

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^a Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^a Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226211904

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Este e-book intitulado: “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2” é composto por dezoito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três áreas temáticas: (i) minerais e materiais lignocelulósicos; (ii) aplicações industriais e (iii) aplicação de tecnologias avançadas de tratamento com destaque para os processos oxidativos avançados (POAs).

A primeira temática é constituída por oito trabalhos que apresentam estudos de utilização de resíduos como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos e a obtenção de materiais de elevado custo e aplicabilidade a partir de matéria-prima mais abundante e economicamente mais acessível. Além disso, apresenta um trabalho que descreve um procedimento experimental para a escolha mais adequada e viável de uma biomassa de origem vegetal que pode apresentar características de um adsorvente e vir a ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto modificada quimicamente, objetivando-se a remoção de compostos inorgânicos e orgânicos em diferentes matrizes aquosas. Neste sentido, trabalhos que investigaram a capacidade de remoção de poluentes utilizando minerais (argila) e biomassas vegetais (ricas em celulose e/ou lignina) apresentaram resultados satisfatórios em relação aos compostos-alvo de interesse, com destaque para a remoção do metal cromo hexavalente (Cr^{6+}) e fósforo e nitrogênio amoniacal que provocam a eutrofização de corpos aquáticos e morte de toda a biota.

O segundo tema está associado à aplicação dos conhecimentos de química e engenharia em diferentes seguimentos: (i) alimentação e (ii) processos industriais. No setor de alimentos é apresentado um trabalho que trata da avaliação microbiológica de biscoitos e empanados processados com filé de carpa Húngara, bastante abundante no estado de Santa Catarina. Já em processos industriais é apresentado um estudo que avalia o melhor dimensionamento de um condensador de amônia que possui grandes aplicações em diferentes seguimentos industriais; um estudo que avalia e compara os reatores CSTR e PFR para a produção de combustível proveniente de fontes renováveis e por fim um estudo de caso que avaliou a utilização de biometano em frotas de ônibus de seis cidades do estado de São Paulo.

A última temática trata da aplicação de diferentes POAs (Fenton e fotocatalise heterogênea tanto com o trióxido de tungstênio dopado com prata ($\text{WO}_3\text{-Ag}$) quanto o dióxido de titânio (TiO_2) para a degradação de diferentes CIEs (fármacos, microplásticos) que vem sendo reportado em trabalhos realizados em todo o mundo. No Brasil a falta de uma legislação mais restritiva associada a falta de fiscalização vem colaborando para a maior detecção e quantificação de diferentes CIEs nos diferentes compartimentos aquáticos afetando a qualidade e a sobrevivência dos diferentes organismos presentes nos inúmeros ecossistemas brasileiros.

Neste sentido, a Atena Editora vem colaborando com pesquisadores de todas as áreas do conhecimento possibilitando a divulgação de seus trabalhos e contribuindo com a disseminação destas informações de forma gratuita e acessível em diferentes plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Adriel Martins da Silva
Keina Dalila dos Santos
Luan Regio Pestana
Luís Ramon Silva Ferreira
Façal Gazel

DOI 10.22533/at.ed.2262119041

CAPÍTULO 2..... 13

VULCANIZAÇÃO COM PRODUTOS NATURAIS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA MODELAGEM MOLECULAR

Helson Moreira da Costa
Valéria Dutra Ramos

DOI 10.22533/at.ed.2262119042

CAPÍTULO 3..... 40

OBTAINING GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE USING THE HUMMERS METHOD

Dailson José de Queiroz Lima
Samantha Amorim Rebolledo
Everton Fabrício Franceschi
Leonardo Auco Brochetti

DOI 10.22533/at.ed.2262119043

CAPÍTULO 4..... 56

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA TRIAGEM EXPERIMENTAL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

DOI 10.22533/at.ed.2262119044

CAPÍTULO 5..... 69

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE Cr(VI)

Lenice Campos
Robert Orlando Braz Giacomini
João Batista dos Santos Magalhães de Almeida
Pedro Roberto Araújo Santos Filho
Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119045

CAPÍTULO 6..... 81

AValiação DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA

LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Geovanna Miranda Teixeira

Emanuel Souza de Souza

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.2262119046

CAPÍTULO 7..... 95

EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE BAMBÚ ANGUSTIFOLIA “BAMBUSOIDEAE” FACTOR DETERMINANTE DEL PORCENTAJE DE CELULOSA EXTRAIDO

