

# 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Prof<sup>a</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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](http://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 ( $\text{Cr}^{6+}$ ) 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 ( $\text{TiO}_2$ ) 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 WO<sub>3</sub>-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**

<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>207</b>
<b>DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO<sub>2</sub> FIXADO AO LEITO</b>	
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22621190418</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>218</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>219</b>

*Data de aceite: 01/04/2021*

*Data de submissão: 15/03/2021*

### **Camila Daniely Costa**

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH  
Belo Horizonte - MG  
<http://lattes.cnpq.br/4571856942610231>

### **Daylaine Aguiar Santos**

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH  
Barão de Cocais - MG  
<http://lattes.cnpq.br/1171672911913072>

### **Manfredo Frederico Felipe Hoppe**

Centro Federal de Educação e Tecnologia de  
Minas Gerais  
Belo Horizonte - MG  
<http://lattes.cnpq.br/1964961104813698>

**RESUMO:** O presente trabalho visa analisar o sistema wetlands, verificar sua real eficácia; constatar sua viabilidade de utilização; analisar seu método de implantação e se os benefícios com relação ao meio ambiente são satisfatórios promovendo assim um sistema prático, econômico e ao mesmo tempo esteticamente atraente devido ao uso da vegetação através de plantas aquáticas. A proposta deste projeto é o estudo para a aplicação do Wetlands na construção civil possibilitando o tratamento de efluentes para seu reaproveitamento destinado à lavagem de calçadas, garagens, irrigação de jardins e descargas. Para isso, apresentaremos um protótipo da Wetlands e os resultados das análises da condição da água tratada para

uso não potável conforme os parâmetros de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Wetlands, Sustentabilidade, Vegetação, Plantas Aquáticas.

### APPLICATION OF WETLANDS IN CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** The present work aims at analyzing the wetlands system, verifying its real effectiveness; verify its feasibility of use; analyze its implantation method and if the benefits with respect to the environment are satisfactory thus promoting a practical, economical and at the same time aesthetically attractive system due to the use of vegetation through aquatic plants. The proposal of this project is the study for the application of the Wetlands in the construction industry allowing the treatment of effluents for its reutilization for the washing of sidewalks, garages, irrigation of gardens and discharges. For this, we will present a prototype of the Wetlands and the results of the analysis of the condition of the water treated for non-potable use according to the quality parameters.

**KEYWORDS:** Wetlands, Sustainability, Vegetation, Aquatic Plants.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sustentabilidade é um tema muito debatido atualmente na área da construção civil. A ideia é conseguir agregar valor a uma obra sem degradar o meio ambiente ou fazendo-o no mínimo possível. O sistema wetlands consegue

trazer esses benefícios para seu local de implantação com muita eficácia. Devido a seu funcionamento, os sistemas wetlands construídos consistem em uma tecnologia para tratamento de águas e efluentes por mecanismos puramente naturais, que apresentam elevada eficiência, simplicidade construtiva, operacional, beleza estética e paisagismo (WETLANDS, s.d.).

Estas características o tornam extremamente vantajoso economicamente, pois o uso da vegetação aquática aumenta a sua eficiência e permite a construção de um espaço esteticamente atraente, utilizando de processos químicos, biológicos e físicos para o tratamento da água e efluentes de maneira natural, efetiva e com baixos custos.

Além disso, o uso de vegetação garante uma estética muito atraente para o conjunto, e, não coincidentemente, é o principal componente do sistema. A vegetação garante os processos físicos (filtração, sedimentação e volatilização), químicos (adsorção, oxidação, redução, precipitação, quelação) e biológicos (degradação e absorção pelos microrganismos, decaimento de patógenos, extração pelas plantas e etc), não somente isso, a vegetação apresenta a biodiversidade para o local, criam um sistema ambiental rico, aumentam a área de filtragem entre outros. Esse é um processo constante e simultâneo nos wetlands construídos e é isto que concede tamanha importância, robustez e eficiência a este sistema de tratamento de águas cinzas, o que o torna consistente e abrangente a nível sustentável pois pode ser inserido em pequenos ambientes, realizando um tratamento individual preliminar para o reuso das águas em pequenas residências (WETLANDS, s.d.).

