

## VI-095 - LEVANTAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS PARA DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

**Karina Guedes Cubas do Amaral<sup>(1)</sup>**

Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela UTFPR. Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (PPGERHA) na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

**Miguel Mansur Aisse<sup>(2)</sup>**

Professor Titular do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) e do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica (USP).

**Endereço<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>:** PPGERHA da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Departamento de Hidráulica e Saneamento – DHS. Centro Politécnico- Jardim das Américas – Curitiba - Paraná – CEP: 81.531.990 – Brasil - Tel: (41) 3361-3144 - e-mail: [ka\\_cubas@hotmail.com](mailto:ka_cubas@hotmail.com)

### RESUMO

Com o aumento crescente da população é necessário atender a demanda de saneamento básico com o estabelecimento de tecnologias para o tratamento de esgotos sanitários que sejam sustentáveis, levando em conta não somente a eficiência do sistema, mas também aspectos ambientais, econômicos e sociais. No Brasil, a tecnologia de reatores de manto de lodo (UASB) é muito empregada, sendo que no Estado do Paraná está representada em 94,6% das estações de tratamento (ETEs). O objetivo do presente estudo foi realizar o levantamento de aspectos e impactos ambientais e sociais relevantes das Estações. Os objetivos específicos foram: elaborar os fluxogramas das ETEs selecionadas como representativas, realizar o levantamento dos impactos relevantes e propor indicadores. O impacto significativo da Lagoa Facultativa foi relacionado ao aspecto de requisito de área para sua implantação. Todos os sistemas combinados de UASB + pós - tratamento apresentaram os impactos críticos relacionados aos aspectos: geração de odor e emissão de gás metano. Quanto aos indicadores, foram elaborados para os aspectos associados aos impactos significativos, sendo relacionados com a vazão da Estação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de impactos ambientais, Estações de Tratamento de Esgotos, Indicadores de sustentabilidade, Sustentabilidade.

### INTRODUÇÃO

O crescimento da população na América Latina e Caribe superou a capacidade dos governos nacionais e locais em atender a demanda de abastecimento de água e saneamento básico. Os dados do Programa de Água e Saneamento confirmam ao divulgar que a captação está muito acima da porcentagem de tratamento. É necessário estabelecer tecnologias de tratamento que sejam sustentáveis à longo prazo, não somente baseada em questões técnicas e econômicas. Deve ser levado em consideração o resultado da integração de atividades tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais que a cercam. (NOYOLA *et al.*, 2012).

Conforme dados apresentados por Noyola *et al.* (2012), as três tecnologias mais adotadas na América Latina são lagoas de estabilização (1106 instalações, 38% da amostra), seguido de lodo ativado (760, 26%) e do reator anaeróbio de manta de lodo, conhecido como UASB (493, 17%). Estas três tecnologias correspondem a 2359 instalações (80% da amostra). As duas primeiras tecnologias são as mais representativas em termos de vazão de tratamento, sendo lodo ativado (104,1 m<sup>3</sup>/s, 58%), seguido de lagoas de estabilização (27,1 m<sup>3</sup>/s, 15%). As lagoas de estabilização têm o maior número de instalações. Como são projetadas para médias e pequenas vazões, de acordo com as limitações dessa tecnologia (requisito de grandes áreas), resultando em vazões médias de 24,5 L/s. Por outro lado, o lodo ativado proporciona o tratamento de cerca de dois terços do fluxo com um quarto das instalações da amostra, com um tamanho médio de 137 L/s. O reator UASB situa-se no terceiro lugar em termos de número de instalações, com uma vazão média de 28,8 L/s. Esta tecnologia

anaeróbia ganhou uma grande posição para esgoto municipal tratamento na América Latina e Caribe em tempo relativamente curto (cerca de 20 anos), considerando que a maioria das tecnologias usadas, estão disponíveis há várias décadas. Outro "novato" importante é o tratamento primário avançado, referindo-se a um ajuste primário melhorado com a adição de produtos químicos (normalmente) o cloreto férrico.

