

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 Cremo

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 Internazionale 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 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 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

CAPÍTULO 16

METHODOLOGY FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN MUNICIPALITIES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Data de aceite: 20/08/2021

Data de submissão: 02/08/2021

Rildo Vieira de Araújo

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS) e (IFMT-Barra do Garças-MT), Ciência Ambientais, Sustentabilidade Agropecuária e Agrimensura
<http://lattes.cnpq.br/8724163396459735>

Robert Armando Espejo

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/7687668257685795>

Michel Constantino

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/2196653320939118>

Paula Martin de Moraes

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/1171589679128931>

Romildo Camargo Martins

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/3446894276755097>

Ana Cristina de Almeida Ribeiro

Universidade Federal de Mato Grosso-Barra do Garças, Biologia e Faculdade Única (ÚNICA), Ecologia e Biodiversidade
<http://lattes.cnpq.br/6244849447753988>

Gabriel Paes Herrera

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB –Campo Grande-MS) e Griffith University, Australia, Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/0427832372078003>

Francisco Sousa Lira

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, UFG, Goiânia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0419221462834048>

Micaella Lima Nogueira

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Doutoranda em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco
<http://lattes.cnpq.br/7157513037037360>

Karoline Borges

Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará (UNIFESSPA), Mestre em engenharia Civil
<http://lattes.cnpq.br/2377806547017289>

Sheyla Thays Vieira Barcelos

Doutoranda em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco
<http://lattes.cnpq.br/5482602985686580>

Reginaldo B. Costa

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB-Campo Grande-MS), Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária
<http://lattes.cnpq.br/5482602985686580>

ABSTRACT: The present study aimed at measuring and evaluating environmental efficiency of municipalities located in Araguaia River Valley, in the Goiás State, Brazil. Forty-one municipalities from the river basin adjacent to Araguaia were included, with data of 2014 and 2016. For the analysis, we considered economic and environmental variables and used the Data Envelopment Analysis (DEA) in its CRS and VRS models with standard and normalized composite efficiency, both input-oriented models. Results showed low standard environmental mean efficiency in the CRS model, with the values of 0.45 (2014) and 0.44 (2016); in the VRS model, 0.51 for standard environmental efficiency and 0.58 for normalized environmental efficiency in the year 2014, and standard environmental efficiency of 0.47 with normalized environmental efficiency of 0.54 in the year 2016. This suggests the need for effective governance, with environmental planning, and well-established mechanisms and goals to achieve a desirable environmental efficiency that optimize water and energy consumption, and deforestation reduction, increasing GDP and the Municipal Development Index (IDM). In the comparison between models, VRS, which considers the variation in the normalized scale, because it better discriminates DMUs' false efficiencies, proved to be the most suitable for analyzing the municipalities' environmental efficiency.

KEYWORDS: Goiás State; sustainability; DEA; CRS model; VRS model.

1 | INTRODUCTION

The Araguaia River Valley region is located in one of the main Brazilian river basins and comprehends several municipalities. It is located on the river margins and adjacent to its affluents. From its headwaters at “*Serra do Cipó*”, in the *Mineiros*, Goiás State (GO) and *Alto Taquari*, Mato Grosso State (MT) municipalities, the Araguaia River is 2,114 km long. It is worth highlighting that the state economy grew above the national mean in the first trimester of 2019 at 1.3% against Brazil's 0.5% (IMB, 2019), and a substantial part of this growth came from the Araguaia Valley municipalities' participation. On the other hand, some activities, such as the agricultural, hunting and predatory fishing have been consistently affecting the river. The region also suffers with soil degradation and large gullies. Hence, hydric resources are of utmost importance for the state and the Central-West region, especially in regard to fluvial transport, tourism with touristic attractions at its margins, and the subsistence of many riparian dwellers through fishing (BRASIL, 2019).

In the face of an increasing demographic growth and the world's drinking water supply decrease, environmental impacts threatening natural resources in one of the most important regions of Brazil's Central-West, start to be the focus of public policies. Thus, it becomes important to measure and evaluate the mentioned environmental and economic efficiencies, as well as mitigating actions adopted in the Araguaia Valley municipalities.

In this sense, a methodology that has shown to be effective to the efficiency analysis in several countries is the Data Envelopment Analysis (DEA), which is frequently applied in energy, economic and environmental modelling (Begum et al., 2010). Despite it already being used for at least 40 years, it is still a constantly advancing field which allows its

applications in different areas of knowledge (Wojcik et al., 2018).

