

AValiação DE REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICO¹

LUCIANO DOS SANTOS RODRIGUES², ANNA CAROLINA FERREIRA SPELTA², RENATA DE PAOLI SANTOS², CAMILA DE AGUIAR LIMA², JOYCE DA CRUZ FERRAZ DUTRA², ISRAEL JOSÉ DA SILVA²

¹Recebido para publicação em 18/06/14. Aceito para publicação em 21/11/14.

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Escola de Veterinária, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Belo Horizonte, MG, Brasil.

*Autor correspondente: lsantosrodrigues@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência em escala real de um sistema de tratamento de efluentes de frigorífico. A estação de tratamento de efluentes em escala real foi projetada para uma vazão diária de 60 m³/d, correspondente a um abate de 60 bovinos por dia. O sistema de tratamento composto de uma calha parshall, para medição de vazão, seguida de peneira estática, caixa de gordura gravimétrica, decantador e reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) foi monitorado semanalmente entre janeiro e agosto de 2012. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), nitrogênio amoniacal e nitrogênio total Kjeldahl. Os valores efluentes médios de pH, DQO e SST no reator UASB foram de 6,96; 660 mg/L e 188 mg/L, respectivamente. O sistema mostrou-se eficiente, com remoção média de 96,40% para DQO e 89,92% para SST. O reator UASB apresentou alta performance na remoção de sólidos e carga orgânica. Dessa forma, esse reator torna-se uma alternativa viável para o tratamento de águas residuárias de frigoríficos, já que oferece bons resultados de remoção e baixo custo de implantação.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, agroindústria, impacto ambiental, remoção de sólidos, UASB.

EVALUATION OF REACTOR ANAEROBIC SLUDGE BLANKET IN THE TREATMENT OF WASTEWATER SLAUGHTERHOUSE

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the efficiency of a full-scale treatment system effluent slaughterhouse. The full-scale Sewage Treatment Station was designed for a daily flow of 60 m³/d, corresponding to a slaughter of 60 cattle per day. The treatment system consists of a Parshall flume for flow measurement, followed by static sieve, gravimetric fat, sedimentation and anaerobic sludge blanket (UASB) box and it was monitored weekly from January to August. The following parameters were analyzed: pH, alkalinity, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total solids (TS), total suspended solids (TSS), ammonia nitrogen, and total nitrogen kjeldahl. The average pH, COD and TSS in the UASB reactor effluent values were 6.96, 660 mg/L and 188 mg/L, respectively. The system proved to be efficient, with average removal of 96.40% to 89.92% for COD and TSS. The UASB reactor showed high performance in removing solids and organic load. Thus, this reactor becomes a viable alternative for treating wastewater slaughterhouse, offering good removal results and low cost of deployment.

Keywords: anaerobic digestion, agroindustry, environmental impact, removal of solids, UASB.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos estão submetidos a um conjunto de impactos resultantes das atividades humanas nas bacias hidrográficas e dos usos múltiplos da água produzindo inúmeras alterações que as tornam impróprias (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI 2001). A produção crescente de resíduos poluentes pela sociedade moderna sem destinação adequada pode prejudicar de forma imensurável os ecossistemas, principalmente hídricos. Dessa forma, há uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento, ao destino final dos esgotos e suas consequências sobre o meio ambiente (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Nos últimos anos, o Brasil tem se esforçado no desenvolvimento de tecnologias para a remoção da matéria orgânica de efluentes, e com o aumento das exigências ambientais há o desafio de buscar alternativas para o controle da concentração de compostos nitrogenados de águas residuárias e a eliminação dos odores, o que nem sempre tem obtido sucesso (ISOLDI, KOETZ, 1998). Os efluentes provenientes de abatedouros possuem natureza essencialmente orgânica, mesmo quando contam com unidades de industrialização de carne e subprodutos. Por esta característica os efluentes são na grande maioria dos casos, tratados por processos biológicos como lagoas de estabilização, reatores anaeróbios ou sistemas de lodos ativados, de acordo com seu porte, capacidade de abate ou da existência de unidades de industrialização da carne (FORLANI *et al.*, 2004)

O reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tem sido amplamente estudado devido à vantagem de combinar construção e operação simplificada com capacidade de acomodar altas cargas orgânicas e hidráulicas (LETTINGA *et al.*, 1980). A configuração de um UASB é baseada no regime hidráulico de fluxo ascendente e na incorporação de um dispositivo interno de separação sólido/gás/líquido, dispensando o uso de um meio suporte para crescimento da biomassa. Isto favorece o desenvolvimento e retenção de uma biomassa concentrada e altamente ativa na zona de reação, na forma de flocos densos ou lodo granulado.

O processo de funcionamento do reator UASB consiste em fluxo ascendente de águas residuárias através de um leito de lodo (microrganismos) denso de elevada atividade. O perfil de sólidos (lodo) no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação, próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais

disperso e leve, próximo ao topo do reator (manta de lodo) (CHERNICHARO, 2007).

Os principais parâmetros de projeto de reatores UASB de acordo com RODRIGUES (2008) são o tempo de detenção hidráulica (TDH), que é a relação entre o volume do reator UASB e a vazão de esgotos afluente; e carga orgânica volumétrica (COV), definida como sendo a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator, por unidade de volume do mesmo. Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência em escala real de um sistema de tratamento composto por reator UASB no tratamento de efluentes frigoríficos de bovinos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um frigorífico localizado na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. A estação de tratamento de efluentes (ETE) em escala real foi projetada para uma vazão diária de 60 m³/d, correspondente a um abate de 60 bovinos por dia. Na Figura 1 está ilustrada a planta esquemática da estação de tratamento de efluentes, que consistiu de calha parshall, para medição de vazão, seguida de peneira estática (PE) para remoção de sólidos sedimentáveis, caixa de gordura gravimétrica (CG) para remoção de gordura, decantador (DEC) e reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) como tratamento secundário.

A alimentação dos efluentes na ETE foi realizada por gravidade, por meio de tubos de PVC e canaletas. O decantador de volume 120 m³ foi construído de alvenaria e dividido em três compartimentos em série. O reator UASB de volume 216 m³ foi construído de concreto armado, sendo o defletor e o separador trifásico feitos de fibra de vidro. A alimentação do reator UASB foi feita por meio de caixa de distribuição de oito compartimentos.

Foram realizadas a amostragem do afluente e efluentes da peneira estática, caixa de gordura, decantador e reator UASB, por meio de análises compostas, preservadas em gelo, para posterior processamento no laboratório de Saneamento Ambiental da Escola de Veterinária da UFMG.

Foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos sedimentáveis (Ssed), amônia e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) de acordo com o APHA/AWWA/WEF (2012). Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva.