Há diversos sistemas possíveis de wetlands que podem ser construídos. Para saber ao certo qual utilizar, é preciso ter clareza sobre qual melhor se adapta ao projeto que será implantado e quais seus custos para se verificar se o orçamento disponível para a obra está dentro do planejado, sendo que há uma variação de valores correspondentes para cada tipo de wetlands. O sistema pode ser: Plantas aquáticas flutuantes e Plantas aquáticas emergentes. Em ambos os casos, as plantas vão agir para reduzir a poluição e melhorar os parâmetros que caracterizam os recursos hídricos (CONSTRUCT, 2016).

A eficiência do projeto, baseado em planta aquática flutuante, na remoção de sólidos em suspensão, possui alta capacidade de resistir a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura, grande parte dos sólidos em suspensão são removidos por sedimentação ou absorção no sistema radicular da planta. Sendo as plantas aquáticas flutuantes utilizadas predominantemente em projetos com canais relativamente rasos, pois podem conter apenas uma espécie de planta ou uma combinação de espécies (CONSTRUCT, 2016).

O sistema de plantas aquáticas emergentes ou macrófitas emergentes, é radicular preso ao sedimento e representam a forma dominante das wetlands naturais. Desenvolvendo-se em situações onde o nível do lençol freático está 50 centímetros abaixo do nível do solo, ou até onde as quais o nível da água está a 150 centímetros acima do nível do solo. Sendo assim divididas em três esquemas básicos: macrófitas emergentes com

fluxo superficial; macrófitas emergentes com fluxo subsuperficial horizontal e macrófitas emergentes com fluxo vertical (BRASIL, 2007).

É perfeitamente possível a utilização em conjunto destes dois modelos de sistemas, porém, a aplicação depende das seguintes variáveis: efluente a ser tratado, eficiência final desejada na remoção dos poluentes e contaminantes, área disponível, interesse na utilização da biomassa produzida e objetivo paisagístico.

“Wetlands são banhados construídos, tratamento por zonas de raízes, leitos filtrantes plantados”, cita o professor da USP Marcelo Nolasco, especialista no tratamento de águas residuárias. O sistema é geralmente estruturado em tanque escavado no solo, longo e em geral retangular, que é preenchido com determinado material (pedra brita, pedra de jardim ou areia grossa). Sobre esse material são colocadas plantas tolerantes ao esgoto que se busca tratar. O líquido entra no tanque por um lado e deve necessariamente passar por todo o seu comprimento, pondo-se em contato com as raízes. “O processo de atravessar lentamente o canal com pedras e plantas é o que acaba resultando num bom tratamento. A água vai sair do outro lado, praticamente limpa”, afirma Nolasco (BRASIL, 2007).

O ambiente favorece o aparecimento de bactérias habituadas a consumir substâncias do esgoto, mas para que essas bactérias sejam aeróbias, o wetland não deve ultrapassar 1 m de profundidade. Em uma profundidade maior entram em cena as bactérias anaeróbias, que atuam na ausência de oxigênio e liberam gás metano. Com bons resultados no tratamento de esgoto doméstico, de efluente agrícola, de runoff urbano, de barreiras de retenção, no tratamento de grandes volumes de água de rios e na recuperação de áreas alagadas. As principais vantagens no uso da solução são o baixo custo de implantação e de operação, com eficiência alta na melhoria dos parâmetros de qualidade de recursos hídricos, além da criação de local de refúgio e nidificação para a fauna e potencial produção de biomassa para uso na produção de ração animal, energia, bio-fertilizantes entre outros (BRASIL, 2007).

A ideia é conseguir aplicar o sistema Wetlands em uma residência para reduzir seus gastos com água, uma vez que o tratamento tornaria parte da água própria para ser reutilizada, onde iríamos privilegiar o reuso para descargas sanitárias, lavagem da residência e manutenção de hortas e jardins residenciais.

O objetivo deste trabalho visa analisar o sistema wetlands, verificar sua real eficácia; constatar sua viabilidade de utilização; analisar seu método de implantação e se os benefícios com relação ao meio ambiente são satisfatórios. A relevância desse estudo se justifica pela contribuição que o mesmo apresenta ao fornecer informações que viabilizam incorporar um projeto mais sustentável em relação aos sistemas convencionais.

## 1.1 Wetlands naturais

Wetlands naturais são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático, são conhecidos como terras úmidas, brejos, várzeas, pântanos, manguezais ou lagos

rasos. Esse sistema se destaca entre os processos de autodepuração por serem áreas inundadas constantes ou intermitentes, que desenvolveram uma vegetação adaptada à vida em solos alagados. Neles a água, o solo e os vegetais formam um ecossistema equilibrado, degradando a matéria orgânica, reciclando os nutrientes e assim melhorando a qualidade da água (ANJOS, 2003).



