

II-508 - PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZANDO UASB E REATOR ANAERÓBIO COM MEIO SUPORTE NATURAL (*Luffa cylindrica*)

Patrícia Santos Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Técnica em Saneamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

Raeumson de Souza Costa⁽²⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Israel Nunes Henrique⁽³⁾

Docente do Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Jose Tavares de Sousa⁽⁴⁾

Docente do Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Rui Barbosa, 3410 – Liberdade - Santarém - PA - CEP: 68040 - 030 - Brasil - Tel: (93) 99175-6961 - e-mail: patricia.silva172012@hotmail.com

RESUMO

Os sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto utilizando UASB e Reatores Anaeróbios com biomassa aderida são unidades de tratamento biológico, que otimiza a remoção de matéria orgânica dependendo do tipo e demais características das águas residuárias. Nesse aspecto, o projeto consiste em tratar águas residuárias em reator UASB (R1) e Reator Anaeróbio R2 (com meio suporte), operando com TDH em 12h, a fim de produzir efluente com baixa DQO. O esgoto bruto era armazenado em reservatório de 500L, controlados por temporizadores, assim como, as bombas dosadoras utilizadas nos dois reatores, com volume útil de 3, 356 L, tratando efluente de 13, 392 L/dia, com fluxo contínuo. O meio suporte utilizado no reator R2 foi a bucha vegetal (*Luffa cylindrica*), com o intuito de formar biofilme, as análises físico-químicas foram realizadas com esgoto bruto e efluentes dos reatores. Os resultados demonstraram que o pH, alcalinidade, AGV obtiveram bom desenvolvimento nos reatores R1 e R2, a remoção de DQO apresentou uma boa remoção visto que, a característica do EB apresentava fraco devido a composição de águas cinzas. Em relação a SSV e SST apresentaram variações de remoção durante o período de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: UASB, Digestão Anaeróbia, Meio suporte.

INTRODUÇÃO

Os sistemas anaeróbios, a exemplo do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) é frequentemente usado em climas tropicais com eficiência de remoção em torno de 70% exigindo um pós-tratamento. Em processo de tratamento com biomassa dispersa ocorre mais rapidamente a transformação anaeróbia dos compostos orgânicos resultando na produção de biogás e na manutenção de um consórcio bacteriano (CUI *et al.*, 2010). Para otimizar esse processo muitos estudos utilizando a biomassa aderida em reatores anaeróbios vem sendo desenvolvida, justificando-se a denominação manta de lodo por meio do crescimento da biomassa (SPERLING, 2007). Sendo assim, o uso da bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) como meio suporte para o crescimento bacteriano nos sistemas anaeróbios, provêm benefícios no tratamento de esgoto pela eficiência de fixação de biofilme (FERNANDES *et al.*, 2015).

Dentre os tipos e as características das águas residuárias, à remoção da carga orgânica irá depender das formas de tratamento biológico, dessa forma, essa tem sido a opção mais utilizada na remoção desses constituintes orgânicos presentes em efluentes domésticos e industriais (CESANO, 2016). Dessa maneira, a utilização da tecnologia anaeróbia no tratamento de águas residuárias apresenta vantagens na operação e implantação do sistema, contudo, confere limitada a remoção de nutrientes, matéria orgânica e patógenos (CHERNICHARO, 2001).

O trabalho consistiu em tratar águas residuárias em reator UASB (com biomassa aderida) e Reator Anaeróbio (com meio suporte), operando com o mesmo tempo de detenção hidráulica, com a finalidade de produzir efluente com baixa carga orgânica para processos posteriores de tratamento, além disso, comparar a eficiência de remoção dos reatores estudados e verificar o desempenho dos sistemas na remoção de DQO, nutrientes e sólidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias (LabTAR), na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). No projeto foram compostos por 2 reatores: um do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), denominado de R1, e outro, funcionando como Reator Anaeróbio, com meio suporte do tipo vegetal – *Luffa cylindrica*, denominado de R2, construídos de PVC, com mesmo formato e dimensões de 0,8 cm de diâmetro e 56 cm de altura, ambos alimentados por fluxo ascendente, conforme a **figura 1**.