Environmental efficiency studies have evaluated several situations of management, innovation and technology (Li et al., 2013). They aim to minimize the impact of given inputs on nature and have shown that more efficient cities will use resources adequately, which guarantees economic growth and development sustainably (Piña et al., 2016). China's human resources and environmental efficiency assessment, in using the DEA methodology, showed that adequate ways of using urban resources and environmental efficiency will depend on technological innovation and effective governance (Xiaoping et al., 2014).

Some variables of our study were based on the papers of Xiaoping et al. (2014) and Zhao (2018), which consider cities as integrated systems of resources, economy and environments. To apply the DEA model, the authors defined that every city was constituted as a production decision-making unit using inputs to define outputs. They add that to simplify, inputs of a decision-making unit (DMU) are defined as capital, work, land, energy and water, with outcomes that influence GDP and other urban environmental and economic indicators.

Thus, the present study aimed at measuring and evaluating the environmental efficiency of municipalities located in the Araguaia River Valley, In the Goiás State, Brazil, one of the most important hydric resources of Brazil's Central-West region, via Data Envelopment Analysis.

2 | METHODOLOGY

The data used were from the years 2014 and 2016. They comprised 41 municipalities located in the Araguaia River Valley, close to its headwaters and at the margins of the river basin, composing the center-west, southwest and northwest regions of Goiás state (Figure 1).

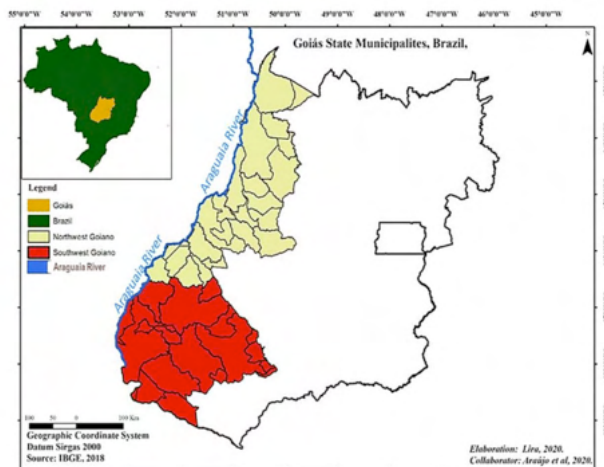


Fig. 1. Cartographic map of the location of municipalities evaluated in the Araguaia Valley, Goiás State, Brazil. Source: Authors of the present paper.

2.1 Study variables and data processing

Data corresponding to energy consumption and the Municipal Development Index (IDM) were collected from Goiás Statistic Database (BDE-Goiás, 2019); per capita Gross Domestic Product (GDP), on the website of the Brazilian Institute of Statistics and Geography (IBGE, 2019), and water consumption and deforestation, on the website of the National System of Information about Sanitation (SNIS, 2019) and on the database of the National Institute of Space Research (INPE, 2018).

The number of inputs and outputs was that suggested by the technique of Banker et al.(1989) and Cooper et al. (2000) for Data Envelopment Analysis – DEA, considering p the number of inputs and q the number of outputs used in the analysis. So, sample size (n) should satisfy the following: $n \geq \text{Max} \{p \times q, 3(p + q)\}$. For the present study, we have $41 > = \text{Max} \{3 \times 2, 3(3 + 2)\} = 15$.

For the definition of variables (Table 1), we used the compensatory method of normalization (single parameter) proposed by Angulo-Meza et al. (2007), which considers theoretically reachable extreme values. The combination of the set of variables chosen has great importance in the DMUs' efficiency acquisition (Thanassoulis et al., 1996).

Energy Consumption (MWh)	Water Consumption (m ³ /year)	Cleared Area (km ²)	Per capita GDP (\$)	Overall IDM
INPUT	INPUT	INPUT	OUTPUT	OUTPUT

Table 1 Variables (inputs and outputs) used in the study.

Source: Elaborated by the authors.

For data processing we used the software R with benchmarking package and ISYDS (Integrated System for Decision Support). To classify the efficiency interval, variables were organized as per Table 2.

Efficiency Interval	Efficiency Level
0.5999 – 0.0000	Low
0.6000 – 0.6999	Medium
0.7000 – 0.9999	High
1	Efficient

Table 2 Efficiency intervals adopted for result analysis Source: Adapted from Castelão, 2016.