Figura 1 – Wetlands Natural.

Fonte – BUENO, 2013.

## 1.2 Wetlands construídas

As wetlands construídas, por sua vez, são ecossistemas artificiais que reproduzem as características de wetlands naturais, utilizando plantas aquáticas e substratos (brita, areia, bambu, casca de arroz, entre outros). São construídas de forma específica, com o objetivo de tratar efluentes, combinando processos químicos, físicos e biológicos (ANJOS, 2003).



Figura 2 – Wetlands Construída.

Fonte – BUENO, 2013.

### 1.2.1 Classificação das wetlands construídas

As wetlands construídas são classificadas de acordo com o tipo de fluxo adotado. Os tipos básicos são: wetlands construídas de fluxo superficial, wetlands construídas de fluxo subsuperficial e wetlands construídas de fluxo vertical (VYMAZAL, 2005; PROSAB, 2009).

### 1.2.2 Fluxo superficial

Os sistemas de fluxo superficial ou lâmina livre apresentam um fluxo sobre a superfície, com uma altura de lâmina d'água tipicamente menor que 0,4 m, passando através da vegetação composta por macrófitas aquáticas emergentes, flutuantes ou submersas (KADLEC E KNIGHT, 1996).

As wetlands de fluxo superficial possuem melhor eficiência para remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos, pois tem maior tempo de retenção hidráulica (USEPA, 2000). Os wetlands superficiais são o único tipo em que é possível ver a água na superfície, apresentam baixo custo de implantação e operação, porém requerem uma grande extensão de área para funcionamento. O sistema é composto pela lâmina de água que incorpora e recria um ecossistema aquático com a diversidade das plantas aquáticas. Deve-se ter um cuidado especial, devido a essa configuração, com a proliferação de vetores.

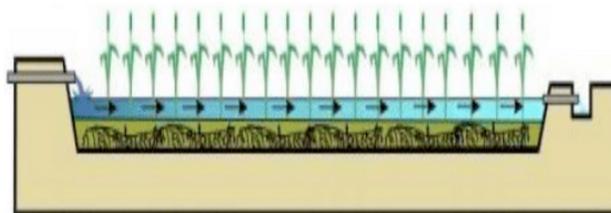


Figura 3 – Wetlands de Fluxo Superficial.

Fonte – SALATI, 1998.

### 1.2.3 Fluxo subsuperficial

No sistema de fluxo subsuperficial não há uma coluna d'água sobre a superfície do terreno, são essencialmente filtros lentos horizontais preenchidos com brita ou areia como meio suporte e onde as raízes das plantas se desenvolvem. O efluente passa pelo substrato (brita ou areia), onde entra em contato com uma mistura de bactérias facultativas associadas com o substrato e com as raízes das plantas. A altura do substrato é tipicamente menor que 0,6 m. Este tipo de processo demonstra ter maior eficiência para remoção de nitrogênio e fósforo e de metais pesados, devido à grande variedade de reações que ocorrem dentro do solo (USEPA, 2004).

O Wetlands de Fluxo Subsuperficial apresenta maior eficiência no tratamento do efluente, uma vez que os poros do substrato ampliam a área de contato, e evitam problemáticas em relação ao odor e acesso ao público, uma vez que o efluente não está exposto na superfície. Entretanto, a estrutura envolve maiores custos de implantação e operacionais (EPA, 1993 - 2000).

As wetlands de fluxo subsuperficial não oferecem condições para o desenvolvimento e proliferação de mosquitos e para o contato de pessoas e animais com a lâmina d'água. São muito utilizados no tratamento secundário de efluentes de pequenas comunidades, tanto nos Estados Unidos, Austrália e África do Sul quanto na Europa (KNIGHT e WALLACE, 2004).

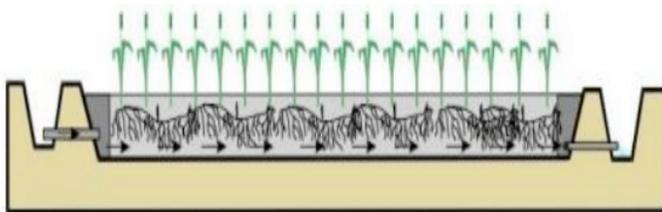


Figura 4 – Wetlands de Fluxo Subsuperficial.