O esgoto era oriundo das residências próximos ao laboratório, com características de águas cinzas, onde era realizado a coleta 2 vezes na semana e armazenado em reservatório de polietileno de 500L. Para o procedimento de homogeneização do esgoto, utilizou-se bomba centrífuga, controlada por meio de temporizador com oscilação de 15 em 15 minutos.

O monitoramento do sistema era de fluxo contínuo e alimentado por uma vazão diária de 13,392 L/dia, controlado por temporizadores. Por períodos intermitentes de 15 minutos, as quais foram instaladas bombas dosadoras para distribuição do volume aplicado nos sistemas durante as 24 horas, afim de se manter o fluxo. Os reatores possuíam capacidade volumétrica de 3, 356 litros e operavam com tempo de detenção hidráulica de 12 horas. Os principais parâmetros analisados foram: pH, Alcalinidade, AGV, DQO, N-amoniacal, NTK, Fósforo total e solúvel, finalizando com os Sólidos e suas frações. As determinações seguiram as recomendações do APHA (2012). Enquanto que os ácidos voláteis e alcalinidade obedeceram ao método Kapp (BUCHAUER, 1998).

No sistema do reator R2 utilizou-se a bucha vegetal *Luffa cylindrica*, como meio suporte, que foi cortada em fragmentos de 3 cm de altura para ser usada na formação de biofilme, conforme visualizada na **figura 2**.

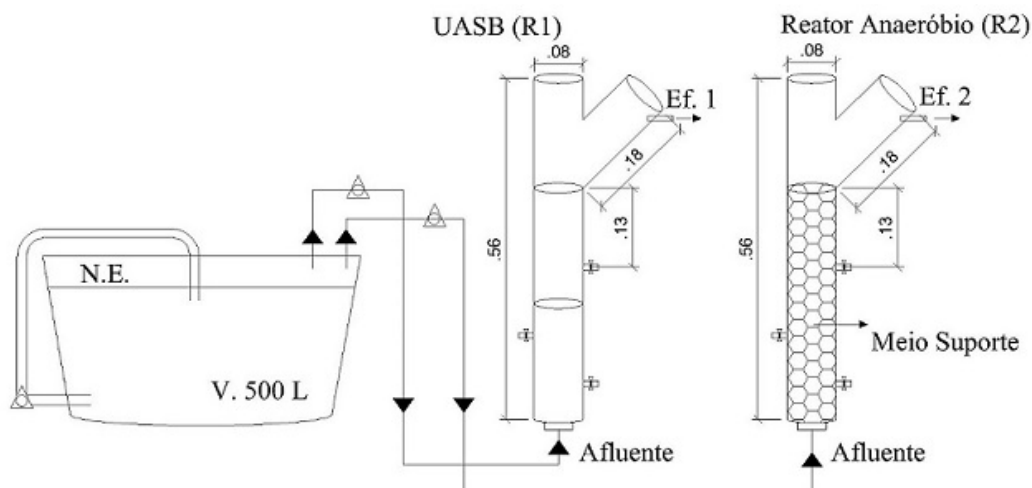


Figura 1: UASB (R1 – biomassa dispersa) e Reator Anaeróbio (R2 – biomassa imobilizada).



Figura 2: material usado como meio suporte no reator R2.

RESULTADOS E DISCURSÃO

Os resultados obtidos dos sistemas foram realizados por meio de análise descritivas, com o uso do programa Microsoft EXCEL, sendo dispostos em tabelas e gráficos, com o monitoramento de 12 meses de análises e coletas do afluente.

AVALIAÇÃO E OPERAÇÃO DOS SISTEMAS R1 E R2

Na **tabela 1** estão apresentados os valores médios e os desvios padrões dos parâmetros pH, Alcalinidade total e Ácidos Graxos Voláteis, para avaliação do funcionamento dos reatores R1 e R2. Com relação ao pH, o esgoto bruto (EB) apresentou pH médio de 7,2 enquanto que R1 e R2 apresentaram respectivamente 7,32 e 7,55. Estes valores são considerados como faixa de boa de pH, no que se refere a estabilidade operacional dos sistemas, uma vez que, o desenvolvimento das reações bioquímicas da digestão anaeróbia ocorre nessa faixa, pois em sistemas anaeróbios as bactérias metanogênicas desenvolvem em pH ótimos de 7,0 e 7,2 (BITTON, 2005). Para Santos e Marques (2015), a importância da influência do pH nos processos anaeróbios na formação de metano, por essas bactérias, ocorre entre 6,7 a 7,4, enquanto que, outras populações de bactérias atuam em diferentes faixas de pH na digestão anaeróbia.

