



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**
Editora

Ano 2020

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-947-9

DOI 10.22533/at.ed.479202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 28 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A UTOPIA DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL	
Marcelo Motta Veiga	
DOI 10.22533/at.ed.4792021011	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA MIGRAR AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA	
Leonardo Nascimento de Oliveira	
Luis Henrique Pereira da Silva	
Milton Tavares de Melo Neto	
DOI 10.22533/at.ed.4792021012	
CAPÍTULO 3	23
APLICABILIDADE DOS INDICADORES DO DIAGNÓSTICO NO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM	
Arthur Julio Arrais Barros	
Marise Teles Condurú	
José Almir Rodrigues Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.4792021013	
CAPÍTULO 4	41
APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO VISANDO O REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
Marcos André Capitulino de Barros Filho	
Larissa Caroline Saraiva Ferreira	
Moisés Andrade de Farias Queiróz	
Alex Pinheiro Feitosa	
DOI 10.22533/at.ed.4792021014	
CAPÍTULO 5	51
APLICAÇÃO WEB PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Rafael Pereira Maciel	
Luís Henrique Magalhães Costa	
Nágila Veiga Adrião Monteiro	
Liércio André Isoldi	
DOI 10.22533/at.ed.4792021015	
CAPÍTULO 6	64
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS APÓS REMOÇÃO DE LODO	
Yasmine Westphal Benedet	
Patrick Ikaru Ferraz Suzuki	
Nattália Tose Lopes	
Sara Cristina Silva	
DOI 10.22533/at.ed.4792021016	

CAPÍTULO 7	75
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS VISANDO REÚSO NÃO POTÁVEL	
Layane Priscila de Azevedo Silva Matheus Frazão Arruda Diniz Julyenne Kerolainy Leite Lima	
DOI 10.22533/at.ed.4792021017	
CAPÍTULO 8	84
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Ingrid Moreno Mamedes Karytany Ulian Dalla Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4792021018	
CAPÍTULO 9	93
AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA	
Mara Yoshino de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.4792021019	
CAPÍTULO 10	110
BIOFILTRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO	
Monise Fernandes Melo Alexandre Prado Rocha Michele Lopes Cerqueira	
DOI 10.22533/at.ed.47920210110	
CAPÍTULO 11	115
IV-027 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES E TOTAIS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAÃO, SALVADOR-BA	
Maiza Moreira Campos de Oliveira Adriano Braga dos Santos Alessandra Argolo Espírito Santo	
DOI 10.22533/at.ed.47920210111	
CAPÍTULO 12	125
CONTROLE DE OCORRÊNCIA DE MAUS ODORES EM ETE COM SISTEMA COMBINADO ANERÓBIO/AERÓBIO: REATOR UASB E LODOS ATIVADOS	
Lucas Martins Machado Cláudio Leite de Souza Bruna Coelho Lopes Roberto Meireles Glória Déborah de Freitas Melo	
DOI 10.22533/at.ed.47920210112	

CAPÍTULO 13 138

DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA-MG

Paula Rafaela Silva Fonseca
Sue Ellen Costa Bottrel
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva
Júlio César Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.47920210113

CAPÍTULO 14 148

DEFINIÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM INTERMITÊNCIAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – ESTUDO DE CASO - SÃO BENTO DO UNA - PE

Hudson Tiago dos S. Pedrosa
Marcos Henrique Vieira de Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.47920210114

CAPÍTULO 15 158

DESINFECÇÃO DE EFLUENTE DE FBP UTILIZANDO REATOR DE ALGAS DISPERSAS (RAD)

Israel Nunes Henrique
Dayane de Andrade Lima
Keiciane Alexandre de Sousa
Layza Sabrine Magalhães da Silva
Timóteo Silva Ferreira
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Júlia de Souza Carvalho
Ana Queloene Imbiriba Correa
Camila Pimentel Maia

DOI 10.22533/at.ed.47920210115

CAPÍTULO 16 167

ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE PROGRAMA DE RECEBIMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA

Paula Rafaela Silva Fonseca
Sue Ellen Costa Bottrel
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva
Júlio César Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.47920210116

CAPÍTULO 17 177

ENSAIO DE TRATABILIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE EM PERNAMBUCO

Joana Eliza de Santana
Romero Correia Freire
Aldebarã Fausto Ferreira
Mayra Angelina Quaresma Freire
Maurício Alves da Motta Sobrinho

DOI 10.22533/at.ed.47920210117

CAPÍTULO 18	185
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E PERDAS DE METANO EM REATOR UASB DA ETE-UFLA POR MEIO DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS	
Lucas Barreto Campos Mateus Pimentel de Matos Luciene Alves Batista Siniscalchi Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi Lucas Cardoso Lima	
DOI 10.22533/at.ed.47920210118	
CAPÍTULO 19	196
ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) EM EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE	
Vanessa Farias Feio Neyson Martins Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.47920210119	
CAPÍTULO 20	205
ESTUDO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SUBMETIDO À PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO	
Rogério Ferreira da Silva Gilson Lima da Silva Victória Fernanda Alves Milanez Ricardo Oliveira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.47920210120	
CAPÍTULO 21	214
FITORREMEDIÇÃO UTILIZANDO MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO	
Israel Nunes Henrique Lucieta Guerreiro Martorano Nathalia Costa Scherer José Reinaldo Pacheco Peleja Timóteo Silva Ferreira Julia de Souza Carvalho Patrícia Santos Silva Luciana Castro Carvalho de Azevedo Dayhane Mayara Santos Nogueira Jaelbe Lemos de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.47920210121	
CAPÍTULO 22	225
GASEIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS TIPOS CONVENCIONAL E UASB	
Luis Henrique Pereira da Silva Sérgio Peres Ramos da Silva Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha Adalberto Freire do Nascimento Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.47920210122	