Willam Esparza

Luis Chamorro

Wilson Herrera

DOI 10.22533/at.ed.2262119047

CAPÍTULO 8..... 105

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Lenice Campos

Bárbara Leticia Peroni

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119048

CAPÍTULO 9..... 118

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDO CINÉTICO E MODELAGEM SEMI-MECANÍSTICA

Gustavo Batista

Renata Beraldo Alencar de Souza

Antonio José Gonçalves Cruz

DOI 10.22533/at.ed.2262119049

CAPÍTULO 10..... 126

APLICAÇÃO DE WETLANDS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camila Daniely Costa

Daylaine Aguiar Santos

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

DOI 10.22533/at.ed.22621190410

CAPÍTULO 11..... 141

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BISCOITOS E EMPANADOS PROCESSADOS COM E SEM GLÚTEN A PARTIR DE FILÉ DE CARPA HÚNGARA (*CYPRINUS CARPIO*)

Arthur Mateus Schreiber

Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.22621190411

CAPÍTULO 12..... 148

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CONDENSADOR DE AMÔNIA DO TIPO PLACA

EM ESPIRAL

Maria Clara de Carvalho Aguiar
Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.22621190412

CAPÍTULO 13..... 157

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DOS REATORES CSTR E PFR PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriella Santos Soares
Sabrina Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22621190413

CAPÍTULO 14..... 171

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Ivo Leandro Dorileo
Leonardo G. de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.22621190414

CAPÍTULO 15..... 180

REAGENTES FENTON: TÉCNICA ANALÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR MICROPLÁSTICOS

Andressa Rossatto
Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

DOI 10.22533/at.ed.22621190415

CAPÍTULO 16..... 184

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS BIOADSORVENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS E REDUÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

José Henrique Hammerschmidt Muhlbeier
Luís Fernando Cusioli
Laiza Bergamasco Beltran
Rosângela Bergamasco

DOI 10.22533/at.ed.22621190416

CAPÍTULO 17..... 194

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE WO₃-Ag PARA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA NA DEGRADAÇÃO DE ACETAMINOFENO

Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari
Antonio Carlos Silva Costa Teixeira
Priscila Hasse Palharim

DOI 10.22533/at.ed.22621190417

CAPÍTULO 18.....	207
DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO₂ FIXADO AO LEITO	
Bruno Rampanelli Dahmer	
Sabrina Grando Cordeiro	
Giovana Wanessa Franke Bohn	
Jéssica Adriane Barth	
David Green	
Eduardo Miranda Ethur	
Elisete Maria de Freitas	
Gustavo Reisdorfer	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.22621190418	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 03/02/2021

Mauro Donizeti Berni

Interdisciplinary Center of Energy Planning,
NIPE, UNICAMP
Campinas, Brazil
ID Lattes: 1602054738205274

Paulo Cesar Manduca

Interdisciplinary Center of Energy Planning,
NIPE, UNICAMP
Campinas, Brazil
ID Lattes: 0410237154093098

Ivo Leandro Dorileo

Interdisciplinary Center of Studies on Energy
Planning, UFMT
Cuiabá, Brazil
ID Lattes: 923610390242225

Leonardo G. de Vasconcelos

ICET, Department of Chemistry, UFMT
Cuiabá, Brazil
ID Lattes: 6010413631026964

ABSTRACT: The current needs of sustainable urban development are rising. As the urban transport sector expands, emissions continue to rise. Due to their negative impact on human health and the environment, air quality requirements are becoming more and more stringent. At the same time, the amount of municipal solid waste is increasing. This work discusses the potential use of biomethane from MSW landfills to fuel urban

transport buses in six cities from Administrative Region of Campinas (ARC). Biomethane is produced by removing impurities from biogas. The ARC has approximately 6 million inhabitants in 92 cities, its GDP is around US\$ 20,000/per capita. In 2016, the RAC was generated 5740 tons per day of waste. Campinas, Jundiaí, Piracicaba, Limeira, Sumaré and Americana, they accounted for 40% of the total population and 45.8% of the total daily produced MSW. The availability of MSW landfills in order to produce biomethane and the use in urban bus fleets in six cities of the ARC would make it possible to generate the quantity of fuel necessary for the supply of 435 buses annually with a significant reduction in the emission of GHG.

KEYWORDS: Urban Transport, Landfill, MSW, Biomethane, GHG.

