DE NUTRIENTES DE ESGOTOS SANITÁRIOS EM REATOR COM BIOMASSA IMOBILIZADA

**Alane Lima de Freitas Souto<sup>(1)</sup>**

Licenciada em Ciências Biológicas (UEPB). Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB).

**Israel Nunes Henrique**

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA - UFPB/UEPB), Doutor em Recursos Naturais – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**José Tavares de Sousa**

Mestre em Engenharia Civil (UFPB), Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP). Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Valderi Duarte Leite**

Mestre em Engenharia Civil (UFPB), Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP). Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Lyanne Cibely Oliveira de Sousa**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental (UEPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Bento Vitório, 03 - Remígio - PB - CEP: 58.398-000 Brasil - Tel: (83) 9915-2935 - e-mail: [alanebiologia@hotmail.com](mailto:alanebiologia@hotmail.com)

### RESUMO

O presente estudo relata a avaliação do desempenho de um sistema de tratamento combinando reator anaeróbio/anóxico (RAn/Ax) seguido de reator aeróbio com meio suporte imobilizado (RAMSI), preenchido com espuma de poliuretano, em processo de recirculação com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 12 horas, buscando produzir efluente com baixas concentrações de material carbonáceo e nutrientes e menor produção de lodo de excesso. O sistema combinado removeu de forma eficiente material carbonáceo (92%), SST (94%), SSV (97%), NTK (93%) e  $\text{N-NH}_4^+$  (96%). Produzindo efluente com concentrações médias de nitrito e nitrato, respectivamente de  $0,04 \text{ mgN-NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$  e  $0,65 \text{ mgN-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema combinado, meio suporte, remoção biológica de nutrientes.

### INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da população aliado ao desenvolvimento tecnológico e industrial ao longo dos anos têm acelerado os crescentes níveis de poluição dos recursos hídricos, gerando resíduos sólidos e líquidos cada vez mais complexos, o que exige o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de efluentes, com o objetivo de reduzir ou eliminar poluentes antes de seu lançamento e/ou descarte no meio ambiente tais como, alta carga de matéria orgânica e de nutrientes presentes nas águas residuárias domésticas (METCALF e EDDY, 2003).

O lançamento não controlado destes resíduos nos corpos de água está gradualmente comprometendo a qualidade de lagos e rios, resultando no processo de eutrofização, causado pelo enriquecimento destes ecossistemas com nutrientes, como nitrogênio e fósforo, resultando na proliferação de algas e cianobactérias, as quais liberam toxinas, podendo desencadear doenças.

Na busca de soluções, para estes problemas tem-se verificado o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, visando principalmente a possibilidade de aplicação de cargas orgânicas mais elevadas e a redução de áreas necessárias ao tratamento, por conseguinte, menores custos de implantação, menor produção de lodo e alocação de efluente com qualidade adequando as exigências dos órgãos ambientais (DAVEREY et al., 2012; ABREU e ZAIAT, 2008).

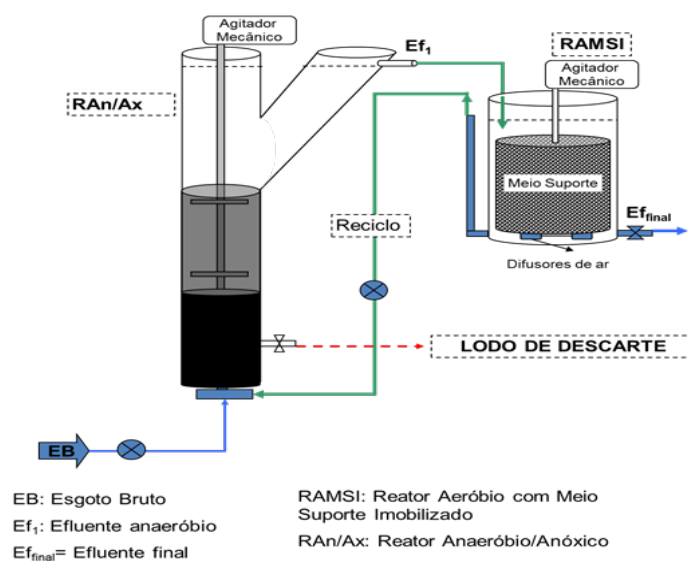
Os processos de tratamento biológico de água residuárias mais comuns são: processos anaeróbios, anóxicos e aeróbios. Os quais podem atuar separadamente ou combinados. Sistemas combinados utilizando dois processos, tem se destacado por aproveitar as vantagens de cada processo, minimizando seus aspectos negativos (CHUNG et al, 2007; KIM et al., 2003). Obtendo assim uma maior remoção da matéria orgânica, com baixos custos de implantação e operação, além de sistemas mais compactos com menor produção de lodo, que podem ser citados como vantagens dos sistemas anaeróbios. Além disso, a combinação torna possível a remoção de nitrogênio e, algumas vezes, fósforo, características dos processos aeróbios (ABREU e ZAIAT, 2008; ASADI et al., 2012; ZANETTI et al., 2012).

