



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 3



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 3

Atena
Editora
Ano 2020

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

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)**

E57 Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-996-7
 DOI 10.22533/at.ed.967201302

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento 3*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 11 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface de conhecimento, o de resíduos sólidos.

Resíduos Sólidos são produtos de qualquer atividade humana, seja ela de pequeno ou grande porte. Estes podem se tornar uma problemática quando, dentro de um contexto operacional, a sua gestão não é correspondida de maneira absoluta, na qual venha garantir o controle do seu volume de geração.

Desta forma, faz-se uma importante ferramenta de estudo, uma vez que invoca a necessidade de investigação que levem a resultados que garantam a aplicação de novas técnicas que minimizem ou aborem as problemáticas dos resíduos sólidos gerados que afetam a tríplice ambiental, social e econômica.

Os resíduos sólidos, por sua vez, se não manejados, segregados e destinados corretamente, podem contribuir com a poluição do solo e da água.

As estratégias de gestão de resíduos sólidos direcionam para a minimização da produção de resíduos; o emprego de sistemas de reaproveitamento, reciclagem e tratamento para os resíduos gerados, e a disposição final em aterros sanitários.

Dentro deste contexto, as atividades de educação ambiental, visando à conscientização da população para a minimização da geração de resíduos, e os processos de reciclagem surgem, dentro de um sistema integrado de gestão de resíduos, como importantes etapas, por constituírem processos pautados em princípios ecológicos de preservação ambiental e participação social.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados ao saneamento ambiental, compreendendo, em especial, a gestão de resíduos sólidos, ao seu tratamento e gerenciamento. 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
ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PONTAL DO PARANÁ, LITORAL PARANAENSE	
Cesar Aparecido da Silva Alan D'Oliveira Correa Marcos Vinicius Oliveira de Figueiredo Matheus Kopp Prandini	
DOI 10.22533/at.ed.9672013021	
CAPÍTULO 2	12
ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE EM UM HOSPITAL DE PONTA GROSSA – PR	
Carolina Kratsch Sgarbossa	
DOI 10.22533/at.ed.9672013022	
CAPÍTULO 3	22
DESENVOLVIMENTO URBANO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO E AS SUAS CONSEQUÊNCIAS NA BAÍA DE GUANABARA	
Luiz Affonso de Paula Junior Roberta Luísa Barbosa Leal Clarissa Moschiar Fontelles Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.9672013023	
CAPÍTULO 4	33
IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ENCONTRADOS NO LIXÃO DE MASSARANDUBA- PB	
Vitória de Andrade Freire André Miranda da Silva Didiane Saraiva da Silva Edvanda de Andrade Freire Lígia Maria Ribeiro Lima	
DOI 10.22533/at.ed.9672013024	
CAPÍTULO 5	45
DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO PROVENIENTE DE TANQUE SÉPTICO COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	
Joseane Sarmiento Lazarotto Raphael Corrêa Medeiros Fernanda Volpatto Siara Silvestri	
DOI 10.22533/at.ed.9672013025	
CAPÍTULO 6	54
EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁGUA AO LODO DE ESGOTO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM BIODIGESTOR	
Ariane da Silva Bergossi Juliana Lobo Paes Priscilla Tojado dos Santos	

Romulo Cardoso Valadão
Maxmillian Alves de Oliveira Merlo
Guilherme Araujo Rocha
João Paulo Barreto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.9672013026

CAPÍTULO 7 66

O CONSUMO DE COPOS PLÁSTICOS DESCARTÁVEIS EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DO TRIÂNGULO MINEIRO

Ana Luísa Magalhães Mauad
Andreia Marega Luz

DOI 10.22533/at.ed.9672013027

CAPÍTULO 8 72

PRINCIPAIS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Luiz Eduardo Araujo Silva
Isadora de Sousa Oliveira
Yuri Cláudio Cordeiro de Lima

DOI 10.22533/at.ed.9672013028

CAPÍTULO 9 78

QUALIDADE HIGIENICOSSANITÁRIA DE QUEIJOS DE COALHO E DE MANTEIGA PRODUZIDOS EM LATICÍNIO NÃO INSPECIONADO NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ GRANDE-MA

Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho
Francisca Neide Costa
Sonivalde Santana
Anna Karoline Amaral Sousa
Herlane de Olinda Vieira Barros
Rosiane de Jesus Barros
Viviane Correa Silva Coimbra
Adriana Prazeres Paixão
Maria de Lourdes Guimaraes Borges
Francilene Miranda Almeida
Bruno Raphael Ribeiro Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.9672013029

CAPÍTULO 10 91

RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E SEU REAPROVEITAMENTO EM UM SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Eduardo Antonio Maia Lins
Edil Mota Lins
Cecília Maria Mota Silva Lins
Camilla Borges Lopes da Silva
Daniele de Castro Pessoa de Melo
Walter Santiago da Silva
Raphael Henrique dos Santos Batista
Wanderson dos Santos Sousa
Fábio Correia de Oliveira
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa
Adriane Mendes Vieira Mota

DOI 10.22533/at.ed.96720130210

CAPÍTULO 11	102
ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MICROBACIA DO CAMPUS II DO CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICA DO TOCANTINS	
<i>Lucas Antonio Vanderlei Amorim</i>	
DOI 10.22533/at.ed.96720130211	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	109
ÍNDICE REMISSIVO	110

EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁGUA AO LODO DE ESGOTO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM BIODIGESTOR

Data de aceite: 07/02/2020

Ariane da Silva Bergossi

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia Seropédica – RJ

Juliana Lobo Paes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica - Rio de Janeiro

Priscilla Tojado dos Santos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica – RJ

Romulo Cardoso Valadão

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica – RJ

Maxmillian Alves de Oliveira Merlo

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica – RJ

Guilherme Araujo Rocha

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica – RJ

João Paulo Barreto Cunha

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Engenharia
Seropédica – RJ

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho

avaliar o efeito da adição de água ao lodo de esgoto no processo de biodigestão anaeróbica. Utilizou-se no experimento oito biodigestores modelo indiano de bancada abastecidos em duplicata para cada diluição lodo de esgoto (LE) e água mineral (A) (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 LE:A) durante nove semanas. A eficiência da biodigestão foi avaliada por análises físico-químicas no afluente e efluente. Com relação ao biogás, avaliou-se a produção semanal e acumulada e o potencial energético. No que diz respeito as análises físico-químicas, verifica-se que os valores de pH, e umidade aumentaram e teores de sólidos totais e sólidos voláteis reduziram após o processo de biodigestão em todos os tratamentos. Em termos de produção acumulada, a diluição de 100:0 LE:A obteve 90% a mais de produção de biogás do que a de 25:75 LE:A. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que, para uma melhor eficiência, deve-se optar por tratamentos sem adição de água visando maior potencial de produção de biogás.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de resíduos, biogás, potencial de produção.

ADDITION EFFECT OF WATER TO SEWAGE SLUDGE ON ANAEROBIC BIODIGESTER

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of the addition of water to sewage sludge

on the anaerobic digestion process. Eight duplicate-fed Indian benchtop biodigesters were used in the experiment for each dilution of sewage sludge (SS) and mineral water (W) (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 SS:W) in nine weeks. The efficiency of the digestion was evaluated by physicochemical analyzes in the affluent and effluent. Regarding biogas, the weekly and accumulated production and the energy potential were evaluated. Concerning the physicochemical analyzes, it was verified that the pH, and humidity values increased and the total solids and volatile solids contents decreased after the digestion process in all treatments. In terms of cumulative production, 100:0 SS:W obtained 90% more biogas production than 25:75 SS:W. It is concluded that, for a better efficiency, it should be opted for treatments without addition of water aiming at higher potential of biogas production.

KEYWORDS: waste treatment, biogas, production potential.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, é possível verificar reflexos da falta de saneamento básico nas grandes metrópoles e periferias brasileiras. O setor de coleta e tratamento de esgoto apresenta-se bastante ineficiência devido ao fato de maior parte do esgoto gerado no país ser despejado de maneira inadequada na natureza. Em 2016, cerca de 51,9% da população tinha acesso ao serviço de coleta de esgoto, e apenas 44,9% dos esgotos gerados no país obtiveram tratamento (SNIS, 2016).

Os efluentes com destinação apropriada são encaminhados para as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's), onde ocorre a redução da carga orgânica e a remoção de substâncias poluentes, evitando assim os riscos ao meio ambiente e a população. O processo de tratamento apresenta como resíduo de suas operações o lodo do esgoto. O sistema de tratamento desse material consiste na sua desidratação do lodo com destinação final os aterros sanitários.

Essa forma de descarte constitui um dos grandes passivos ambientais, pois não há aproveitamento energético do lodo gerado nas ETE's. Em termos econômicos também há uma complexidade, visto que o mesmo possui custos elevados com transporte e preço por tonelada. Com isso, seu processamento e disposição final podem atingir até 60% dos custos operacionais de uma estação (FERNANDES & SOUZA, 2001). Assim, deve-se adotar tecnologias economicamente viáveis de forma que reintegrem este rejeito, rico em matéria orgânica e elevada carga microbiana, a um ciclo produtivo (HOMERO, 2013; EMBRAPA, 2018).

Dentre a gama de possibilidades, o uso do biodigestor afim de produzir biogás exibe grande potencial para o reaproveitamento do lodo de esgoto gerado nas ETE's (QUEIROZ et al., 2018). A implantação de biodigestores em ETE's pode ser considerado como um sistema de cogeração para o suprimento das demandas térmica e elétrica local, ou até mesmo como um auxílio na oferta de energia do

sistema interligado, na forma de geração descentralizada. Com isso, o emprego do biogás se torna uma opção estratégica, dependendo apenas de políticas apropriadas para sua viabilização (MARÇON et al., 2004).

Na Ásia, especialmente em países como China, Índia, Nepal e Vietnã, milhões de propriedades familiares utilizam biodigestores de pequena escala para a produção de biogás. Este é essencialmente destinado para o fornecimento de energia elétrica, assim como para atividades de culinária (XIAOHUA & JINGFEI, 2005). Já na Europa e na América do Norte, milhares de usinas de biogás estão inseridas no meio agrícola, com contínua expansão. No ano de 2007, mais de 3700 usinas de biogás operavam apenas na Alemanha. A viabilidade do funcionamento destas no espaço rural está diretamente relacionada a larga produção de matéria prima (JYOTHILAKSHMI & PRAKASH, 2016; KOSZEL & LORENCOWICZ, 2015). Ainda no contexto da Alemanha, em 2012, 7200 usinas de biogás produziram energia suficiente para o abastecimento de 5,3 milhões de residências (RADEMACHER et al., 2012).