1 | INTRODUCTION

Biomethane is produced by removing impurities from biogas. The term biogas usually refers to a mixture of gases that are formed when organic materials break down in the absence of oxygen. Landfills and anaerobic digestion (AD) are the main production routes for this fuel. Biogas comprises methane, CO₂, hydrogen, sulphide and may also contain siloxanes and moisture. Biogas can be used for power and heat generation. In particular, it can be used in generators and in combined heat and power (CHP) systems. However, raw biogas cannot be used in road vehicles without removing the

non-methane components as these are not compatible with a modern engine and vehicle exhaust after-treatment technologies (Ricardo-AEA, 2015). Hence, the need to process biogas to remove these impurities, thereby producing biomethane.

The use of biomethane has a number of benefits when compared to natural gas (NG) and Diesel oil in road vehicles. Producing and using biomethane as a fuel is a way to reduce the vehicle emissions and can also be used to reduce the waste problem and increase the environmental benefits. Biomethane is suitable for city fleets as it is normally available in all cities from the municipal solid waste (MSW). A large variety of vehicles are available including buses and cars.

In Europe using biomethane in a fleet means that no extensive fuelling infrastructure is needed for cities with a NG grid used for vehicles, as it is convenient to inject the purified biogas directly into the grid. Hence the use of biomethane in fleets has the potential to be further spread in many countries but the concept needs more promotion and dissemination. Examples of successful implementation of the concept are Svensk Biogas AB in Linköping (SE), Lille Metropole (FR), Gothenburg Green Gas (SE) and BiogasMax, (EU project) (Eltis, 2019).

In Brazil, metropolitan areas, such Administrative Regional of Campinas (ARC), concentrate the generation of waste, most of the organic origin. Among these are solid wastes, sewage sludge, green waste, etc. All these residues have two common characteristics: i) as they are composed mostly of organic material, they have stored energy that can be harnessed; and ii) contain nutrients which can be recycled. These wastes have polluting potential depending on how they are discarded. On the other hand, harnessing the energy and nutrients contained therein can bring economic and environmental benefits. The main sources of biomethane in urban cities is landfill gas.

This work focussing the source of biogas from Municipal Solid Waste (MSW) degradation in landfills, including future production potentials and opportunities, supply urban buses in cities of the ARC, with large environmental benefits. Within the ARC 5740 tonnes per day of MSW were produced in 2018, with 48% being an organic waste. The ARC has ninety-two cities. Campinas, Jundiaí, Piracicaba, Limeira, Sumaré and Americana, they accounted for 40.0% of the total population and 45.8% of the total daily produced MSW (Table 1).

2 | BIOMETHANE TECHNOLOGY

Upgrading biogas to biomethane is a relatively new technology, still expensive and, in some cases, not well-known. Upgrading of landfill gas is defined as removal of carbon dioxide from the gas. This will result in an increased energy density since the concentration of biomethane is increased. Several technologies for biogas upgrading are commercially available and others are at the pilot or demonstration plant level. Some of these main

technologies (Peterson and Wellinge, 2018): i) Pressure Swing Adsorption (PSA); ii) absorption; iii) Membranes. Dry membranes for biogas upgrading are made of materials that are permeable to carbon dioxide, water and ammonia. Membrane separation is one of the classical methods for landfill gas upgrading.

3 I OVERVIEW THE PRODUCTION OF BIOMETHANE

In Europe countries it is important to remember that the best technology to choose is based on specific parameters at the plant, such as the availability of cheap heat and the electricity price. It should also be noted that it is often possible to lower the methane loss, but at the expense of a higher energy consumption. Methane that is lost in the upgrading process can be prevented from causing a methane slip to the atmosphere using technologies reviewed under “removal of methane from the off-gas” In some countries such Spain biomethane production is considered as a second, optional step, and production of conventional biogas is still the primary aim. In countries where primary biogas production is more diffuse such Austria, Germany, Switzerland, and Sweden on the other hand, biomethane production is often advocated, but its market-outcomes may still be immature for large-scale implementation (Capodaglio et al., 2016).

In Brazil, the buses are presently operated using conventional Diesel oil, biodiesel and ethanol. For example, the São Paulo Metropolitan Region, with its population of more than 11 million and seven million vehicles cars, is among the world’s most polluted cities in term of air quality The region is taking active steps to reverse this harmful trend. By 2018, the region will ban the use of fossil fuels and the public transport operator SP Trans, with a fleet of 15,000 buses, is planning for a fossil-free future according to data The Foundation State System of Data Analysis (SEADE, 2019).