Essa pesquisa teve como objetivo remover material carbonáceo e nitrogênio de esgotos sanitários, utilizando sistema combinado anaeróbio/anóxico seguido de processo aeróbio com uso de recirculação. Buscou-se obter um efluente tratado que atenda aos padrões exigidos pela lei vigente, quanto aos aspectos de lançamento em corpos receptores.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) localizada no bairro do Tambor em área pertencente a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizada no município de Campina Grande – PB, Brasil. O afluente a ser tratado era proveniente da rede coletora de esgotos da Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba – CAGEPA.

O sistema experimental foi constituído de um sistema combinado: Reator Anaeróbio/Anóxico (RAn/Ax), seguido de um Reator Aeróbio com meio suporte submerso imobilizado (RAMSI), com recirculação, Conforme Figura 1.



**Figura 1: Representação esquemática do sistema experimental de tratamento de esgoto doméstico por reatores combinado**

O sistema experimental foi instalado e monitorado em regime de bateladas sequenciais, com ciclos de 12 horas cada e, portanto, 2 ciclos.dia<sup>-1</sup>, sendo tratado o volume de 12,6 L de esgoto por ciclo. Este período foi dividido nas seguintes fases: alimentação, reação (recirculação, aeração, mistura), sedimentação e descarga do efluente.

O RAn/Ax foi construído de PVC e operou com volume útil de 21,5 litros e funcionou com vazão de recirculação de 38,85L.ciclo.dia<sup>-1</sup>. Neste reator foi instalado um sistema de mistura (agitador mecânico) de baixa rotação com aproximadamente 2 rpm, para facilitar a liberação dos gases formados durante o processo de desnitrificação.

O Reator Aeróbio com Meio Suporte submerso Imobilizado (RAMSI) foi construído em acrílico e operou com volume útil de aproximadamente 12,6 Litros. Na base inferior do reator foi instalado um difusor de ar que proporcionou a aeração uniforme.

O meio suporte utilizado foi esponja de poliuretano com abrasivo, o qual foi fixado em compartimento plástico acoplado a um agitador mecânico para proporcionar a mistura completa e difusão total de oxigênio no meio.

O meio suporte utilizado no Reator Aeróbio com Meio Suporte submerso Imobilizado (RAMSI) foi esponja de poliuretano com abrasivo para formação de biofilme. Essa esponja foi cortada em formato geométrico retangular, com largura de 2,0 cm, comprimento de 2,5 a 3,0 cm e altura de 0,5 a 1,0 cm. Para mantê-las imobilizadas, estas foram inseridas no interior do reator num dispositivo de PVC cilíndrico, envolvido por uma tela de nylon conectado a um agitador mecânico, responsável pela homogeneização do esgoto a ser tratado no interior do sistema. Esse dispositivo possuía uma de suas extremidades fixada na base e outra no topo do reator.

No presente trabalho foram analisados os seguintes parâmetros, obedecendo os padrão preconizados pelo Standard Methods (APHA, 2002): Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, Alcalinidade Total (AT), Ácidos Graxos Voláteis (AGV), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Fósforo total e ortofosfato, e as frações de nitrogênio como  $N-NH_4^+$ ,  $N-NTK$ ,  $N-NO_2^-$  e  $N-NO_3^-$ .