Os resultados de Alcalinidade total nos sistemas R1 e R2 apresentaram respectivamente valores médios de 347,27 mgCaCO₃.L⁻¹ e 360,12 mgCaCO₃.L⁻¹. Importante observar que sucedeu um aumento gradativo de alcalinidade durante o período de monitoramento dos sistemas em relação ao esgoto bruto, visualizada na **tabela 1**. Observou-se que esse aumento atuou no tamponamento do pH, uma vez que, auxilia na resistência de variações de pH nos processos de tratamento dos reatores, consistindo na capacidade de neutralizar os ácidos formando no tratamento, que posteriormente atua no tamponamento do pH, caso ocorra a acumulação de AGV nesses sistemas (CHERNICHARO, 2007).

Nota-se que ambos reatores apresentaram valores altos de Alcalinidade no sistema, assim como, os valores do esgoto bruto, isso se deve as características desse tipo de águas residuárias, sendo estas de águas servidas, que provêm geralmente de lavatório, chuveiros, tanques e pias de cozinha, apresentando teor alcalino de seus efluentes, dessa maneira, para verificação no monitoramento dos sistemas, a alcalinidade foi um parâmetro importante, visto que, o tratamento pela via de digestão anaeróbia depende da estabilidade do pH, esta redução no sistema pode afetar o desenvolvimento dos microrganismos (BAZARELLA, 2005). Apesar de conter grande quantidade de conteúdo alcalino, isso não comprometeu a funcionalidade dos sistemas.

Verificou-se também os valores médios de AGV nos sistemas anaeróbios R1 e R2, os reatores apresentaram respectivamente 46,69 mgHAc.L⁻¹ e 21,21 mgHAc.L⁻¹ em relação ao (EB) que foi de 77,85 mgHAc.L⁻¹, **tabela 1**. Foi possível verificar o consumo de AGV dentro os sistemas estudados, principalmente no reator R2 onde apresentou um consumo de AGV maior.

Esse fator pode estar relacionado com o aumento da alcalinidade, uma vez que, contribuiu com a neutralidade dos ácidos. Geralmente quando a taxa de produção de AGV é maior que a taxa de consumo por bactérias metanogênicas, ocorre a acumulação de AGV dentro do reator causando a acidificação, se não for realizada a capacidade tampão suficiente para neutralizar a produção desses ácidos (CERON et al., 2005). Ribas et al.,

(2007) comentam também, que a instabilidade do processo anaeróbio decorre do aumento da produção de ácidos for maior que seu consumo, ocasionando queda do pH e inibição das atividades metanogênicas no sistema.

Tabela 1: Valores médios e desvios padrões das variáveis operacionais do R1 e R2.

Variáveis	EB		(R1)		(R2)	
	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
pH	7,2	± 0,24	7,3	± 0,21	7,5	± 0,20
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	334,03	± 35,91	347,47	± 60,23	360,12	± 45,40
AGV (mgHAc.L ⁻¹)	77,85	± 24	46,69	± 12,04	21,21	± 7,02

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS REATORES

Na **Figura 3** apresentam-se as variações de remoção de DQO durante o período de tratamento com R1 (sem meio suporte) e R2 (com biomassa aderida). Os resultados demonstraram uma remoção média de DQO Total de 184,17 mgO₂.L⁻¹ em relação ao esgoto bruto e de 337,83 mgO₂.L⁻¹ para o R1. Enquanto que, o R2 apresentou remoção média de 131,08 mgO₂.L⁻¹.

Portanto o reator R1 apresentou 45% da remoção de matéria orgânica e 61% para o R2, valores que estão dentro da faixa de eficiência para o tratamento anaeróbio de esgoto domésticos sendo em torno de 40 a 75% de DQO (JORDÃO & PESSOA, 2014). Vale ressaltar, que estes esgotos utilizados no tratamento têm características de águas cinzas, tornando-os de difícil degradação em processos biológicos, contendo baixa composição de matéria orgânica de rápida biodegradabilidade.

