

Reator UASB: uma alternativa sustentável para o tratamento de esgoto no município de Codó - MA

Sidne Rodrigues da Silva¹;

Michele Sousa Travassos Torres²;

Nayra Salazar Rocha³;

25

1 Mestrando Em Química - UFGD Dourados - MS. Pesquisador no Laboratório de Catálise Orgânica e Biocatálise - FACET - UFGD. Graduado em Licenciatura em Química - IFMA Campus Codó. E-mail: sidnerodrigues941@gmail.com;

2 Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina. Doutoranda em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial - PPGADT - UNIVASE. E-mail: mstravassos@hotmail.com;

3 Graduanda em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Codó. E-mail: nayrarocha0012@gmail.com;

RESUMO

Diversos são os fatores que constituem risco à saúde pública no Brasil. Dentre eles, destacam-se as condições precárias de saneamento básico. Este estudo teve como objetivo principal avaliar melhorias nas condições de saneamento do município de Codó, Maranhão, através da construção do protótipo de um reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) destinado à remoção de matéria orgânica do esgoto doméstico que é lançado diretamente no Rio Itapecuru, o qual corta a cidade de Codó - MA. A pesquisa de campo foi realizada através de questionários dirigidos a líderes comunitários (vinte sujeitos) e agentes de saúde (trinta sujeitos) de cada bairro. O protótipo de reator UASB construído em cano plástico PVC teve a avaliação da sua eficiência indicada a partir dos parâmetros: Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de amostras do efluente doméstico bruto e filtrado. Os dados da pesquisa apontam a precariedade no sistema de coleta de esgoto e, ainda, as doenças de veiculação hídrica como, diarreias e verminoses. O reator UASB experimental apresentou resultados de remoção total de DQO e de DBO de 61% e 67%, podendo ser, portanto, uma alternativa viável e eficiente para o tratamento do esgoto.

Palavras-chave: Esgoto. Saneamento Básico. Protótipo de reator UASB.

UASB reactor: a sustainable alternative for sewage treatment in the city of Codó - MA

ABSTRACT

There are several factors that constitute a risk to public health in Brazil. Among them, the precarious conditions of basic sanitation stand out. This study had as main objective to evaluate improvements in the sanitation conditions of the municipality of Codó, Maranhão through the building of the prototype of a UASB reactor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) destined to the removal of organic matter from domestic sewage that is launched directly in the Itapecuru River, that crosses the city of Codó - MA. The field research was carried out through questionnaires addressed to community leaders (twenty subjects) and health agents (thirty subjects) from each neighborhood. The prototype of the UASB reactor built in PVC plastic pipe had the evaluation of its efficiency indicated from the parameters: Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD) of samples of the raw and filtered domestic effluent. The research data points out the precariousness in the sewage collection system and, also, waterborne diseases such as diarrhea and worms. The experimental UASB reactor showed results of total removal of COD and BOD of 61% and 67% and it can, therefore, be a viable and efficient alternative for the sewage treatment.

Keywords: Sewage. Basic Sanitation. UASB reactor prototype.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico pode ser definido como o conjunto dos serviços de recolhimento e destinação adequada do lixo; fornecimento de água potável; tratamento e disposição de águas residuais (ITB, 2012). O funcionamento adequado desse sistema é essencial à saúde e qualidade de vida da população (OLIVEIRA, 2014; ANDRADE *et al.*, 2014). Infelizmente, no Brasil, a corrupção e o desvio de verbas destinadas à criação e implementação de saneamento básico em várias cidades, dificultam a vida de milhares de pessoas, somados a falhas no planejamento de obras e infraestruturas, obras inacabadas e completo desinteresse pelo ser humano, fatores que são comuns em países subdesenvolvidos e atrasam o bem-estar social e o desenvolvimento territorial de uma região. Segundo Paixão (2008), o sistema de saneamento básico é visto como um dos maiores entraves enfrentados pelos gestores públicos, devido aos efeitos causados pela falta de visibilidade das obras e a dificuldade de provimento dos serviços a serem oferecidos à população. No ano de 2015, apenas 68% da população mundial tinha acesso ao saneamento básico adequado, ou seja, 2,4 bilhões de pessoas no mundo ainda estavam sem acesso a este serviço (WHO, 2015).

