

II-102 - TRATAMENTO DE EFLUENTE AGROINDUSTRIAL EM REATOR COMBINADO ANAERÓBIO-AERÓBIO DE LEITO FIXO

Thayse Nathalie Ferro⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CM). Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CT).

Karina Querne de Carvalho⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Curitiba.

Cristiane Kreutz⁽³⁾

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2001). Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2006). Docente do Departamento Acadêmico de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR).

Fernando Hermes Passig⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Curitiba.

Aldria Diana Belini⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CM). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CT). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CT).

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 4554 - CIC - Curitiba - PR. CEP:81280-330 - Brasil - Tel: (41) 3285-7672 - e-mail: thaysenathalieferro@gmail.com

RESUMO

As características dos efluentes agroindustriais após o tratamento adotado nas indústria demanda o aprimoramento das técnicas aplicadas. Nesse sentido, foi avaliado a eficiência de remoção de matéria carbonácea e nitrogenada em um reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo (RAALF), confeccionado em *plexiglass* em formato cilíndrico com volume útil de aproximadamente 4,75 L. Para imobilização da biomassa foram utilizadas matrizes cúbicas de espuma de poliuretano envoltas por uma estrutura rígida de polipropileno. O reator foi operado em escala de bancada com Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 24h e recirculação de 200% da vazão de entrada. Os resultados da avaliação apresentaram eficiência de remoção de matéria orgânica em termo de DQO bruta e filtrada de 50% e 69% respectivamente. Quanto a eficiência de remoção de matéria orgânica nitrogenada, em termos de NT, o reator apresentou eficiências de 71%. As eficiências dos processos de nitrificação e desnitrificação foram de 80% e 76%, respectivamente. Esses resultados comprovam a eficiência do sistema combinado RAALF, no tratamento de efluente agroindustrial e a importância do fornecimento de carbono para a remoção dos compostos nitrogenados, proporcionada através da recirculação do efluente.

PALAVRAS-CHAVE: Fonte de carbono, Compostos nitrogenados, Desnitrificação

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provocados pelas atividades agroindustriais estão associados a demanda e ao processo do abate. Para o abate bovino são utilizados em média 2500 L de água por cabeça, sendo todo este volume convertido em efluente. As altas concentrações de matéria orgânica (superiores a 100.000 mg.L⁻¹), sólidos em suspensão e proteínas, caracterizam este remanescente e o torna um potencial poluidor (DALLAGO, 2009; ISOLD; KOETZ, 2004; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002).

A lacuna relacionada ao lançamento desses efluentes em corpos hídricos está nas concentrações de nitrogênio, que se apresentam acima dos padrões estipulados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução 430/2011 (15 mg.L⁻¹). Vale mencionar que o despejo contínuo de altas concentrações de

compostos nitrogenados pode causar danos à saúde pública e à vida aquática, como o consumo do oxigênio dissolvido nos corpos d'água (OLIVEIRA NETTO, 2007; SEDLAK, 1991).

Para minimizar esses impactos e enquadrar o efluente nos padrões legais é fundamental aprimorar as tecnologias de tratamento adotadas nas indústrias. Considerando as características do efluente agroindustrial a aplicação dos tratamentos biológicos torna-se atrativa do ponto de vista econômico, entretanto a aplicação das vias metabólicas isoladas não proporcionam o tratamento ideal. Nesse sentido, o emprego de técnicas combinadas como sistemas anaeróbios-aeróbios é uma alternativa que otimiza o tratamento e minimiza as limitações individuais de cada processo (DOMINGUES, 2005).

Diante disto, foi implantado no presente trabalho um sistema de tratamento biológico combinado, que vincula os processos anaeróbio e o aeróbio em um reator de leito fixo (RAALF). Para potencializar os processos responsáveis pela remoção dos compostos nitrogenados (nitrificação e desnitrificação) o efluente foi submetido a recirculação no sistema. Assim, busca-se avaliar a eficiência de remoção de matéria carbonácea e nitrogenada, empregado no tratamento de efluente bruto, proveniente de um abatedouro bovino, coletado em uma unidade industrial localizada no município de Campo Mourão, Estado do Paraná.