The main Brazilian experiences with the use of biomethane in buses have been reported throughout the Itaipu Technological Park (ITP) by the bus fleet that offers internal transport services introduced a vehicle driven by the fuel obtained from the purification of biogas generated in the activities related to food production. The action is part of a joint venture carried out by Itaipu Binacional, the ITP Foundation, Scania Brazil, Haacke Farm and the International Centre for Renewable Energy (CIBiogás-ER). The aim is to demonstrate, monitor and regulate the production of biogas converted into biomethane and make it an alternative for urban and rural mobility. Biomethane used in the project is produced in the Haacke Farm, located in the town of Santa Helena, Paraná. The site has a herd of 80,000 laying hens and 750 cattle that produce a total of 960 m³ of biomethane per day as a result of the manure generated (Strömberg, 2018).

Currently in São Paulo State has two landfills that are being exploited for electricity from biogas production (Ett et al., 2019): i) São João landfill (in the East zone of São Paulo) a capacity of production of around 200 thousand MWh per year, and ii) Bandeirantes landfill

with a capacity of around 170 thousand MWh per year main importance used biomethane in urban transport is energy security.

4 | MATERIAL AND METHODS

The biogas production from MSW and the capacity to supply buses were estimated using bibliography data. Methane and biomethane volume generated per unit weight of organic material in the landfills were estimated. In the literature reviewed for this work, there are a variety of different units used. In this work we used the value as given in the reference documents, but for comparison and consistency adopt the unit of cubic meters and millions of tonnes of oil equivalence (Mtoe) because this is the unit used in International Energy Agency (IEA) publications. The conversion factors used are: i) biomethane: $1 \text{ PJ} = 0.023885 \text{ Mtoe}$ and $1.0 \text{ billion m}^3 = 35.17 \text{ PJ} = 0.840 \text{ Mtoe}$, and ii) biogas: $1.0 \text{ billion m}^3 = 19 \text{ PJ} = 0.454 \text{ Mtoe}$ (IEA, 2016).

Data was calculated the daily per capita production of MSW in kg/inhabitant.day (SEADE, 2019), for six cities focusing in ARC: Campinas, Jundiaí, Piracicaba, Limeira, Sumaré and Americana (Table 1). For calculation of the technical potential of the biogas production, segregation and recycling of organic waste was not considered out landfills. The total MSW production in the ARC of 5,740 tonnes per day was considered for the purpose of the calculations ((Abrelpe, 2013), (SEADE, 2019), (Franco et al., 2016)). In recent work we found an average MSW generation and it is estimated that 48,0 % of this amount, or 2,755 tonnes per day, consists of organic waste that can produce biogas in landfills (Franco et al., 2016) (Table 1). The technical potential was calculated based on the ratio of 5,500 m³ of biogas to every 100 tonnes of organic waste (55 m³/tonne) (EPE, 2016). We used that a ton of green waste generates a quantity of biogas equivalent to an energy yield of 2,385 MJ, while a ton of organic waste generates an energy yield of 2,649 MJ (Poeschl, 2012). One tonne of green waste therefore generates 59 m³ of biogas against 65 m³ for an equivalent quantity of organic waste. In this work, the average value of 55 m³ of biogas per tonne organic waste is considered.

Biogas arises from the decomposition of biodegradable waste within the landfill mass. It was considered that 50 % of the biogas produced can be captured to generate biomethane for used urban buses in six cities from ARC. Technical potential production biomethane is defined as the theoretical upper limit of conservation potential. It assumes that plants adopt all feasible measures regardless of their cost. At the time of existing equipment failure replace their equipment with the most efficient option available.

City	I	II	III	IV	V	VI	Six cities	ARC
Population (10 ³ inhab)	1,080	370.0	365.0	276.0	241.0	211.0	2,543	6,354
Production MSW (ton/day)	1,248	343.0	342.0	257.0	233.0	203.0	2,626	5,740
MSW (kg/inhab)	1.16	0.93	0.94	0.93	0.97	0.96	1.03	0.90
Production organic waste (ton/day)	599.0	164.6	164.2	123.4	111.8	97.4	1,26	2,75
Production of biogas (m ³ /day)	32,95	9,053	9,031	6,787	6,149	5,357	69,32	151,5
Biogas captured (m ³ /day)	16,473	4,527	4,515	3,394	3,074	2,678	34,66	75,76
Production biomethane (m ³ /day)	10,510	2,888	2,881	2,165	1,961	1,709	22,11	48,34

Obs: I – Campinas, II – Jundiaí, III – Piracicaba, IV – Limeira, V – Sumaré, VI - Americana

Table 1: Technical potential estimate daily volume of methane, in m³/day, that can be obtained from the MSW of six cities and ARC (base year, 2018).