As três tecnologias mais utilizadas apresentam diferenças significativas. Lagoas de estabilização e reatores UASB possuem baixo consumo de energia, resultando na redução de custos operacionais. Além disso, UASB é uma tecnologia compacta, exigindo uma pequena área por vazão de efluente, uma importante vantagem para áreas urbanas. No entanto, uma limitação do UASB é com relação à qualidade do efluente, o que faz necessário uma etapa de pós tratamento. Por outro lado, o sistema de lodos ativados possui alto consumo de energia e produz um maior descarte de lodo, que deve ser tratado e gerenciado, mas é uma instalação compacta e alcança um efluente final com uma maior qualidade, quando devidamente operado (NOYOLA *et al.*, 2012). Uma variante mais simples do processo de lodos ativados, conhecido como aeração prolongada, é aplicada principalmente para pequenas vazões, possuindo a vantagem de produzir menos lodo e este já digerido, mas com a necessidade de maior energia por metro cúbico tratado, quando comparado com o processo convencional de lodos ativados (AISSE, 2002) (NOYOLA *et al.*, 2012).

No Brasil, usualmente se projeta a implantação de uma estação de tratamento de esgotos através da expansão física do número de unidades. Uma estação pode ter, por exemplo, dois reatores implantados em primeira etapa, e mais um reator a ser implantado em segunda etapa, após ter se verificado o crescimento da carga afluente, em virtude da expansão populacional. Esta etapalização (termo empregado por von SPERLING, citado por AISSE, 2002) é fundamental, por permitir a redução dos custos de implantação, um item crítico em nosso país. Esta etapalização normalmente tem sido iniciada com a implantação do reator UASB, sendo esta tecnologia a terceira mais empregada em termos de número de instalações. No Estado do Paraná das 20 regionais da SANEPAR que atendem um total de 143 cidades, somando 203 Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs, com vazão total tratada de 564189 m<sup>3</sup>/h. Destas ETEs 114 (56,2%) utilizam reatores tipo RALF, 78 (38,4%) UASB, três (1,5%) usam ambas as tecnologias e oito (3,9%) estão operando com outra tecnologia, sendo elas: cinco ETEs (2,4%) com lagoas de estabilização, uma (0,5%) com lodos ativados, uma (0,5%) com tanque Imhoff e uma (0,5%) com tanque séptico (ROSS, 2014).

A aplicação de critérios econômicos como auxiliar na escolha conceitual da Estação é um procedimento aceito universalmente, para o qual existem diferentes métodos, muitos deles desenvolvidos internamente nas empresas de projeto e construção a partir da experiência acumulada na elaboração de orçamentos e acompanhamento de custos construtivos, através de indicadores financeiros (R\$/m<sup>3</sup>esgoto tratado) e pela eficiência de remoção de certos constituintes dos esgotos (BARROS, VON SPERLING, PEREIRA, OLIVEIRA e MARQUES, 2013). Esses critérios e procedimentos são amplamente empregados nos estudos de alternativas, obrigatórios no anteprojeto dos sistemas de tratamento de águas residuárias, pois é sobejamente conhecido que, do ponto de vista técnico, em muitos casos, a mesma eficiência no tratamento pode ser conseguida com diferentes configurações.

No entanto, os projetos de saneamento têm extrapolado sua concepção sanitária clássica, assumindo uma abordagem ambiental visando não somente à promoção da saúde humana, mas também à conservação do meio físico e biótico. Com isso, solidifica-se a preocupação de se incorporarem critérios de sustentabilidade ao projeto de estações de tratamento de águas residuárias (KELLNER; CALIJURI; PIRES, 2009). O impacto do lançamento de efluentes domésticos em corpos de água é motivo de preocupação em diversos países. As legislações procuram influir tanto nos locais de lançamento quanto em critérios de parâmetros de lançamentos (OLIVEIRA, SPERLING, 2005).

O objetivo do presente estudo foi realizar o levantamento de aspectos e impactos ambientais e sociais relevantes. Os objetivos específicos foram: elaborar os fluxogramas das ETEs selecionadas como representativas, realizar o levantamento dos impactos relevantes e propor indicadores.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha dos cenários das Estações levou em conta as ETEs existentes no Estado do Paraná, especialmente as empregadas pela SANEPAR, e projetos futuros para implantação/ampliação. Foram elaborados fluxogramas

gerais das Estações selecionadas como representativas para identificação das entradas e saídas de cada uma das etapas. A aplicação deste recurso permite o diagnóstico mais facilitado dos aspectos e impactos ambientais envolvidos no processo.