## RESULTADOS E DISCURSSÃO

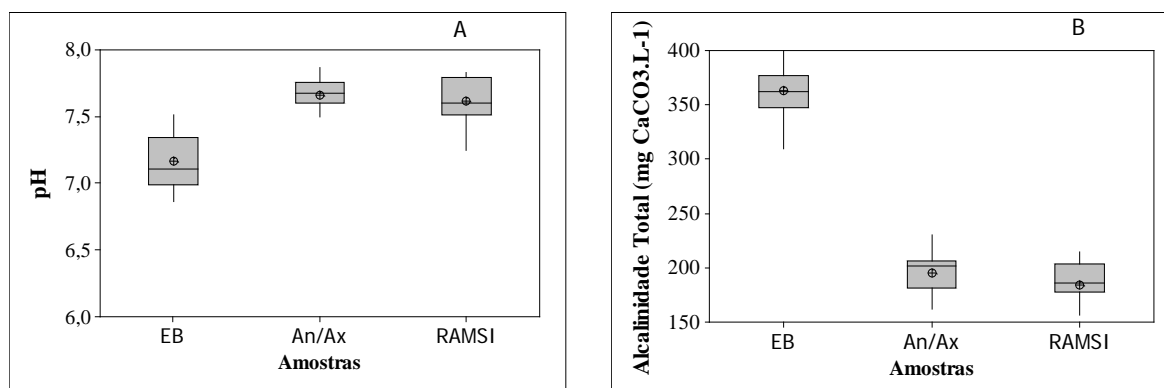
Serão apresentados os resultados obtidos no sistema combinado An/Ax + RAMSI, operado em regime de recirculação com 200 dias de operação.

Os valores de potencial hidrogeniônico dos afluentes mantiveram-se entre 7,0 e 8,0 unidades de pH, considerados ideais para os processos de nitrificação. Valores de pH abaixo de 6,0 podem reduzir a eficiência da nitrificação em até 90% (METCALF e EDDY, 2003).

As médias das concentrações EB e do efluente do RAn/Ax e RAMSI foram de 7,1 , 7,7 e 7,6 unidades de pH, respectivamente (Figura 2A).

Valores semelhantes a esses foram encontrados por Lamego Neto e Costa (2011), tratando esgoto doméstico em reator aeróbio-anóxico, tendo como meio suporte rede de nylon, no qual o pH variou na faixa de 7,5 e 8,0, valor considerado favorável no processo de nitrificação.

De acordo com os resultados obtidos na Figura 2(B) pode-se observar que houve consumo de alcalinidade total, confirmando o processo de nitrificação, uma vez que a alcalinidade total apresentou valor médio de 362  $mgCaCO_3.L^{-1}$  no afluente e de 197  $mgCaCO_3.L^{-1}$  no efluente do reator An/Ax e 184  $mgCaCO_3.L^{-1}$  no efluente final (RAMSI). No processo de nitrificação tem-se uma diminuição de alcalinidade de 7,14  $mgCaCO_3$  por  $mgN-NH_4^+$  (VAN HAANDEL e MARAIS, 1999).



**Figura 2: (A) Comportamento do Potencial hidrogeniônico (pH); (B) Comportamento da Alcalinidade Total do afluente EB e dos efluentes dos RAn/Ax e RAMSI**

Abreu e Zaiat (2008) em seus estudos utilizando reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo, com meio suporte espuma de poliuretano em cubos, no tratamento de esgoto sanitário. Também observaram o consumo de alcalinidade, obtendo um valor médio para o afluente de  $143 \pm 38 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ , enquanto que, o valor médio para o efluente foi de  $196 \pm 43 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ . Confirmando o processo de nitrificação.