CAPÍTULO 23 234

INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA REGIÃO DOS LAGOS NO RIO DE JANEIRO – 2010 A 2015

Fátima de Carvalho Madeira Reis
Gabriela Freitas da Cruz
Herleif Novaes Roberg
Maria Goreth Santos
Simone Cynamon Cohen

DOI 10.22533/at.ed.47920210123

CAPÍTULO 24 245

INFLUÊNCIA DAS NORMAS NBR 9649 E NBR 14486 NO DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO DE MATERIAL PVC

Lívia Figueira de Albuquerque
Artemisa Fontinele Frota
Luís Henrique Magalhães Costa

DOI 10.22533/at.ed.47920210124

CAPÍTULO 25 255

POTENCIAL DO CARVÃO RESULTANTE DA PIRÓLISE DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO COMO ADSORVENTE EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.

Murillo Barros de Carvalho
Glaucia Eliza Gama Vieira

DOI 10.22533/at.ed.47920210125

CAPÍTULO 26 265

RETIRADA DE LODO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO COM MÁQUINA ANFÍBIA

Renata Araújo Guimarães
Analine Silva de Souza Gomes
Mariana Marquesini
Mario Márcio Gonçalves de Paula

DOI 10.22533/at.ed.47920210126

CAPÍTULO 27 275

UTILIZAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Israel Nunes Henrique
José Tavares de Sousa
Layza Sabrine Magalhães da Silva
Keiciane Alexandre de Sousa
Rebecca da Silva Fraia
Timóteo Silva Ferreira
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Julia de Souza Carvalho
Alisson Leonardo Vieira dos Reis
Rita de Cássia Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.47920210127

CAPÍTULO 28286

MONITORAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM ESCALA DE BANCADA, DO TIPO UCT MODIFICADO

Israel Nunes Henrique
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Timóteo Silva Ferreira
Rebecca da Silva Fraia
Julia de Souza Carvalho
Patrícia Santos Silva
Ana Queloene Imbiriba Correa
Yandra Cardoso Sobral

DOI 10.22533/at.ed.47920210128

SOBRE O ORGANIZADOR.....295

ÍNDICE REMISSIVO296

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E PERDAS DE METANO EM REATOR UASB DA ETE-UFLA POR MEIO DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 14/10/2019

Lucas Barreto Campos

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento.

Lavras, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/4465661756706625>

Mateus Pimentel de Matos

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento.

Lavras, Minas Gerais.

<https://orcid.org/0000-0001-8384-7466>

Luciene Alves Batista Siniscalchi

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento.

Lavras, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/7511499030309427>

Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento.

Lavras, Minas Gerais.

<https://orcid.org/0000-0002-9687-6984>

Lucas Cardoso Lima

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento.

Lavras, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/9244064679026681>

Esgotos da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA), apesar da existência de seis reatores UASB, o armazenamento de biogás tem sido baixo. Dessa maneira, o presente trabalho objetivou estimar a produção teórica de CH_4 na ETE-UFLA, por meio de diferentes modelos matemáticos: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima UNFCCC, e de demanda química de oxigênio (DQO) removida por meio da equação tradicional e da equação modificada, além das possíveis perdas no sistema. Para isso, monitorou-se as eficiências de remoção de DQO, sólidos totais (ST) e voláteis (SV), valores de pH, alcalinidade e concentração de nutrientes na entrada do UASB, além da concentração de CH_4 dissolvido no efluente. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que as condições de operação não explicam a baixa produção/armazenamento de CH_4 no sistema. Observou-se, também, que o método de estimativa baseado na DQO removida, descontando a remoção física (remoção de SV) no balanço de DQO, foi o que proporcionou os valores mais próximos aos encontrados na literatura e estimados pelo *software* Probio 1.0. A produção estimada de metano indicou que tem havido baixa recuperação, além de perdas no transporte desse gás.

PALAVRAS-CHAVE: balanço de massa, metano dissolvido, reator UASB.

RESUMO: Na Estação de Tratamento de

ESTIMATIVE OF METHANE PRODUCTION AND LOSSES IN UASB REACTOR OF UFLA-WWTP BY DIFFERENT MATHEMATIC MODELS

ABSTRACT: At the Wastewater Treatment Plant of the Federal University of Lavras (WWTP-UFLA), despite the existence of six UASB reactors, the storage of biogas has been low. Thus, the present work aimed to estimate the theoretical production of CH_4 in the WWTP-UFLA, by different models: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and traditional and modified COD removal equations, beside possible losses. The efficiency of removal of Chemical Oxygen Demand (COD), total (TS) and volatile (VS) solids, pH, alkalinity and nutrient concentration at the UASB intake was monitored, as well as the concentration of CH_4 dissolved in the effluent. With the results, it was verified that the operating conditions do not explain the low production/storage of CH_4 . It was also observed that the COD method removed by discounting the physical removal (removal of VS) from the COD balance, provided the values closest to those found in the literature and estimated by the Probio 1.0 software. Estimated methane production indicates that there has been low recovery and losses in gas transportation.

