

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)



AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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 Federacão 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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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 Gonçalo 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 Miraniilde 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

Agenda da sustentabilidade no Brasil: conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A265 Agenda da sustentabilidade no Brasil: conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Milson dos Santos Barbosa, Danyelle Andrade Mota, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-425-9
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.259212308>

1. Sustentabilidade. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). III. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). IV. Título.
CDD 363.7

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Em um mundo ameaçado por problemas ambientais, impulsionar uma economia mais respeitosa com o meio ambiente não é uma opção e sim uma necessidade. Assim, perante das inúmeras consequências ambientais, as organizações, governos e comunidades científicas estão em constante busca de uma solução adequada. Isso faz com que as temáticas Meio Ambiente e Sustentabilidade tornem-se global. Diante disto, a Organização das Nações Unidas (ONU) em 1972 realizou a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, conhecida como Conferência de Estocolmo, na capital da Suécia. Em consequência disto, em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, com propostas mundiais na área ambiental para a sobrevivência da espécie humana e a biodiversidade.

No ano de 2000, por meio da Declaração do Milênio das Nações Unidas, surgiram os “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)”, os quais foram adotados pelos 191 estados membros, inclusive o Brasil. Os ODM tinham como objetivo dar continuidade as ações em prol do desenvolvimento sustentável. A partir do legado dos ODM, em 2015 os países signatários da ONU, assumiram o compromisso com os novos objetivos do milênio para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecendo 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem atingidos até o ano de 2030. Tratam-se de objetivos e metas claras, para que todos os países adotem de acordo com suas próprias prioridades uma parceria global que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, no presente e no futuro.

Nesse contexto, têm-se fomentado em diversos países, inclusive no Brasil, a proposição de aparatos legislativos ambientais e investimentos em ações e pesquisas em empresas e instituições de ensino em prol da Agenda da Sustentabilidade. Até o momento, o Brasil apresentou avanços consideráveis e cumpriu grande parte das metas estabelecidas, por exemplo, a melhorias nas matrizes energéticas e busca de alternativas aos combustíveis fósseis, o que pode facilitar o cumprimento desses objetivos até 2030.

Diante deste cenário, este e-book “Agenda da Sustentabilidade no Brasil: Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos” foi produzido como um esforço para impulsionar as ações em direção à agenda da Sustentabilidade 2030, especialmente no Brasil que ainda carece de conhecimento e experiências com soluções práticas de Sustentabilidade para os desafios globais. O e-book contém um conjunto de com 17 artigos que agrupam estudos/pesquisas de cunho nacional envolvendo questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável sob diferentes perspectivas e para diversos públicos. Portanto, são apresentados projetos práticos, experiências de pesquisas empíricas e métodos de ensino implementados no Brasil, que certamente contribuirão para o fomento da Sustentabilidade.

Por fim, agradecemos aos diversos pesquisadores por todo comprometimento para atender demandas acadêmicas de estudantes, professores e da sociedade em geral, bem como, destacamos o papel da Atena Editora, na divulgação científica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ECONOMIA CIRCULAR: PRIMÓRDIOS E DESAFIOS NOS PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO

Omar Ouro-Salim

Patrícia Guarnieri

Ayawovi Djidjogbe Fanho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123081>

CAPÍTULO 2..... 20

SUSTENTABILIDADE DE EVENTOS E O ENVOLVIMENTO DOS STAKEHOLDERS – CASO DE ESTUDO FEIRA DE LEIRIA

Sílvia Maria Carriço dos Santos Monteiro

Didier Rosa

Maria Lizete Lopes Heleno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123082>

CAPÍTULO 3..... 33

ELECTROMAGNETIC SOLAR RADIATION CONVERSION USING RECTIFYING ANTENNAS RECTENNA: A CRITERION FOR TYPOLOGY OPTIMIZATION OF BOW-TIE, DIPOLE, SPIRAL, LOG-PERIODIC AND MEANDER

Nelmo Cyriaco da Silva

Luiz Carlos Kretly

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123083>

CAPÍTULO 4..... 40

AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA APLICAÇÃO DE CÉLULAS MULTIJUNÇÃO

Thiago Antonio Paiva da Silva

Patrícia Romeiro da Silva Jota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123084>

CAPÍTULO 5..... 52

ESTUDO DA VIABILIDADE DE CONVERSÃO DE ENERGIA MECÂNICA CORPORAL EM ENERGIA ELÉTRICA: NANOGERADORES

Pedro da Silva Farias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123085>

CAPÍTULO 6..... 62

AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA DENTRO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Gabriel Delian Silva Valadares

Milthon Serna Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123086>

CAPÍTULO 7..... 72

ANÁLISE DE DADOS DE UMA USINA SOLAR DE GRANDE PORTE COM TRACKER DE UM EIXO

Gracilene Mendes Mota

Marcelo Medeiros

Patrícia Romeiro da Silva Jota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123087>

CAPÍTULO 8..... 81

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO PLASMA FRIO NA REMOÇÃO DE PESTICIDA EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

João Pedro Silvestri Ferreira

Rodrigo Menezes Wheeler

Elisa Helena Siegel Moecke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123088>

CAPÍTULO 9..... 92

CAPIM JARAGUÁ COMO LIGANTE EM BRIQUETES DE FINOS DE CARVÃO

Emanoel Zinza Junior

Andrea Cressoni de Conti

Gabriel Toledo Machado

Fábio Minouru Yamaji

Felipe Gomes Machado Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123089>

CAPÍTULO 10..... 101

POTENCIAIS APLICAÇÕES DA VINHAÇA DA CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO A PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Rodrigo Menezes Wheeler

Jéssica Mendonça Ribeiro Carginin

Ana Regina de Aguiar Dutra

Anelise Leal Vieira Cubas

Elisa Helena Siegel Moecke

Jair Juarez João

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230810>

CAPÍTULO 11..... 114

CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA COMO PRÉ-TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Thiago Averaldo Bimestre

Eliana Vieira Canettieri

Celso Eduardo Tuna

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230811>

CAPÍTULO 12..... 128

POTENCIAL INSETICIDA DAS SEMENTES COMO ALTERNATIVA AO CONTROLE SUSTENTÁVEL DO *Aedes aegypti* L. (DIPTERA: CULICIDAE)

Francisco Bernardo de Barros

Francisco Roberto de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230812>

CAPÍTULO 13..... 141

DESENVOLVIMENTO DE OFICINAS PARA CONFECÇÃO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS UTILIZANDO LONA DE *BANNER* DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19