As the landfill meets maturity in the methanogenic phase, gas levels is typical biogas value (% v/v) comprised of approximately 63,8 % biomethane and 33,6 % carbon dioxide (CO₂), with trace levels of other compounds, including nitrogen, oxygen, hydrogen, and non-methane organic compounds (NMOCs) such as ammonia and sulphides (EESI, 2018), (Ricardo-AEA, 2015), Regatieri, 2009)).

5 I REPLACING POTENTIAL OF DIESEL OIL BY BIOMETHANE BUS IN THE SIX CITIES

We would like to begin by expressing when dealing with biomethane buses, biomethane production in the same region is a key issue to consider. Actually, even if biomethane is CO₂ neutral from the combustion point of view, the move of waste by trucks to the biomethane production and distribution center is clearly responsible for some emissions that must be taken into account. The travels between all those sites should be reduced as much as possible. This is the reason why we now try to evaluate the potential of biomethane production in the only six cities ARC. Table 2 shows the potential substitution of biomethane for Diesel oil in the urban bus fleets of the cities Campinas, Jundiaí, Piracicaba, Limeira, Sumaré and Americana.

In ARC, the maximum producible annual quantity of biomethane is therefore estimated at 17,400,960 Nm³ and is equivalent to 20,898,553 kg of biomethane. In this work, the average value of density of biomethane is about 1.201 kg/Nm³ is considered (Jalalzadeh-Aza, 2019). In the European Union the report on good practice for the use of biomethane as

a transportation fuel must have methane content above 96.65 % and the limit values for the density between 0,555 and 1,295 kg/Nm³ (EU, 2019). In ARC one the basis of a biomethane consumption of about 48,28 kg per 100 km (NSCA, 2018) and a traveled distance of 45,000 km per year, this data would allow the bus operator to run 951 buses annually.

The current average specific consumption (ASC) of the buses running with Diesel oil is 0,4 l/km, that costs in São Paulo State. The price of Diesel oil is estimated at US\$ 0,984 per liter. Daily average mileage of an inner city Diesel bus is about 125 km and the total mileage per year is around 45,000 km ((ANTP, 2017), (ANP, 2018)).

Brazil offers various grades of Diesel oil that have different sulfur contents. Diesel emissions are affected by the amount of sulfur in the Diesel as well as the emission reduction technologies. CO emissions are low for Diesel engines. Total hydrocarbons emissions from Diesel oil are generally non methane, and less of a concern for global warming. The major concerns for diesel fuel are nitrogen oxides (NOx) and particulate matter emissions (Nylund et al., 2004). For the six cities focused on this work, we followed the same methodological procedure to calculate the fleet that can be fed with biomethane (Table 2).

City	I	II	III	IV	V	VI	Six cities
Available biomethane (10 ³ kg)	4,544	1,248	1,245	936.0	847.0	738.0	9,561
Number of buses that can be fed with biomethane (a)	206.0	57.0	56.0	42.0	38.0	36.0	435.0
(1) Bus fleet consumption Diesel oil (b)	967.0	260.0	223.0	145.0	127.0	111.0	1833.0
Substitution ratio (c) = [(a)/(b)]*100	21,3	21,9	25,1	28,9	30,0	32,4	23,7
Diesel oil avoid (10 ³ liter/year)	3,708.0	1,026.0	1,008.0	756.0	684.0	648.0	7,830.0
Diesel oil cost avoid (10 ³ US\$/ year)	3,649.0	1,009.9	991.8	744.0	673.0	637.6	7,705.0

Table 2 Substitution biomethane - Diesel oil in the urban bus fleets of six cities in ARC

Source: DATA Cities

Than one the basis this methodology to run 435 buses in six cities annually. This fleet of buses would avoid the consumption of 7,830,000 liters per year of Diesel oil, bringing environmental gains (Table 2). For example, with the total volume of diesel oil avoided in the six cities there would have been an avoided emission of CO₂ per year in the order of 25 thousand tonnes. It follows that with the avoided cost (US\$/year), it would allow the acquisition of 58 buses type “padron” for the renewal of the fleet (ANTP/Volvo, 2016).