2.2 The Data Envelopment Analysis (DEA) methodology

The data envelopment analysis model began with Debreau (1951), Koopmans (1951) and Farrell (1957), and was improved afterwards by Charnes, Cooper and Rhodes (1978), and by Banker, Charnes and Cooper (1984) (Ferreira and Gomes, 2012).

There are two DEA models. The first is called CRS, or constant returns to scale,

and the second, VRS, variable returns to scale. In addition, they can follow two types of orientation as for modification in variables: they are input-oriented and output-oriented. Therefore, there are four types of basic DEA models: CRS/Input, CRS/Output, VRS/Input and VRS/Output (Banker, Chames and Cooper 1984).

2.3 The CRS (constant returns to scale) model

The CRS model presented in equation 1 aims at minimizing input consumption by making the set level of production remain at least the same.

$$\begin{aligned}
 \max \quad & h_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \\
 \text{subject to} \quad & \\
 & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 1, \quad k = 1, \dots, n \\
 & u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j
 \end{aligned} \tag{1}$$

This mathematical formulation is known as Multipliers Model, because its decision variables are the weights u_j and v_i , and they are input-oriented (Mello et al., 2005).

2.4 The VRS (Variable Returns to Scale) model

The BCC model, also called VRS (variable returns to scale), considers production efficiency situations with scale variation and does not assume proportionality between inputs and outputs. The model obliges the frontier to be convex and allows DMUs which operate with low input values, to have increasing scale returns, and those that operate with high values to have decreasing scale returns (Banker et al., 1984). The Envelopment Model, which is input-oriented, is expressed by equation 2 as follows:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} + u_* \\
 \text{subject to} \quad & \\
 & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + u_* \leq 0, \forall k \\
 & v_i, u_j \geq 0, u_* \in \mathcal{R}
 \end{aligned} \tag{2}$$

In the multipliers models of input-oriented variable yields, one adds the dual variables u_1, u_2 and v_1, v_2 , which are connected to a convexity condition. DEA identifies efficient DMUs, and also allows measuring and locating inefficiency and assessing the linear production function in parts, which provides benchmark to inefficient DMUs.

2.5 Standard, inverse, composite and normalized composite efficiencies in the VRS model

The inverted frontier concept was initially used by Yamada et al. (1994) and Entani et al. (2002). The inverted frontier model allows identifying falsely efficient DMUs in the VRS model. VRS model is more comprehensive than CRS model in its reach of efficient DMUs, which can be actually false efficiencies (Yamada et al., 1994, Lima, 2018; Soares de Mello et al., 2005).

Therefore, the composite efficiency introduced by Angulo-Meza et al. (2005), is a combination of classic and inverted efficiency (Barreto and Soares de Mello, 2012; Tschaffon et al., 2014), as shown in equation 3:

$$\text{Composite Efficiency} = \frac{\text{Classic Efficiency} + (1 - \text{Inverted Efficiency})}{2} \quad (3)$$

The normalized composite efficiency, in turn, is obtained by dividing the composite efficiency value by the greatest value among all composite efficiency values, as per equation 4:

$$\text{Normalized Composite Efficiency} = \frac{\text{Composite Efficiency}}{\text{Maximum(Composite Efficiency)}} \quad (4)$$

In the present study, we have used the following models: input-oriented CRS with standard efficiency calculation, and input-oriented VRS, using the techniques of standard, inverse, composite and normalized composite efficiencies, as well as the benchmark ranking of efficient DMUs (Adler et al., 2002).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Results contained in Table 3 show the behaviour of statistic variations in decision-making units (DMUs) used to process information in the data envelopment analysis (DEA).

Variables	Year	Mean	Standard Deviation	Maximum / Municipality	Minimum / Municipality
X1-Energy Consumption (MWh)	2014	45,901	119,098	732,460 / Rio Verde	2,752 / Diorama
	2016	46,722	118,288	729,927 / Rio Verde	2,967 / Uirapuru
X2-Water Consumption (m³/year)	2014	911.46	1957.943	9473.64 / Rio Verde	56.02 / Baliza
	2016	842.41	1699.008	9254.00 / Rio Verde	58.37 / Baliza

X3-Cleared Area (km ²)	2014 2016	7,060 5,843	10,124 7,547	38,804 / Crixas 29,530 / Mineiros	0.042 / Castelândia 0.030 / Maurilândia
Y1-Per capita GDP (\$)	2014 2016	6.75 7.96	4586.59 6158.13	24267.99/ Perolândia 32525.66/ Perolândia	2453.26/ Aragarças 2627.15/ Aragarças
Y2-Overall IDM	2014 2016	4.837 4.831	0.429 0.411	5.910 / Chapadão do Céu 5.660 /Aparecida do Rio Doce	3.550 / Baliza 3.480 / Baliza

Table 3 Descriptive statistics for the assessed years.