Marilda Colares Jardimina dos Santos

Sheilla Costa dos Santos

José Sérgio Filgueiras Costa

Carlos Gomes da Silva Júnior

Luiz Felipe Bispo Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230813>

CAPÍTULO 14..... 149

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO PRODUTIVO PARA A FABRICAÇÃO DE PLACAS TÁTEIS

Amanda da Mota Bernar

Carmen Iara Walter Calcagno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230814>

CAPÍTULO 15..... 162

RESERVATÓRIO DE ÁGUA INTELIGENTE PARA DEFICIENTES AUDITIVOS RIBEIRINHOS

Márcio Valério de Oliveira Favacho

Vivian da Silva Lobato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230815>

CAPÍTULO 16..... 173

METHODOLOGY FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN MUNICIPALITIES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Rildo Vieira de Araújo

Robert Armando Espejo

Michel Constantino

Paula Martin de Moraes

Romildo Camargo Martins

Ana Cristina de Almeida Ribeiro

Gabriel Paes Herrera

Francisco Sousa Lira

Micaella Lima Nogueira

Karoline Borges

Sheyla Thays Vieira Barcelos

Reginaldo B. Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230816>

CAPÍTULO 17..... 193

**ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO AOS IMPACTOS
PROVENIENTES DE AÇÕES ANTRÓPICAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: O COMPLEXO
PORTUÁRIO DE ITAJAÍ NA FOZ DO RIO ITAJAÍ-AÇU**

Carlos Andrés Hernández Arriagada

Paula von Zeska de Toledo

Mariana Ragazzi Mendes

Glaucia Cristina Garcia do Santos

Raquel Ferraz Zamboni

Paulo Roberto Correa

Eduardo Riffo Durán

Nicolas Urbina

Catalina Garcia Arteaga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230817>

SOBRE OS ORGANIZADORES 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA COMO PRÉ-TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Data de aceite: 20/08/2021

Data de submissão: 09/07/2021

Thiago Averaldo Bimestre

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
<http://lattes.cnpq.br/9826766921192875>

Eliana Vieira Canettieri

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
<http://lattes.cnpq.br/6966115493907695>

Celso Eduardo Tuna

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
<http://lattes.cnpq.br/9535897335897207>

RESUMO: A cavitação hidrodinâmica desponta-se como uma promissora rota para o pré-tratamento de biomassa lignocelulósica liberando grandes magnitudes de energia e induzindo a transformações físicas e químicas, favorecendo o rompimento da matriz carboidrato-lignina. O uso da cavitação hidrodinâmica combinada com outras formas de pré-tratamento tem se mostrado uma atraente alternativa frente aos métodos convencionais com elevada eficiência de pré-tratamento, baixo consumo energético, aplicabilidade em larga escala com simples configuração. Esta revisão inclui uma visão geral desta promissora tecnologia aplicada ao

pré-tratamento de bagaço de cana-de-açúcar e uma discussão detalhada sobre o processo além dos parâmetros que afetam o fenômeno e as perspectivas futuras de desenvolvimento nesta área.

PALAVRAS - CHAVE: cavitação hidrodinâmica, pré-tratamento, cana-de-açúcar, biomassa, biorefinaria.

HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR SUGARCANE BAGASSE PRETREATMENT: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Hydrodynamic cavitation emerges as a promising route for lignocellulosic biomass pretreatment releasing large amounts of energy and inducing physical and chemical transformations, favoring the structural disintegration. The use of hydrodynamic cavitation combined with other forms of pretreatment has become an attractive alternative to conventional methods with high pretreatment efficiency, low energy consumption, large-scale applicability with simple configuration. This review includes an overview of this promising technology applied to the pretreatment of sugarcane bagasse and a detailed discussion about the process, as well as the parameters that affect the phenomenon and future development prospects in this area.

KEYWORDS: hydrodynamic cavitation, pretreatment, sugarcane bagasse, biomass, biorefinery.

1 | INTRODUÇÃO

Com o rápido desenvolvimento de nossa sociedade e o aumento exponencial da demanda por combustíveis e produtos químicos, fica evidente a necessidade urgente de se estabelecer novas técnicas e de se utilizar novos materiais para substituir os produtos a base de combustíveis fósseis, que além de não-renováveis também impactam negativamente o meio ambiente.

A busca por novas fontes energéticas renováveis tem provocado extensas pesquisas para o desenvolvimento de rotas biotecnológicas que permitam a utilização de biomassas residuais de composição lignocelulósica para se produzir novos produtos como biocombustíveis, biomateriais e produtos químicos.

Entre muitas rotas sustentáveis de produção, a biomassa lignocelulósica é o biopolímero natural mais abundante, tornando-se uma matéria-prima promissora (SARSAIYA *et al.*, 2019).

Os setores da agroindústria brasileira geram centenas de toneladas de resíduos lignocelulósicos a cada ano e que por vezes não são totalmente utilizados ou ainda estão em fase de estudos, tais como: casca e palha de arroz, coco verde, algodão, milho (sabugo e palhas), cana-de-açúcar (bagaço e palha), entre outras.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2019 (BRASIL, 2019) a cana-de-açúcar e seus derivados apresentam-se como a segunda maior fonte energética do Brasil, em tonelada equivalente de petróleo (TEP), ficando à frente da hidroeletricidade e atrás apenas do petróleo. Abundante no país, o bagaço de cana-de-açúcar constitui-se um dos mais importantes subprodutos da indústria sucroalcooleira, sendo considerado estratégico para a segurança energética nacional (CONAB, 2018).

O bagaço de cana-de-açúcar é composto principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, servindo como fonte de açúcares solúveis que através de processos químicos, enzimáticos e fermentativos podem fornecer biocombustíveis e uma variedade de bioprodutos, fornecendo uma plataforma para biorrefinarias.

Entretanto, o bagaço de cana-de-açúcar possui estruturas complexas que não proporcionam o seu uso direto e, portanto, a desconstrução da matriz lignocelulósica complexa altamente recalcitrante apresenta-se como o principal desafio a ser superado, através de uma etapa de pré-tratamento da biomassa.

Algumas novas tecnologias industriais vêm despontando como candidatas promissoras para soluções sustentáveis de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica, como radiações ionizantes, campo elétrico pulsado, técnicas de ultrassom e a cavitação hidrodinâmica.