METODOLOGIA UTILIZADA

O tratamento de efluente foi realizado em um reator anaeróbio aeróbio de leito fixo (RAALF), confeccionado em *plexiglass* em formato cilíndrico (90 mm de diâmetro interno e 1000 mm de comprimento) com volume útil de aproximadamente 4,75 L (Figura 1). O reator, composto de compartimentos que caracterizam as zonas de atividade (anaeróbia e aeróbia), foi preenchido com matrizes cúbicas de espuma de poliuretano (com área superficial de $374,4 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ e densidade de $0,41 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$) envoltas por uma estrutura rígida de polipropileno para imobilização da biomassa (2 mm de altura,).

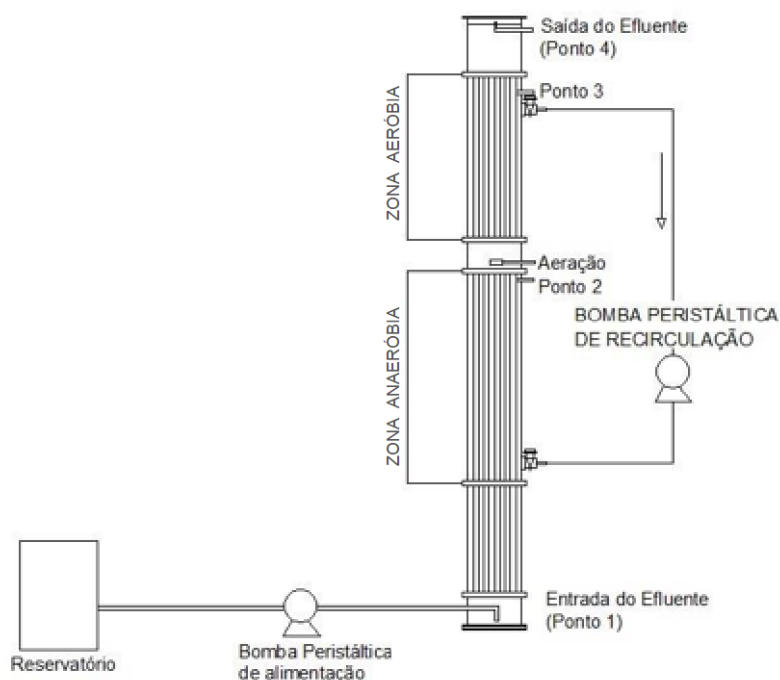


Figura 1- Desenho esquemático do reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo.

O reator foi operado com regime de escoamento ascendente e fluxo contínuo. A alimentação foi feita por bomba peristáltica da marca Provitec® e a aeração por um compressor de ar da marca Boyu® modelo S2000A, o qual teve a função de injetar ar na câmara de aeração por meio de uma pedra porosa, responsável por promover a difusão do mesmo na parte aeróbia do reator.

O substrato utilizado na alimentação do reator era efluente bovino bruto, coletado na entrada de um tanque de sedimentação do sistema de tratamento da unidade industrial, localizado na cidade de Campo Mourão - PR.

Para verificar a eficiência no processo de remoção biológica da matéria carbonácea e nitrogenada, o reator foi operado com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 24 h e taxa de recirculação da vazão afluyente de 200%, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Condição operacionais do Reator Anaeróbio Aeróbio Leito Fixo

Operação (d)	Van	Vae	Q	Qr	Qt	R	Va	TDH (h)		
	(L)	(L)	(L.h ⁻¹)	(L.h ⁻¹)	(L.h ⁻¹)	(Qr/Q)	(m.h ⁻¹)	An.	Ae.	Total
30	2,85	1,90	0,20	0,40	0,60	2	0,13	14,4	9,6	24,0

Legenda: (Van) = Volume da zona anaeróbia; (Vae) = Volume da zona aeróbia; (Q) = Vazão; (Qr) = Vazão de recirculação; (Qt) = Vazão total; (R) = Razão de recirculação; (Va) = Velocidade de ascensão; (TDH) = Tempo de detenção hídrico; (An.) = Anaeróbio; (Ae.) = Aeróbio.

O desempenho do reator foi avaliado por meio de cinco perfis de amostragens espacial com determinação de parâmetros físico-químicos em amostras analisadas do afluyente (substrato) e do efluente. Os parâmetros físico-químicos, seus respectivos métodos de análise, número do método e referências são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros analisados e metodologia empregada na avaliação do comportamento do reator.