Source: Elaborated by the authors.

In Table 3 it is possible to verify that between 2014 and 2016 there was an increase of 1.78% in the assessed municipalities' mean energy consumption. According with CBCS (2019), in Brazil buildings project high electric energy consumption. Chiu et al. (2012) suggest that expenses can be expressively amortized with practices of efficiency measures.

In analyzing the mean water consumption, we observe that there was a non-significant reduction of 7.57% in the year 2006, as shown in Table 3. As regards the deforestation variable, there was a decrease of 17.23%. This is an important input with great influence on the preservation and conservation of the Araguaia River's headwaters and drainage basin. Environmental variables are variables external to the production technique, which can also affect resource use and availability (Takundwa et al., 2017).

3.1 CRS (Constant Returns to Scale) results of 2014 and 2016

It is possible, moreover, to see efficiency scores for each DMU (Fig. 2 and Fig. 3), as well as DMUs that presented inefficiency in the input-oriented CRS model. In this model the proportionality principle is applied and any variation in inputs implies the proportional variation of outputs (Tschaffon and Meza, 2014).

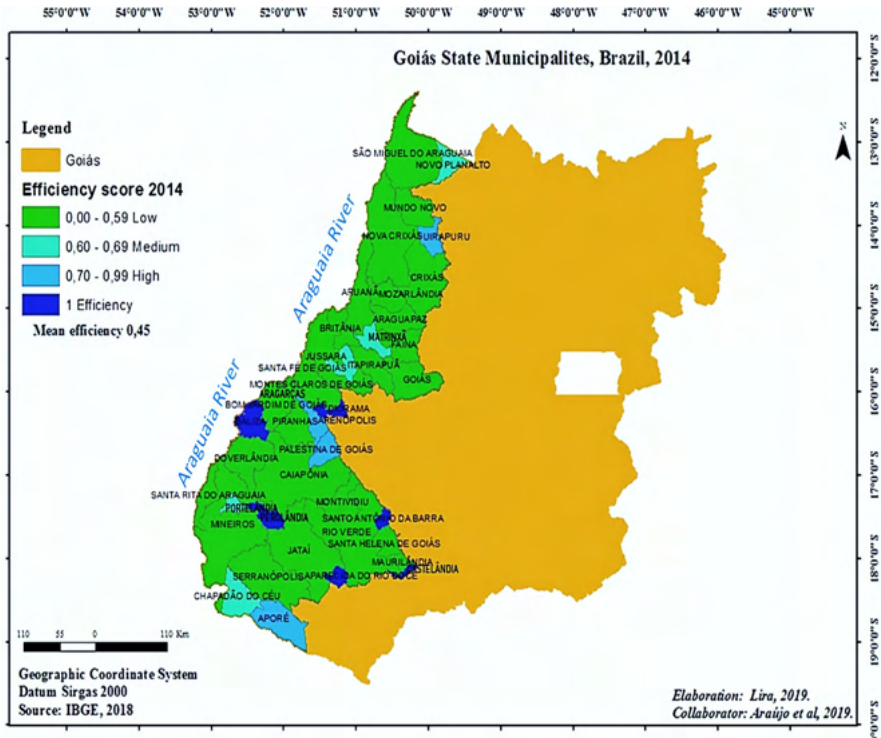


Fig. 2. Efficiency scores for each DMU in the year 2014 – input-oriented CRS model.

Source: Authors of the present study.

In assessing the input-oriented CRS model standard efficiency in 2014 (Fig. 2), and following the proportionality principle, in which any variation in inputs brings about a proportional output variation (Tschaffon and Meza, 2014), we observe that among cities with the environmental efficiency of 1, which totaled 14.63% of municipalities, the following DMUs stood out: *Aparecida do Rio Doce*, *Baliza*, *Castelândia*, *Diorama*, *Perolândia* and *Santo Antônio da Barra*. These DMUs work on constant scale returns (CRS) in activities. Efficiency results are important for allocating resources and for releases in environmental mitigation or recovery actions (Adeyemi, 2018; Benito, et al., 2010). Efficient cities showed an adequate use of resources, lower environmental impacts, better social conditions and guarantee of economic growth and development (Piña et al., 2016).