A cavitação hidrodinâmica é um fenômeno sequencial de vaporização, geração e implosão de microscópicas bolhas de vapor, liberando grandes magnitudes de energia ao longo de uma pequena extensão. O colapso ou implosão destas bolhas de vapor geram

altas temperaturas e pressões, as quais induzem a clivagem de moléculas de água para produzir radicais livres que favorecem a desconstrução da estrutura da biomassa (BADVE *et al.*, 2014).

Recentemente, muitas pesquisas vêm sendo realizadas em centros de pesquisa e universidades no Brasil e no mundo sobre a utilização da cavitação hidrodinâmica como pré-tratamento de materiais lignocelulósicos, como se observa nos estudos de Kim *et al.* (2015), Nakashima *et al.* (2016), Madison *et al.*, (2017), Sun *et al.*, (2018), Thanekar e Gogate (2019), Ren *et al.* (2020) e Bimestre *et al.* (2020).

Neste contexto, o presente estudo discute os desenvolvimentos recentes em tecnologias de cavitação hidrodinâmica no processo de pré-tratamento de bagaço de cana-de-açúcar, além dos parâmetros que afetam o fenômeno da cavitação e perspectivas de desenvolvimento futuro nesta área.

21 A CANA-DE-AÇÚCAR E A UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO COMO FONTE ENERGÉTICA

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta herbácea de grande porte, angiosperma, pertencente à classe das monocotiledôneas, família *Poaceae* e gênero *Saccharum* (APG II, 2003). Pertence a mesma família do milho, do trigo, do arroz e da aveia, de extrema relevância econômica, devido sua utilização na alimentação humana e animal, além da produção de bebidas e fármacos.

O Brasil tem uma longa tradição de cultivo de cana-de-açúcar. Trazida do sudeste asiático, foi introduzida no Brasil pelos portugueses em 1530, sendo então considerado o maior fornecedor mundial de açúcar. Atualmente, a cana-de-açúcar é o terceiro maior cultivo brasileiro (13,5% do total em área plantada), atrás apenas da soja e do milho (IBGE, 2017). Estima-se que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar tenha gerado, somente no primeiro semestre de 2017, um produto de R\$ 156 bilhões, mais de 1/5 do Produto Interno Bruto - PIB do agronegócio brasileiro, naquele período (BRASIL, 2017).

As variedades de cana-de-açúcar atualmente cultivadas no Brasil compreendem plantas geneticamente híbridas, obtidas por meio de cruzamento genético. O trabalho de melhoramento genético visa obter espécies resistentes a doenças, bem como com grande capacidade de concentração de sacarose (CARVALHO; FURTADO, 2013).

O cultivo da cana-de-açúcar é semiperene, permanecendo no solo por mais de uma colheita. É altamente vantajoso do ponto de vista econômico, devido a alta produtividade, ao uso eficiente de insumos agrícolas como água, fertilizantes e pesticidas, além disso pode ser localmente processada em diversos produtos de valor agregado, como o açúcar, o melado, o etanol e energia, todos passíveis de armazenamento e transporte (MOORE; PATERSON; TEW, 2014).

Dentre os resíduos ou subprodutos resultantes do processamento da cana-de-açúcar, destaca-se o bagaço: um resíduo fibroso obtido após o esmagamento da cana-de-

açúcar e extração de seu suco, que pode ser utilizado como fonte de biomassa renovável na produção de açúcares solúveis, que através de processos físico-químicos, enzimáticos e fermentativos pode fornecer combustíveis líquidos como o etanol biocombustível e uma variedade de produtos químicos como ácido láctico, ácido cítrico, xilitol e biohidrogênio.

Em geral, para cada tonelada de cana colhida, é produzido 280 kg de bagaço com 50% de umidade, além de 234 kg de palha (ASSAD, 2017). Estima-se que no Brasil em 2019 houve um acúmulo de 86 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar (CONAB, 2018), constituindo-se um dos mais importantes subprodutos da indústria sucroalcooleira, sendo empregado na produção de vapor e energia elétrica (cogeração), garantindo a autossuficiência das usinas nos períodos de entressafra.

As quantidades remanescentes de bagaço podem ainda ser utilizadas em muitos processos industriais como por exemplo na produção de materiais compósitos, como aditivo na fabricação de concreto e blocos a partir das cinzas, produção de cerâmica e produtos refratários.

3 I PRÉ-TRATAMENTO DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICO

A etapa de pré-tratamento da biomassa tem como objetivo principal facilitar o acesso das enzimas a celulose, quebrando a estrutura formada pela lignina. Uma etapa de pré-tratamento efetivo modifica o tamanho, a estrutura e a composição química das partículas de biomassa, além de que deve limitar a produção de inibidores e reduzir custos de produção e demandas de energia (BHOWMICK; SARMAH; SEN, 2018). Segundo Ponnusamy *et al.* (2019), em geral, a sacarificação da biomassa lignocelulósica sem pré-tratamento pode produzir menos de 20% de açúcares agregados, no entanto, após o pré-tratamento, o rendimento pode subir para até 90%.

Os processos de pré-tratamentos de materiais lignocelulósicos podem ser classificados como físicos, químicos, físico-químicos, biológicos ou uma combinação de todos esses, o que dependerá do grau de separação requerido e do fim proposto. Para cada método de pré-tratamento, diferentes produtos e rendimentos podem ser obtidos, cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Dentre os métodos de pré-tratamento físico pode-se destacar moagem (*milling*), extrusão (*extrusions*), congelamento (*freezing*) e irradiação de micro-ondas (*microwave irradiation*). Estes métodos reduzem o tamanho das partículas e aumentam a área superficial dos materiais lignocelulósicos, entretanto esses métodos não são eficazes isoladamente e são usados em combinação com outros (KUMARI; SINGH, 2018). Dentre os processos de pré-tratamentos químicos destacam-se os ácidos, alcalinos, solventes orgânicos (*organosolv*), ozônio (O₃) e líquidos iônicos. Os pré-tratamentos ácidos e alcalinos são os mais extensivamente utilizados devido a propiciarem alta solubilização da celulose e hemicelulose e remoção de lignina. Em geral os pré-tratamentos ácidos são realizados