Parâmetros	Método de Análise	Nº do Método	Referência
TL (°C)	Potenciométrico	-	-
pH	Potenciométrico	4500_H ⁺	Eaton et al. (2012)
AT (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	-	-	Ripley et al. (1986)
AB (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	Titulométrico	-	Ripley et al. (1986)
AV (mgHAc.L ⁻¹)	Titulométrico	-	Dillalo e Albertson (1961)
OD (mg.L ⁻¹)	Polarográfico	4500_O	Eaton et al. (2012)
DQO (Amostras bruta e filtrada) (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrico	5220_D	Eaton et al. (2012)
NTK (mg.L ⁻¹)	Titulométrico	4500_NTK	Eaton et al. (2005)
Nitrogênio amoniacal (mg.L ⁻¹)	Titulométrico	4500_NH ₄ ⁺	Eaton et al. (2005)
Nitrito (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrico	4500_NO ₂	Eaton et al. (2005)
Nitrato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotométrico	4500_NO ₃	Eaton et al. (2005)
ST (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	2540_B	Eaton et al. (2012)
STF (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	2540_E	Eaton et al. (2012)
STV (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	2540_E	Eaton et al. (2012)
SST (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	2540_G	Eaton et al. (2012)

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos determinados nas amostras do afluyente são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado da estatística descritiva da caracterização físico-química do afluente

PARÂMETROS (N=5)	Méd.	DP	CV	Mín	Máx
pH	7,0	0,5	7,1	6,6	7,9
TL (°C)	19	1,1	5,7	17	20
OD (mg.L ⁻¹)	0,8	0,2	25	0,4	1,0
ST (mg.L ⁻¹)	5004	2237	45	2170	7022
SST (mg.L ⁻¹)	9518	10445	109	1280	24990
AB (mg.CaCO ₃ .L ⁻¹)	825	256	31	473	1048
AV (mg.L ⁻¹)	169	99	58	97	336
DQO bruta (mg.L ⁻¹)	1264	382	31	1042	1933
DQO filtrada (mg.L ⁻¹)	501	100	20	326	574
NTK (mg.L ⁻¹)	145	132	91	27	345
N-amon (mg.L ⁻¹)	54	14	26	38	72
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,4	0,1	25	0,3	0,5
Nitrato (mg.L ⁻¹)	40	4	10	35	44

Legenda: Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; N: número de amostras analisadas.

Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos resultados obtidos durante a operação do reator RAALF, ou seja, do reator submetido à vazão afluente constante e taxa de recirculação da vazão afluente de 200%.

Tabela 4- Resultados da estatística descritiva das características físico químicas do efluente

PARÂMETROS (N = 5)	Méd.	DP	CV	Mín	Máx
pH	8,0	0,3	0,3	7,5	8,2
TL (°C)	19	1,1	5,7	17	20
OD (mg.L ⁻¹)	5	0,7	14	4	6
AB (mg.L ⁻¹)	679	331	49	189	1038
AV (mg.L ⁻¹)	108	44	41	67	167
DQO bruta (mg.L ⁻¹)	633	255	40	363	1052
DQO filtrada (mg.L ⁻¹)	155	48	42	108	215
ST (mg.L ⁻¹)	1190	101	9,1	1080	1310
SST (mg.L ⁻¹)	2107	2227	105	60	5470
NTK (mg.L ⁻¹)	23	12	52	7	36
N-amon (mg.L ⁻¹)	10	6	60	0	16
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,1	0,1	100	0,1	0,1
Nitrato (mg.L ⁻¹)	29	15	52	27	31

Legenda: Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; N: número de amostras

ANÁLISE DE RESULTADOS

Durante o período operacional o afluente do sistema (RAALF) apresentou variações significativas em termos de matéria orgânica e nitrogenada, essas variações são influenciadas pela oscilação na quantidade de animais abatidos por dia e também pela quantidade de produtos utilizados para limpeza e higienização dos equipamentos (SPERLING, 1997).

Em termos de matéria orgânica, os valores efluente apresentaram-se estáveis ao longo do período experimental, com eficiência média de 50% e 69% para DQO bruta e filtrada, respectivamente, e 78% para sólidos suspensos totais (SST) e 76% e sólidos totais (ST).

Considerando o desempenho dos sistemas combinados, conhecido por outros autores, pode-se dizer que as eficiências obtidas quanto a remoção de matéria orgânica não corresponderam ao esperado, haja visto que em outros estudo alcançaram eficiências superiores a 90 % em termos de DQO (FOCO, 2015; KREUTZ, 2012; OLIVEIRA NETTO; ZAIAT, 2012).