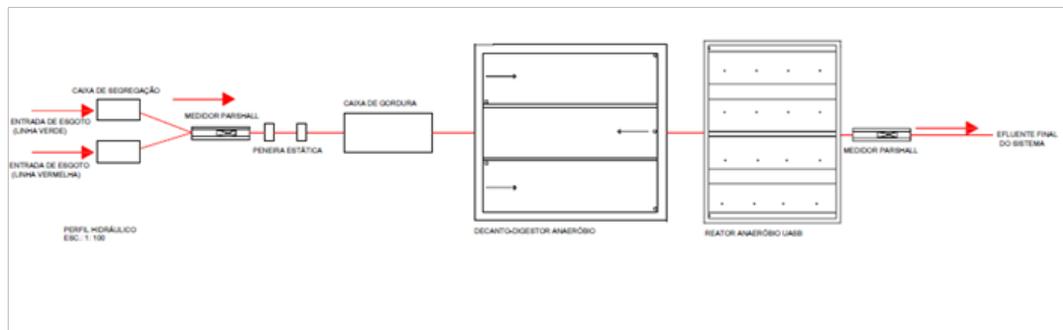


Figura 1. Planta esquemática da estação de tratamento de efluentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma tendência de neutralidade do pH (Figura 2) principalmente no reator UASB que atingiu valor médio de 7,13, faixa de pH ótima para a atividade microbiana dentro do reator, o que evidenciou estabilidade do reator na decomposição da matéria orgânica. Por meio da Figura 3 e Tabela 1, pode ser observado variação nos valores de DQO do afluente, com valores superiores às faixas reportadas na literatura (BERNET; PAUL, 2006) de 1500 mg/L (mínimo) e 11200 mg/L (máximo), e valores próximos de 4000 mg/L para abatedouro de bovinos (PACHECO, 2006). Esta grande amplitude é devido às variabilidades operacionais das indústrias, como consumo de água, tipo de animal e procedimentos de limpeza.

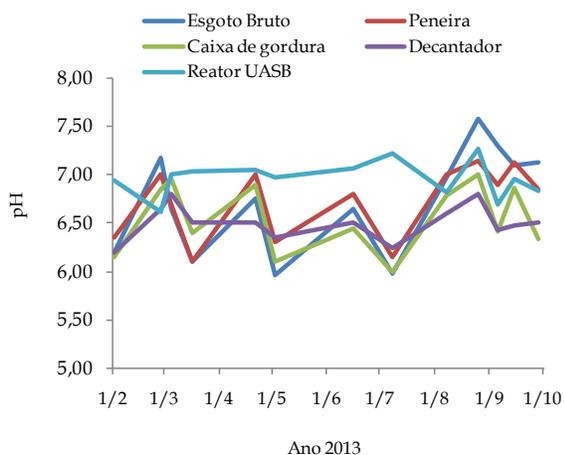


Figura 2. Valores de pH do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

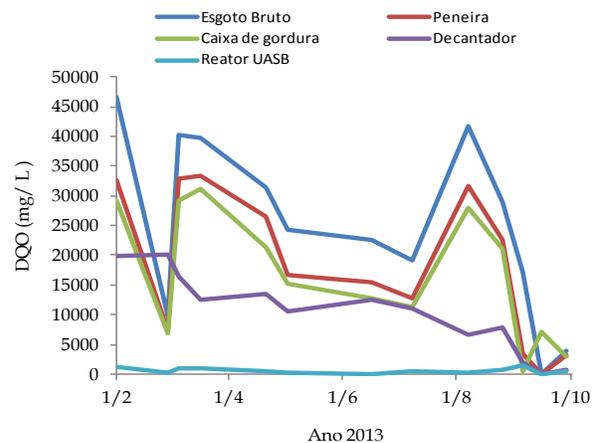


Figura 3. Demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

Nas Figuras 4 e 5 está representado o comportamento do sistema quanto à concentração de SST e SSV, que tem como características altos valores de afluentes devido à presença de sangue, restos de carne e gordura. No decorrer do sistema de tratamento houve redução significativa destes parâmetros, que pode ser explicada pela retenção de sólidos na biomassa e hidrólise dos sólidos suspensos orgânicos em DQO solúvel. Quanto ao NTK e amônia (Figuras 6 e 7), pode ser observado altos valores de efluentes ao reator UASB, evidenciando a necessidade de pós-tratamento, e recomendado o reúso na forma de irrigação. De acordo com (MINAS GERAIS 2008) a Deliberação Normativa CERH/COPAM nº 01/2008 os valores de lançamento da DQO e SST em corpos hídricos são de 180 mg/L e 100 mg/L, respectivamente. Entretanto, os efluentes do sistema em estudo ficaram acima do

Tabela 1. Valores médios de concentração afluentes e efluentes das unidades que compõe a estação de tratamento de efluentes (ETE)

Parâmetro ¹	Afluente ETE	Efluente Unidades ETE ²			
		PEN	CG	DEC	UASB
pH	6,74 ± 0,54	6,72 ± 0,37	6,55 ± 0,35	6,50 ± 0,18	6,96 ± 0,19
DQO (mg/L)	27120 ± 13407	19893 ± 11622	16678 ± 10724	11143 ± 6144	660 ± 441
SST (mg/L)	3444 ± 2546	2002 ± 1457	1696 ± 954	746 ± 273	188 ± 116
SSV (mg/L)	2747 ± 2057	1733 ± 1301	1415 ± 822	620 ± 277	171 ± 121
Amônia (mg/L)	95 ± 92	94 ± 79	117 ± 70	176 ± 75	190 ± 98
NTK (mg/L)	517 ± 151	453 ± 130	431 ± 119	236 ± 86	219 ± 97