em baixa concentração com elevadas temperaturas além disso requerem equipamentos específicos para trabalhar em condições químicas severas para evitar a corrosão do reator. Já o pré-tratamento alcalino pode operar a baixas temperaturas com longo tempo de residência, entretanto possui elevado consumo de água para lavar a biomassa pré-tratada, o que não é ecologicamente correto (HALDAR; PURKAIT, 2021). Os pré-tratamentos físico-químicos podem ser do tipo ultrassom (*Ultrasonication* - US), expansão da fibra em amônia (*Ammonia fiber explosion* - AFEx), auto hidrólise (*autohydrolysis*) ou explosão a vapor (*steam explosion pretreatment*), água quente líquida (*Liquid hot water* - LHW) e oxidação úmida (*Wet oxidation* - WO) (ABRAHAM *et al.*, 2020). Os métodos biológicos mais utilizados são: fúngico, microbiano e enzimático (RAI *et al.*, 2019). A geração de resíduos ambientalmente perigosos e/ou altos insumos energéticos é o gargalo dos processos de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica e existe uma necessidade urgente de soluções tecnológicas verdes para este desafio (HASSAN; WILLIAMS; JAISWAL, 2018). Neste sentido, a cavitação hidrodinâmica desponta-se como uma promissora rota tecnológica para o pré-tratamento de biomassa lignocelulósica.

3.1 Cavitação Hidrodinâmica (HC)

Os primeiros estudos que relatam o uso da cavitação hidrodinâmica no pré-tratamento de biomassa foram conduzidos por Kim *et al.* (2015), utilizando o junco para a produção de etanol. Desde então, novos estudos têm sido conduzidos utilizando sabugo de milho para uso geral em biorrefinarias (NAKASHIMA *et al.*, 2016), bagaço de cana para produção do etanol (MADISON *et al.*, 2017) e palha de trigo para produção do biogás (PATIL *et al.*, 2016).

A cavitação hidrodinâmica é definida como a geração, o crescimento subsequente e o colapso de cavidades de vapor (microbolhas), formadas quando a pressão absoluta de um escoamento se iguala ou cai abaixo da pressão de vapor do líquido à temperatura do escoamento. A variação de pressão é causada por constrições como tubos de Venturi, placas de orifício e válvulas de estrangulamento. Ao passar pela constrição ocorre a diminuição da pressão do escoamento, que cai abaixo da pressão de vapor do líquido, formando as cavidades de vapor que após a constrição colapsam devido a recuperação de pressão e um fluxo mais lento. Esse colapso é forte o suficiente para liberar grandes magnitudes de energia em um espaço muito pequeno, resultando em densidades de energia extremamente altas (SHRIKANT; KHAMBETE, 2017).

A implosão das cavidades de vapor pode gerar localmente altas temperaturas, da ordem de 5.000 a 10.000K e pressões de 1.000 a 2.000 atm (KIM *et al.*, 2015), o que induz a transformações físicas e químicas, produzindo radicais oxidativos fortes como o radical hidroxila (OH \cdot), devido a decomposição das moléculas de água, favorecendo o rompimento da matriz carboidrato-lignina (BADVE *et al.*, 2014).

Nakashima *et al.* (2016) e Hilares *et al.* (2017a) afirmam também que o violento

colapso das microbolhas provoca vigorosa turbulência e ondas de choque, que são responsáveis pela pirólise/decomposição molecular das moléculas orgânicas presas no interior ou na vizinhança das cavidades de vapor, contribuindo para a desintegração estrutural e aumento da porosidade da biomassa, tornando-a mais suscetível a hidrólise enzimática.

Em relação a dinâmica das bolhas de vapor, Madison *et al.* (2017) descrevem que há duas características principais: o tamanho máximo da bolha e a distância percorrida por ela antes do colapso, ou seja, a sua vida útil. O tamanho máximo da bolha define a intensidade da cavitação. As bolhas crescem a baixa pressão ou altas temperaturas, sendo que bolhas maiores implodem com maior intensidade e podem causar maiores efeitos em uma substância do que bolhas menores.

A cavitação hidrodinâmica pode ser também produzida pela rotação mecânica de um objeto através de um líquido, ocorrendo também na entrada de bombas centrífugas e na saída dos rotores de turbinas hidráulicas. Embora seja um fenômeno indesejado na área de máquinas hidráulicas, a cavitação hidrodinâmica vem sendo aplicada no tratamento de água e efluentes, limpeza industrial e em processos biotecnológicos.

A cavitação hidrodinâmica tem a capacidade de oxidar substâncias orgânicas aliada ao baixo custo de operação quando comparada a outros processos de pré-tratamento. Além disso é de fácil operação, pode ser aplicada em maior escala, menos poluente com nenhum subproduto formado e pode ser utilizada em conjunto com outras formas de pré-tratamento, como os meios reacionais ácidos e alcalinos para melhorar a eficiência do processo. Segundo Thanekar e Gogate (2019) a eficácia da cavitação hidrodinâmica também pode ser aumentada usando-se aditivos de intensificação do processo, como o peróxido de hidrogênio e o ozônio.

3.2 Reatores de Cavitação Hidrodinâmica

O reator de cavitação hidrodinâmica é um circuito composto basicamente por uma bomba que faz a mistura reacional circular através do reator, além de válvulas de controle, medidores de pressão e temperatura. Os reatores de cavitação hidrodinâmica geralmente são divididos em duas categorias: Os reatores não-rotacionais, como os de placa de orifício e tubos de Venturi, e os reatores rotacionais onde a cavitação é gerada em uma região varrida por impulsores de alta velocidade (SUN *et al.*, 2018).

Nos reatores não-rotacionais adapta-se um tubo de Venturi ou uma placa de orifício na linha de recalque, com o objetivo de provocar a queda de pressão na linha, que cairá abaixo da pressão de vapor do líquido a dada temperatura, ocasionando o fenômeno da cavitação. A pressão de entrada e de saída totalmente recuperada são medidas através de manômetros ou transdutores de pressão. A linha principal deve também possuir válvulas de controle, a fim de se ajustar a descarga da bomba. A Figura 1 ilustra uma representação de um reator de cavitação hidrodinâmica não-rotacional, utilizando tubo de Venturi.