No entanto, para a utilização do lodo de esgoto em biodigestores torna-se necessário pesquisas a fim de caracterizar o processo de biodigestão anaeróbica. Diante do contexto apresentado, objetivou-se com o presente trabalho analisar o efeito da adição de água ao lodo de esgoto no processo de biodigestão anaeróbica em biodigestores.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Eletrificação Rural e Energias Alternativas (LEREA) do Instituto de Tecnologia (IT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), campus Seropédica – RJ.

Utilizou-se lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Penha, pertencente à Companhia Estadual de Águas e Esgoto (Nova CEDAE), localizada no estado do Rio de Janeiro, e água mineral. O lodo de esgoto foi coletado após os decantadores primários.

No experimento foram utilizados biodigestores modelo indiano de bancada abastecidos com 1,7 kg de material de entrada (afluente) em quatro diluições de lodo de esgoto (LE) e água mineral (A) (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 LE:A). O sistema de abastecimento ocorreu em batelada, ou seja, acondicionou-se o afluente, no biodigestor, apenas no início do experimento. O abastecimento dos biodigestores com o afluente ocorreu 24 h após a coleta do dejetos bovino, a fim de evitar perda de biogás gerado devido ao precoce processo fermentativo.

O tempo de retenção hidráulica foi de 9 semanas (66 dias), com início em 11 de maio de 2018 e fim em 16 de julho de 2018. Após esse período obteve-se o material de saída denominado como efluente.

2.1 Biodigestores de bancada modelo indiano

O biodigestor utilizado no experimento se baseou no modelo indiano, sendo constituído por câmara de contenção do “selo de água”, câmara de fermentação, gasômetro e manômetro de tubo em U tendo água como líquido manométrico, conforme descrito por Paes et al. (2019).

Utilizou-se no experimento oito biodigestores, sendo em duplicata para cada diluição lodo de esgoto:água (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 LE:A). Os biodigestores foram dispostos sobre bancada no LEREA - UFRRJ, em condições de temperatura ambiente, abrigados da luz solar e chuvas.

O volume de biogás produzido foi determinado pelo produto do deslocamento vertical do gasômetro e sua área da seção transversal interna durante o TRH. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20 °C foi mensurada conforme metodologia empregada por Matos et al. (2017). As coletas de dados foram realizadas as segundas, quartas e sextas-feiras às 10:00 h da manhã. Finalizada as mensurações, o gasômetro foi esvaziado, através do registro de descarga do biogás (válvula de três vias).

O monitoramento da temperatura ambiente e interna dos biodigestores foi realizado com termopar conectado a milivoltímetro com precisão de $\pm 0,1$ °C. Para medir a temperatura interna, o termopar foi inserido na válvula de três vias fixada na parte superior do gasômetro após a caracterização do biogás.

2.2 Caracterização físico-química no afluente e efluente

A caracterização físico-química do afluente e efluente no biodigestor foi realizada quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), umidade (U), sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), conforme recomenda a Legislação do CONAMA 375/06 para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela APHA (2005). Os procedimentos foram realizados em triplicata para cada diluição LE:A.

2.3 Análises do biogás

O biogás gerado devido à biodigestão anaeróbica do lodo de esgoto e água nos biodigestores foi analisado quanto a produção semanal e acumulada e potencial de produção. Ainda, avaliou-se o potencial de produção de biogás utilizando os dados de produção final acumulada e as quantidades de afluente adicionado nos biodigestores. Os valores foram expressos em L de biogás por kg de afluente.

2.4 Análise estatística

Para a avaliação dos resultados referentes ao ensaio de biodigestão foi adotado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro relações lodo de esgoto:água (100:0, 75:25, 50:50, 25:75), duas condições de manejo (afluente e efluente) e duas repetições (2 biodigestores para cada relação). Dessa forma, foram utilizados oito biodigestores no experimento.

A análise estatística das características físico-químicas (pH, U, ST e SV) do afluente e efluente, em diferentes relações, foram submetidos à análise de variância seguido do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade pelo programa estatístico SISVAR, versão 5.6.

Os resultados experimentais de produção acumulada de biogás em função do TRH foram submetidos à análise de regressão, com o uso do programa estatístico R. Os gráficos de temperatura, produção volumétrica semanal e acumulada de biogás foram feitos utilizando-se o programa computacional Sigma Plot 2001, versão 7.0.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Temperatura ambiente e no interior do biodigestor

Observa-se na Figura 1 que a temperaturas interna do biodigestor, ou seja, do biogás, acompanharam as variações da temperatura ambiente ao longo do TRH.