Os dados de saneamento no Brasil estão relacionados com o abastecimento de água potável e coleta de esgoto dos municípios, os quais revelaram que mais de 90% da população é abastecida com água potável, porém, apenas 50,3% dos esgotos produzidos são coletados e, deste percentual, apenas

42,7% são tratados (SNIS, 2015a). Todavia, o percentual de esgoto tratado nos estados da região Nordeste do país é ainda menor, sendo que o estado do Maranhão aparece com apenas 12,1% do esgoto tratado e, entre as cidades maranhenses com menores índices desse serviço, encontra-se Codó, cujo percentual de domicílios com rede pública de esgoto é de apenas 7,7% (SNIS, 2015a).

A matéria orgânica destaca-se como poluente principal dos esgotos domésticos, uma vez que, está sempre presente em sua composição, sendo motivo de preocupação para as autoridades e órgãos competentes, pois tais resíduos podem causar alterações ecológicas irreversíveis ao meio ambiente (PEREIRA, 2004). De forma sucinta, a matéria orgânica serve de alimento para organismos decompositores que acabam consumindo o Oxigênio Dissolvido (OD) presente nas águas naturais, causando a mortandade de vários seres que ali estavam presentes, inclusive de peixes, além de tornar a água imprópria para o consumo humano (CETESB, 2020). No entanto, danos ambientais podem ser minimizados ou evitados quando o esgoto é submetido a um sistema de tratamento adequado (SOUSA *et al.*, 2013).

Considerando a precariedade dos sistemas de saneamento básico no Brasil, o reator UASB representa uma alternativa sustentável e eficaz no tratamento de efluentes tanto domésticos quanto industriais. Tais características são responsáveis pelo reconhecimento e utilização dessa tecnologia no mundo (CHERNICHARO, 2007). Além disso, os processos anaeróbicos desenvolvidos

no reator UASB são simples e de baixo custo, confiáveis e acessíveis, podendo ser projetados, instalados e operados com a utilização de materiais e mão de obra local (GUARIZ, 2013; SANTOS, E.M.A. *et al.*, 2016).

Atualmente, a ineficiência da Estação de Tratamento do esgoto da cidade de Codó, localizada no estado do Maranhão, tornou o Rio Itapecuru (corpo d'água que abastece a cidade) o principal receptor de efluentes domésticos decorrentes dos despejos diretos de matéria orgânica e águas residuárias no leito do rio. Diante desse cenário, há uma urgência no sentido de desenvolver ou adaptar tecnologias economicamente viáveis para o tratamento de tais efluentes.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa é de caráter qualitativo e quantitativo, seguindo três etapas sequencialmente: pesquisa documental e bibliográfica, pesquisa de campo para aplicação de questionários semiestruturados e pesquisa aplicada mediante as análises químicas do efluente tratado através do protótipo do reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*).

O desenvolvimento da pesquisa em sua totalidade foi direcionado à área de estudo delimitada pela zona urbana do município de Codó-MA. Para a pesquisa documental e de campo, buscou-se o apoio da prefeitura de Codó quanto ao levantamento de informações pertinentes à área de estudo, bem como os bairros que compõem a zona urbana da cidade. Para isso, utilizou-se um aparelho GPS de navegação, marca Garmin, modelo RINO650, cedido pelo Instituto Fe-

deral de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão para a delimitação da área.

Durante a pesquisa de campo, foram realizadas visitas às comunidades para aplicação de questionários semiestruturados com o intuito de adquirir informações dos líderes comunitários (vinte sujeitos) e agentes de saúde (trinta sujeitos) sobre as condições de saneamento básico local, funcionamento e trajetória da rede de esgotamento sanitário, além de identificar os problemas de saúde e impactos ambientais de conhecimento dos entrevistados.

O questionário supracitado foi estruturado com uma área de identificação dos entrevistados (nome, endereço, idade, sexo, cargo ou função social e coordenadas geográficas da residência) e quatro questões pertinentes aos pontos discutidos nessa pesquisa, a saber: 1) Como é feito o abastecimento de água no bairro onde você mora? 2) Existe rede coletora de esgoto no seu bairro? 3) Qual é o destino do esgoto produzido na sua residência? 4) Indique quais as principais doenças de veiculação hídrica que acometem as pessoas que vivem no seu bairro: a) Diarreia; b) Verminose; c) Dengue; d) Cólera; e) Hepatite A; f) Não sofrem com essas doenças; g) Outras (especifique).