Fonte – SALATI, 1998.

#### 1.2.4 Fluxo vertical

As wetlands construídas de fluxo vertical são constituídas de filtros de escoamento vertical intermitente, preenchidas com brita ou areia e nível d'água abaixo do meio suporte (subsuperficial), impedindo o contato direto de pessoas e animais (VYMAZAL, 2005).

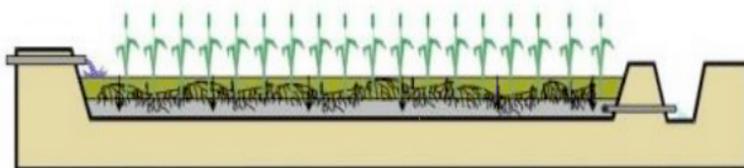


Figura 5 – Wetlands de Fluxo Vertical.

Fonte – SALATI, 1998.

Os wetlands de fluxo vertical são mais eficientes para remoção de amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) devido às elevadas concentrações de oxigênio que alcançam e por isso conseguem lidar com efluentes mais concentrados ou com maiores demandas de oxigênio em uma área

mais compacta.

Normalmente, utilizam-se mais de uma wetland em paralelo, sendo que um deles recebe a batelada e os outros estão em repouso, o que permite a ocorrência da digestão e secagem do lodo na superfície e a manutenção das condições aeróbias da wetland (PROSAB, 2009).

### 1.3 Plantas aquáticas

Existem muitas espécies vegetais adaptadas para viver no ambiente aquático, tanto dulcícola quanto marinho. Essas plantas aquáticas, ou hidrófitas, podem ocorrer submersas ou na superfície da água e apresentam uma série de modificações morfológicas em relação às plantas terrestres (DEXTRO, 2015).

A diversificação de plantas aquáticas está diretamente interligada com o surgimento das angiospermas. Registros fósseis indicam a presença de espécies de lírios d'água no final do Cretáceo, período em que a radiação e ocupação dos mais variados nichos por plantas com flores deve ter acontecido. As flores dos fósseis são muito similares morfológicamente às flores do lírio d'água gigante da Amazônia, porém com tamanho reduzido. Esta semelhança pode apontar a ocorrência das primeiras relações de polinização com insetos já sendo estabelecidas há mais de 90 milhões de anos (DEXTRO, 2015).

As plantas aquáticas podem ser classificadas como:

- Plantas submersas – são aquelas em que toda a planta fica debaixo d'água. Elas ficam fixas ao fundo através das raízes e todo o caule e folhas ficam submersos. As estruturas reprodutivas são a única parte da planta que aparece acima da superfície da água;
- Plantas parcialmente submersas (ou helófitas) – são aquelas em que a raiz se fixa no fundo, porém parte do caule e as folhas ficam rigidamente expostos acima da linha d'água, como observado em *Lysichiton americanus*. Algumas plantas, como a família das *Nymphaeaceae*, apresentam raiz fixadora no fundo, mas suas folhas flutuam livremente na superfície, acompanhando o fluxo da água.
- Plantas flutuantes – são aquelas que não possuem fixação e se movem juntamente com o fluxo da água. Sua porção submersa é pequena, e suas folhas e caules possuem uma grande quantidade de aerênquima, permitindo a flutuação. A alface d'água (*Pistiastratiotes*) comum nos rios brasileiros, usada para fins religiosos (DEXTRO, 2015).

### 1.4 Macrófitas

As plantas cultivadas no sistema de wetlands construídas são chamadas de hidrófitas, macrófitas aquáticas, hidrófitas vasculares, plantas aquáticas ou plantas aquáticas vasculares. O termo macrófitas é o mais utilizado nas wetlands construídas. As macrófitas são plantas que crescem em ambientes de transição entre sistemas aquáticos

e terrestres e produzem quantidades expressivas de matéria seca, com elevado teor de nutrientes (GUNTENSPERGEN et al., 1988).

#### 1.4.1 *Eichorniacrassipes (aguapé)*

A *Eichorniacrassipes* conhecida como aguapé possui uma série de raízes subaquáticas, com até um metro de comprimento, repletas de pelos e rizomas, que se alimenta de resíduos orgânicos. Sua folha encontrada acima da superfície da água, geralmente apresenta um formato arredondado. Devido a sua facilidade de proliferação, a orientação de biólogos é que seja feito o controle constante e preventivo de seu crescimento, para evitar uma infestação.