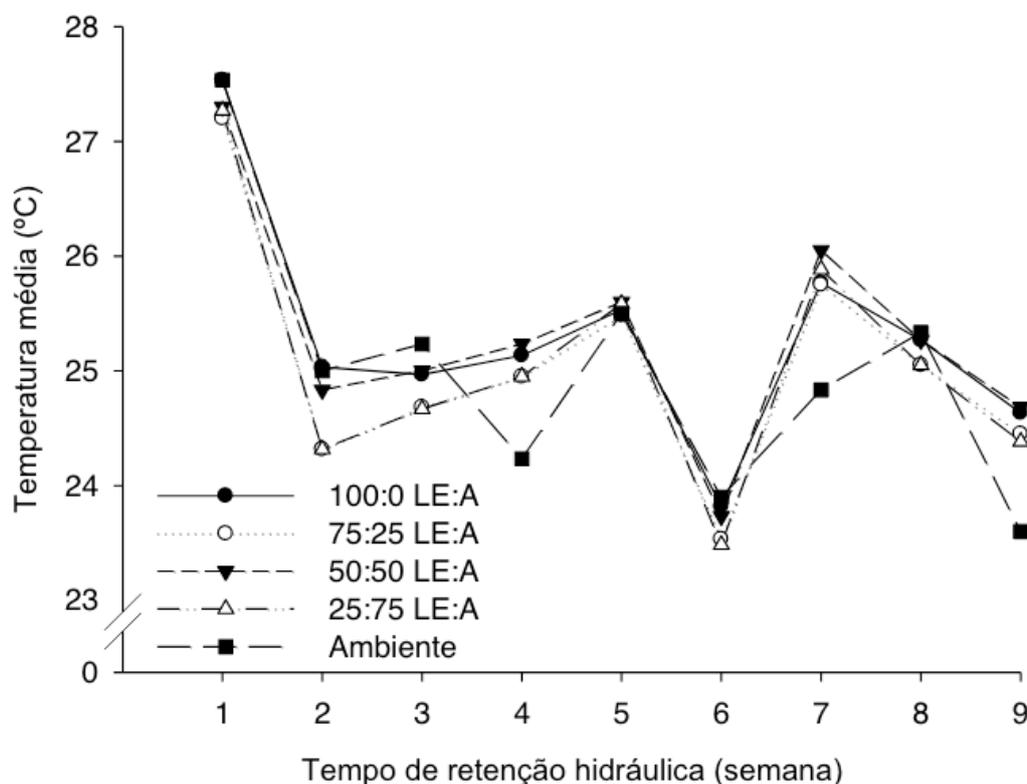


Figura 1 - Variação semanal média da temperatura interna e externa ao biodigestor.

Provavelmente, esse comportamento é decorrente do ponto de mensuração da temperatura. A campânula, local onde está instalada a válvula de três vias e reservatório do biogás, não possui isolante térmico. Assim, o biogás está mais susceptível a variação de temperatura, conforme ocorre no ambiente. No geral, a temperatura média tanto do ambiente quanto do biogás foi de 25 °C.

3.2 Avaliação qualitativa do afluente e efluente

Apresenta-se na Tabela 1, os valores médios de potencial hidrogeniônico (pH), umidade (U), sólidos totais (ST) e sólidos solúveis (SV) no afluente e efluente nas diluições com 100:0, 75:25, 50:50 e 25:75 LE:A. Nas diluições estudadas, pode-se observar que o pH do afluente não diferiu estatisticamente ao nível de 5% pelo teste Tukey entre si (Tabela 1). No entanto, no efluente observa-se que a redução na proporção de lodo de esgoto e aumento na água adicionada acarreta em redução do pH. O pH do lodo de esgoto no afluente encontra-se fora da faixa ideal (6,5 – 7,5) para o desenvolvimento microbiano. O meio ácido, isto é, abaixo de 6,0, pode acarretar em inibição das bactérias metanogênicas (PEREIRA et al., 2009).

Diluição LE:A	pH		U (%)		ST (%)		SV (%)	
	A	E	A	E	A	E	A	E
100:0	5,10Aa	7,55Ba	96,53Ac	96,75Bc	3,47Aa	3,25Ba	88,9Ab	77,4B
75:25	5,07Aa	7,46Bab	97,93Ab	98,01Bb	2,06Ab	1,99Bb	122,7Aab	96,0B
50:50	5,06Aa	7,44Bb	97,68Ab	98,31Bb	2,32Ab	1,69Bb	87,9Ab	81,6B
25:75	5,06Aa	7,45Bb	99,26Aa	99,41Ba	0,74Ac	0,59Bc	156,9Aa	116,7B

Tabela 1 – Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH), umidade (U), sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) para os afluentes (A) e efluentes (E).

Letras maiúsculas distintas na mesma linha e minúsculas distintas na mesma coluna representam diferenças significativas entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Ao comparar o afluente com o efluente, pode-se verificar aumento significativo dos valores médios de pH (Tabela 1). Segundo Matos et al. (2017a) aumento de pH ao longo do processo de biodigestão anaeróbia ocorre devido as transformações dos ácidos contidos nos afluentes em produtos gasosos. A alcalinização do pH garante o efeito tampão no efluente. Assim, o meio possui a capacidade de neutralizar ácidos sem perturbar de forma extrema as atividades biológicas, revelando estabilidade do sistema (CAMPOS et al., 2006).

Com relação aos resultados obtidos de umidade, verifica-se na Tabela 1 que apenas as relações 75:25 e 50:50 LE:A não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,005$) no afluente e no efluente. No entanto, a diluição acarreta em aumento nos valores médios de umidade. Verifica-se que o lodo de esgoto apresentou umidade elevada (Tabela 1), porém dentro da faixa de 99,26 a 96,53% reportada por Ferreira (2017).