2.1 Construção do protótipo de Reator UASB

Posteriormente, construiu-se o protótipo de reator UASB, em cano PVC nas seguintes dimensões: Altura útil 1,6 m; Diâmetro interno 0,15 m; Área superficial 0,018 m²; Volume total 0,028 m³; Volume útil 0,028 m³ (considerado o volume de vazio do meio suporte); Vazão 0,15 m³/d; Tempo de detenção hidráulica teórica 0,19 d; Carga hi-

dráulica $5,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$; Carga orgânica $2,802 \text{ kgDQO}/\text{m}^3\text{d}$; Substrato (águas residuais domésticas), conforme **Figura 1**- Protótipo de Reator UASB.

Figura 1: Protótipo de Reator UASB.



Fonte: Autor (2017).

Os cálculos realizados para encontrar os valores referentes às dimensões do protótipo para essa pesquisa seguiram os critérios e condições estabelecidas por Chernicharo (2007).

2.2 Funcionamento do Protótipo de Reator UASB

O tempo de partida de operação do Protótipo de Reator UASB foi de duas semanas, o que corresponde ao tempo necessário para estabelecer todo o processo de tratamento com geração de gás no sistema, sendo esse um indicativo dos processos de conversão de parte da matéria orgânica em gás meta-

no. Foram destinados três meses (de abril a julho do ano de dois mil e dezessete) para a observação do processo de saturação do reator no tratamento do esgoto bruto, sendo necessária a parada do reator, descarregamento, limpeza e nova partida.

O protótipo foi alimentado em seis ciclos diários com uma vazão de saída correspondente a $0,15 \text{ m}^3/\text{d}$. Em seu interior, foi instalado um distribuidor de efluente e um separador trifásico, utilizando funil fabricado com material plástico de garrafa pet. Esse mecanismo permite a separação das três fases (líquido, sólido e gás) e auxilia no processo de decantação dos flocos de lodo (CHERNICHARO, 2007).

2.3 Análises das Amostras

As amostras de esgoto bruto e pós-tratamento do protótipo de reator UASB foram encaminhadas para o Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA Campus - Bacanga) São Luís - MA, para as análises de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), seguindo a metodologia proposta por *American Public Health Association* (APHA, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa documental registrou doze bairros na zona urbana do município (São Sebastião, Santa Filomena, São Francisco, São Raimundo, São Pedro, Nova Jerusalém, Codó Novo, Santo Antônio, São Benedito, São Vicente Palott, Centro e bairro São José) delimitando a área de estudo. Nesse senti-

do, a pesquisa documental aliada à pesquisa de campo, desempenharam um papel crucial para o diagnóstico atual da situação dos serviços de saneamento básico na cidade de Codó. Com ambas as investigações, foi possível verificar que as condições de saneamento são precárias, principalmente no que se refere à coleta e tratamento de esgoto.

Dessa forma, praticamente todos os dejetos (detergentes, restos de comida, lixo, óleos, gorduras, tintas e compostos químicos) provenientes das atividades comerciais e residenciais, são lançados diretamente nos corpos d'água em sua forma bruta, como mostram as ilustrações da **Figura 2** - despejos de esgotos no riacho Água Fria, afluente do Rio Itapecuru. Essa realidade localiza-se visivelmente no bairro São Sebastião, Avenida Maranhão, zona urbana do município de Codó.

Figura 2: Despejos de esgotos no riacho Água Fria, afluente do Rio Itapecuru – zona urbana de Codó/MA.



Fonte: Autor (2020).

Os dados quantitativos que representam tal realidade foram obtidos através dos questionários aplicados e organizados na **Tabela 1** - Condições de abastecimento, rede coletora de esgoto e seu destino na zona urbana da cidade.

Os dados da **Tabela 1** mostram que 100% dos entrevistados são beneficiados com água da rede pública do município, revelando que a cidade de Codó possui uma média de abastecimento de água maior que a média estadual. Conforme o relatório do SNIS (2017b), a média estadual se aproxima dos 86%.

Quanto à rede de esgotamento domiciliar, apenas 8% dos entrevistados afirmaram que são assistidos por esse direito. Há uma diferença entre os dados da pesquisa e os dados fornecidos pelo SAAE (2017), onde o município de Codó aparece com aproximadamente 13% do esgoto coletado. Tal divergência está diretamente relacionada à cobertura da rede de esgoto nos bairros, uma vez que, nem todos são contemplados pela cobertura completa da rede de esgoto (SAAE, 2017).