KEYWORDS: dissolved methane, mass balance, UASB reactor.

1 | INTRODUÇÃO

Reatores anaeróbios têm sido largamente utilizados em estações de tratamento de esgotos (ETE) em função da sua compacticidade, da redução da área necessária para tratamento aeróbio, da menor geração de lodo, da possibilidade de se evitar algumas etapas no tratamento do resíduo sólido gerado, além de gerar biogás (CHERNICHARO, 2007).

A composição típica do biogás gerado e coletado em reatores UASB, utilizados no tratamento de esgoto sanitário, é em torno de 70 a 80% de CH_4 , 10 a 25% de N_2 e 5 a 10% de CO_2 (LOBATO et al., 2013; CHERNICHARO et al., 2015). A importância no controle dessas emissões se dá pela contribuição do metano no efeito estufa (HOWARTH, 2014; IPCC, 2014) e pelo potencial de produção de energia após sua queima (BILOTTA; ROSS, 2016; ROSA et al., 2017). De acordo com Bressani-Ribeiro et al. (2017), com a queima do biogás podem ser gerados cerca de 11.646 GWh ano⁻¹ de energia térmica e 6.562 GWh ano⁻¹ de eletricidade, demonstrando o grande potencial que há em estações de tratamento de esgotos.

No entanto, a utilização do biogás como fonte energética apresenta alguns desafios. A produção de metano é dependente das condições operacionais (tempo de detenção hidráulica), condições ambientais, como temperatura, pH, alcalinidade, nutrientes, presença de cargas tóxicas, de sulfatos e disponibilidade de substrato (CHERNICHARO, 2007; CHERNICHARO et al., 2015). O gás sulfídrico, mesmo em baixas concentrações, pode liberar odores e causar corrosão na tubulação de

condução do biogás e da energia produzida (NOYOLA et al., 2006; VARNERO et al., 2012).

Além disso, do CH₄ produzido, nem todo ele é captado no separador trifásico, sendo perdido dissolvido no efluente e desprendido na atmosfera, sem ser captado (SOUZA et al., 2012). Novas pesquisas apontam ainda a presença de microrganismos metanotróficos, capazes de realizar a metanogênese reversa e dessa forma, promover a oxidação do CH₄ a CO₂, utilizando-se diferentes aceptores de elétrons, em sistemas anaeróbios, tendo redução da presença do gás no sistema (SINISCALCHI et al., 2016).

Para avaliar o potencial de geração de metano em uma ETE, existem alguns modelos na literatura, tais como o proposto pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC - Equação 1) e segundo o balanço de massa de DQO corrigido com a temperatura (Equação 2) (CHERNICHARO, 2007). A Equação 3 é utilizada para calcular o fator de correção com a temperatura.

$$P_{CH_4} = Q * S_0 * \eta_{rem} * CP_{CH_4} * FCM * FCI \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / f(T) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$f(T) = P * K_{DQO} / R * (273 + T) \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: P_{CH_4} é a produção de metano em uma ETE (kg d⁻¹); Q é o volume de água tratada (m³ d⁻¹); S₀ é a DQO da água residuária (kg m⁻³); η_{rem} é a eficiência de remoção de DQO do sistema; CP_{CH_4} é a capacidade de produção do metano (0,25 kg(CH₄).kg(DQO)⁻¹); FCM é o fator de correção do metano em função do tipo de tratamento; FCI é o fator de correção devido a incertezas (0,89); Q_{CH_4} é a produção volumétrica de metano (m³ d⁻¹); DQO_{CH_4} é a carga de DQO removida e convertida em metano (gDQO); f(T) é o fator de correção para a temperatura (kgDQO m⁻³); P é a pressão atmosférica (1atm), K_{DQO} , corresponde a um mol de DQO (64 gDQO mol⁻¹), R é a constante dos gases (0,08206 atm L mol⁻¹ K⁻¹).

Dentro da Universidade Federal de Lavras (UFLA), há uma estação de tratamento de esgotos (ETE-UFLA), a qual recebe e trata os efluentes gerados no campus. Dentre as unidades de tratamento, há reatores UASB que geram metano, e existe uma preocupação da universidade em fazer o aproveitamento energético do biogás. No entanto, a ETE-UFLA tem apresentado problemas na captação e armazenamento do biogás, em função da baixa vazão que alimentam os *bags*, mesmo com a operação normal da estação. Dessa maneira, o presente trabalho objetivou avaliar as condições de operação do reator UASB, além de estimar a produção teórica, pela utilização de diferentes modelos, quantificando também as possíveis rotas de perdas do metano na estação de tratamento de efluentes da Universidade Federal de Lavras.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA), que é composta, dentre outras unidades de tratamento, por seis reatores UASB. Esses reatores de volume de 62,37 m³ (cada), com altura útil de 5,5 m e diâmetro de 3,8 m, foram projetados para atender vazão (total) de 900 m³ d⁻¹ de esgoto sanitário gerado no campus. Pelo estipulado em projeto, espera-se que haja produção mensal, em cada reator, 894 m³ de biogás, a partir da remoção de 67% de DQO. No período do experimento (junho a julho de 2017), no entanto, a ETE operou com vazão de 150 m³ d⁻¹, garantindo um tempo de detenção hidráulica (TDH) seis vezes superior a de projeto, que é de 10 h.