Ao comparar o afluente com efluente observa-se aumento significativo dos valores médios de umidade ao longo do tempo de retenção hidráulica (Tabela 1). O aumento na umidade no efluente é esperado, pois na fase metanogênese ocorre a degradação anaeróbica da matéria orgânica biodegradável em metano e dióxido de carbono, para tal há formação de água (PEREIRA et al. 2015; CREMONEZ et al., 2013; BARANA, 2000).

Assim como observado para a umidade, apenas as relações 75:25 e 50:50 LE:A dos sólidos totais não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,005$) no afluente e no efluente (Tabela 1). No entanto, com o aumento da proporção de água adicionada acarretou em redução nos valores médios de ST. Cremonez et al. (2015) justificou os baixos teores de ST e SV do afluente composto por água residual de suinocultura e vinhaça adicionado no biodigestor devido a diluição ocasionada pela quantidade de água adicionada nas caixas coletoras e a própria lavagem das baias no dia da entrada do lote.

Ao comparar o afluente com efluente observa-se redução significativa dos valores médios de sólidos totais ao longo do tempo de retenção hidráulica. A redução dos ST indica que a população microbiana presente está adaptada suficientemente para degradar a matéria orgânica (BUENO, 2010).

O baixo teor de ST no afluente contendo apenas lodo de esgoto pode estar relacionado com a qualidade da amostra coletada na ETE. Provavelmente, o lodo de esgoto estava em processo de biodigestão anaeróbica evoluído nos tanques anaeróbicos da ETE. Xavier & Lucas Junior (2010) relataram redução nos valores de ST e SV ao utilizar dejetos bovinos como inóculo em vários ciclos de fermentação.

Para os teores de sólidos voláteis, verifica-se que apenas no afluente os valores médios diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1). Ainda, pode-se verificar que os valores médios de SV dos efluentes em todas as proporções estudadas foram inferiores ao do afluente.

Os resultados obtidos nesse trabalho estão de acordo ao apresentado por Bueno (2010). Segundo esse autor, o aumento da quantidade de água para diluição de dejetos bovinos e o TRH proporcionaram redução nos valores de ST e SV.

3.3 Análise do biogás

Observa-se na Figura 2 a produção imediata de biogás atingindo o pico máximo ainda na primeira semana de biodigestão anaeróbica, independente da proporção adotada. Verifica-se que, quanto maior a proporção de água adicionada no afluente, menor o pico de produção de biogás (Figura 2). O biodigestor contendo apenas lodo de esgoto apresentou maior pico de produção de biogás (4,5 L) na primeira semana quando comparada as demais proporções. Ainda nesse período, o pico de

produção de biogás das proporções 75:25, 50:50 e 25:75 LE:A foi de 3,2, 1,3 e 0,5 L de biogás, respectivamente.

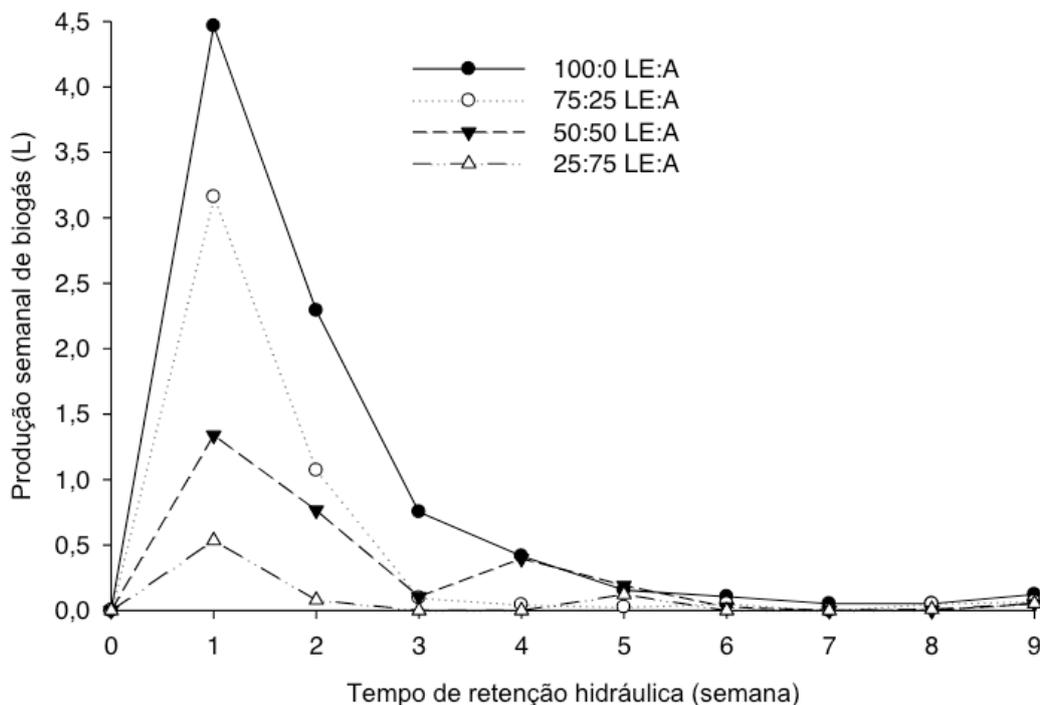


Figura 2 - Produção volumétrica semanal (L) de biogás.