A metodologia utilizada foi a descrita em Moreira (2006) para a realização do Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais. Trata-se de uma Matriz de Interação cujos valores de Relevância dos Impactos se dão em uma pequena amplitude (entre três e quinze pontos) sendo mais fácil a visualização dos resultados. A matriz é utilizada em empresas que possuem a certificação da Norma ISO 14001, para a avaliação da significância dos impactos.

A determinação da relevância dos impactos adversos seguiu um sistema de pontuação no qual os valores distam entre si de dois pontos (1, 3 e 5) conforme o grau de abrangência, gravidade, frequência ou probabilidade do risco. O resultado da avaliação da relevância se deu pela somatória destes valores que variaram entre 3 e 15 pontos. O grau de relevância foi determinado conforme o número de pontos somados:

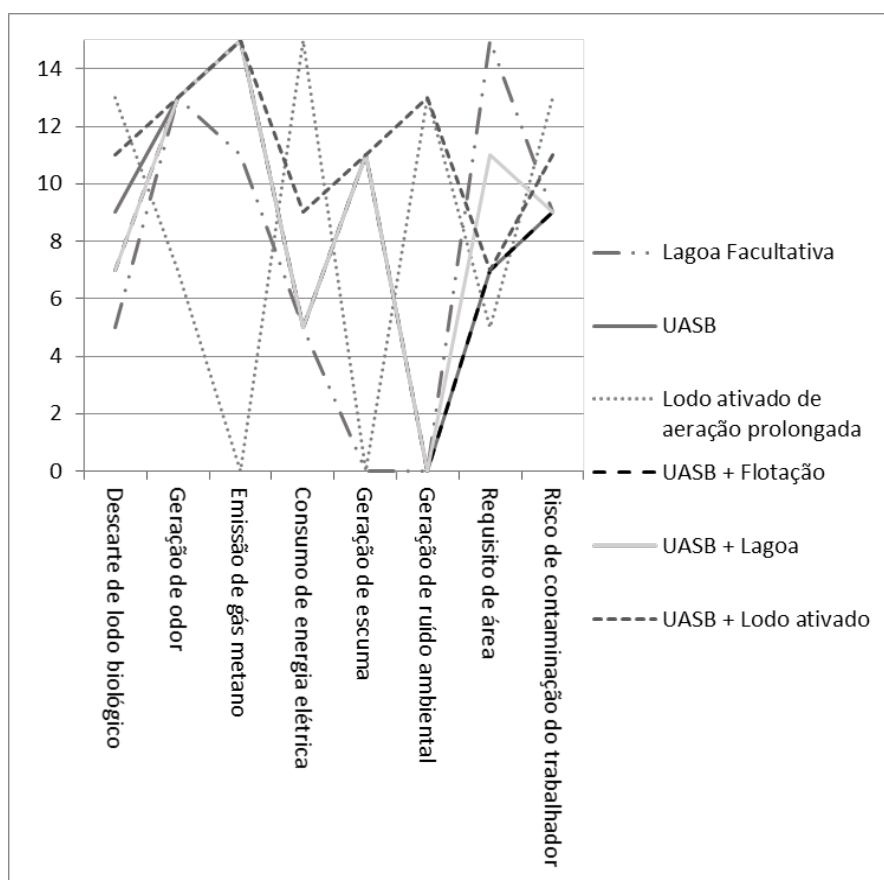
- Igual a 3 pontos: Desprezível
- Entre 5 e 7 pontos: Moderado
- Entre 9 e 15 pontos: Crítico

Para todos os impactos foi realizado o levantamento dos requisitos legais por meio da consulta eletrônica em sites especializados e software de apoio a busca de legislações.