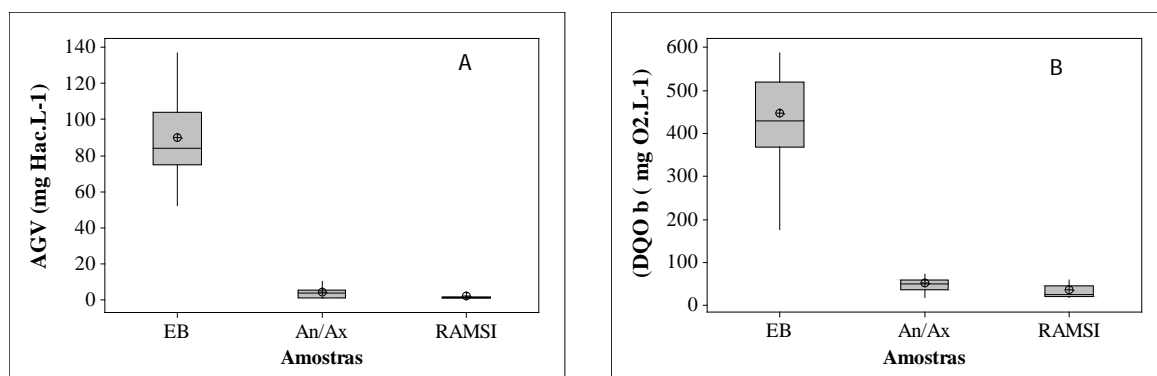
A produção e o consumo de ácidos graxos voláteis (AGV) também foram verificados, uma vez que o afluente apresentou uma concentração média de  $89 \text{ mgHAc.L}^{-1}$  já no efluente final do RAMSI essa concentração foi de apenas  $2 \text{ mgHAc.L}^{-1}$  (Figura 3(A)).

A presença desse material solúvel, supostamente, contribuiu para o processo de desnitrificação. Os AGV no RAn/Ax como fonte de carbono é necessário quando se busca obter a remoção de macronutrientes como nitrogênio e fósforo no processo de recirculação.

Pode-se observar que a matéria orgânica foi removida eficientemente, uma vez que o afluente apresentou valor médio de DQO bruta de  $441 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  e os efluentes do RAn/Ax e RAMSI obtiveram DQO bruta de 50,9 e  $34,7 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3 (B)).

A eficiência de remoção da matéria carbonácea expressa em DQO afluente e efluente, obtida durante o sistema combinado, foi considerada alta, e manteve-se na média de 92%. Esses valores de eficiência são superiores a outras investigações, as quais foram usadas outros materiais suportes (WALTERS et al., 2009).

Resultados semelhante a esse foram obtidos por Liu et al. (2013), em seu estudo com sistema combinado composto por três reatores sendo, anaeróbio, aeróbio e anóxico sequenciados, operando com ciclos de 8 horas. Os autores obtiveram uma remoção de 90% de matéria orgânica.



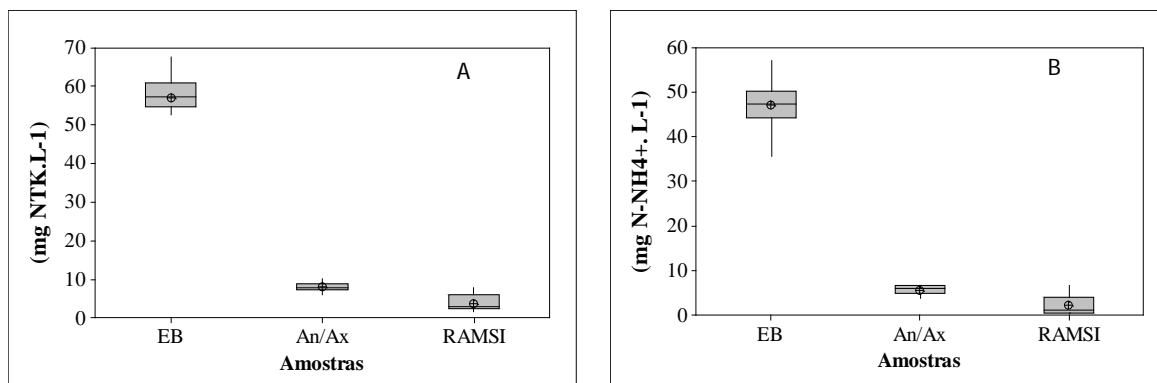
**Figura 3: (A) Comportamento dos ácidos graxos voláteis (AGV); (B) Comportamento da DQO Bruta do afluente EB e dos efluentes dos RAn/Ax e RAMSI**

Observa-se na Figura 4 (A), que os valores das concentrações médias de Nitrogênio Total Kjeldahl afluente (EB) e efluentes (RAn/Ax e RAMSI) foram de 56,9, 8,0 e 3,6  $\text{mgN-NTK.L}^{-1}$ , respectivamente, para o EB, RAn/Ax e RAMSI, representando desta maneira remoções de 85% para o efluente do RAn/Ax e 93% para o RAMSI. Constando variações interquartis de  $d = 3,6 \text{ mgN-NTK.L}^{-1}$ .