O biogás produzido no reator anaeróbio sai pelo separador trifásico e é captado por tubulações que conduzem até o seu armazenamento em *bags*, onde fica retido até a queima. No entanto, em função da baixa vazão de biogás, ainda não é feito o aproveitamento energético, que é um objetivo futuro da universidade.

Para a avaliação do potencial de produção de metano e estimar as possíveis perdas, foi monitorado apenas um dos seis reatores, realizando sete coletas (27 e 29/06, 04, 06, 11, 13 e 18/07) com determinação, em todos ou em alguns desses dias, das concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO - refluxo fechado), Sólidos Voláteis (SV - gravimétrico) e Totais (ST - gravimétrico), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK - titulométrico), Fósforo Total (PT - titulométrico) e alcalinidade total (ALT - titulométrico), além dos valores de pH afluente e efluente ao reator UASB. As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFLA do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, onde foram realizadas análises em triplicata, seguindo metodologia presente em APHA et al. (2012).

As Equações 1 e 2, apresentadas na literatura, além das Equações 4, 5 e 6, propostas neste trabalho, foram utilizadas com o intuito de estimar a produção teórica de biogás na ETE-UFLA. Como a remoção da DQO em reatores UASB ocorre também por princípios não biológicos, que não resultam na produção do biogás (CHERNICHARO, 2007; OLIVEIRA; FORESTI, 2004), foi adicionado um outro termo à Equação 2, de forma a descontar a remoção física de sólidos voláteis (SV_{rem}) do cálculo de geração de CH₄ (Eq.4 - DQO_{rem} II).

$$Q_{CH_4} = [DQO_{rem} - SV_{rem}] / f(T) \quad (\text{Eq. 4})$$

A utilização de sólidos voláteis (SV), ao invés dos sólidos totais (ST) se deve a apresentação de valores mais condizentes e relacionados com as mudanças nos valores de DQO dessa variável na ETE-UFLA, que foi avaliada na entrada do reator UASB.

Sabe-se que a degradação anaeróbia gera além de CH₄, CO₂ e outros gases,

energia para a reprodução e crescimento das células microbianas. Assim, nem toda a DQO removida é convertida em biogás. Na Equação DQO_{rem} III (Eq. 5), foi avaliado o efeito de introdução do coeficiente de produção de biomassa (Y), dado em gSSV por gDQO_{remov}, que segundo Chernicharo (2007), varia de 0,12 a 0,15 gSSV gDQO⁻¹ (foi adotado o limite máximo na avaliação).

$$Q_{CH_4} = [DQO_{rem} * (1 - Y)] / f(T) \quad (\text{Eq. 5})$$

Na Equação DQO_{rem} IV (Eq. 6), combinou-se os fatores relacionados das Equações 4 e 5.

$$Q_{CH_4} = [DQO_{rem} - SV_{rem}] * (1 - Y) / f(T) \quad (\text{Eq. 6})$$

Os valores obtidos da DQO removida foram multiplicados pela massa específica teórica do metano (0,7143 kg m⁻³) para que ficassem na mesma unidade dos resultados do método UNFCCC e pudessem ser comparados (GERVASONI; CANTÃO, 2011). Nos cálculos, assumiu-se a temperatura de 20°C para o efluente dentro do reator, valor normalmente encontrado na unidade nessa época do ano.

Para avaliar a rota do metano dissolvido no efluente, adaptou-se as metodologias descritas por Alberto et al. (2000) e Souza et al. (2011). Amostras da saída do reator foram coletadas nos dias 05, 06 e 07/07 (em triplicata), acondicionadas em garrafas pet (com preenchimento total do recipiente), fechadas e armazenadas a 4 °C até o momento da análise (dia 07/07). Do conteúdo, 25 mL foram transferidos para frascos tipo "conta gotas" (70 mL), sendo agitados por 10 min, em mesa agitadora a 250 rpm.

Os testes foram realizados em triplicata e os frascos selados com silicone a fim de evitar a perda de gás pelos orifícios feitos para coleta com a agulha. Os frascos foram levados à Central de Análises e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras para a determinação da concentração de metano por cromatografia gasosa, no equipamento GC 2010 da *Shimadzu*, equipado com uma coluna RT-QPLOT (30 m * 0,32 mm * 10 µm). A temperatura da coluna foi mantida a 50 °C por seis minutos, enquanto no injetor e no detector a temperatura foi mantida a 200 °C. A injeção da amostra gasosa foi feita manualmente, com volume injetado de 0,25 mL, utilizando o Hélio (He) como gás de arraste. O tipo de injeção foi Split (1:10 v:v), com vazão de 3 mL min⁻¹. Os resultados obtidos foram utilizados na equação apresentada por Souza et al. (2011).