6 | BARRIERS AND ENVIRONMENT BENEFITS AND SUSTAINABILITY OF BIOMETHANE

Unfortunately, regarding the use of the biomethane for urban transport, the situation is not so clear, legal conditions are still undefined and new tools for the development of the biogas as an alternative fuels must be developed regarding to: law, taxation, incentives, excise reduction, fuel distribution and introduction into the grid from a local/regional to a National regulation system, and special benefits for biomethane vehicles (i.e.: free parking, exemption from city gate tolls, special lanes for biogas taxis, financial support for investment in biogas vehicles, etc.). Regulators and lobbyists for the industry also need to be aware of the cost structure of the biomethane industry.

As the treatment of waste streams is mandatory for industries and municipalities, digestion, generation, and utilization of biogas obtained from those streams can reduce both wastes and their environmental impact while producing clean energy. This can also help reduce atmospheric GHG emissions, in line with the Brazil Nationally Determined Contribution (NDC) objectives setting an ambitious GHGs 37% reduction target until 2025 and 43% until 2030, compared to 2005 levels. Observed the actual gain achieved when replacing fossil fuels with biogas depends on the substrate used and other operational factors but, according to current literature, it would be possible to reduce GHGs emissions by at least 70% (Capodaglio ET AL., 2016).

7 | CONCLUSIONS

We conclude the use of biomethane as fuel for buses has numerous environmental impacts. Firstly, the local emissions when burning this gas are very low and lower than diesel for instance. Secondly, it copes with the broken cycle of the fossil fuels since the emissions of CO₂ are a part of the natural cycle. Biomethane works on a closed one. Finally, if we compare it to another biofuel available on the market, ethanol, biomethane as seems clearly cleaner. Indeed the gas is produced from organic wastes of the cities, which will anyway be released into the natural system. It doesn't compete with lands for food production or rain forest as ethanol does. Furthermore the use of biomethane contributing to the global in two ways: by deforestation and CO₂ emissions during the transportation.

In Brazil created its first law of solid waste which established the National Policy on Solid Residues (NPSR). The NPSR has induced in Brazil a greater dynamization and professionalization of waste management and landfill operation, which favors the expansion of biogas generation potential in Brazil.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the support of personnel, materials and equipments from the Interdisciplinary Center on Energy Planning, UNICAMP and Interdisciplinary Center

of Studies on Energy Planning, UFMT.

REFERENCES

ABRELPE, Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies, **Brazilian Atlas of GHG Emissions and Energy Potential in the Destination of MSW**, São Paulo, 2013, 172 p.

ANTP, Associação Nacional dos Transportes Públicos, **Simulador de emissões de frotas de ônibus urbanos**, <http://www.sindionibus.com.br/site/antp-e-volvo-lancam-simulador-de-emissoes-de-frotas-de-onibus-urbanos/>, [Accessed 01-december 2017].

ANP, Brazil's National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), Data Base SLP, **Sistema de Levantamento de Preços**, <http://www.anp.gov.br/preco/>, [Accessed 01-January-2018].

ANTP/Volvo, Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), Volvo do Brasil (Volvo), **Impactos ambientais da substituição dos ônibus urbanos por veículos menos poluentes**, org. Vasconcellos, E.A., Álvares, O.M., 2016, 63 p.

Capodaglio, A.G., Callegari A., Lopez, M.V., **European Framework for the Diffusion of Biogas Uses: Emerging Technologies, Acceptance, Incentive Strategies, and Institutional-Regulatory Support**, www.mdpi.com/journal/sustainability, Sustainability, doi:10.3390/su8040298, 8, 298; 2016, 18 p.

DATA Cities, **Data cities**: Campinas in www.emdec.com.br, Jundiaí in <https://www.jundiai.sp.gov.br/transportes/transporte-coletivo/>, Piracicaba in [http://www.semuttran.piracicaba.sp.gov.br/upload/kceditor/files/Frota%20Operacional\(2\).pdf](http://www.semuttran.piracicaba.sp.gov.br/upload/kceditor/files/Frota%20Operacional(2).pdf), Limeira in <http://www.sitlimeira.com.br/>, Sumaré and Americana buses fleets estimated based on SEADE data (2016), available at www.seade.gov.br. [Accessed 07-July-2019].