Após o pico, verifica-se queda na produção de biogás em todas as proporções até o final do processo de biodigestão anaeróbica, com exceção para a proporção de 50:50. Nessa proporção, houve um pico secundário na quarta semana, seguido de queda até a nona semana do processo.

Diferentemente ao ocorrido no presente trabalho, estudos relatam que a biodigestão anaeróbica de dejetos animais em biodigestores necessitam de um determinado período, denominado de tempo de partida, para iniciar a produção de biogás. Xavier & Lucas Junior (2010) relataram que o tempo de partida na biodigestão anaeróbica de dejetos bovino foi de 63 dias, apresentando pico aos 93 dias. Amorim et al. (2004) mencionam que houve antecipação na produção de biogás da biodigestão anaeróbica de dejetos caprinos durante o verão e o outono. Os resultados referentes ao tempo de partida encontrados pelos autores foi de aproximadamente 30 e 35 dias na primavera e no inverno, respectivamente. Através dos resultados obtidos, nota-se que o lodo de esgoto proporciona aceleração de partida na produção de biogás, e quanto maior a adição de água, menor a produção.

O perfil de produção acumulada de biogás, apresentado na Figura 3, para as diluições estudadas apresenta ausência da fase lag ou adaptação, provavelmente devido a carga microbiana presente no lodo de esgoto já ser bioestável ao meio. Essa bioestabilização é decorrente do processo de tratamento de esgoto nas ETE's. Dessa forma, atinge-se a fase de crescimento logarítmico, em que há consumo da

carga orgânica e, conseqüentemente produção de biogás, imediatamente ao início do processo de biodigestão anaeróbica.

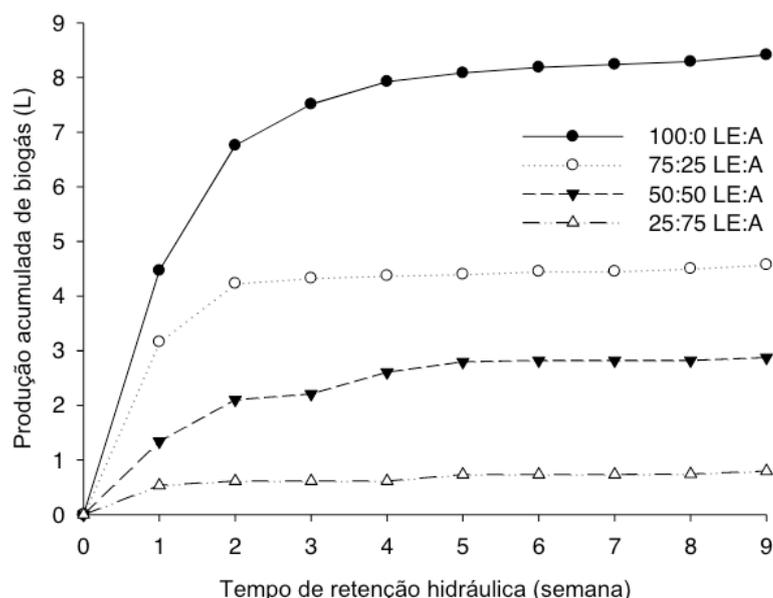


Figura 3 - Produção volumétrica acumulada (L) de biogás em função do TRH

Verifica-se na Figura 3 que a medida em que aumenta a diluição mais rápido atinge a fase estacionária, ou seja, produção acumulada de biogás nula. Esse efeito pode estar atrelado ao consumo total da carga orgânica criando condições inadequadas ao crescimento microbiano (Metcalf & Eddy, 2003). A estabilidade foi atingida na sexta, quinta, quarta e terceira semana para 100:0, 75:25, 50:50 e 25:75 LE:A, respectivamente.

Observa-se na Tabela 2 que os dados de produção acumulada das diluições 100:0, 75:25 e 50:50 LE:A em função do TRH ajustaram-se ao modelo *Response Linear Plateau*, isto é, modelo de regressão linear segmentado com platô.

Relação H:LE	Intervalo	Equação	Coefficiente de determinação (r^2)
100:0	$x_i < 1,775$	$\hat{y} = 7,928 + 4,467 x_i$	0,96
	$1,775 \leq x_i \leq 9$	$\hat{y} = 7,928$	
75:25	$x_i < 1,396$	$\hat{y} = 4,413 + 3,161 x_i$	0,99
	$1,396 \leq x_i \leq 9$	$\hat{y} = 4,413$	
50:50	$x_i < 2,48$	$\hat{y} = 2,707 + 1,051 x_i$	0,93
	$2,48 \leq x_i \leq 9$	$\hat{y} = 2,707$	
25:75	$0 \leq x_i \leq 9$	$\hat{y} = 0,688\{1 + 103,873[\exp^{-5,878 X_i}]\}^1$	0,92

Tabela 3 - Equações de regressão ajustada aos dados da produção acumulada de biogás durante o processo de codigestão anaeróbica e os respectivos coeficientes de determinação.

em que x_i = tempo de retenção hidráulica (semana) e \hat{y} = produção acumulada

de biogás (L).