Durante o período de monitoramento o reator anaeróbio (R2) destacou-se por apresentar uma eficiência de remoção de matéria orgânica dentro do recomendável da literatura, sendo que, esse resultado observado relaciona-se com o meio suporte utilizado, a *luffa cylindrica*.

Essa bucha vegetal tem a capacidade de aderir o biofilme e com isso ocorre o acúmulo de microrganismos, contribuindo com o consumo de DQO no sistema. Comparando com outros estudos de Fernandes et al., (2015) e Silva et al., 2015 utilizando a bucha vegetal apresentou remoção de DQO de 40 a 92,6% comprovando a otimização para o crescimento bacteriano.

De acordo com VON SPERLING (2005), em reatores anaeróbios o decréscimo da matéria orgânica é medido, por meio da ação de microrganismos, contudo, compete desvantagem limitando a DQO, dispondo em torno de 30% e 50%.

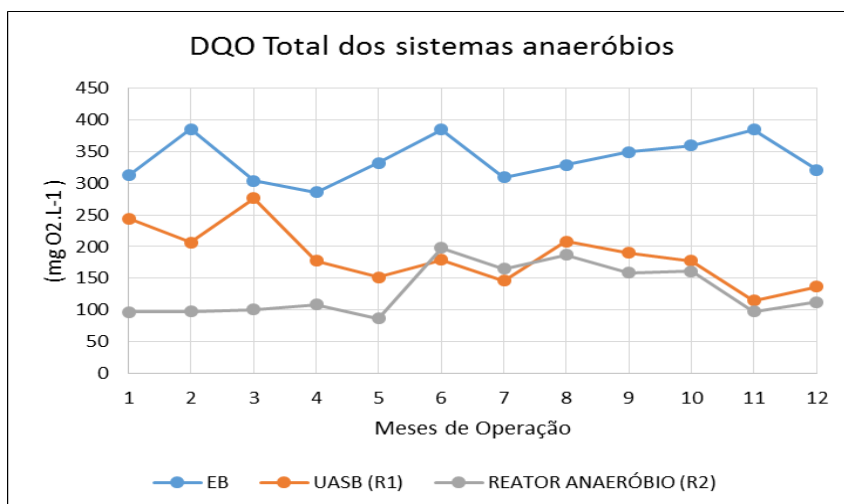


Figura 3: Variações de remoção de DQO nos reatores R1 e R2.

ANALISE DE REMOÇÃO DE NUTRIENTES

De acordo com a **tabela 3** os resultados de N-NTK as concentrações médias para (EB) foram de 51,84 mgN-NTK.L⁻¹ e 50,08 e 42,64 mgN-NTK.L⁻¹ para os reatores R1 e R2, respectivamente. Para os resultados das concentrações médias de nitrogênio amoniacal no R1 foi de 37,21 mgN-NH₄⁺.L⁻¹ e R2 apresentou 34,70 mgN-NH₄⁺.L⁻¹.

Nesse caso, não houve remoção significativa das formas de nitrogênio analisadas, apresentando concentração elevada no efluente final dos reatores. Chernicharo (2007), observa que esse aumento se deve a alta conversão de fração de nitrogênio orgânico em amoniacal, por meio de um processo de amonificação, desenvolvido nesta etapa. Além do que, os sistemas anaeróbios como UASB, a remoção de nutrientes não é bem-sucedida nesta etapa de pré-tratamento.

Tabela 2: Valores médios e desvios padrões das variáveis de remoção de nutrientes de ambos reatores.