A partir destas informações coletadas construiu-se uma matriz contendo o Levantamento dos Aspectos e dos Impactos Ambientais envolvidos nas diferentes configurações de tecnologias de tratamento de efluentes domésticos, legislações aplicadas para cada aspecto, relevância do impacto e indicador proposto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantados 9 impactos relevantes para o sistema de lagoa facultativa, 8 para o Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), 12 para o sistema de lodo ativado de aeração prolongada, 10 para o sistema de UASB seguido de flotação e 8 para o sistema de UASB seguido de lagoa de polimento. A Figura 1 demonstra o número de relevância do impacto ambiental (obtido como significativo em pelo menos uma das configurações) para cada aspecto.



**Figura 1 – Número de relevância do impacto ambiental em relação aos aspectos ambientais.**

Os impactos mais relevantes para a tecnologia de Lagoa Facultativa foram os requisitos de área para implantação, emissão de odor e geração do biogás. Com relação ao requisito de área, Khan *et al.* (2011) encontraram valores que variam de 12,5 – 15,3 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/d para lagoas de estabilização. Von Sperling (2014) cita valores entre 13,3 e 26,6 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/d. Comparando com valores da tecnologia de lodos ativados, Chon *et al* citaram valores que variaram de 0,73 à 1,4 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/d, enquanto van Haandel *et al* (1993) citam valores entre 1,33 e 2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/d e Von Sperling (2014) cita valores entre 0,8 e 1,6 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>/d.

Os impactos mais relevantes para a tecnologia UASB foram: geração de gás metano e odor. O valioso subproduto (metano) produzido durante a degradação da DQO pode ser recuperado (de 28 à 75%) e transformado em energia. Em termos de energia, 1 m<sup>3</sup> de biogás com 75% de metano contém o equivalente a 1,4 kWh de eletricidade (KHAN *et al.*, 2011). O impacto do gás metano, se não captado, na atmosfera é grande, comparado ao dióxido de carbono, o poder na captura de radiação é de 20 unidades de CO<sub>2</sub>. Juntos os dois gases são os principais causadores do efeito estufa. A Resolução SEMA 16/2014 cita no seu artigo 58 que “O biogás gerado em reatores de digestão anaeróbia deve ser aproveitado e na impossibilidade de seu aproveitamento será necessária sua queima, através da instalação e operação contínua de queimadores para conversão do metano”. Ocorre, portanto, a conversão do CH<sub>4</sub> em CO<sub>2</sub>, existindo ainda o impacto ambiental de poluição atmosférica, porém minimizando seu efeito.

De acordo com Taussef *et al.* (2013), a contribuição da emissão de metano por águas residuárias corresponde à 6% de toda a emissão por atividade antropogênica. A emissão de odores nas proximidades de reatores anaeróbios é um problema de grande importância e, se não resolvido, poderá prejudicar significativamente a aplicação mais ampliada da tecnologia anaeróbia no Brasil. Para evitar reclamações da população, várias estações de tratamento de esgotos estão gastando significativas quantidades de recursos com a aplicação de produtos químicos, objetivando minimizar a dispersão das emissões de H<sub>2</sub>S no entorno das estações. Em boa parte dos casos, não existe uma indicação clara da origem da emissão, a qual pode estar relacionada com as características do esgoto afluente, com o desempenho do reator, ou com a descarga turbulenta do efluente (GLORIA, 2009). O sulfeto de hidrogênio pode ser considerado o principal composto responsável pela

percepção de odores em estações de tratamento de esgotos, principalmente pelo fato de o sistema olfativo humano ser capaz de detectá-lo em baixas concentrações, cerca de 5 ppb. Por causa de sua elevada solubilidade em água, o H<sub>2</sub>S tende a permanecer na solução junto com o efluente que deixa o reator, se separando em situações de turbulência (GLORIA, 2009).

Em reatores UASB, a espuma é descrita como um problema operacional ainda de difícil resolução (ROSS *et al.*, 2013). Acumulada na superfície líquida dos decantadores pode favorecer o desenvolvimento e a retenção de microrganismos que oxidam os sulfetos gerados no reator, podendo vir a ser um ponto positivo o acúmulo deste material no sentido do controle de odor (GLORIA, 2009). A SEMA 16/2014 cita que as atividades que emitem odores devem implantar medidas de mitigação, sendo implantada uma cortina de vegetação nativa.