As baixas eficiências de DQO estimada neste estudo estão relacionadas às altas concentrações de sólidos na saída do sistema, consequência da alta taxa de recirculação que provocou o aumento da velocidade ascensional, o revolvimento do material inoculado e o desprendimento da biomassa (KREUTZ, 2012; PEREIRA, 2004).

A finalidade de promover a recirculação da fase líquida no início da zona anaeróbia foi aumentar o contato do efluente com a biomassa aderida e promover o carbono requerido para a ocorrência do processo de desnitrificação (ARAÚJO JUNIOR, 2006; LOMAS, 2000). Como fonte de carbono para a remoção de compostos nitrogenados a recirculação mostrou resultados satisfatórios, para a desnitrificação o sistema apresentou média de eficiência de 76%. Fato associado a relação carbono nitrogênio, que devido a recirculação, manteve-se próximo a 7, como recomendado (METCALF; EDDY, 2003). Entretanto, pode-se observar que houve arraste do da biomassa, reduzindo a eficiência de remoção de matéria orgânica.

Em termos de nitrogênio total (NT) a eficiência do sistema ficou próxima a 71%, com eficiência no processo de nitrificação de 80% e de desnitrificação de 76%. Valores semelhante foi reportado por Santos (2014), ao avaliar a eficiência de um reator de leito fixo estruturado com recirculação igual a cinco, a autora obteve eficiência de nitrogênio total próxima a 85%.

Desta forma pode-se concluir que mesmo com os valores de nitrato acima do estipulado pelo CONAMA, para lançamento em corpos hídricos, a configuração do sistema apresentou eficiência satisfatória para remoção de compostos nitrogenados.

Os demais parâmetros analisados comprovaram a estabilidade e desempenho do sistema. O pH e a alcalinidade monitorados ao longo da operação do sistema resultaram em valores estáveis, sendo que o pH manteve-se próximo a neutralidade com valores mínimos e máximos entre 6,6 e 8,2. O aumento do pH observado no efluente pode ser relacionado a fase aeróbia (saída do sistema), que proporcionou condições para uma possível nitrificação.

O monitoramento do pH indicou ainda que o reator produziu alcalinidade a bicarbonato suficiente para manter a capacidade de tamponamento durante o período operacional. O monitoramento da alcalinidade a bicarbonato e ácidos voláteis permitiu quantificar a relação entre os parâmetros (AV/AB) garantindo condições para ocorrência dos processos anaeróbios, haja visto que a relação foi de 0,3.

Além do mais, os valores de alcalinidade aferidos garantiram as condições ideais para a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação. A relação estequiométrica entre a alcalinidade e o nitrogênio foi respeitada ao longo do período operacional, corroborando com os valores de eficiência obtido em ambos processos. Sabe-se que para a ocorrência do processo de nitrificação é necessário garantir 7,14 mg CaCO₃ por mg de nitrogênio oxidado, enquanto que para a desnitrificação é necessário 3,57 mg CaCO₃ por mg nitrato oxidado (OLIVEIRA NETTO; ZAIAT, 2012).

A temperatura do líquido média de 18,5 (0,8) °C foi inferior a faixa de 25 °C a 35 °C sugerida por Gerardi (2006) para não comprometer o desempenho microbiano. A baixa temperatura pode ser justificada pela estação do outono do ano em que o reator foi operado com registro de variação de 14,7 °C a 25,2 °C (SIMEPAR, 2014).

A concentração média de oxigênio dissolvido foi de 7,5 mg.L⁻¹ no compartimento aeróbio, localizado a 0,8 m de altura do reator. Segundo Metcalf e Eddy (2003) é necessário garantir demanda de O₂ superior a 2,0 mg.L⁻¹ para que ocorra a degradação da matéria orgânica e o processo de nitrificação ao sistema, sendo necessários

4,6 g de O₂ para cada grama de nitrogênio orgânico oxidado. Porém a nitrificação só pode ser confirmada com determinação de nitrito no efluente (ARAÚJO; FREITAS, 2014).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam o bom desempenho do sistema combinado RAALF no tratamento de efluente bovino. Apesar das oscilações na produção industrial, o aparato atingiu 71% de eficiência de remoção em termo de NT. Sendo estimada a eficiência no processo de nitrificação e desnitrificação de 80% e 76%, respectivamente.