Liu et al. (2013) em seus estudos com sistema de tratamento contínuo composto por três reatores anaeróbio, aeróbio e anóxico sequenciado, tratando esgoto doméstico sintético conseguiram uma remoção de NTK de 90%, valor similar ao relatado no presente estudo.

Observa-se através da Figura 4 (B) que a concentração do afluente (EB) manteve-se na média de  $47 \text{ mgN-NH}_4^+.\text{L}^{-1}$ . Já os efluentes do RAn/Ax e RAMSI apresentaram valores médios de 5,5  $\text{mgN-NH}_4^+.\text{L}^{-1}$  e 2,1  $\text{mgN-NH}_4^+.\text{L}^{-1}$ , culminando numa eficiência de remoção de 95%.

Abreu e Zaiat (2008) avaliando o desempenho do reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo, utilizando espuma de poliuretano como meio suporte, obtiveram resultados inferiores, atingindo uma remoção média de 85% de nitrogênio amoniacal.

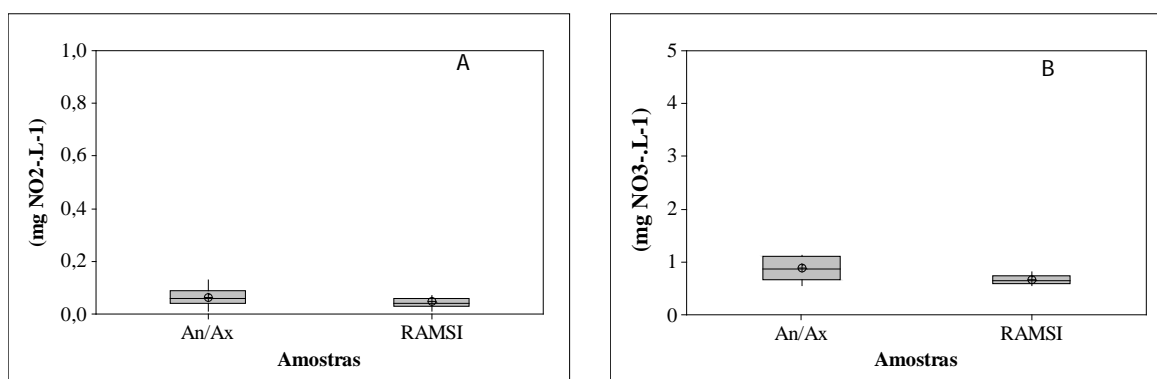


**Figura 4: (A) Comportamento do Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK); (B) Comportamento do Nitrogênio Amoniacal do afluente EB e efluentes dos RAn/Ax e RAMSI**

O comportamento do nitrato, em ambos os reatores apresentando, respectivamente, concentrações médias nos efluentes (RAn/Ax) e efluente final (RAMSI) de 0,06 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> e 0,04 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> (Figura 5 (A)).

A Figura 5 (B) representa o comportamento do nitrato, apresentando concentração média efluente intermediário (An/Ax) de 0,59 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> e 0,65 mgN-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> do efluente final (RAMSI). O processo de desnitrificação foi considerado relevante, com concentração média de nitrato baixa (0,65 mgN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L).

Estes resultados cruzados com os resultados obtidos com o NTK constataram que o sistema combinado foi satisfatório no processo de nitrificação e desnitrificação.



**Figura 5: (A) Comportamento do Nitrito e Nitrato (B) do afluente EB e efluentes dos RAn/Ax e RAMSI.**

Os valores das concentrações médias de sólidos suspensos totais afluente e efluente final (RAMSI) foram, respectivamente, de 211 mg SST.L<sup>-1</sup> e 11 mg SST.L<sup>-1</sup>. Enquanto que, para os sólidos suspensos voláteis afluente e efluente, os valores médios foram de 162 mg SSV.L<sup>-1</sup> e 9 mg SSV.L<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondendo a uma eficiência de remoção de 94% para os SST e 97% para SSV. Conforme Tabela 1.