$$[CH_4] = \{ ([\%CH_4]_g / 100) \cdot [d \cdot V_g + (P_T - P_V)] \cdot K_H \cdot V_L \} / V_L \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que, [CH₄] é a concentração de metano dissolvido em mg L⁻¹; [%CH₄]_g é a concentração percentual de metano na fase gasosa do frasco (%); d é a massa específica do metano (calculada como 582,3 mg L⁻¹ a 25 °C e 0,89 atm); V_g é o volume da fase gasosa (mL); P_T é a pressão atmosférica (0,89 atm para a cidade de Lavras, MG); P_V é a pressão de vapor de água (0,032 atm a 25 °C); K_H é a constante

da lei de Henry para metano ($21,5 \text{ mg L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$); V_L é o volume da fase líquida (mL). A conversão da concentração de metano dissolvido para concentração de DQO foi feita com uso da relação de $0,064 \text{ kgDQO mol}_{\text{CH}_4}^{-1}$, parâmetro indicado por Lobato et al. (2012).

Para comparação dos valores obtidos de produção de metano, foi utilizado o *software* ProBio 1.0, programa desenvolvido para estimativa de produção de biogás em reatores UASB tratando esgotos sanitários, sendo uma parceria entre a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). No programa, que já fornece todas as porcentagens do balanço de massa de DQO (e as rotas do metano), foi inserida a vazão afluente no reator UASB avaliado ($23,3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$) e a DQO afluente média.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios, do desvio padrão e o número de dados de cada variável monitorada, além das eficiências de remoção. Para as variáveis NTK, fósforo total (PT) e alcalinidade total (ALT), foram feitas apenas duas campanhas, com a análise apenas do afluente ao reator UASB, para que se pudesse avaliar a adequabilidade das relações DQO:N:P e do poder tamponante para a degradação anaeróbia (condições ambientais).

	DQO	ST	SV	NTK	PT	ALT	pH
Afl.	847±652	986±655	550±383	154±50	5,7±1,3	528±138	7,45±0,23
Efl.	263±233	562±90	236±61	-	-	-	7,13±0,30
N	7	7	7	2	2	2	7
E(%)	62±28	33±20	48±21	-	-	-	-

Tabela 1. Valores médios afluentes (Afl) e efluentes (Efl) (em mg L^{-1} , com exceção do pH) ao reator UASB das variáveis monitoradas, além do número de dados (N), desvio padrão e eficiência de remoção (E).

A partir dos resultados apresentados, observa-se que a eficiência de remoção de DQO está dentro da faixa comumente encontrada de 55-70% no tratamento de esgoto sanitário. A relação DQO:N:P média nos dois dias avaliados foi de 149:27:1, inferior ao máximo recomendado para o tratamento anaeróbio, que é de 350:5:1. Já para a variável pH, recomenda-se que essa esteja entre 6,6 e 7,4, indicando que as condições ambientais e de operação e o desempenho do reator UASB da ETE-UFLA não explicam o baixo armazenamento de biogás (CHERNICHARO, 2007; DONOSO-BRAVO et al., 2013; RIVZI et al., 2015; WEN et al., 2017). Assim, é importante

investigar as possíveis rotas de perdas de CH₄.

A partir da utilização da Equação 7, foram obtidas as concentrações de 36, 11 e 34 mg L⁻¹ de CH₄ dissolvido, sendo, em média, superior ao observado nos trabalhos de Gervasoni e Cantão (2011) (10 mg L⁻¹) e Souza et al. (2011) (17 a 22 mg L⁻¹), indicando ser a dissolução do gás, uma importante fonte de perda do gás, possivelmente pelo elevado TDH e pelas baixas temperaturas no período do experimento, conduzido no inverno (CRONE et al., 2016). Para Greenfield e Batson (2005), outro possível fator influente na perda de metano dissolvido no efluente é o grau de agitação do líquido. Como na ETE-UFLA, a saída do líquido tratado no reator UASB ocorre por meio de um vertedouro tipo tulipa, havendo um ressalto hidráulico que causa turbulência na massa líquida, a concentração de metano dissolvido poderia ser ainda maior.

Na Tabela 2, estão apresentadas as porcentagens equivalentes às possíveis rotas de CH₄ em relação à carga de DQO que entrou no reator UASB.

	CH ₄ (rec.) (%)	CH ₄ (d) (%)	DQO _{efl} (%)	Compl. (%)
UNFCCC	-12,2	18,2	33,7	60,3
DQO_{rem I}	54,5	18,2	33,7	-6,4
DQO_{rem II}	29,6	18,2	33,7	18,5
DQO_{rem III}	49,3	18,2	33,7	-1,2
DQO_{rem IV}	-0,1	18,2	33,7	48,2
ProBio 1.0	34,4	10,5	33,7	21,4

Tabela 2. Porcentagens da DQO afluente convertidas a metano dissolvido (CH₄(d)), recuperado (CH₄(r)) e a parcela da DQO não removida (DQO_{efl}). A parte complementar (Compl) é a subtração das três frações.