#### 1.4.2 *Pistiastratiotes (alface d'água)*

*Pistiastratiotes* é uma planta aquática, pantropical, flutuante, estolonífera, conhecida vulgarmente como: “alface-de-água, erva-de-Santa Luzia, golfo, lentilha-da-água, mururé-pajé” no Amazonas; “pajé”, no Marajó e “pasta”, no Ceará (PIO CORREA, 1931).

Apresenta crescimento rápido, de 15-20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, apresenta raízes espessas, extremamente ramificadas e pendentes com folhas grossas no formato de roseta, verde-claras, com as veias paralelas, sulcadas, margens onduladas e cobertas de pelos curtos que formam bolhas de ar, aumentando a flutuabilidade da planta.

#### 1.4.3 *Salvinia auriculata (orelha de onça)*

A *Salvinia auriculata* é uma macrófita livre e flutuante, muito comum em água doce, sendo, sob condições favoráveis, rapidamente disseminada por propagação vegetativa; ela coloniza extensas superfícies de água em um tempo reduzido e apresenta ampla distribuição geográfica. Pode ser, por isso, considerada planta daninha, por proliferar de forma indesejada em diversos ecossistemas aquáticos (HENRY SILVA et al., 2006).

## 2 | METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa para conhecer e estudar a eficiência da ação de limpeza das plantas aquáticas em sistemas de wetlands. A partir desse estudo, levantaram-se as principais condições sob qual seria o modelo ideal a ser utilizado para a elaboração de um protótipo. Após a coleta das informações, desenvolveu-se então o modelo de wetlands de fluxo subsuperficial.

Utilizou-se três tipos de macrófitas: a *Salvinia auriculata* (Orelha de onça), *Eichorniacrassipes* (Aguapé) e *Pistiastratiotes* (alface d'água), que foram doadas pelo Jardim Zoológico e Botânico Monet de Belo Horizonte onde obteve-se acesso e conhecimento sobre as espécies, incluindo seu cultivo.

A princípio a montagem do protótipo estabeleceu-se na fabricação de uma caixa retangular de vidro planejada de acordo com as necessidades de entrada e saída de água, então perfurou-se nas laterais para a instalação de conexões e torneira de diâmetro de ½ polegada. Após a caixa ser construída, colocou-se as plantas. A partir de um filtro externo composto por areia e brita responsável pela filtragem primária da água cinza, permitiu-se a passagem da mesma através de uma mangueira de acesso ao registro para controle manual do escoamento e entrada de água cinza para o contato com as raízes das plantas.

O protótipo constituiu-se então na adição de efluentes domésticos ao filtro para realizar a decantação eliminando inicialmente partículas de sujeiras e logo após este processo o efluente destinou-se a caixa onde as plantas aquáticas finalizaram a limpeza para que pudesse realizar as coletas de amostras de água nas quais serão submetidas à análises laboratoriais para diagnosticar os níveis de turbidez e o PH destas amostras, a fim de se obter resultados satisfatórios quanto às condições de uma água propriamente pronta para sua utilização conforme o propósito deste projeto.

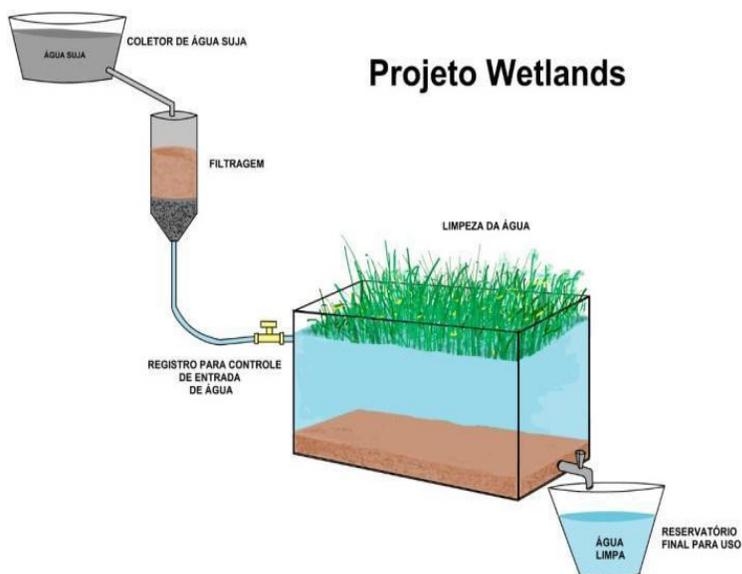


Figura 6 – Esquema do Protótipo do Sistema Wetlands.