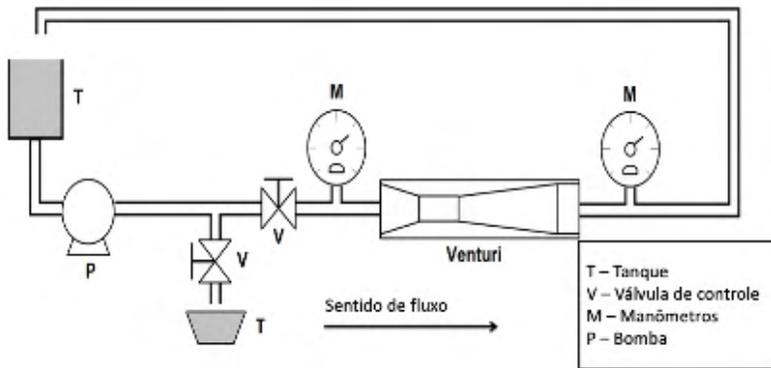


Figura 1 – Reator de cavitação hidrodinâmica com tubo de Venturi.

Fonte: Os autores.

Sun *et al.* (2018) demonstram que os reatores não rotacionais têm configurações experimentais simples que podem produzir o fenômeno da cavitação, entretanto, afirmam também que esses reatores possuem limitações físicas inerentes que afetam a intensidade da cavitação e a eficiência térmica do processo, elevando o tempo de processamento para dezenas de minutos, o que pode torná-lo impraticável para uso em aplicações industriais de larga escala. É importante ressaltar que a eficiência de um reator depende das características hidrodinâmicas do meio, ou seja, das propriedades de transporte da mistura, da transferência de calor e massa do sistema e da cinética-química do meio reacional (BADVE *et al.*, 2015). Por este motivo, muitas pesquisas envolvendo reatores de cavitação hidrodinâmica não-rotacionais utilizando tubos de Venturi e placas de orifício tem sido conduzidas para as mais diversas aplicações.

A extensão da cavitação ocorrendo em um sistema é explicada em termos do número de cavitação σ_c , derivado do teorema de Bernoulli e expresso pela equação (1) (SHRIKANT; KHAMBETE, 2017):

$$\sigma_c = \frac{P_2 - P_v}{0,5\rho v^2} \quad (1)$$

Em que: σ_c é o número de cavitação [adimensional]; P_2 - é a pressão a jusante do tubo de Venturi em [Pa]; P_v - é a pressão de vapor da água em [Pa], ρ - é a massa específica do líquido [kg/m^3] e v - é a velocidade na garganta onde a cavitação ocorre em [m/s]. Números de cavitação menores ou iguais a 1 indicam a ocorrência do fenômeno, ou seja, que a pressão a jusante caiu até a pressão de vapor da água (ASHRAFIZADEH; GHASSEMI, 2015).

Porém, pode-se observar que o número de cavitação não leva em consideração a dinâmica de fluidos local. Portanto, o número de cavitação não é um parâmetro adequado

para comparar a eficácia geométrica dos dispositivos de cavitação (DASTANE *et al.*, 2019). Um parâmetro denominado *Cavitation Efficacy Ratio* (CER) pode ser utilizado para corrigir esse problema. O CER é definido pela equação (2):

$$CER = \frac{P_{colapso}}{P_1 - P_2} \quad (2)$$

Onde: $P_{colapso}$ é a pressão gerada após o colapso da cavidade (Pa), P_1 é a pressão de entrada (Pa) e P_2 é a pressão de saída após o dispositivo de cavitação (Pa).

Essencialmente o CER é a eficácia teórica máxima do sistema de cavitação, onde a pressão de colapso representa a quantidade máxima de energia que pode ser liberada por uma cavidade em um determinado campo de escoamento e o denominador a perda permanente de pressão (energia dissipada) durante o processo.

A pressão de colapso pode ser determinada pela correlação empírica proposta por GOGATE e PANDIT (2000), que é de fácil utilização e válida em toda a gama de parâmetros que comumente são utilizadas nas aplicações de cavitação hidrodinâmica (tamanho de cavidade inicial de 0,01 a 0,1mm, pressão de entrada de 1 a 8 atm, diâmetro do orifício de 1 a 10mm e porcentagem de área livre dos furos de 1 a 20%). A correlação final desenvolvida para a cavitação hidrodinâmica é indicada pela equação (3):

$$P_{colapso} = 7527 \cdot (A)^{-2,55} \{ (P_i)^{2,46} (r_0)^{-0,80} (d_0)^{2,37} \}. \quad (3)$$

Onde: $P_{colapso}$ é a pressão de colapso das bolhas (atm), A é a porcentagem de área livre dos furos (%), P_i é a pressão de entrada (atm), r_0 é o raio inicial das cavidades (mm) e d_0 é o diâmetro do dispositivo de cavitação utilizado (mm).

A correlação anterior é apenas uma indicação da magnitude da pressão de colapso no reator de cavitação hidrodinâmica. Outro parâmetro importante a ser considerado no projeto de reatores de cavitação hidrodinâmica é o rendimento cavitacional, desenvolvido por GOGATE e PANDIT (2000) e expresso pela equação (4):

$$Rendimento\ cavitacional = K \cdot (P_{colapso})^w \quad (4)$$

Onde: a constante K e o expoente w dependem da geometria do reator, de parâmetros operacionais e do tipo de reação que está sendo realizada.

Segundo Li *et al.* (2019) os tubos Venturi superam as placas de orifício em aplicações de desinfecção com excelentes desempenhos nos aglomerados de bactérias, gerando uma cavitação mais densa com um maior número de bolhas de vapor formadas. Além disso, as vazões em tubos de Venturi são maiores que em placas de orifício para a mesma entrada de energia, levando a uma maior capacidade de tratamento e maior eficiência energética, apesar do custo mais elevado de fabricação.

Para Kuldeep e Virendra (2016) a pressão se recupera suavemente em tubos de Venturi devido ao ângulo de divergência, deixando as cavidades de vapor com tempo

suficiente para crescer até o tamanho máximo, aumentando a intensidade do colapso e o rendimento da cavitação, o que não ocorre em placas de orifício. Para Simpson e Ranade (2018) a intensidade cavitacional em tubos de Venturi depende do colapso da cavidade de vapor formada, que é controlado pelas condições de operação do processo como número de cavitação e pressão de entrada, sua geometria - ângulos de divergência/convergência, diâmetro e comprimento da garganta.