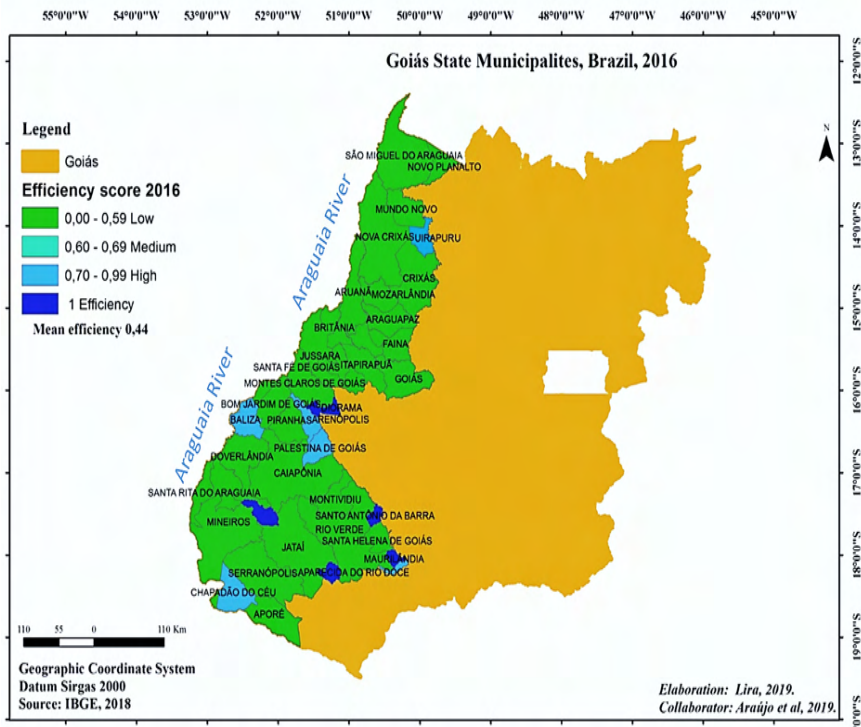


Fig. 3. Efficiency scores for each DMU in the year 2016 – input-oriented CRS model.

Source: Authors of the present work.

It was found that in 2016, municipalities with efficient results (Fig. 3) for this same model and interval were *Aparecida do Rio Doce*, *Diorama*, *Maurilândia*, *Perolândia* and *Santo Antônio da Barra*, which represented only 12.19% of the total of DMUs. It is worth highlighting that those were practically the same municipalities of 2014, with the exception of *Maurilândia*. Similar studies have shown the environmental efficiency of municipalities such as those found in the research of Wu et al. (2016).

Efficiencies achieved by reason of the low consumption of water, energy and deforestation reduction resulted in an increase of GDP and IDM, where the *Perolândia* municipality stood out with a GDP rise of 34.02% from 2014 to 2016. This growth is related to the cattle raising, farming, chalk extraction, ethanol production and cotton processing performances (IBGE, 2019). The environmental analysis has made it clear, once more, that it is possible to make more with less.

The 0.000 to 0.5999 interval (classified as low) accounted for the highest number of inefficient municipalities (Fig. 2 and Fig. 3), with 65.85% of inefficient decision-making units in 2014 increasing to 73.17% in 2016. It is worth highlighting that the *Mineiros* municipality (located in the Araguaia River headwaters), as well as touristic cities, are included in the interval. Variation in high and low efficiency correlations were found by Lee et al. (2014) for

the world's main port cities.

Overall, in the CRS model we identified a mean efficiency of 0.45 in the year 2014 and 0.44 in 2016, values considered low for the 41 municipalities of the Araguaia Valley. These results indicate that environmental efficiencies can increase by 55% through a better use of available resources. This can be achieved by minimizing specific inputs of each municipality, including deforestation rate reduction, and lower water and energy consumption.

3.2 Benchmarks: CRS model efficiency

As regards ranking, data envelopment analysis (DEA) mathematical models select automatically weights that are more adequate for each DMU and do not recognize inferiorly adequate weights, attributing weight zero to them (Coelli et al., 1998; Lins and Meza, 2000; Macedo et al., 2011).