Para cálculo do CH₄ recuperado, foi subtraída da produção estimada pelos modelos avaliados (UNFCCC, DQO_{rem I}, II, III e IV), a fração referente ao metano dissolvido (CH₄(d)). Já o complemento foi calculado pela diferença entre a DQO efluente e a parcela que não foi convertida em metano recuperado e dissolvido, como a DQO utilizada pelas bactérias redutoras de sulfato (BRS), convertida em lodo, perdida para a atmosfera e como gás residual de CH₄. Nos cálculos das porcentagens, considerou-se que 1 kg de CH₄ equivale a 4 kg DQO (CHERNICHARO, 2007).

Ao comparar os dois primeiros métodos, Gervasoni e Cantão (2011) observaram que os valores obtidos pela DQO removida eram muito superiores aos do primeiro método (UNFCCC), resultado que corrobora as observações do trabalho. Desconsiderando do balanço de massa de DQO, o que foi removido por sedimentação ou sorção dos sólidos, a produção diminui. No entanto, não se pode

afirmar que toda a remoção de SV ocorreram por mecanismos físicos. Oliveira e Foresti (2004) encontraram que as remoções físicas eram responsáveis por 49 a 72% de toda a redução da concentração de DQO em reatores UASB tratando a água residuária da suinocultura. Utilizando o método da DQO removida II, houve desconto de 32 a 55%, o que parece ser razoável.

Calculando pelo método da DQO removida III, em que se leva em conta que nem toda a massa de DQO consumida é convertida em metano, uma parte é utilizada para crescimento celular, a produção bruta de metano diminui em relação ao método da DQO removida I. Porém, assim como o método mencionado, ambos aparentam causar superestimativa da produção de gás metano (complemento negativo). Ao se considerar a Equação 6, na qual há desconto da remoção física e da DQO utilizada para crescimento microbiano, chega-se a um complemento positivo de 48,2%, sendo que parte pode ter sido usado pela microbiota para redução de sulfato.

Souza et al. (2011) encontraram que 46,8% da DQO afluenta foi convertida a metano, sendo que parte do gás saiu como biogás (29,7%) e o restante foi perdido dissolvido no efluente (17,1%), valores próximos aos encontrados pelo método da DQO removida II (29,6% recuperado e 18,2% dissolvido no efluente do UASB). Segundo Chernicharo (2007), essa porcentagem de conversão fica entre 50,0 a 70,0%, enquanto a estimativa pelo DQO_{rem} II, esse valor estaria em 47,8%. Desta forma, o modelo da DQO removida se apresenta adequado, aproximando-se do que está apresentado na literatura, ao contrário das conclusões de Gervasoni e Cantão (2011), que consideram o método UNFCCC mais apropriado

Comparando com as porcentagens obtidos usando o *software* ProBio 1.0, verifica-se, novamente, que o método DQO_{rem} II é que o mais se aproxima. As diferenças podem estar relacionadas à subestimativa das perdas de metano dissolvido em função da maior perda para atmosfera; ao uso de DQO pelas BRS; além das grandes variações de condições de operação da ETE, com grande variabilidade das concentrações de matéria orgânica afluenta.

Considerando a estimativa pelo método DQO_{rem} II, verificou-se que a produção teórica no reator avaliado é de $2,31 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ e $1,650 \text{ kgCH}_4 \text{ d}^{-1}$ (DQO_{rem} II), dos quais 29,6% é recuperado. Considerando produção igual nos demais reatores e alguns coeficientes de conversão (75% biogás = CH_4 ; $28,1 \text{ MJ m}_{\text{biogás}}^{-3}$; 30% de conversão do biogás em energia elétrica) (LOBATO et al., 2012; ROSA et al., 2017), a expectativa é de que haja geração de 542 KWh mês^{-1} , sendo uma importante fonte energética.

Assim, é importante que haja a investigação de possíveis rotas de perda da saída do separador trifásico até as *bags* ou em relação à qualidade do substrato (matéria orgânica afluenta), que pode ser de difícil degradação, resultando em geração de CH_4 aquém do potencial (SILVA et al., 2018). No último caso, é preciso inocular o lodo de ETE em solução com substrato facilmente assimilável e também

com o esgoto da UFLA, para confirmar ou refutar a hipótese.