4 | VISÃO GERAL DA APLICAÇÃO DA CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA PARA O PRÉ-TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Os primeiros estudos sobre a cavitação hidrodinâmica aplicada ao pré-tratamento de biomassa lignocelulósica datam de 2015 e foram conduzidos por Kim *et al.* (2015). Neste estudo a cavitação hidrodinâmica foi empregada como um meio físico para potencializar o pré-tratamento alcalino de cana para a produção de etanol. Foram avaliadas a influência da concentração de NaOH, da razão sólido-líquido e do tempo de reação no rendimento em glicose. O dispositivo de cavitação utilizado foi a placa de orifício com 27 furos de 1 mm de diâmetro. O volume reacional utilizado foi de 150mL, com pressão de entrada igual a 500kPa a temperatura de operação igual a 77 As condições ótimas de pré-tratamento foram determinadas em 3% NaOH, 11,8% carga de sólido e tempo reacional de 41,1 minutos, com remoção de lignina de 35 a 42% e rendimento máximo em glicose de 326,5 g/kg de biomassa após 72h de hidrólise enzimática. A cavitação hidrodinâmica como pré-tratamento de biomassa também se mostrou vantajosa do ponto de vista energético, com um consumo de energia de 3,65 MJ/kg de biomassa, valor significativamente menor quando comparado com a cavitação ultrassônica com consumo de 14,4 MJ/kg de biomassa realizado em condições semelhantes.

Hiláres *et al.* (2016) também empregaram a cavitação hidrodinâmica para otimizar o pré-tratamento alcalino de bagaço de cana-de-açúcar em um estudo similar. Em condições otimizadas (0,48M NaOH, 4,27% s/l e 44,48minutos) relataram 52,1% de glucan, 60,4% de remoção de lignina e 97,2% de digestibilidade enzimática após 48h de hidrólise. Além disso a hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado apresentou um rendimento 82% maior em relação a hidrólise do bagaço sem pré-tratamento e 30% maior do que o bagaço pré-tratado apenas com álcali.

Madison *et al.* (2017) submeteram o bagaço de cana-de-açúcar bruto e tratado com cal a cavitação hidrodinâmica utilizando tubo de Venturi com 0,714 cm de diâmetro de garganta. Os melhores resultados foram obtidos com o tratamento por cavitação seguido do tratamento com cal aumentando a digestibilidade enzimática em 46% quando comparada ao pré-tratamento apenas com cal.

Em outro estudo, Hiláres *et al.* (2017b) avaliaram a eficiência da cavitação hidrodinâmica utilizando a metodologia de superfície de resposta variando parâmetros

como a pressão de entrada (1-3bar), temperatura (40- 70) e a concentração de NaOH (0,1 – 0,3M). Em condições otimizadas (3bar, 70 e 0,3M NaOH) foram obtidos, respectivamente, 93,05% e 94,45% de rendimento de hidrólise de celulose e hemicelulose em 30 minutos de pré-tratamento.

Bimestre *et al.* (2020) utilizaram a modelagem fluidodinâmica computacional para avaliar a influência da pressão de entrada, do diâmetro e comprimento de garganta de um tubo de Venturi para cavitação hidrodinâmica. A partir dos resultados computacionais, o pré-tratamento alcalino do bagaço de cana-de-açúcar assistido por cavitação hidrodinâmica foi conduzido. Em condições otimizadas (4,90% NaOH, 2,03% s/l e 58,33 minutos) obtiveram máxima remoção de lignina de 56,01%.

5 I FATORES INFLUENCIADORES NA INTENSIDADE DE CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA NO PRÉ-TRATAMENTO DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Na concepção e projeto de um reator de cavitação hidrodinâmica com tubo de Venturi é imprescindível a identificação de parâmetros vitais do processo e a compreensão da influência desses parâmetros nos mecanismos físicos e químicos envolvidos. Para Shrikant e Khambete (2017) os principais parâmetros influenciadores em um reator de cavitação hidrodinâmica podem ser classificados em três grupos: (a) características estruturais do reator, em especial a geometria; (b) características do meio líquido: viscosidade, massa específica, calor específico etc.; (c) características do processo tecnológico: tempo, temperatura, pressão etc.

Ghassemi e Fasih (2011) estudaram o desempenho de tubos de Venturi sob diferentes pressões a montante e a jusante. Seus resultados mostraram que, para razões de pressão a jusante / a montante inferiores a 0,8, a vazão mássica é constante e independente da pressão a jusante.

Ashrafizadeh e Ghassemi (2015) conduziram experimentos de cavitação em tubos de Venturi com diferentes valores de pressão a jusante fixando a pressão a montante em 20bar. Através de seus resultados pode-se verificar que diminuindo a pressão a jusante a região de cavitação torna-se maior. A pressão de entrada é também um parâmetro importante, pois as cavidades de vapor desenvolvidas dependem dela. Um aumento na pressão de entrada tende a reduzir o número de cavitação devido ao aumento na velocidade e na vazão de líquido, intensificando o fenômeno da cavitação.

Gogate e Patil (2015) estudaram os efeitos da pressão de entrada em reatores de cavitação e concluíram que o número de cavitação decresceu de 0,76 para 0,29 com o aumento da pressão de entrada de 1 bar para 5 bar, confirmando o aumento na intensidade da cavitação hidrodinâmica. Entretanto, afirmam que pressões muito elevadas na entrada podem ocasionar o fenômeno da supercavitação, que é a formação de uma nuvem de cavidades de vapor, cujo colapso é amortecido significativamente, levando a

uma diminuição da efetividade cavitacional. De modo geral, sugerem valores de pressão de entrada na faixa de 4 a 6 bar para configurações com tubo de Venturi e placas de orifício.

Devido a complexidade do escoamento e a instrumentação necessária para a caracterização experimental do fluxo, aliada as complexas geometrias e baixas escalas de tempo, a dinâmica dos fluidos computacional pode ser uma importante ferramenta no projeto de reatores de cavitação (BIMESTRE et al., 2020) (HILÁRES et al., 2020).

6 | PERSPECTIVAS FUTURAS

Investigações futuras para a cavitação hidrodinâmica devem ser conduzidas com o peróxido de hidrogênio e o ozônio além das reações de Fenton (*Fenton reaction and Fenton-like reaction*) liberando radicais hidroxila (OH) e peridroxila (HOO) oxidando e degradando as estruturas recalcitrantes da biomassa lignocelulósica facilitando o acesso das enzimas a celulose e potencializando a hidrólise enzimática (LIU et al., 2020).