Para a tecnologia de lodos ativados os impactos relevantes foram: consumo de energia elétrica, descarte de lodo e emissão de ruído ambiental.

A relevância do impacto ambiental relacionado ao consumo de energia do sistema UASB + Lodo ativado diminui se comparado ao sistema de Lodo ativado. A avaliação com base na energia de um reator UASB é dada a seguir, tomando como base a unidade de MLD (milhões de litros por dia):

- Energia insignificante requerida (aproximadamente 6 Kwh/MLD, apenas para bombeamento) (TASSOU, 1988 *apud* KHAN, *et al.*; 2011);
- Energia produzida na forma de biogás (60-70% de metano) – 50 m<sup>3</sup> de biogás/MLD (ARCEIVALA, 1988 *apud* KHAN, *et al.*; 2011);
- A eletricidade produzida de 1 m<sup>3</sup> de metano gerado pelo UASB, em condições padrão, corresponde à 7 kwh e em campo é de 1 kwh (ARCEIVALA, 1988 *apud* KHAN, *et al.*; 2011);
- A economia de energia através de redução do consumo de diesel por mais de 70% pela alimentação de gás metano no motor (ARCEIVALA, 1988 *apud* KHAN, *et al.*; 2011).

A energia necessária de processo aeróbio como o único processo de tratamento de águas residuais, incluindo bombeamento inicial é aproximadamente 195 kwh/MDL. Como consequência, o consumo de energia em um sistema aeróbio (pós UASB) é dado como:

- É necessário apenas um consumo para remover 35% da DBO<sub>5</sub> (65% foi removida no sistema anaeróbio), consumindo 195 kwh/MDL \* 0,35 = 68,25 kwh/MDL.
- A energia total consumido na integração do sistema (UASB + aeróbio) é de (6 + 68,25) = 74,25 kwh/MDL. Muito menor que apenas a requerida para somente sistema aeróbio, de 195 kwh/MDL (KHAN *et al.*, 2011).

De acordo com von Sperling (2014), a potência consumida para aeração do sistema de lodos ativados – aeração prolongada é de 20 à 35 kWh/hab.ano e no sistema UASB + lodo ativado é de 14 à 20 kWh/hab.ano.

Com relação ao descarte de lodo biológico, o volume a ser disposto diminui na integração do sistema UASB+Lodo ativado. Van Haandel *et al* (1993) cita valores entre 0,10 a 0,25 L lodo/hab.dia para a tecnologia de aeração prolongada e de 0,05 a 0,15 L lodo/hab.dia para a integração dos dois sistemas. Von Sperling (2014) cita valores entre 0,10 e 0,28 L lodo/hab.dia para a tecnologia de aeração prolongada e de 0,04 e 0,16 L lodo/hab.dia para a integração.

Com relação à área requerida, diminui em 66% ao associar o sistema UASB anterior ao lodo ativado (VAN HAANDEL, 1993 *apud* AISSE, 2002). A eficiência do sistema da associação é maior, porém com um custo de operação maior (CHONG *et al.*, 2012).

Para os sistemas UASB + Flotação e UASB + Lagoa, os impactos relevantes foram os mesmos das tecnologias UASB e Lagoa, porém com um aumento da eficiência do sistema.

Os Indicadores Ambientais foram propostos para os aspectos associados aos impactos relevantes (Tabela 1).



**Tabela 1 - Proposta de indicadores ambientais para os aspectos associados aos impactos relevantes.**

Aspecto	Indicador
Descarte de lodo biológico	kg lodo gerado/m <sup>3</sup> de efluente tratado
Geração de odor	Número de reclamações/m <sup>3</sup> de efluente tratado
Emissão de gás metano	m <sup>3</sup> /kg DQO
Consumo de energia elétrica	kwh/m <sup>3</sup> /d
Geração de espuma	kg espuma gerada/m <sup>3</sup> de efluente tratado
Geração de ruído ambiental	Número de reclamações/m <sup>3</sup> de efluente tratado
Requisito de área	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> /d
Risco de contaminação do trabalhador	Afastamentos/m <sup>3</sup> de efluente tratado

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que o sistema de Lagoa Facultativa apresenta o maior impacto com relação ao aspecto de requisito de área, o sistema de lodo ativado de aeração prolongada apresentam os impactos críticos relacionados aos seguintes aspectos: descarte de lodo biológico, consumo de energia elétrica e geração de ruído ambiental. Todos os sistemas combinados de UASB + pós tratamento apresentaram os impactos críticos relacionados aos aspectos: geração de odor e emissão de gás metano. O sistema UASB + Lodo Ativado apresentou como significativo, além destes, o aspecto de geração de ruído.