¹DQO = demanda química de oxigênio; SST = sólidos suspensos totais; SSV = sólidos suspensos voláteis; NTK = nitrogênio total Kjeldhall. ²PEN = peneira estática; CG = caixa de gordura; DEC = decantador; UASB = reator anaeróbio de manta de lodo.

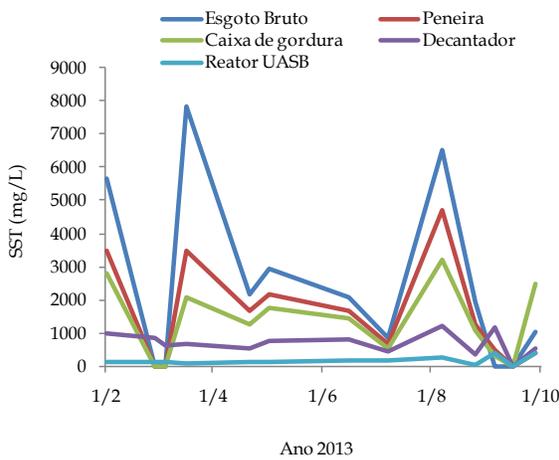


Figura 4. Sólidos suspensos totais (SST) do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

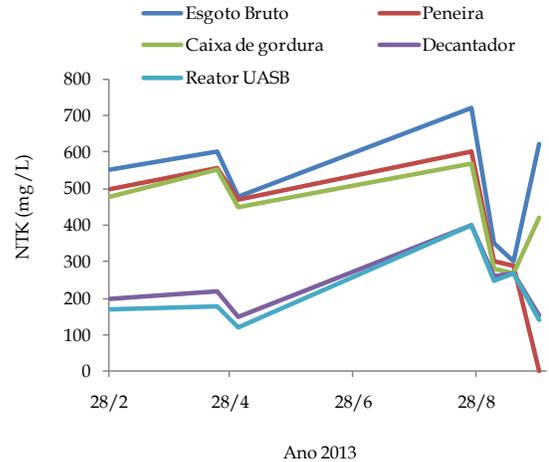


Figura 6. Nitrogênio total Kjeldhall (NTK) do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

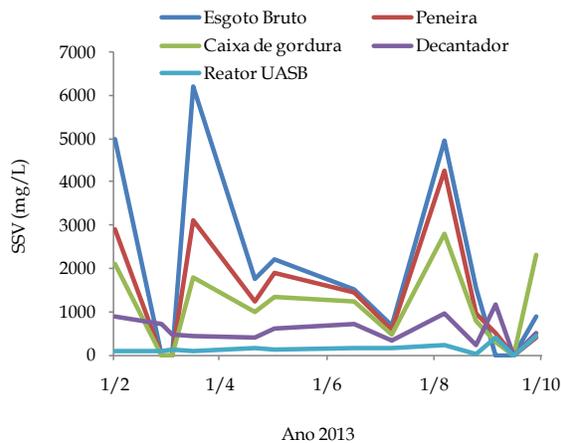


Figura 5. Sólidos suspensos voláteis (SSV) do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

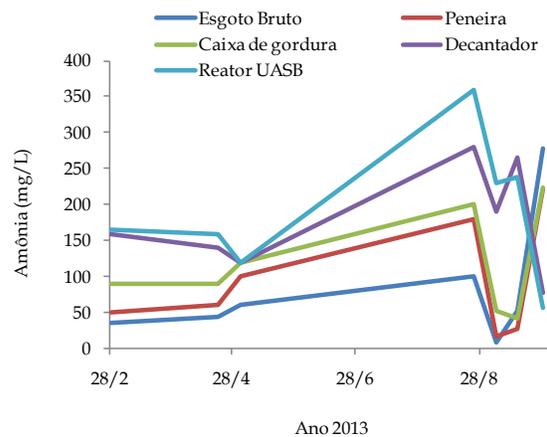


Figura 7. Valores de amônia do esgoto bruto e efluentes da peneira, caixa de gordura, decantador e reator UASB ao longo do período experimental.

padrão estabelecido pela legislação, devido às altas concentrações dos afluentes.