Fonte – Próprios autores.

Após as análises e a coleta de dados referentes à água do sistema de wetlands fez-se uma comparação correlacionada aos períodos durante todo o procedimento e a sua eficácia quanto a qualidade resultada. Seguiu-se a partir da concepção do protótipo realizado um novo estudo onde estimulou-se a implantação de um sistema Wetlands em um projeto de um edifício de 4 pavimentos com capacidade habitacional de 32 pessoas.

Na instalação do sistema de tratamento foi necessário desenvolver um novo projeto de captação das águas cinzas no edifício, adaptando o projeto de esgotamento original das residências.

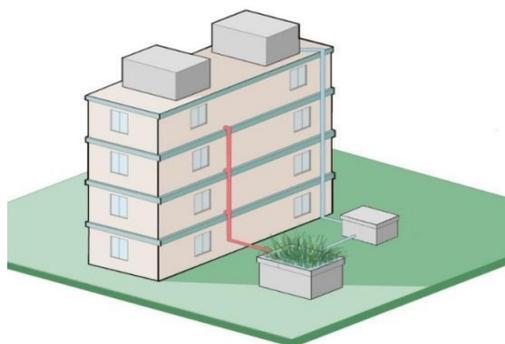


Figura 7 – Implantação do Sistema Wetlands no Edifício.

Fonte – Próprios autores.

O esgotamento sanitário tem seu destino original a rede coletora e tratamento de esgoto, juntamente com o extravaso do tanque que regula a vazão para o tratamento. No edifício a rede de esgotamento cinza interliga as águas de chuveiro e tanque podendo ter opção de captar também o efluente da pia, mas esta captação se faz necessária a instalação de caixas desengorduradoras mais eficientes, neste caso inviabilizando o projeto.

Após a captação o efluente segue por gravidade por um tubo principal de 100mm até o reservatório de regulação de vazão onde em horário de pico no complexo residencial o efluente é armazenado. É por sistemas de registros sifonados que o efluente é liberado por bateladas para sistema de tratamento. Em seguida a filtragem do efluente e retirada dos nutrientes realizado pelas plantas aquáticas o efluente segue para o reservatório subterrâneo de água de reuso onde recebe desinfecção por cloração.

A reserva de 4.800 litros corresponde a um total de 60% do consumo de água potável diária, tendo capacidade para reservar até 10 metros cúbicos no reservatório subterrâneo. O sistema de armazenamento conta com uma estação elevatória por adução que efetua o armazenamento do uso diário no andar superior do edifício com capacidade de 5 metros cúbicos para os afazeres de uso doméstico não potável com pressão nas saídas de água para lavagem de calçadas, veículos e regar plantas.

Ao longo de um ano faz-se uma economia viável ao investimento inicial, pois considerando que 60% da água não é potável tem-se uma redução considerável na conta de água mensal. Para fazer um breve resumo do valor economizado ao longo de um ano, faz-se este cálculo: considerando uma margem de 5 metros cúbicos potáveis diários da

concessionária, estarei economizando em média mensal 150 metros cúbicos que ao longo de um ano soma-se 1826 metros cúbicos, ao considerar que o metro cúbico custa em média R\$8,00 tem-se uma economia de recursos estimado em R\$14.400,00. O custo médio segundo pesquisas relacionadas a materiais, equipamentos e instalação dos mesmos pode chegar até R\$40.000,00 podendo o sistema gerar retorno após 33 meses com as devidas manutenções necessárias para o funcionamento do mesmo, tendo um tempo de vida útil em média de 15 a 20 anos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto de reaproveitamento de água cinza acarreta benefícios ambientais e financeiros, pois substitui volumes de água potável onde esta não é necessária. No entanto, é fundamental que as águas cinzas atendam a alguns requisitos básicos de qualidade. Isso porque, quando estão fora dos padrões desejados, as águas tratadas podem causar problemas de odor e de saúde pública, comprometendo todo um conceito de reuso.

Quanto aos aspectos físicos, turbidez, cor, temperatura e concentração de sólidos dissolvidos são os mais importantes a serem considerados. A temperatura contribui para o desenvolvimento de microrganismos, enquanto a turbidez e a concentração de sólidos dão pautas importantes para possíveis entupimentos nas tubulações que transportam os efluentes.