Portanto, o sistema combinado RAn/Ax seguido de RAMSI apresentou-se como uma alternativa viável no processo de remoção de sólidos suspensos, sendo esta eficiência de remoção considerável. Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que o efluente produzido apresentou-se com concentração média de sólidos em suspensão abaixo de 10 mg.L<sup>-1</sup>.

Sarti *et al.*, (2001), tratando esgoto sintético simulando esgoto doméstico, em reator com biomassa imobilizada, utilizando espuma de poliuretano, obtiveram uma concentração de biomassa de 13,4 mg SSV.L<sup>-1</sup>, indicando um valor alto se comparado ao valor obtido no efluente final do RAMSI (4 mg SSV.L<sup>-1</sup>).



**Tabela 1: Valores médios, máximos e mínimos de SST e SSV do EB (afluente) e dos efluentes RAn/Ax e RAMSI.**

Parâmetros		EB	RAn/Ax	RAMSI
SST	Máximo	316	32	102
	Médio	211	12	11
	Mínimo	78	4	2
	Remoção	-	-	94%
SSV	Máximo	224	24	12
	Médio	162	9	4
	Mínimo	2	2	1
	Remoção	-	-	97%

## CONCLUSÕES

O sistema combinado tratando esgotos sanitários apresentou resultados satisfatórios, removendo material carbonáceo (92%), SST (94%), SSV (94%), N-NTK (93%) e  $\text{N-NH}_4^+$  (96%). Além disso, o efluente final apresentou concentrações médias de nitrito e nitrato, respectivamente de  $0,04 \text{ mgN-NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$  e  $0,65 \text{ mgN-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$ . Contudo, o processo de remoção de fósforo foi considerado insatisfatório, visto que, o sistema não foi projetado com essa finalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, S.B.; ZAIAT, M. **Desempenho de reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo no tratamento de esgoto sanitário**. Eng. Sanit. Ambient. v.13, p. 181-188, 2008.
2. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22<sup>a</sup>. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.
3. ASADI, A.; ZINATIZADEH, A.A.L.; SUMATHI, S. **Simultaneous removal of carbon and nutrients from an industrial estate wastewater in a single up-flow aerobic/anoxic sludge bed (UAASB) bioreactor**. Water Research 46, p. 4587-4598, 2012.
4. DAVEREY, A.; SU, S.H.; HUANG, T.Y.; LIN, G.J. **Nitrogen removal from opto-electronic wastewater using the simultaneous partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and denitrification (SNAD) process in sequencing batch reactor**. Bioresource Technology .V.113, p. 225-231, 2012.
5. LAMEGO NETO, G.; COSTA, R. H. R. **Tratamento de esgoto sanitário em reator híbrido em bateladas sequenciais: eficiência e estabilidade na remoção de matéria orgânica e nutrientes (N, P)**. Eng Sanit Ambient .v.16, p. 411-420, 2011.
6. LIU, G.; XU, X.; ZHU, L.; XING, S.; CHEN, J. **Biological nutrient removal in a continuous anaerobic-aerobic-anoxic process treating synthetic domestic wastewater**. Chemical Engineering Journal.v. 225, p. 223-229, 2013.
7. METCALF ; EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and reuse**. 4 ed. New York, McGraw-Hill International edition, 2003.
8. SARTI, A.; VIEIRA, L. G.; FORESTI, E.; ZAIAT, M. **Influence of the liquid-phase mass transfer on the performance of a packed-bed bioreactor for wastewater treatment**. Bioresource Technology, v. 78, n. 3, p. 231-238, 2001.
9. VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. O. **O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicação para projeto e operação**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Epgraf, 472 p, 1999.
10. WALTERS, E.; HILLE, A.; HE, M.; OCHMANN, C.; HORN, H. **Simultaneous nitrification/denitrification in a biofilm airlift suspension (BAS) reactor with biodegradable carrier material**. Water Research. v. 43. p. 446-4468. 2009
11. ZANETTI, L.; FRISON, N.; NOTA, E.; TOMIZIOLI, M.; BOLZONELLA, D.; FATONE, F. **Progress in real-time control applied to biological nitrogen removal from wastewater. A short-review**. Desalination.v. 286.p. 1-7, 2012.