Ranking	Inhabitants	Benchmarks (quantity of references)
DMU_14 Diorama	2,546	26
DMU_31 Perolândia	2,950	22
DMU_1 Aparecida do Rio Doce	2,427	14
DMU_11 Castelândia	3,626	12
DMU_7 Baliza	3,714	8
DMU_38 Santo Antônio da Barra	4,430	1

Table 4 Ranking of the most efficient DMUs in 2014.

Source: Elaborated by the authors.

We observe in Table 4 that by the ranking of the most efficient DMUs, Diorama was a benchmark for 26 DMUs. However, this municipality is on the efficiency frontier. This DMU's ideal performance can be considered a goal for inefficient DMUs (Sebt et al., 2018; Rocha et al., 2015).

In relation to benchmarks in the input-oriented CRS model in 2016, DMUs that were references for the others are highlighted in Table 5. Similar results were obtained by Dariush (2015) by classifying efficient DMUs on the basis of cross efficiency methods and hierarchy process.

Ranking	Inhabitants	Benchmarks (quantity of references)
DMU_14 Diorama	2,546	31
DMU_31 Perolândia	2,950	21
DMU_1 Aparecida do Rio Doce	2,427	14

DMU_38	Santo Antônio da Barra	4,430	5
DMU_22	Maurilândia	13,170	1

Table 5 Ranking of the most efficient DMUs in 2016

Source: Elaborated by the authors.

It was found by the most efficient DMUs' ranking that the Diorama municipality was a benchmark for 31 DMUs in 2016 by virtue of a better use and optimization of its resources. According with IBGE (2019), its projected population for 2016 was 2,546 inhabitants, its area reaches 687,348 km², its economy is namely based on cattle raising and farming, and it stands out in tourism with its rainfalls and rivers. Though DMU 22 showed lower benchmark for a sole municipality, it nonetheless deforested less in the analyzed period. Similar benchmark classification studies have been done by Min (2006) and Sebt et al. (2018). Conversely, inefficient municipalities should adopt policies and techniques related to their benchmarks to become efficient.

3.3 VRS model efficiency and normalized composite efficiency in 2014 and 2016

Results presented in Table 6 show that nine municipalities achieved environmental efficiency with a percentage of 21.95% of the total of DMUs, while 32 reached inefficiency in the year 2014. The model used was variable return to scale (VRS), in which DMUs with lower levels of input or higher levels of output are classified as efficient (Cooper et al., 2000). On the basis of the previous information, it is highlighted in Table 6 that the *Aparecida do Rio Doce*, *Baliza*, *Castelândia*, *Diorama*, *Perolândia* and *Santo Antônio da Barra* municipalities were efficient in the CRS model and also efficient in the VRS model in 2014. However, other three municipalities (*Aporé*, *Arenópolis* and *Chapadão do Céu*) stopped being inefficient in the VRS model, which suggests that the assessed DMUs had variable scale returns, forming a convex frontier where there was no proportionality between inputs and outputs (Mello et al., 2008; Tschaffon and Meza, 2014).

Results of 2016 showed that the level of environmental efficiency remained the same as that in 2014. It was however different in some municipalities, in that nine DMUs were efficient reaching 21.95 % of the total of DMUs. Those municipalities were the following: *Aparecida do Rio Doce*, *Baliza*, *Castelândia*, *Chapadão do Céu*, *Diorama*, *Maurilândia*, *Perolândia*, *Santo Antônio da Barra* and *Uirapuru*. It is worth highlighting that results were based on the standard model, however, according with the DEA technology, and using the input-oriented VRS model, VRS efficiencies are higher or equal to CRS efficiencies, as mentioned by Lacko et al. (2018). However, as we have verified, the level of efficiency increases when the VRS model is used. This is in accordance with the found by Rodrigues et al. (2017).