O costume de urinar durante o banho impacta em níveis mais altos de compostos nitrogenados no efluente a ser considerado no tratamento. Quanto aos compostos de enxofre, cabe destacar a ocorrência de gás sulfídrico, gerador de maus odores. A alcalinidade e a dureza podem, assim como a turbidez e a concentração de sólidos dissolvidos, dar indicações sobre possíveis problemas com entupimentos das tubulações.

As águas cinzas normalmente contêm organismos patogênicos, dentre eles, bactérias, vírus e parasitas, em concentrações menos elevadas do que em esgotos domésticos convencionais, mas elevadas o suficiente para causar riscos à saúde.

Dessa forma, foi necessário a realização dos testes para verificação da possibilidade de utilização dessa água para lavagens de carros, calçadas, descargas e irrigação de jardins. Os testes foram realizados no laboratório de química do Centro Universitário de Belo Horizonte – Campus Cristiano Machado. Foram coletadas um total de 4 amostras com períodos de 5 em 5 dias, desde a implantação do Sistema Wetlands. Os mesmos foram feitos de acordo com o Manual Prático de Análise da Água da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) e a norma ABNT NBR 13.969/97.

Embora seja necessária a realização de demais testes para que se tenha uma resposta concreta da qualidade da água analisada, os mesmos não foram feitos devido à indisponibilidade de alguns reagentes no laboratório. Após a realização dos testes, obteve-se os seguintes resultados:

AMOSTRA	TURBIDEZ (NTU)	pH
1	4	5,47
2	2,13	6,42
3	2,68	6,43
4	4,19	6,32

Tabela 1 – Teste de análise de qualidade da água.

Fonte – Ensaios em Laboratório.

De acordo com a norma, a água cinza para ser reutilizada deve apresentar:

CLASSE	USO PREVISTO	TURBIDEZ	pH
1	Lavagens de carros e outros que requerem contato direto do usuário com a água.	Inferior a 5	Entre 6 e 8
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins.	Inferior a 5	-
3	Reuso em descargas de vasos sanitários.	Inferior a 10	-

Tabela 2 – Parâmetros qualitativos para reuso de águas cinzas.

Fonte – ABNT NBR 13.969/97.

Portanto, todas as amostras verificadas estão de acordo com os padrões de turbidez exigidos a partir do tipo de reuso. Somente as amostras 2, 3 e 4 estão aptas, de acordo com os padrões envolvendo o pH, a serem utilizadas para as devidas ações de reuso. No entanto, a norma ainda exige outros testes e padrões qualitativos das águas cinzas, além do pH e turbidez. Segue abaixo, os demais testes a serem feitos para que se possa confirmar e recomendar totalmente o reuso da água examinada.

CLASSE	COLIFORMES FECAIS (NMP/100 ml)	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (mg/l)	CLORO RESIDUAL (mg/l)
1	Inferior a 200	Inferior a 200	Entre 0,5 e 1,5
2	Inferior a 500	-	Superior a 0,5
3	Inferior a 500	-	-

Tabela 3 – Parâmetros qualitativos para reuso de águas cinzas.

Fonte – ABNT NBR 13.969/97.

## 4 | CONCLUSÕES

O desperdício de água é uma realidade no dia a dia das pessoas atualmente. Enormes quantidades desse bem hídrico são jogadas fora todos os dias sem terem um reaproveitamento adequado. Indo de encontro a esse pensamento, propôs-se o reaproveitamento de água por meio de sistemas wetlands. Essa ideia de substituir volumes de água potável onde não é necessária demonstrou ser, a princípio, uma ideia muito benéfica. Através do tratamento de águas cinzas pelas wetlands, uma grande quantidade de água potável seria conservada para usos próprios, além disso, a água tratada seria destinada a atividades devidas para seu uso e o desperdício seria minimizado.

Após a realização dos testes em laboratório, conclui-se que a água tratada pelas wetlands corresponde aos parâmetros de potabilidade da água para turbidez e pH, salvo para o pH em que requer contato direto do usuário, porém somente ocorreu isso para a amostra 1, devido ao curto período de tratamento para a primeira coleta. Além disso, ainda são necessários outros testes a serem feitos sobre a questão da qualidade da água que não puderam ser realizados devido à indisponibilidade de alguns dos reagentes no laboratório, impossibilitando demais análises qualitativas das amostras segundo a norma ABNT NBR 13.969/97. Ou seja, a continuidade da pesquisa fica para trabalhos futuros que contemplem todos os parâmetros qualitativos para reuso de águas cinzas.