EESI, Environmental and Energy Study Institute, **Fact Sheet Landfill Methane**, <http://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-landfill-methane>, NW, Washington, DC, www.eesi.org, [accessed 15-november-2018], 5 p.

Eltis, **CaseStudies**, disponible: <http://www.eltis.org/discover/case-studies/biogas-bus-fleets-lille-france>, [Accessed: 03-september-2019].

EU, European Union, Project 'BIN2GRID' - European Union's Horizon 2020, **Report on good practice of biomethane usage as a transportation fuel**, WP 6 – Task 1/D 6.1, 2016, 60 p., Bin2Grid website: www.bin2grid.eu, [Accessed 05-june-2019].

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, **Nota Técnica DEA 18/14**, Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos, Rio de Janeiro, RJ, 2016, 50 p.

Ett, G., Landgraf, F., Reis, L. B., Derenzo, S., Mazzonetto, A., Burkhardt, H., L. A., **International Seminar on Biomass, Biogas and Energy Efficiency, Regional Leaders Summit**, Institute for Technological Research (IPT), São Paulo University (USP), Centro Paula Souza Piracicaba (FATEC), Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP), Bandeitantes Palace, São Paulo, 2013, 26 p., file:///C:/Users/Mauro/Downloads/868-Brazilian_bio_fuels_production_scenario-Biogas_Biomethane_and_Biosyngas.pdf, [Accessed: 03-june-2019].

Franco, T. T.; Berni, M. D.; Bajay, S. V.; Torres, L.; Lamparelli, R. A., **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos na Região Administrativa de Campinas**, SP In: X CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Gramado - RS, 2016. ISBN 9778-85-65931-02-1.

IEA, International Energy Agency, **IEA Training and Capacity-Building**, <https://www.iea.org/media/training/alumni/CheatSheet.pdf> , [Accessed 03-september-2016], 2 p.

Jalalzadeh-Azar, A., Saur, G., Lopez, A., Biogas Resources Characterization, National Renewable Energy Laboratory (NREL), **Hydrogen Program Annual Merit Review**, Project ID: AN0 05, 2010, https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review10/an005_jalalzadeh_2010_o_web.pdf , [Accessed 07-september-2019].

NSCA, National Society for Clean Air and Environmental Protection, **Biogas as a road transport fuel: An assessment of the potential role of biogas as a renewable transport fuel**, ISBN 0 903 47461 1, ISBN 978 0 903 47461 1, 2006, 52 p., www.nasca.org.uk , [Accessed 01-january-2018].

Nylund, N.K., K. Erkkila, M. Lappi, and M. Ikonen. **Transit Bus Emission Study: Comparison of Emissions from Diesel and Natural Gas Buses**. Helsinki, Finland: VTT Technical Research Centre of Finland, 2004, 63 p.

Peterson, A. and Wellinge A., **Biogas upgrading technologies – developments and innovations**, Task 37 - Energy from biogas and landfill gas, IEA Bioenergy, http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/publi-task37/upgrading_rz_low_final.pdf , [Accessed: 15-november-2018, 20 p.].

Poeschl, M., Ward, S. and P. Owende, **Environmental impacts of biogas deployment - Part I: life cycle inventory for evaluation of production process emissions to air**, Journal of Cleaner Production, v 24, 2012, p: 168-183.

Regattieri, C.R., **Quantificação da Emissão de Biogás em Aterros Sanitário: Estudo de Caso do Aterro Sanitário de São Carlos**, Tese (Doutorado), EESC, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009, 137 f.

Ricardo-AEA, **Biomethane for Transport from Landfill and Anaerobic Digestion**, Final report, Department for Transport PPRO 04/91/63, ED 60023, Issue Number 2, 2015, 66 p.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, Foundation State System of Data Analysis, **Perfil dos Municípios Paulistas**, www.seade.gov.br/ , [Accessed: 07-november-2019].

Strömberg, J., **Biomethane as a sustainable bus and truck fuel, Global experiences**, Scania Director Sustainable Solutions, https://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/What_we_do/Topics/Energy_access/7_Sustainable_transportation_for_buses_and_trucks_Strimberg.pdf , Scania CV AB jonas.stromberg@scania , [Accessed: 25-december-2018].