Na Figura 8 e Tabela 2 estão representados os valores de eficiência de remoção da DQO, SST, SSV e NTK nas diversas unidades de tratamento. A peneira estática apresentou remoção significativa de DQO (28,51%) e SST (34,41%), o que proporcionou melhor desempenho do tratamento biológico, notadamente do reator UASB que têm grande limitações quando recebe afluentes com altas concentrações de sólidos suspensos. Em efluentes domésticos, a remoção esperada de sólidos suspensos em tratamento primário é de 60% a 70% (VON SPERLING, 2005).

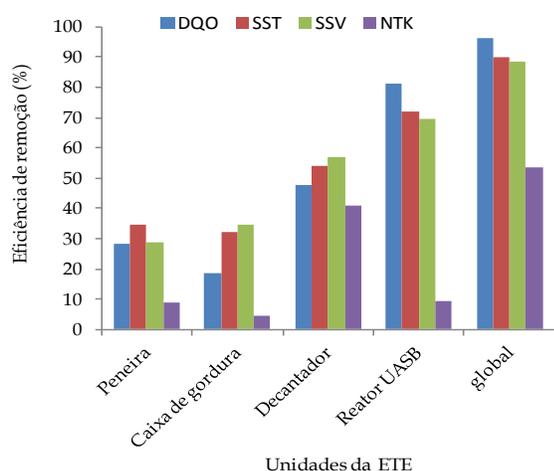


Figura 8. Eficiência de remoção de DQO, SST, SSV e NTK das unidades da ETE.

Pode ser observado alto desempenho do sistema na remoção de DQO e sólidos, superando 85% de eficiência para carga orgânica média aplicada no decantador e reator UASB de 3,8 e 0,6 kg DQO/m³/d, e tempos de detenção hidráulico de 0,96 e 2,6 dias, respectivamente, cumprindo o que estabelece a DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) quanto à eficiência de remoção da ETE. Massé e MASSE (2000) estudaram quatro reatores anaeróbios compartimentados recebendo efluentes de frigorífico com DQO variando de 6908 mg/L a 11500 mg/L, e verificaram redução de 90% a 96% para carga orgânica aplicada nos reatores na faixa de 2,07 a 4,93 kg DQO/m³/d e tempo de detenção hidráulico de dois dias.

TORKIAN e HASHEMIAN (2003) operaram um reator UASB de 1 m³ com carga orgânica aplicada variando de 13 a 39 kg DQO/m³/d e tempo de detenção hidráulico de 2 a 7 horas, e observaram remoções de DQO de 75% a 90% para afluentes de 3000 mg/L a 4500 mg/L, respectivamente. LEIFELD *et al.* (2009) estudaram o emprego de filtros anaeróbios no tratamento de efluentes de abatedouro com tempos de detenção hidráulico variando de 48 a 120 horas, e obtiveram eficiências de remoção de DQO, ST e STV variando de 48,4% a 87,0%, 39,08% a 78,56% e 56,55% a 86,91%, respectivamente.

Neste trabalho observou-se alta eficiência na remoção global de DQO na estação de tratamento de efluentes, notadamente no reator UASB, devido a baixa concentração de sólidos suspensos afluentes ao reator UASB em função da presença da unidade de decantação precedente ao reator.