De fato, nos últimos anos, a preocupação com investimentos na rede de esgoto da cidade de Codó pelas autoridades competentes foi insuficiente. Geralmente, os governantes de países subdesenvolvidos não investem nesse setor porque as obras não têm grande visibilidade pública, já que ficam soterradas. Sendo assim, tanto a obra como o seu promotor serão rapidamente “esquecidos” (MOTA, *et al.*, 2014).

Tabela 1: Condições de abastecimento, rede coletora de esgoto e seu destino na zona urbana de Codó.

Abastecimento de água e esgotamento sanitário		Porcentagem (%)
Abastecimento domiciliar	Rede pública	100
Rede coletora de esgoto	Ausentes	92
	SAAE*	8
Destino do esgoto com relação aos bairros	Vala**	42
	Rio***	25
	Mato**	17
	SAAE*	8
	Fossa séptica****	8

*Serviço Autônomo de Água e Esgoto, **Esgoto a céu aberto, ***Rio Itapecuru ou seus afluentes, ****unidade de tratamento primário de esgoto doméstico. **Fonte:** Autor, 2020.

Com relação ao destino do esgoto que é produzido nas residências, 25% são lançados diretamente no Rio Itapecuru e em seus afluentes, enquanto 67% chegam ao mesmo Rio de forma indireta por meio de esgotos a céu aberto e fossas sépticas. Nesse sentido, cabe ressaltar que apenas 8% dos esgotos produzidos são tratados pelo SAAE segundo as informações dos questionários. Portanto, pode-se afirmar que através dos dados coletados, o Rio Itapecuru é o principal receptor dos efluentes residenciais. A **Figura 3** mostra a enorme porção de águas residuais que são despejadas diariamente no rio através do riacho Água Fria, que corta município.

Figura 3: Ponto de encontro do Rio Itapecuru com o riacho Água Fria, zona Urbana de Codó/MA.



Fonte: Autor (2020).

Dessa forma, o rio sofre as consequências ambientais originadas do lançamento de matéria orgânica diretamente em seu leito, pois a poluição causada pelo despejo de matéria orgânica, além de provocar a depuração e eutrofização do corpo d'água, contamina o mesmo com vírus patógenos, bactérias, entre outros (SILVA, D.D. *et al.*, 2014).

O resultado dessa poluição é observado na qualidade de vida da população. A **Tabela 2** revela os dados percentuais (obtidos por meio da análise das respostas dos questionários aplicados aos agentes de saúde entrevistados) dos principais casos de doenças diagnosticadas nos bairros da zona urbana da cidade de Codó.

Tabela 2: Dados percentuais dos principais casos de doenças diagnosticadas nos bairros da zona urbana da cidade de Codó.

Principais doenças diagnosticadas	Porcentagem (%)
Diarreias	42
Verminoses	42
Dengue	15
Não sofrem com estas doenças	1

Fonte: Autor, (2020).

Os dados apresentados na **Tabela 2** estão claramente associados à precariedade do saneamento básico, pois é possível estabelecer uma relação entre a contaminação da água pelos esgotos domésticos com as doenças comumente diagnosticadas. Uma vez que se apresentam valores significativos para diarreias e verminoses, consideradas doenças causadas pela contaminação das águas (WHO, 2015). Juntas, tais doenças correspondem a 84% dos casos.

3.1 Eficiências do Protótipo de Reator UASB

Os dados obtidos através das análises dos parâmetros DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) para as amostras de água do Rio Itapecuru, bem como as obtidas com o tratamento feito pelo protótipo de reator UASB estão apresentados conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3: Dados das amostras- Rio Itapecuru - Protótipo de reator UASB.

Parâmetros	Bruta (Rio Itapecuru)	Filtrada (Protótipo de reator UASB)	Eficiência Total do protótipo de reator UASB (%)
DQO (mgO ₂ .L ⁻¹)	824	321	61
DBO (mgO ₂ .L ⁻¹)	550	182	67

Fonte: Autor, (2017).