Quanto a remoção de matéria orgânica as eficiências foram baixas, compreendendo 50% para DQO e 76% para ST. Esses resultados não minimizam o desempenho do sistema, pois podem ser relacionados a alta taxa de recirculação imposta, que provocou o arraste da biomassa e consequente redução na remoção de matéria orgânica. Diante disto, sugere-se avaliar taxas de recirculação menor em estudos futuros, haja visto que as condições ideais para a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação foram proporcionadas pela mesma.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária, Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI) e ao Governo do Estado do Paraná pela concessão da bolsa de mestrado, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado, ao Laboratório de Saneamento (LabSan) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC-UTFPR-CT) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA-UTFPR-CT) pela infraestrutura para desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, A. P. C. S.; FREITAS, B de O. **Remoção de matéria orgânica e oxidação do nitrogênio amoniacal presente em esgoto sanitário por sistema combinado UASB e biofiltro aerado submerso. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 1642, 2014.
2. ARAÚJO JUNIOR, Moacir Messias de. **Reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo para remoção de matéria orgânica e nitrogênio de água residuária de indústria produtora de lisina**. 2006. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
3. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio**. Brasília, DF, 2016.
4. DALLAGO, R. C. **Remoção Biológica de Nitrogênio de Efluente Avícola Usando Reator em Batelada Sequencial**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2009
5. DILLALO, R., ALBETSON, O.E. Volatile acids by direct titration. **Journal of Water Pollution Control Federation**, p. 356-65. 1961.
6. DOMINGUES, L.M. **Sistema combinado filtro anaeróbio – biofiltro aerado submerso: avaliação da partida e da nitrificação de esgoto sanitário**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2005.
7. EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A.B. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2012.
8. FOCO, M. L. R.; Lopes, G. P. R.; Nour, E. A. A. Remoção de nitrogênio em sistema combinado anóxico-aeróbio com biomassa imobilizada. **Engineer Sanit Ambient**. v 20. p. 55-64.2015.
9. GERARDI, Michael H. Wastewater Bacteria. **Wasterwater Microbiology Ser**. Wiley & sons, Incorporated, John. 272 p. 2006.
10. ISOLDI, L. A., KOETZ. Tratamento Biológico para Remoção de Matéria Carbonada e Nitrogenada. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande - RS, v.12, n.1, p.12, 2004.

11. KREUTZ, Cristiane. **Comportamento de reator anaeróbio-aeróbio no tratamento de efluente bovino**. 2012. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.
12. LOMAS, J.M.; URBANO, C; CAMARERO, L.M. Influencia de la Recirculación en un Reactor Anaerobio de Película Fijada para Purines Porcinos. In: VI Oficina e Seminário Latino-americano de Digestão Anaeróbia. **Anais**. Recife-Brasil, 2000. p17-20.
13. METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw-Hill, 2003.
14. OLIVEIRA NETTO, Antônio Pedro. **Reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo, com recirculação da fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação de (Mestrado) 207 p. – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.
15. OLIVEIRA NETTO, A. P; ZAIAT M. Treatment of Domestic Sewage in an Anaerobic– Aerobic Fixed-bed Reactor with Recirculation of the Liquid Phase. **Biological Processes Laboratory, Center for Research, Development and Innovation in Environmental Engineering**, São Carlos School of Engineering (EESC), University of São Paulo (USP), São Carlos, Brazil. 2012.
16. PEREIRA, E. R. **Desempenho e caracterização microbiana do processo de dois estágios com reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo de (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura**. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2004
17. RIPLEY, L.E.; BOYLE, W.C.; CONVERSE, J.C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, p. 406-11. 1986.
18. SANTOS, C. E. D. Influência da relação carbono/nitrogênio e da fonte de carbono no processo de nitrificação desnitrificação simultânea em reator de leito estruturado. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
19. SEDLAK, R. Phosphorus and nitrogen from municipal wastewater: principles and practice. Chelsea: Lewis Publisher, 1991.
20. SIMPAR – Sistema Meteorológico do Paraná -Tecnologia e Informação Ambiental. **Previsão Climática para o Outono de 2014**. Curitiba, Paraná. 2014.
21. SPERLING, Marcos Von. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade de Minas Gerais, 1997
22. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category (40 CFR 432). Office of Water Mail Code 4303 T. Washington, DC, Jan., 2002.