4 | CONCLUSÕES

Com a realização do estudo exploratório, foi possível observar que as condições de operação da Estação de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA) não são limitantes à produção/armazenamento de CH₄ nas *bags* presentes. De acordo com a comparação com a literatura e utilizando o software ProBio 1.0, observou-se que o método da DQO removida II, com supressão do efeito da remoção física (DQO_{remov} II), é aquele que se mostrou mais adequado para estimar a produção de metano na ETE-UFLA, indicando uma produção teórica de 1,650 kgCH₄ d⁻¹. Sugere-se a adoção de medidas para que a ETE não perca o potencial de produção de energia elétrica, que pode resultar em economia na sua operação.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, M. C. R.; ARAH, J. R. M.; NEUE, H. U.; WASSMANN, R.; LANTIN, R. S.; ADUNA, J. B.; BRONSON, J. R. **A sampling technique for the determination of dissolved methane in soil solution**. Chemosphere: Global Change Science, v. 2, p. 57-63, 2000.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22a. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 1496p, 2012.
- BILOTTA, P.; ROSS, B. Z. L. **Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.21, n.2, p.275-282, 2016.
- BRESSANI-RIBEIRO, T.; BRANDT, E .M. F.; GUTIERREZ, K. G.; DÍAZ, C. A.; GARCIA, G. B.; CHERNICHARO, C. A. L. **Potential of resource recovery in UASB/trickling filter systems treating domestic sewage in developing countries**. Water Science and Technology, v.75, n.7-8, p.1659-1666, 2017.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento de águas residuárias - Reatores anaeróbios**. v. 5, 2ª edição. Belo Horizonte: ed. UFMG, 2007. 380p.
- CHERNICHARO, C. A. L.; VAN LIER, J. B.; NOYOLA, A.; BRESSANI-RIBEIRO, T. **Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges**. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v.14, p.649-679, 2015.
- CRONE, B. C.; GARLAND, J. I.; SORIAL, G. A.; VANE, L. M. **Significance of dissolved methane in effluents of anaerobically treated low strength wastewater and potential for recovery as an energy product: A review**. Water Research, v.104, p.520-531, 2016.
- DONOSO-BRAVO, A.; BANDARA, W. M. K. R. T. W.; SATOH, H.; RUIZ-FILIPPI, G. **Explicit temperature-based model for anaerobic digestion: Application in domestic wastewater treatment in a UASB reactor**. Bioresource Technhology, v.133, p.437-442, 2013.
- GERVASONI, R., CANTÃO, M. P. **Produção de metano a partir da digestão anaeróbia: relação entre teoria e prática**. Espaço Energia, n.15, p.13-20, 2011.

GREENFIELD, P. F., BATSTONE, D. J. **Anaerobic digestion: impact of future greenhouse gases mitigation policies on methane generation and usage.** Water Science and Technology, v. 52, n1, p. 39-47. 2005.

HOWARTH, R. W. **A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas.** Energy Science and Engineering, p.1-14, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014, 151 p.

LOBATO, L. C. S.; CHERNICHARO C. A. L.; SOUZA, C. L. **Estimates of methane loss and energy recovery potential in anaerobic reactors treating domestic wastewater.** Water Science and Technology, v.66, n.12, p.2745–2753, 2012.

LOBATO L. C. S.; CHERNICHARO C. A. L.; PUJATTI, F. J. P.; MARTINS O.; MELO, G. C. B.; RECIO, A. A. R. **Use of biogas for cogeneration of heat and electricity for local application: performance evaluation of an engine power generator and a sludge thermal dryer.** Water Science and Technology, v.67, n.1, p.159–167, 2013.

NOYOLA, A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M.; HERNÁNDEZ, J. E. **Treatment of biogas produced in anaerobic reactors for domestic wastewater: odor control and energy/resource recovery.** Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v.5, p.93–114, 2006.

OLIVEIRA, R. A.; FORESTI, E. **Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura.** Engenharia Agrícola, v.24, n.3, p.807-820, 2004.

RIZVI, H.; AHMAD, N.; ABBAS, F.; BUKHARI, I. H. **Start-up of UASB reactors treating municipal wastewater and effect of temperature/sludge age and hydraulic retention time (HRT) on its performance.** Arabian Journal of Chemistry, v.8, p.780-786, 2015.

ROSA, A. P.; CHERNICHARO, C. A. L.; LOBATO, L. C. S.; SILVA, R. V.; PADILHA, R. F.; BORGES, J. M. **Assessing the potential of renewable energy sources (biogas and sludge) in a full-scale UASB-based treatment plant.** Renewable Energy, online, 2017.

SILVA, C.; ASTALS, S.; PECES, M.; CAMPOS, J. L.; GUERRERO, L. **Biochemical methane potential (BMP) tests: Reducing test time by early parameter estimation.** Waste Management, v.71 p.19–24, 2018.

SINISCALCHI, L. A. B.; VALE, I. C. C.; ANTUNES, J. D.; CHERNICHARO, C. A. L.; ARAÚJO, J. C. Enriquecimento de microrganismos metanotróficos a partir de lodo de reator UASB tratando esgotos domésticos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.1, p.109-122, 2016.

SOUZA, C. L.; CHERNICHARO, C. A. L.; AQUINO, S. F. **Quantification of dissolved methane in UASB reactors treating domestic wastewater under different operating conditions.** Water Science and Technology, v.64, n.11, 2011.

SOUZA, C. L.; CHERNICHARO, C. A. L.; MELO, G. C. B. **Methane and hydrogen sulfide emissions in UASB reactors treating domestic wastewater.** Water Science and Technology, v.65, n.7, 2012.

UNFCCC. Approved Methodologies for Small Scale CDM Project Activities. Type III. AM-SIII.H. **Methane recovery in wastewater treatment** (Version 16.0). 32p., s.d.

VARNERO, M. T.; CARÚ, M.; GALLEGUILLOS, K.; ACHONDO, P. **Tecnologías disponibles para la**

Purificación de Biogás usado en la Generación Eléctrica. Información Tecnológica, v.23, n.2, p.31-40, 2012.