De acordo com a **Tabela 3**, o protótipo de reator UASB apresentou eficiência na remoção de matéria orgânica de 61% para valores de DQO e 67% para valores de DBO respectivamente. Esses dados corroboram com os valores encontrados na literatura. Diversos estudos em

regiões tropicais comprovam a eficiência do reator UASB na remoção de matéria orgânica em uma faixa que corresponde a 60-80% (BDOUR. et al. 2009; GUARIZ, 2014; SILVA, 2014; PRASAD *et al.* 2016).

Sobre o estado da arte, de forma semelhante ao estudo realizado em Codó, Calijuri *et al.* (2009) monitoraram o desempenho de um reator UASB em Minas Gerais. Tal reator foi operado pelo tempo de detenção hidráulica (TDH) de 7h e obteve remoção de 60% de DQO bruta tratando esgotos domiciliares. O valor encontrado pelos autores foi próximo ao dessa pesquisa, havendo apenas a diferença de um ponto percentual entre os estudos.

Em condições climáticas similares a essa pesquisa, Khan *et al.* (2015) operaram um reator UASB sob condições ambientais de 28-40°C, no Oriente Médio, com TDH 8h, tratando esgoto doméstico. A média de remoção obtida foi em torno de 65-85% para os parâmetros DBO e DQO. O fato de esse reator ter maior eficiência está relacionado à quantidade de matéria orgânica presente no efluente e principalmente às características físicas do lodo utilizado (KHAN et al. 2015) Mesmo assim, os valores de eficiência entre os estudos não se encontram muito distantes.

Em Campina Grande-PB, Melo (2013), tratou efluentes domésticos com a finalidade de obter um efluente para reuso agrícola. Nesse sentido, operou-se um reator UASB seguido de unidades de pós-tratamento. O sistema experimental foi alimentado com vazão média diária de esgoto doméstico de 630 L/dia. Nesse estudo, o autor obte-

ve remoção de 63% e 64% de DBO e DQO. Mesmo com uma vazão média diária maior e unidades de pós-tratamento, a autora registrou uma remoção de DBO inferior ao valor removido pelo protótipo construído em Codó-MA, no entanto, a quantidade de DQO removida foi superior. Vale ressaltar que, apesar das diferenças, ambos os valores podem ser considerados próximos.

Em Natal-RN, Assis (2017) realizou uma pesquisa com o objetivo de avaliar a eficiência de uma estação compacta de tratamento de efluentes domésticos, composta por reator (UASB) seguido de Biofiltro Aerado Submerso. Os resultados da pesquisa para a remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) no reator UASB, alcançaram valores médios de remoção de 40,0% e 45,2%, respectivamente. O sistema citado teve baixa eficiência quando comparado ao estudo realizado em Codó-MA. Segundo a autora, a baixa eficiência do sistema foi relacionada à baixa quantidade de lodo presente no reator UASB (ASSIS, 2017).

É observada uma proximidade entre as eficiências registradas na literatura com as obtidas nesse estudo, o que comprova o sucesso da construção e operação do protótipo avaliado no tratamento de efluentes domésticos do município de Codó-MA.

O nível e a eficiência do tratamento do esgoto dependem diretamente dos padrões de qualidade impostos para o efluente e para o corpo receptor, preconizados por legislação específica. No caso do Brasil, tais diretrizes são estabelecidos pela Resolução nº 430 do

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes em corpos d'água. De acordo com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) o efluente do protótipo de reator UASB desenvolvido nessa pesquisa encontra-se em condições adequadas para o lançamento direto em corpos hídricos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No município de Codó, as condições de saneamento básico são precárias, destacando-se a demanda insuficiente no atendimento da estação de tratamento de esgoto, onde praticamente todos os dejetos provenientes das residências e indústrias são lançados em sua forma bruta no rio Itapecuru, causando danos ao meio ambiente e favorecendo a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como diarreias e verminoses.

Vale ressaltar que, em 2018, a prefeitura de Codó lançou o Plano Municipal de saneamento básico, o qual foi dividido em quatro eixos temáticos como: Drenagem e manejo de águas pluviais; Coleta e tratamento de esgoto; Abastecimento de água potável e limpeza urbana e Tratamento de resíduos sólidos. Tal plano encontra-se em execução no município, porém, ainda não foi concluído.