Verifica-se que a medida em que adiciona água menor a produção acumulada de biogás, sendo de 7,928, 4,413 e 2,101 L de biogás para 100:0, 75:25 e 50:50 LE:A, respectivamente. No entanto, a duração da fase de crescimento logarítmico, e conseqüentemente início da estabilização variou. Assim, obteve-se período de produção de biogás de 1,775, 1,396 e 2,480 semanas de biodigestão anaeróbica para 100:0, 75:25, 50:50 e 25:75 LE:A, respectivamente (Tabela 2).

Diferentemente ao ocorrido com as relações mencionadas anteriormente, o modelo logístico representou 25:75 H:LE, indicando que a produção acumulada máxima foi de 0,688 L em 1,6 semanas (Tabela 3).

Como era de se esperar, a proporção que possui maior quantidade de lodo de esgoto, apresentou maior potencial energético, expresso em L de produção de biogás por kg de afluente em relação às demais diluições. Para as diluições 100:0, 75:25, 50:50 e 25:75 LE:A obteve-se 4,8, 2,6, 1,8 e 0,04 L de biogás $\text{kg}_{\text{afluente}}^{-1}$, respectivamente.

A diluição é um fator que contribui para o equilíbrio dinâmico das fases da biodigestão anaeróbia (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) e conseqüentemente para a eficiência do processo (XAVIER & LUCAS JUNIOR, 2010). No entanto, para o lodo de esgoto a diluição favoreceu a dispersão da carga microbiana no afluente. Com isso, reduziu a atividade das bactérias produtoras de biogás, refletindo no perfil e quantidade de produção de biogás. Ainda no que se refere ao perfil de produção de biogás oriundo da biodigestão anaeróbica do lodo de esgoto, em que se tem antecipação tanto da produção quanto do pico, pode se inferir a sua utilização como inóculo a fim de acelerar o processo.

A utilização de lodo de esgoto como inóculo tornou-se um método atrativo no processo de biodigestão anaeróbica, uma vez que impulsiona na aceleração de partida da produção de biogás e reduz o tempo de retenção hidráulica. Essa metodologia baseia-se em empregar parte do material que já passou por tal processo, a fim de fornecer ao novo afluente uma população adicional de microrganismos. O lodo de esgoto, por sua vez, tem apresentado resultados satisfatórios como inóculo, comprovando sua viabilidade de aplicação (KONRAD et al., 2012; XAVIER & LUCAS JÚNIOR, 2010; LEITE et al., 2001).

4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que, para uma maior eficiência no processo de biodigestão anaeróbia do lodo de esgoto proveniente das ETE's, deve-se optar por tratamentos sem adição de água visando uma maior produção de biogás.

REFERÊNCIAS

- Amorim, A.C.; Lucas Júnior, J. de; Resende, K.T. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano**. Engenharia Agrícola, vol. 24, p.16-24, 2004.
- APHA; AWWA; WPCF (2005) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th Edition. Washington. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington-DC, USA.
- Barana, A. C. **Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2000, 31p
- Bueno, R. de F. **Comparação entre biodigestores operados em escala piloto para produção de biogás alimentado com estrume bovino**. Holos Environment, vol. 10, p. 111-125, 2010.
- Campos, C.M.M.; Carmo, F.R.do; Botelho, C.G.; Costa, C.C. da. **Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial**. Ciência e Agrotecnologia, vol. 30, p. 140-147, 2006.
- CONAMA 375/06. **Resolução CONAMA 375, de 29 de agosto de 2006**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf> >. Acesso em: 28 de agosto de 2018.
- Cremones, P.A; Feiden, A.; Zenatti, D.C.; Camargo, M.P. de; Nadaleti, W.C.; Rossi, E. de; Antonelli, J. **Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, vol. 2, p. 21-35, 2013.
- Cremones, P.A.; Rossi, E. de; Feroldi, M.; Teleken, J.G.; Feiden, A.; Dieter, J. **Codigestão de água residual de suinocultura e vinhaça sob diferentes condições térmicas**. Revista de Ciências Agrárias, vol. 38, p. 103-110, 2015.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Lodo de esgoto é ótimo componente de substratos para plantas**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32485890/lodo-de-egoto-e-otimo-componente-de-substratos-para-plantas>>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.
- Fernandes, F.; Souza, S.G. de. **Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos**. Estabilização de Lodo de Esgoto, cap. 2, p. 31, 2001.
- Homero, V. **Lodo de esgoto: um aliado da agricultura**, 2013. Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=2376.2.5>>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Jyothilakshmi R.; Prakash, S.V. **Design, fabrication and experimentation of a small scale anaerobic biodigester for domestic biodegradable solid waste with energy recovery and sizing calculations**. Procedia Environmental Sciences, vol. 35, p. 749-755, 2016.
- Konrad, O.; Machado, C.A.; Brietzke, D.T.; Secchi, F.J.; Nichel, L.; Marder, M. **Avaliação da utilização de dejetos bovinos com e sem uso de glicerina em biodigestores operados em batelada**. Revista Destaques Acadêmicos, vol. 4, p. 59-65, 2012.
- Koszel, M.; Lorenzowicz, E. **Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers**. Agriculture and Agricultural Science Procedia, vol. 7, p. 119 – 124, 2015.
- Leite, V.D.; Lopes, W.S.; Prasad, S. **Bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos em reatores de batelada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 5, p. 119-123, 2001.