7 | CONCLUSÕES

Esta revisão resumiu a importância e o potencial da cavitação hidrodinâmica como uma alternativa aos métodos convencionais de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica. A configuração do reator e do dispositivo cavitante tem fundamental importância no processo, bem como as condições operacionais como temperatura, pressão de entrada, número de cavitação e tamanho de partícula, tornando o processo economicamente viável no contexto de biorefinaria. A cavitação hidrodinâmica se mostrou uma excelente alternativa de processamento em larga escala, ecologicamente amigável, eficiente energeticamente e pode ser utilizada em conjunto com outras formas de pré-tratamento. Investigações futuras devem se concentrar em projetos de reatores de alto desempenho e baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, A. et al. **Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass.** *Bioresource Technology*, [S.L.], v. 301, p. 122-130, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122725>.
- APG II, Angiosperm Phylogeny Group II. **An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants:** APG II. *Botanical journal of the linnean society, London*, v. 141, n. 4, p.399-436, abr. 2003. Oxford university press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x>.
- ASHRAFIZADEH, S. M.; GHASSEMI, H. **Experimental and numerical investigation on the performance of small-sized cavitating venturis.** *Flow measurement and instrumentation, Guilford*, v. 42, p.6-15, abr. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2014.12.007>.
- ASSAD, L. **Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores.** *Ciência e cultura, São Paulo*, v. 69, n. 4, p.13-16, out. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400005>.

BADVE, M. P. *et al.* **Hydrodynamic cavitation as a novel approach for delignification of wheat straw for paper manufacturing.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, v. 21, n. 1, p.162-168, jan. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.07.006>.

BADVE, M. P. *et al.* **Modeling the shear rate and pressure drop in a hydrodynamic cavitation reactor with experimental validation based on KI decomposition studies.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, v. 22, p.272-277, jan. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.05.017>.

BHOWMICK, G.; SARMAH, A. K.; SEN, R. **Lignocellulosic biorefinery as a model for sustainable development of biofuels and value added products.** *Bioresource technology*, Essex, v. 247, p.1144-1154, jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.163>.

BIMESTRE, T.A. *et al.* **Theoretical modeling and experimental validation of hydrodynamic cavitation reactor with a Venturi tube for sugarcane bagasse pretreatment.** *Bioresource Technology*, [S.L.], v. 311, p. 123-134, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123540>.

BRASIL, Centro de estudos avançados em economia Aplicada. **PIB de cadeias agropecuárias.** São Paulo: CEPEA, 2017. 235p. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-de-cadeias-agropecuarias.aspx>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2018-2019.** Brasília: MME, 2019. 263p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>.

CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. **O melhoramento genético de cana-de-açúcar no Brasil e o desafio das mudanças climáticas globais.** *Revista gestão & conexões*, Vitória, v. 2, n. 1, p.22-46, 23 set. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13071/regec.2317-5087.2013.2.1.4909.22-46>.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar: safra 2018/2019: terceiro levantamento**, dez. de 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.

DASTANE, G. G *et al.* **Single and multiphase CFD simulations for designing cavitating venturi.** *Chemical Engineering Research And Design*, [S.L.], v. 149, p. 1-12, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2019.06.036>.

GHASSEMI, H.; FASIH, H. F. **Application of small size cavitating venturi as flow controller and flow meter.** *Flow measurement and instrumentation*, Guilford, v. 22, n. 5, p.406-412, out. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2011.05.001>.

GOGATE, P.R., PANDIT, A. B. **Hydrodynamic cavitation reactors: a state-of-the-art review.** *Rev Chem Eng.* 2001;17:1–85.

GOGATE, P. R.; PATIL, P. N. **Combined treatment technology based on synergism between hydrodynamic cavitation and advanced oxidation processes.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, v. 25, p.60-69, jul. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.08.016>.

HALDAR, Dibyajyoti; PURKAIT, Mihir Kumar. **A review on the environment-friendly emerging techniques for pretreatment of lignocellulosic biomass: mechanistic insight and advancements.** *Chemosphere*, [S.L.], v. 264, p. 128-139, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128523>.

HASSAN, S. S.; WILLIAMS, G. A.; JAISWAL, A. K. **Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass.** *Bioresource Technology*, Essex, v. 262, p.310-318, ago. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.099>.

HILARES, R. T. *et al.* **Hydrodynamic cavitation-assisted alkaline pretreatment as a new approach for sugarcane bagasse biorefineries.** *Bioresource technology*, Essex, v. 214, p.609-614, ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.004>.

HILARES^a, R. T. *et al.* **Ethanol production in a simultaneous saccharification and fermentation process with interconnected reactors employing hydrodynamic cavitation-pretreated sugarcane bagasse as raw material.** *Bioresource technology*, Essex, v. 243, p.652-659, nov. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.159>.

HILARES^b, R. T. *et al.* **Hydrodynamic cavitation as a strategy to enhance the efficiency of lignocellulosic biomass pretreatment.** *Critical reviews in biotechnology*, Boca Raton, v. 38, n. 4, p.483-493, 12 dez. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07388551.2017.1369932>.

HILARES, R. T. *et al.* **Hydrodynamic cavitation-assisted continuous pre-treatment of sugarcane bagasse for ethanol production: effects of geometric parameters of the cavitation device.** *Ultrasonics Sonochemistry*, [S.L.], v. 63, p. 104-116, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104931>.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A geografia da cana-de-açúcar: dinâmica territorial da produção agropecuária.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 170 p. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/dinamica_agropecuaria..

KIM, I. *et al.* **Hydrodynamic cavitation as a novel pretreatment approach for bioethanol production from reed.** *Bioresource technology*, Essex, v. 192, p.335-339, set. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.038>.

KULDEEP S., VIRENDRA, K. **Computational study of different venturi and orifice type hydrodynamic cavitating devices.** *Journal of hydrodynamics*, London, v. 28, n. 2, p.293-305, abr. 2016. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s1001-6058\(16\)60631-5](http://dx.doi.org/10.1016/s1001-6058(16)60631-5).

KUMARI, D.; SINGH, R. **Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: a critical review.** *Renewable and sustainable energy reviews*, Oxford, v. 90, p.877-891, jul. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.111>.

LI, M. *et al.* **Study of Venturi tube geometry on the hydrodynamic cavitation for the generation of microbubbles.** *Minerals engineering*, Oxford, v. 132, p.268-274, mar. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2018.11.001>.

LIU, W. *et al.* **Improving enzymatic hydrolysis of mechanically refined poplar branches with assistance of hydrothermal and Fenton pretreatment.** *Bioresource Technology*, [S.L.], v. 316, p. 123920, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123920>.