Diante dessa realidade, o protótipo de reator UASB construído para essa pesquisa apresentou grande eficiência na remoção de matéria orgânica, sendo assim, uma opção viável, de baixo custo, confiável e acessível, podendo ser projetado, instalado e operado com a utilização de materiais e mão de obra local para o tratamento do esgoto doméstico do município de Codó-MA.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. S; KUTIANSKI, G. F; SOUSA, G. M; MACHADO G. M; TAVARES W. N. CARREIRA, W.; **Influência do Saneamento Básico na Saúde Pública de Grandes Cidades**. São Paulo; PHD 2537 Águas em Ambientes Urbanos, 2014.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: American Public Health Association, 2005. 1193p

ASSIS, I. F. **Eficiência de uma estação compacta de tratamento de esgoto composta por reator UASB seguido de biofiltro aerado submerso**. 2017. 19 f.: il. Monografia Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BDOUR, A. N.; HAMDIB, M. R.; TARAWNEHA, Z. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. **Desalination**, v. 237, p.162–174, 2009.

CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K X.; MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIAS, E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n.3, p.421-430, 2009.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mortandade de Peixes: Matéria Orgânica**. São Paulo, 12 Jan. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/materia-organica-e-nutrientes/>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2 ed, v. 5, Belo Horizonte - MG: DESA, UFMG, 2007. 380p.

CONAMA- Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União nº 92**, de 16/05/2011, pág. 89.

GUARIZ, C. S. L. **Desempenho de reatores UASB em série no tratamento de águas residuárias de atividades agropecuárias**. 2013 Tese (doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

ITB – Instituto Trata Brasil. **Manual Do Saneamento Básico - Trata Brasil**. Brasília, 62 p. Distrito Federal, 2012. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br.pdf>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

KHAN A. A.; MEHROTRA, I.; KAZMI, A. A. **Sludge profile in several organic loads and evaluation of the performance of the UASB reactor treating sewage**. *Biosystems Engineering*, v. 131, n.1, p.32-40, 2015.

MELO, J. C. A. **Pós-tratamento de efluentes de reator UASB em filtro anaeróbico submerso e filtro de arei de fluxo intermitente**. 2013 *Dissertação (mestrado em ciência e tecnologia ambiental)* – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2013.

MOTA, J. J. P.; SOUSA, C. S. S.; SILVA, A. C.; **Saneamento Básico e Seu Reflexo nas Condições Socioambientais da Zona Rural do Baixo Munim (Maranhão)**. **Caminhos de Geografia** - Uberlândia v. 16, n. 54, p. 140–160, 2015.

OLIVEIRA, D. M. **Saneamento básico e desenvolvimento humano: um estudo de caso no município de Imperatriz/Ma a partir da abordagem das capacitações**. 2014. 155 f. *Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento)* – Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário UNIVATES, Imperatriz, 2014.

PAIXÃO, A. N. **Avaliação contingente dos serviços de saneamento básico em Palmas – TO**. 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-graduação em Economia aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

PEREIRA, R. S. Poluição Hídrica: causas e consequências. **Revista eletrônica de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 1, 2004, p. 20-36. Disponível em: www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf. Acesso em 20 abr. 2020.

PRASAD, L.; WANG S.; LACKNER S; HORN, H.; KHANAL, S. N.; BAKKE., R. Influence of inoculum HDM1 on performance of anaerobic reactors for testing municipal solid waste. **Renewable Energy**, v. 95, p. 263-268, 2016.

SAAE – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CODÓ-MA. **Relatório técnico administrativo da empresa**. Codó. n. 1, 29 de nov. 2017. 3 p.

SANTOS, E.M.A., NASCIMENTO, A.T.P., PAULINO, T.R.S., BARROSO, B.C.S. AGUIAR, C.R., Reator anaeróbio tipo UASB conjugado com processo Fenton para remoção de cor e demanda química de oxigênio de água residuária sintética de indústria têxtil. **Ambient**, v.22 n.2. 12 p. 2016.

SILVA, D. D, MIGLIORINI, R. B, SILVA, E. C, LIMA, Z. M, MOURA I. B, Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Eng Sanit Ambient**, v. 19 n.1 p 43-52. 2014.

SILVA, F. G. **Utilização de filtros de areia de fluxo intermitente no pós-tratamento de efluente de reator UASB tratando esgoto doméstico**. 2014. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SINIS (2015a) - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: **Diagnóstico do Serviços de Água e Esgotos**. Brasília. 2015. 212 p.

SINIS (2017b) - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil** Brasília. 2017. 40 p.

WHO – World Health Organization. Progress on sanitation and drinking water. UNICEF, assessment. 2015. 90 p.