WEN, X.; YANG, S.; HORN, F.; WINKEL, M.; WAGNER, D.; LIEBNER, S. **Global Biogeographic Analysis of Methanogenic Archaea Identifies Community-Shaping Environmental Factors of Natural Environments.** Frontiers in Microbiology, v.8, p.1-13, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 4, 5, 6, 14, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 36, 38, 53, 148, 149, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 234, 235, 236, 237, 238

Águas residuárias 63, 136, 161, 188, 193, 194, 197, 215, 216, 224, 262, 275, 277, 279, 285, 288, 289, 290, 294, 295

Aplicabilidade 23, 26, 30, 33, 37, 41, 265

B

Balanço de massa 185, 187, 190, 191, 194

Biofiltro 110, 111, 112, 113

Biomassa 16, 111, 130, 131, 133, 134, 135, 171, 189, 216, 223, 226, 227, 231, 232, 233, 256, 257, 258, 289, 290, 294, 295

C

Controle 18, 22, 37, 38, 44, 70, 71, 75, 79, 100, 107, 109, 111, 114, 125, 128, 130, 131, 133, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 149, 157, 159, 168, 169, 173, 175, 176, 186, 197, 208, 209, 210, 236, 258, 289

D

Desinfecção 47, 75, 79, 82, 86, 90, 91, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 196, 198, 199, 204

Diagnóstico 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 49, 52, 63, 72, 130, 131, 136

Dragagem de lodo 65, 67, 68, 69, 72

E

Eficiência energética 13, 14, 22, 225

Efluentes não domésticos 138, 139, 140, 145, 146, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 175, 176

Efluente têxtil 205, 209, 211, 212

Efluente tratado 64, 66, 69, 70, 71, 196, 199, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 214, 274

Esgotamento sanitário 2, 4, 5, 9, 14, 24, 26, 27, 31, 32, 34, 36, 38, 51, 84, 139, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 235, 236, 237, 238, 243, 246, 247, 266, 267

Estações de tratamento de esgotos 41, 44, 49, 51, 52, 54, 62, 83, 84, 92, 138, 139, 169, 186, 197, 257

F

Filtro biológico percolador 55, 59, 158, 160, 161, 163, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286

Flotação 177, 178, 179, 180, 183, 184

I

Indicadores 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 47, 73, 80, 81, 86, 87, 92, 115, 116, 123, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 274

Indústria de calçados 75, 77, 78, 81, 82

L

Lagoa de estabilização 64
Lagoas de polimento 158, 159, 160, 165, 166
Lodo biológico 64, 73, 133, 257, 266, 268, 271
Lodo de esgoto 226, 227, 232, 256, 258, 259, 262, 264, 265
Lodos ativados 62, 65, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 176, 198, 218, 276, 279, 287, 289, 295

M

Máquina anfíbia 266, 267, 270, 271, 272, 273
Material orgânico 203, 276, 277, 278, 294
Maus odores 125, 126, 127, 128, 130, 131, 133, 134, 135
Membranas ultrafiltrantes 93, 95, 97, 99, 101, 105, 106
Mercado livre de energia 13, 19, 21, 22
Metano dissolvido 185, 189, 190, 191, 192
Modelagem hidráulica 149, 157
Monitoramento 4, 29, 38, 47, 67, 79, 80, 81, 96, 99, 106, 111, 116, 117, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 167, 168, 171, 173, 174, 175, 176, 196, 199, 203, 204, 220, 236, 267, 282, 287, 289, 290, 291, 292

N

Nutrientes 90, 122, 123, 158, 159, 160, 185, 186, 215, 216, 217, 218, 223, 276, 278, 279, 287, 288, 289, 295

P

Plano municipal de saneamento básico 23, 24, 25, 37, 38, 140, 168, 169
Poluentes 52, 65, 93, 95, 106, 140, 158, 160, 169, 197, 206, 215, 216, 258, 262, 287, 288, 289
Poluição industrial 139, 171
Pré-dimensionamento 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63
Problemas ambientais 216, 227, 287, 288

Q

Qualidade da água 44, 47, 63, 65, 80, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 106, 107, 115, 123, 138, 140, 197, 204, 244, 270, 289

R

Reator UASB 55, 59, 70, 79, 83, 112, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 163, 164, 185, 187, 188, 190, 191, 194, 228, 259, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285
Recursos hídricos 34, 41, 42, 43, 49, 62, 65, 76, 116, 141, 147, 148, 149, 176, 185, 188, 197, 215, 278
Rede coletora de esgoto 32, 242, 246, 249
Redução de custos 13, 14
Remoção de lodo 64, 66, 67, 71, 72, 73, 266, 267, 268, 270, 272
Remoção de nutrientes 158, 160, 215, 216, 217

Reúso não potável 42, 48, 49, 75, 77, 83
Reúso urbano 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 81

S

Saneamento ambiental 12, 22, 63, 266, 267, 286
Saneamento básico 1, 4, 9, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 53, 61, 62, 63, 108, 110, 116, 140, 147, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 238, 239, 244, 245, 275
Sistema de gestão ambiental 84, 85, 91
Sustentabilidade 1, 2, 8, 11, 35, 36, 37, 39, 111, 160, 169, 226, 263, 296

T

Taxa de recirculação 162, 177, 180, 181, 182, 183
Toxicidade 174, 184, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212
Tratamento de água 10, 15, 57, 62, 93, 94, 95, 96, 105, 107, 108, 177, 178, 179, 183, 264
Tratamento de efluente doméstico 64
Tratamento de lodo 266

U

Ultrafiltração 41, 42, 44, 49, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108
Universalização 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 27, 38, 51, 53, 62

 **Atena**
Editora

2 0 2 0