- Matos, C.F.; Paes, J.L.; Pinheiro, E.F.M.; Campos D.V.B. **Biogas production from dairy cattle manure, under organic and conventional production systems**. Engenharia Agrícola, vol. 37, p. 1081-1090, 2017a.
- Matos, C.F.; Pinheiro, E.F.M.; Paes, J.L.; Lima, E.; Campos, D.V.B. **Avaliação do potencial de uso de biofertilizante de esterco bovino resultante do sistema de manejo orgânico e convencional da produção de leite**. Revista Virtual de Química, v. 9, p. 1957-1969, 2017b.
- Marçom, R.O.; Zukowski Junior, J.C.; Cavalcante, I.R.L. **Análise de planta térmica com biomassa (briquete de casca de arroz) - caso real “Fazenda Experimental do Centro Universitário Luterano de Palmas”**. V Encontro de Energia no Meio Rural, 2004.
- Metcalf; Eddy. Waste water engineering: treatment, disposal and reuse. 4. ed. rev. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.
- Paes, J.L. Matos, C.F.; Ferraz, G.A.E.S.; Brugginesi, G.; Queiroz, C.K.; Soares, C. S.G. de C. **Potencialidade do biogás gerado pela codigestão entre dejetos bovino e suíno**. In: ABDALA, P. J. P. Energia Solar e Eólica. 1 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. v. 2, p 317-332.
- Pereira, E.L.; Campos, C.M.M.; Moterani, F. **Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura**. Revista Ambiente & Água, vol. 4, p. 157-168, 2009.
- Pereira, M.S; Godoy, T.P.; Godoy, L.P.; Bueno, W.P.; Wegner, R.daS. **Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, vol. 19, p. 239-247, 2015.
- Queiroz, C K., Paes, J.L., Fernandes, P.L.B. **Caracterização da produção de biogás a partir da biodigestão de lodo de esgoto**. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Gramado. Anais: CBES, 2018. v. VII. p. 1-10.
- Rademacher, A.; HanreichIngo, A; Bergmann, I.; Klocke, M. **Black-Box-Biogasreaktor mikrobielle Gemeinschaften zur Biogaserzeugung**. BioSpektrum, vol. 18, p. 727–729, 2012.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.
- Xavier, C. de A. N; Lucas Junior, J. de. **Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo**. Engenharia Agrícola, vol. 30, p. 212-223, 2010.
- Xiaohua, W.; Jingfei, L. **Influence of using household biogas digesters on household energy consumption in rural areas—a case study in Lianshui County in China**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 9, p. 229-236, 2005.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ambiente 7, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 28, 31, 34, 35, 42, 52, 55, 57, 58, 59, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 76, 90, 93, 94, 100, 110

Análise 1, 4, 9, 11, 12, 15, 21, 33, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 49, 50, 58, 60, 76, 83, 84, 89, 92, 94, 96, 97, 100, 102, 107, 108

Avaliação de impacto ambiental 72, 73, 74, 76, 77

B

Balneários 1, 4, 5, 6, 9

Biogás 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

C

Conscientização 1, 2, 9, 10, 34, 66, 93

Controle de qualidade 79

D

Degradação fitogeográfica 102

Desinfecção 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 81

Diagnóstico de resíduos 1

E

Educação ambiental 1, 3, 9, 32, 93, 100

Efluente doméstico 45, 48

F

Fábrica de laticínios 79, 87

G

Geração 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 13, 16, 56, 66, 67, 69, 77, 92, 103

Gerenciamento de resíduos 1, 9, 10, 12, 14, 20, 21, 94

Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde 12, 14, 20

Gestão 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 43, 44, 65, 76, 77, 92, 93, 94, 100, 101, 110

Gestão ambiental 1, 9, 11, 76, 77, 93, 100, 101, 110

Gestão integrada 1, 21

I

Impactos ambientais 20, 22, 30, 33, 43, 73, 74, 75, 76, 94

Inovação 110

L

Lixão de massaranduba 33

Lixo 9, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 66, 71, 92

M

Meio ambiente 7, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 28, 31, 34, 35, 42, 52, 55, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 76, 93, 94, 110

Metodologias 35, 43, 72, 73, 74, 76, 77

Monitoramento 57, 82, 94, 102, 103, 107

P

Poluição 22, 23, 24, 30, 31, 34, 37, 67, 71

Potencial de produção 54, 57, 92

Q

Queijos 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89

R

Radiação ultravioleta 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53

Reciclagem 9, 10, 20, 33, 35, 36, 39, 41, 42, 71, 92, 100

Redução 20, 45, 51, 52, 55, 59, 60, 66, 67, 80, 102

Resíduos de serviços de saúde 12, 13, 14, 20, 21

Resíduos plásticos 66, 67, 71

Resíduos sólidos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 64, 67, 70, 71, 91, 93, 94, 99, 100, 101

Riscos 1, 13, 14, 20, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 55, 110

S

Saneamento 2, 10, 11, 13, 22, 23, 25, 29, 30, 31, 32, 45, 52, 53, 55, 65, 93

Saneamento ambiental 29

Saneamento básico 2, 10, 13, 31, 55

Saúde ambiental 1

Serviço de inspeção oficial 79

T

Tratamento de resíduos 54, 64, 91

 **Atena**
Editora

2 0 2 0