Outro fator importante ergue-se no fato de que além da diminuição de desperdício e redução de custos através do reaproveitamento, os sistemas wetlands construídos apresentam elevada eficiência, simplicidade construtiva e operacional e beleza estética e paisagística. Podem ser concebidos como obras de arte de paisagismo.

A aplicação do projeto proposto no edifício representa um diferencial, pois suas atribuições econômicas, paisagísticas e sustentáveis estariam diretamente aplicadas e os benefícios do sistema retornariam para todo o conjunto de pessoas que nele habitam, de maneira simples e objetiva.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos** - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: 1997.

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: O caso Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA**. Tese de doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. p.328.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 1, p. 3. 8 de janeiro de 2007, seção 1, pt. 1.

BUENO, F. B. **Aplicação de wetlands construídos como sistemas descentralizados de esgoto**. Capítulo Nacional da AIDIS. ABES, SP. 2013. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/evento210613/02.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CONSTRUCT. **Wetlands construídos: uma alternativa sustentável.** Publicado em: 22 ago. 2016. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/wetlands-construidas-uma-alternativa-sustentavel/>>. Acesso em: 15 set. 2020.

DEXTRO, Rafael Barty. Bacharel em Ciências Biológicas (UNIFESP, 2015). **Plantas Aquáticas. Infoescola.** Disponível em: <<https://www.infoescola.com/biologia/plantas-aquaticas/>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

EPA - **United States Environmental Protection Agency. Constructed Wetlands Handbooks** (Volumes 1-5): A Guide to Creating Wetlands for Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage and Stormwater in the MidAtlantic Region. 1993-2000.

FLORES E FOLHAGENS. **Alface d'água – Pistiastratiotes.** Disponível em: <<https://www.floresefolhagens.com.br/alface-dagua-pistia-stratiotes/>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

GUNTENSPERGEN, G. R., STEARNS, F. e KADLEC, J. A. **Wetland vegetation. Anais: 1ª International Conference on Constructed Wetlands for Wastewater Treatment.** Chattanooga – Tennessee/USA, v. 1, n. 5, pp. 73-88, jun. 1988.

HENRY SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. **Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura.** Planta Daninha, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands.** Boca raton: lewisPublishers, 1996. 893 p. 2ªed. ISBN 978-1-56 670-526-4.

PAPA AGUAPÉ. **O que é aguapé.** Disponível em: <<http://www.papaaguape.com.br/o-que-e-aguape/>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

PIO CORREA. M. 1931 - **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola. v. 3 p. 234-236.

POÇAS, Cristiane Dias. **Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes.** Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-23112015-122556/publico/CristianeDiasPocas.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5\\_tema\\_2.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2020.

SALATI, E. **Controle de qualidade das águas através de sistemas de wetlands construídos.** Rio de Janeiro: FBDS. 1998. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Controle-de-qualidade-de-%C3%A1gua-atrav%C3%A9s-de-sistemas-Wetlands-constru%C3%ADdos.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2020.

USEPA – UNITES STATES ENVIROMENT PROGRAMME. **Integrated Watershed Management – ecohydrology&Phytotecnology** – Manual. 2004. Disponível em: <<http://ecohydrology-ihp.org/demosites/resources/arquivos/existingpublications/2004-UNESCO-EH-GUIDELINES.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2020.

VIDA DE BIÓLOGO. **Salviniaauriculata**. Disponível em: <<https://vida-de-biologo.webnode.com/taxonomia-de-macrofitas-aquaticas/salvinia-auriculata/>>. Acesso em: 05 mar. 2021. VYMAZAL, J. **Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment**. *Ecological Engineering*, v. 25, n. 5, p. 478-490, Dec. 2005.

WALLACE, S.; KNIGHT, R. Water Environmental Research Fundation (WERF) small scale treatment wetland database. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON WASTE STABILIZATION PONDS, 6.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS, 9.**, Avignon, 2004. Communications of common interest...Antony cedexcemagref, 2004. P. 229-235.

WETLANDS CONSTRUÍDOS. **A tecnologia dos wetlands construídos**. Disponível em: <<https://www.wetlands.com.br/tecnologia-wetlands/>>. Acesso em: 30 set. 2020

## 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 (TiO<sub>2</sub>) 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

---

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2021