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorbância 72, 73, 205, 212, 214

Adsorção 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 121, 127, 184, 186, 189, 190, 191, 192, 196, 201, 204, 205

Adsorvente 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 79, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Águas superficiais 208, 209

Ambiente aquático 132, 185, 194

Analito 59, 60, 61, 62, 64, 65

B

Bactérias 128, 130, 136, 142, 146, 209

Bioadsorventes 58, 184, 218

Biocombustíveis 83, 158

Biodegradável 107, 158

Biodiesel 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173

Biogás 179

Biomassa 59, 65, 82, 83, 84, 86, 87, 92, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 160

C

Carbono 7, 13, 16, 21, 30, 40, 54, 83, 210, 212

Celulose 59, 60, 66, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 105, 116, 119, 120, 121, 124, 189

Coagulante 108, 117

Coliformes 116, 141, 142, 143, 145, 146

Condensador 148, 149, 150, 152, 153

Contaminação 26, 69, 215

Contaminantes emergentes 56, 185

Copolímero 13, 14, 20, 38

D

Degradação 65, 85, 127, 182, 194, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Densidade 11, 29, 58, 107, 108, 112, 113

Desenvolvimento sustentável 2, 11

Dessorção 196, 201

Destilação 152

Diesel 157, 158, 160, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 179

Dióxido de titânio (TiO₂) 210

E

Ecosistema 129, 130

Espectroscopia 54, 61, 83, 86, 90, 184, 196

Estação de tratamento de esgoto (ETE) 65, 218

Estrutura amorfa 82, 83

F

Fármacos 64, 184, 185, 186, 194, 208

Fibras 60, 83, 86, 87, 96

Floculante 105, 106, 107, 110

Fluido 55, 148, 149, 150, 167

Fotoatividade 195, 213

Fotocatalisador 194, 203, 204, 210, 213

Fotocatálise heterogênea 194, 210

G

Granulometria 3, 4, 63, 84, 120, 190, 208, 212, 213, 216

H

Hidrofílico 21, 58

I

Indústria química 148

In natura 14, 59, 61, 64, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 120, 187, 188

L

Lignina 60, 61, 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120

M

Mananciais 2, 208

Materiais lignocelulósicos 56, 59, 60, 61, 85, 120

Matéria-prima 2, 83

Matrizes ambientais 183

Meio ambiente 1, 2, 70, 80, 82, 87, 106, 116, 126, 128, 181, 184

Metais 2, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 69, 70, 127, 130, 138, 186, 210, 218

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 62, 184, 196, 211, 212

Mineral 70

Mineralização 212, 215

N

Nanomateriais 40

Nanopartículas 184, 186, 187, 188, 192, 194, 195, 197, 212, 213

O

Óleos 13, 14, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 169

Otimização 20, 54, 56, 58, 62, 63, 84, 105, 106, 122, 153, 165, 166, 168, 170

Oxidação 54, 63, 70, 127, 160, 194, 204, 215

P

Patógenos 127, 141, 209

Polímero 14, 60, 96, 106, 107, 112, 119

Polissacarídeos 61

Pré-tratamento 58, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 119, 120, 124, 125, 180, 182, 183, 210

Processos industriais 70, 82, 83

Processos oxidativos avançados 57, 194, 195, 208, 209, 210, 218

R

Radiação 61, 132, 195, 196, 200, 210, 216, 218

Reaproveitamento 1, 3, 12, 56, 126, 136, 138

Recursos hídricos 69, 127, 128

Remediação ambiental 56, 58, 218

Remoção 57, 59, 64, 65, 67, 69, 70, 73, 74, 78, 79, 82, 84, 87, 88, 105, 110, 113, 114, 115, 116, 127, 128, 130, 131, 139, 163, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 201, 216, 218

Renovável 82, 83, 158, 160, 161

Resíduo 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 67, 81, 82

Resistência 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 25, 58, 82, 118, 119, 122, 123, 124, 208

S

Semicondutor 213

Superfície 21, 61, 78, 79, 84, 110, 115, 130, 131, 132, 133, 143, 149, 186, 187, 188, 190,

196, 197, 204, 205, 211

T

Temperatura 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 31, 63, 84, 95, 96, 98, 111, 112, 119, 120, 127, 136, 143, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 161, 164, 166, 168, 182, 183, 187, 188, 189, 196, 197

Toxicidade 70, 194, 195, 209

Tratamento de efluentes 56, 57, 58, 65, 105, 126, 139, 208

Trocador de calor 148, 149, 152, 153, 154

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021