Variáveis	EB		(R1)		(R2)	
	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
NTK (mg N-NTK.L ⁻¹)	51,84	± 5,00	50,08	± 7,31	42,64	± 14,71
N-Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)	37,82	± 6,19	37,21	± 4,88	34,70	± 10,37
Fósforo Total (mg P.L ⁻¹)	6,23	± 0,77	5,79	± 1,14	5,54	± 0,97
Ortofosfato (mg P-PO ₄ ⁻³ .L ⁻¹)	4,80	± 0,67	4,29	± 0,81	4,92	± 0,60

Foi analisado também as remoções de fósforo total e ortofosfato nos sistemas estudados, os valores médios obtidos foram 5.79 mg Pt.L⁻¹ e 5,54 mg Pt.L⁻¹, nos reatores R1 e R2, sendo que o esgoto bruto apresentou 6,23 mg Pt.L⁻¹, no que se refere a Ortofosfato os valores obtidos pelo esgoto bruto foram em média 4,80 mg P-PO₄⁺.L⁻¹, em relação aos efluentes dos reatores estudados, o R1 apresentou 4,29 P-PO₄⁺.L⁻¹ e R2 4,92 P-

$PO_4^{+}.L^{-1}$. Dessa forma, ocorreu remoção de fósforo apenas pela incorporação celular dos microrganismos ativos durante o processo de digestão anaeróbia (CHERNICHARO, 2007).

DESEMPENHO DE REMOÇÃO DAS FRAÇÕES DE SÓLIDOS

Os Sólidos Totais apresentaram concentrações médias respectivamente de 890,58 $mg.L^{-1}$ no EB, 654,17 $mg.L^{-1}$ para R1 e 510,25 $mg.L^{-1}$ para o R2. E para os Sólidos Totais Voláteis os valores obtidos foram para o EB de 236,42 $mg.L^{-1}$ e para os seguintes reatores R1 e R2 apresentaram respectivamente 157,17 e 132,75 $mg.L^{-1}$. Portanto, a remoção dessas frações nos respectivos reatores corresponde 27% para o R1 e 43% para R2 em relação ao ST. Enquanto que para os STV o R1 apresentou uma porcentagem 42 e 44% para os STV, conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3: Valores médios e desvios padrões frações de ST e STV dos R1 e R2.

Variáveis	EB		(R1)		(R2)	
	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
Sólidos Totais (ST) ($mg.L^{-1}$)	890,58	± 119,32	654,17	± 128,57	510,25	± 94,07
Sólidos Totais Voláteis (STV) ($mg.L^{-1}$)	236,42	± 45,11	157,17	± 33,70	132,75	± 30,75

Em relação aos Sólidos Suspensos Totais a remoção média dessas frações apresentou em torno de 162,16 $mg.L^{-1}$, para o esgoto bruto, e o efluente final do R1 apresentou 91 $mg.L^{-1}$, enquanto que o R2 foi de 75,33 $mg.L^{-1}$. Para os resultados de Sólidos Suspensos Voláteis, os valores médios obtidos foram respectivamente de 129,67 $mg.L^{-1}$, para o EB, 69,50 $mg.L^{-1}$, do efluente R1 e 62,08 $mg.L^{-1}$ para o R2. Dessa forma, ambos reatores para a remoção de SST apresentaram eficiência de 44% para o R1 e 54% para o R2 e na fração de SSV a eficiência de remoção no R1 ficou de 46% e 52% para o R2. Na **figura 4** apresentou as variações de remoção dos SST e SSV, no período de tratamento dos reatores.

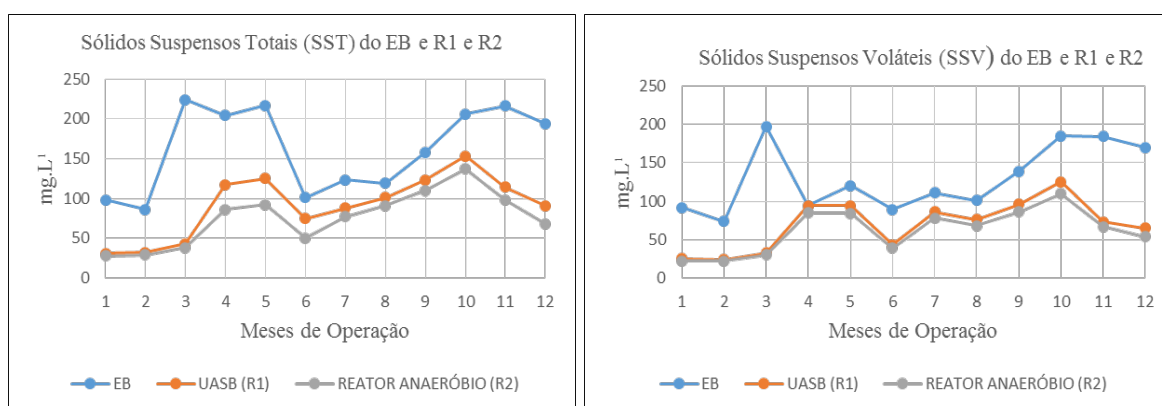


Figura 4: Variações de SST e SSV durante os meses de operação dos reatores R1 e R2.