MADISON, M. J. *et al.* **Mechanical pretreatment of biomass – part I: Acoustic and hydrodynamic cavitation.** *Biomass and bioenergy*, Oxford, v. 98, p.135-141, mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.007>.

MEROUANI, S. *et al.* **Experimental and numerical investigation of the effect of liquid temperature on the sonolytic degradation of some organic dyes in water.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, v. 28, p.382-392, jan. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.08.015>.

MOORE, P. H.; PATERSON, A. H.; TEW, T. **Sugarcane: the crop, the plant, and domestication.** *Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology*, Lauderdale p.1-17, 13 dez. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118771280.ch1>.

NAKASHIMA, K. *et al.* **Hydrodynamic cavitation reactor for efficient pretreatment of lignocellulosic biomass.** *Industrial & engineering chemistry research*, Washington, v. 55, n. 7, p.1866-1871, 15 fev. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04375>.

PATIL, P. N. *et al.* **Intensification of biogas production using pretreatment based on hydrodynamic cavitation.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, v. 30, p.79-86, mai. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.11.009>.

PONNUSAMY, V. K. *et al.* **A review on lignin structure, pretreatments, fermentation reactions and biorefinery potential.** *Bioresource technology*, Essex, v. 271, p.462-472, jan. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.070>.

RAI, R. *et al.* **Enhanced hydrolysis of lignocellulosic biomass with doping of a highly thermostable recombinant laccase.** *International Journal Of Biological Macromolecules*, [S.L.], v. 137, p. 232-237, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.221>.

REN, X. *et al.* **Comparison of hydrodynamic and ultrasonic cavitation effects on soy protein isolate functionality.** *Journal of food engineering*, Essex, v. 265, p.109-119, jan. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109697>.

SARSAIYA, S. *et al.* **Microbial dynamics for lignocellulosic waste bioconversion and its importance with modern circular economy, challenges and future perspectives.** *Bioresource technology*, Essex, v. 291, p.121-134, nov. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121905>.

SHRIKANT, B. R.; KHAMBETE, A. K. **Hydrodynamic cavitation: a novel treatment approach.** *Materials today*, Kidlington, v. 4, n. 9, p.9680-9684, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.246>.

SIMPSON, A.; RANADE, V. V. **Modeling hydrodynamic cavitation in Venturi: influence of Venturi configuration on inception and extent of cavitation.** *Aiche journal*, New York, v. 65, n. 1, p.421-433, 5 out. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/aic.16411>.

SUN, X. *et al.* **An experimental study on the thermal performance of a novel hydrodynamic cavitation reactor.** *Experimental thermal and fluid science*, New York, v. 99, p.200-210, dez. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2018.02.034>.

THANEKAR, P.; GOGATE, P. R. **Combined hydrodynamic cavitation based processes as an efficient treatment option for real industrial effluent.** *Ultrasonics sonochemistry*, Oxford, p.1-12, jan. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.007>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 22, 26, 27, 29, 30, 149, 150, 158, 159, 160, 161

Agricultura 8, 82, 200, 209

Agrotóxicos 81, 82, 90, 137

Arboviroses 128, 129, 131, 132, 136, 137, 139

Arduíno 162, 167

Atividade metabólica 52

Avaliação de perdas elétricas 62

B

Balanço Energético Nacional 115

Banners 142, 143, 144, 147, 148

Biocombustíveis 102, 103, 106, 109, 115

Bioenergia 92, 96, 103

Bioinseticidas 128

Biomassa 11, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124

Biorefinaria 114, 124

C

Cana-de-açúcar 101, 103, 104, 106, 107, 111, 114, 115, 116, 117, 122, 123, 125, 126

Capim Jaraguá 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99

Carvão Vegetal 93, 94, 95, 100

CARVÃO VEGETAL 99

Cavitação Hidrodinâmica 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124

Células Multijunção 40

Combustíveis Fósseis 9, 11, 93, 102, 108, 115

D

Densificação 92, 93, 94

Desenvolvimento de produtos 149, 150, 151, 160

Desenvolvimento Sustentável 9, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 23, 25, 26, 28, 31, 61, 139, 141, 143, 149, 151, 158, 189, 191, 194, 198, 205, 206

Doenças Virais 129

E

Economia circular 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

Energia Elétrica 26, 40, 52, 53, 54, 60, 61, 63, 64, 65, 70, 71, 93, 117

Energia Solar Fotovoltaica 62, 73

Energias Renováveis 54, 72

Espectro Solar 40, 44, 45, 50, 51

F

Fontes Energéticas Renováveis 115

G

Gases de efeito estufa 2, 101, 102

Geração de energia 40, 52, 55, 63, 73, 75, 77, 93, 100, 101, 102, 106, 108

Geração Distribuída 62, 63, 64, 67, 70, 71, 73

Gestão Sustentável de Eventos 20

I

Inseticidas Sintéticos 128, 129, 133

Inseto Vetor 132, 133, 136

M

Meio Ambiente 9, 2, 5, 12, 14, 53, 54, 81, 82, 83, 93, 115, 129, 136, 141, 142, 145, 147, 148, 160, 194, 197, 203, 205, 210, 211, 213

Método LiderA 20, 29

Moléculas Bioativas 130

Mudanças Climáticas 2, 101, 102, 125, 193, 195, 197, 198, 205, 206, 210, 211

N

Nanoantena 33, 34

Nanogeradores Triboelétricos 53

Natureza 9, 23, 102, 142, 143, 147, 150

P

País Desenvolvido 7

País em desenvolvimento 7

Pandemia 141, 144, 146

Plasma não térmico 81, 83

Poluição 3, 50, 82, 141, 142, 147, 169

Problemas Ambientais 9, 2, 5, 6, 16, 141, 142

Processo de Briquetagem 96

Produção Eficiente 101

Produtos Sustentáveis 141, 143, 144, 147, 148

R

Radiação Ultravioleta 40, 44, 45, 48, 49, 50

Rastreamento Solar 72

Reservatório de Água Inteligente 162

Reutilização 8, 10, 16, 94, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

S

Saúde Humana 12, 82

Sinalização Tátil 149, 150, 151, 152, 153

Sistemas Fotovoltaicos 72

Software OpenDSS 62, 63

Stakeholders 10, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31

Sustentabilidade 2, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 54, 101, 106, 145, 148, 149, 151, 156, 169, 173, 198, 206, 213

T

Tecnologia Assistiva 170

Triboeletricidade 52, 61

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



9	10			14	15	
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					