Tabela 2. Valores médios de eficiência de remoção (%) de DQO, SST, SSV e NTK das unidades que compõe a estação de tratamento de efluentes (ETE)

Parâmetro ¹	Unidades ETE ²				
	PEN	CG	DEC	UASB	GLOBAL
DQO (mg/L)	28,51 ± 17,35	18,41 ± 26,00	47,60 ± 31,21	81,26 ± 30,89	96,40 ± 4,17
SST (mg/L)	34,41 ± 15,15	32,28 ± 25,62	54,12 ± 18,24	72,09 ± 19,77	89,92 ± 12,62
SSV (mg/L)	28,86 ± 17,92	34,56 ± 24,73	56,84 ± 15,90	69,81 ± 19,75	88,28 ± 15,17
NTK (mg/L)	8,83 ± 5,81	4,62 ± 2,18	40,76 ± 28,20	9,45 ± 8,45	53,51 ± 26,29

¹DQO = demanda química de oxigênio; SST = sólidos suspensos totais; SSV = sólidos suspensos voláteis; NTK = nitrogênio total Kjeldahl. ²PEN = peneira estática; CG = caixa de gordura; DEC = decantador; UASB = reator anaeróbio de manta de lodo.

CONCLUSÃO

O sistema de tratamento avaliado com o emprego do reator UASB apresenta alto desempenho na remoção de sólidos e carga orgânica, sendo uma alternativa viável para o tratamento de águas residuárias de frigoríficos, pois oferece bons resultados de remoção e custo de implantação. O sistema NTK apresenta baixa eficiência, devido as características do sistema de tratamento anaeróbio que naturalmente não são eficientes na remoção destes tipos de poluentes, necessitando da presença de sistema de pós-tratamento.

REFERÊNCIAS

- APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington, d. C.: Water Environment Federation, 2012. 1496p.
- BERNET, N.; PAUL, E. Application of biological treatment systems for food-processing wastewaters. In: CERVANTES, F.J.; PAVLOSTATHIS, S.G.; HAANDEL, A.C.V. (ed.). **Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewater**. London: IWA Publishing, 2006. p.237-262.
- CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).
- FORLANI, J.P.M.; MEDEIROS, M.; LÉO, L.F.R. O Potencial de Reuso de Água (Efluentes Tratados) em um Matadouro-Frigorífico. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 1., 2004. São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2004. p.81-88. Disponível em: < http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1585260796_potencial_reuso.pdf >. Acesso em: 17 out. 2012.
- ISOLDI, L.A.; KOETZ, P.R. Remoción de nitrógeno de aguas residuales de La industrialización de arroz en reatores performantes. In: TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO DE TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE AGUAS RESIDUALES, 5., 1998, Viña del Mar. **Anales...** Viña Del Mar: UCVP/IAWQ/UTFSM, 1998. p.234.
- JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 932p.
- LEIFELD, V.; RIVAS, L.M.C.G.; BARANA, A.C. Comparação entre filtros biológicos anaeróbios para o tratamento de efluentes de abatedouro com diferentes sistemas de alimentação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.1, p.96-102, 2009.
- LETTINGA G.; Van VELSEN, A.F.M.; HOBMA, S.W.; ZEEUW, W.; KLAPWIJK, A. Use of the upflow sludge blanket (USB) concept for biological wastewater treatment, especially anaerobic treatment. **Biotechnology and Bioengineering**, n.22, p.699-734, 1980.
- MASSÉ, D.I.; MASSE, L. Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors. **Canadian Agricultural Engineering**, v.42, p.131-137, 2000.
- MINASGERAIS (Estado). Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. **Deliberação normativa conjunta COPAN/CERH-MG nº. 01, 05 maio de 2008**. Belo Horizonte: Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais /Conselho Estadual de Recursos Hídricos - COPAM/CERH, 2008.
- PACHECO, J.W. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2006. 98 p. (Série P + L).
- RODRIGUES, L.S. **Concepção e avaliação de sistema de tratamento com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) e lagoa de polimento para águas residuárias de suinocultura**. 2008. 151f. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- TORKIAN, A.; EQBALI, S.J.; HASHEMIAN, S.J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. **Resources Conservation and Recycling**, v.40, p.1-11, 2003.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 632p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2005. v.1, 452p.