As remoções de sólidos nos reatores devem-se possivelmente ao processo de digestão anaeróbia, pois, de acordo com o estudo de Santos (2007), envolvendo reatores anaeróbios, a metanização, ou seja, a formação de metano, relaciona-se quando ocorre a remoção de sólidos suspensos, estes são mais rapidamente biodegradados, sendo apresentados nessa forma para assimilação bacteriana.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que o reator R1 (sem meio suporte) e Reator R2 (com meio suporte) obtiveram boa estabilidade de tratamento, no que se refere ao pH, alcalinidade total e AGV, utilizando tempo de detenção hidráulico de 12 horas.

Dessa forma, foi possível verificar que o Reator (R2) com *Luffa cylindrica* apresentou melhor eficiência de remoção de DQO, SST e SSV quando comparado ao reator (R1), utilizando o mesmo tempo de detenção hidráulica, desta forma, a bucha vegetal otimizou o crescimento de biomassa aderida.

Destaca-se que a bucha vegetal é economicamente viável, melhorando a eficiência e com facilidade de operação. Ocorreu um bom desempenho na remoção de SSV e SST para ambos reatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th. Washington: Public Health Association, 2012.
2. BUCHAUER, K. A. A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in effluents to waste – water and sludge treatment processes. Water S. A. v. 1, n.24, p. 49 – 56, 1998.
3. BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Vitória, dezembro de 2005.
4. BITTON G. Wastewater Microbiology, 3ª Edição, Wiley-Liss Publishers. New York, 746p. 2005.
5. CERON, A. A. C; VIDAL, A. P; LOZADA, P. T. Importancia del pH y la Alcalinidad En El Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales Del Proceso de Extracción de Almidón de yuca. Universidad Tecnológica de Pereira – UTP. Scientia et Technica, ano XI, N°27, Abril, 2005.
6. CESANO, M. T. L. Modelagem Simplificada de Reatores Anaeróbios do tipo UASB. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.
7. CHERNICCHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 5: reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
8. CHERNICCHARO, C. A. L. Pós-tratamento de efluentes de reator anaeróbios. Projeto PROSAB. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica, 2001.
9. CUI, F.; LEE, S.; KIM, M. Removal of organics and nutrients from food wastewater using combined thermophilic two-phase anaerobic digestion and shortcut biological nitrogen removal. Water Research. v.45, p. 5279-5286, 2011. HAIT, S.; MAZUMDER, D. High-rate wastewater treatment by a shaft-type activated sludge reactor. International Journal of Civil and Environmental Engineering. v.3, n.1, p.22-27, 2011.
10. FERNADES, W. V. JÚNIOR, G. B. A. BATISTA, M. M. JÚNIOR, R. H. D. A. Avaliação da remoção de matéria orgânica de efluente de tanque séptico utilizando filtro anaeróbico preenchido com *Luffa cylindrica* como meio de suporte. GESTA, v. 3, n. 1 – Fernandes et al., p. 1-13, ISSN: 2317-563X, 2015.
11. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2014.
12. SANTOS, V. D; MARQUES, J. J. Desenvolvimento de um simulador de um reator anaeróbio de contato para tratamento de efluentes líquidos orgânicos. Revista Eletrônica da FANESE. Vol. 4, nº1. Aracaju – SE, 2015. Disponível em <http://app.fanese.edu.br/revista/?page_id=8>. Acessado em 02/03/2017.
13. SANTOS, K. D. Remoção biológica de nitrogênio em águas residuárias através de reator anaeróbio. Dissertação em Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, UEPB, 2007.
14. SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Vol. 1. 2edição revisada, pag. 243. Minas Gerais, 2007.
15. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e a o tratamento de esgotos. 3º ed. - Belo Horizonte: Editora UFMG. 425p. 2005. ISBN 85-7041-114-6.