Para uma maior comparação dos sistemas avaliados quanto à sustentabilidade, deve-se realizar a aplicação dos indicadores propostos, que refletem os aspectos significativos das tecnologias empregadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14001: Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.
2. AISSE, M.M. Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 2002. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.
3. ARCEIVALA, S.J. Wastewater treatment for pollution control. 2nd ed. New Delhi, India: Tata McGraw Hill; 1998.
4. BARROS, I. P. A. F. ; VON SPERLING, M. ; PEREIRA, C. E. B. ; OLIVEIRA, S. M. A. C. ; MARQUES, L. . Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de esgotos avançada e de grande porte (ETE Norte DF) aplicando conceitos de indicadores de desempenho e análise de confiabilidade. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2013.
5. CHONG, S.; SEN T.K.; KAYAALP, A.; ANG, H.M. The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment - a state-of-the-art review. Water Res., 46, (11), 3434-70, 2012.
6. GLORIA, R. M. Estudo dos processos de formação, acumulação, emissão e oxidação de sulfeto de hidrogênio em reatores UASB tratando esgotos domésticos. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
7. KELLNER, E.; CALIJURI, M.C.; PIRES, E.C. Aplicação de indicadores de sustentabilidade para lagoas de estabilização. Engenharia sanitária e ambiental. 14, 455-464, 2009.
8. KHAN, A.A.; GAUR, R.Z.; TYAGI, V.K.; KHURSHED, A.; LEW, B.; MEHROTR, I.; KAZM, A.A. Sustainable options of post treatment of UASB effluent treating sewage: A review - Resources, Conservation and Recycling, 55, (12), 1232-1251, 2011.
9. MOREIRA, M. S. Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental: modelo ISO 14000. 3. ed. Nova Lima: INDG- Tecnologia e serviços, 2006. 320 p.
10. NOYOLA, A.; PADILLA-RIVERA A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M. L.; GU ERECA, L.P.; HERNANDEZ-PADILLA, F. Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America Clean – Soil, Air, Water, 40 (9), 926-932, 2012.
11. CHERNICHARO, C.A.L. (coordenador) Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 1.ed. Belo Horizonte: FINEP/PROSAB, 2001. 544p.
12. OLIVEIRA, S.M.A.C., VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias - Parte 1 - Análise de desempenho. Engenharia Sanitária e Ambiental, 10 (4), 2005. 347-357.

13. PARANÁ. Resolução nº 16. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Diário Oficial do Estado, 2014.
14. ROSS, B. Z. L. Escuma de reatores anaeróbios tratando esgotos domésticos: produção, caracterização e disposição final. Seminários II (Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Universidade Federal do Paraná). 2014.
15. ROSS, B. Z. L.; CARNEIRO, C.; AISSE, M. M., FROEHNER, S. Caracterização da Escuma Produzida em Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo, Estado do Paraná. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, Goiânia. 2013. **Anais**. Rio de Janeiro, ABES, 2013. 10 p.
16. TASSOU S.A. Energy conservation and resource utilization in wastewater treatment plants. Appl Energy 1988;30:2–8.
17. TAUSSEF, S.M.; ABBASI, T.; ABBASI, S.A. - Energy recovery from wastewater with high-rate anaerobic digesters - Renewable and Sustainable Energy 19, 704-741, 2013.
18. Van HAANDEL, A. C. Tratamento Anaeróbio – Aeróbio de Esgoto. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, Natal, 1993. **Anais**. Rio de Janeiro, ABES. 1993. V2 (1): 768-83.
19. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.