DMUs	Std	Inv	Comp	Nor Comp.	DMUs	Std	Inv	Comp	Nor Comp.
Aparecida do Rio Doce	1.00	0.01	0.99	0.99	Maurilândia	0.26	0.31	0.47	0.47
Aporé	1.00	0.02	0.98	0.99	Mineiros	0.02	1.00	0.01	0.01
Aragarças	0.18	1.00	0.09	0.09	Montes Claros	0.34	0.05	0.64	0.65
Araguapaz	0.32	0.74	0.28	0.29	Montividiu	0.49	0.06	0.71	0.72
Arenópolis	1.00	0.05	0.97	0.98	Mozarlândia	0.20	0.12	0.54	0.55
Aruanã	0.16	0.36	0.39	0.40	Mundo Novo	0.47	0.20	0.63	0.64
Baliza	1.00	1.00	0.50	0.50	Nova Crixás	0.18	0.47	0.35	0.35
Bom Jardim de Goiás	0.30	0.34	0.48	0.48	Novo Planalto	0.66	0.42	0.61	0.62
Britânia	0.45	0.24	0.60	0.61	Palestina de Goiás	0.84	0.13	0.85	0.86
Caiapônia	0.13	1.00	0.06	0.07	Perolândia	1.00	0.06	0.96	0.98
Castelândia	1.00	0.04	0.97	0.99	Piranhas	0.18	0.14	0.52	0.52
Chapadão do Céu	1.00	0.07	0.96	0.97	Portelândia	0.66	0.02	0.81	0.82
Crixás	0.14	1.00	0.07	0.07	Rio Verde	0.08	1.00	0.04	0.04
Diorama	1.00	0.04	0.97	0.98	Santa Fé de Goiás	0.73	0.03	0.84	0.86
Doverlândia	0.28	0.57	0.35	0.36	Santa Helena de Goiás	0.61	0.38	0.61	0.62
Faina	0.41	0.63	0.38	0.39	Santa Rita do Araguaia	0.31	0.19	0.55	0.56
Goiás	0.08	0.54	0.26	0.27	Santo Antônio da Barra	1.00	0.02	0.98	1.00
Itapirapuã	0.37	0.09	0.63	0.64	São Miguel do Araguaia	0.09	1.00	0.04	0.05
Jataí	0.06	0.53	0.26	0.26	Serranópolis	0.30	0.16	0.57	0.57
Jussara	0.12	0.23	0.44	0.45	Uirapuru	0.96	0.46	0.75	0.76
Matrinchã	0.65	0.09	0.78	0.79					

Table 6 Efficiency of the VRS model for the year 2014.

*Std. = standard; *Inv. = inverted; *Comp. = composite; *Nor comp. = normalized composite.

Source: Elaborated by the authors.

With the aim of increasing discrimination between the assessed DMUs, we proceeded with the calculation of inverted frontier to identify municipalities showing the worst environmental management practices. In comparing the standard efficiency technique

with the normalized composite (Table 6), we saw that the municipality of *Santo Antônio da Barra* achieved efficiency and presented the best performance. In the DEA method, this normalization is used to increase discrimination between compared units (Yamada et al., 1994; Entani et al., 2002).

DMUs	Std	Inv	Comp	Nor Comp	DMUs	Std	Inv	Comp	Nor Comp
Aparecida do Rio Doce	1.00	0.01	0.99	0.99	Maurilândia	1.00	0.45	0.77	0.78
Aporé	0.53	0.04	0.74	0.75	Mineiros	0.02	1.00	0.01	0.01
Aragarças	0.19	1.00	0.19	0.19	Montes Claros	0.33	0.07	0.62	0.63
Araguapaz	0.33	0.94	0.19	0.19	Montividiu	0.25	0.06	0.59	0.59
Arenópolis	0.98	0.07	0.95	0.96	Mozarlândia	0.20	0.13	0.53	0.53
Aruanã	0.16	0.64	0.25	0.26	Mundo Novo	0.47	0.25	0.61	0.62
Baliza	1.00	1.00	0.50	0.50	Nova Crixás	0.16	0.75	0.20	0.20
Bom Jardim de Goiás	0.31	0.86	0.22	0.23	Novo Planalto	0.64	0.25	0.69	0.70
Britânia	0.45	0.21	0.61	0.62	Palestina de Goiás	0.84	0.10	0.87	0.88
Caiapônia	0.13	0.97	0.08	0.08	Perolândia	1.00	0.02	0.98	1.00
Castelândia	1.00	0.03	0.98	0.99	Piranhas	0.16	0.18	0.49	0.49
Chapadão do Céu	1.00	0.11	0.94	0.95	Portelândia	0.59	0.04	0.77	0.78
Crixás	0.13	1.00	0.06	0.06	Rio Verde	0.03	1.00	0.01	0.01
Diorama	1.00	0.05	0.97	0.98	Santa Fé de Goiás	0.47	0.05	0.71	0.71
Doverlândia	0.28	0.27	0.50	0.51	Santa Helena de Goiás	0.43	0.40	0.51	0.52
Faina	0.37	1.00	0.18	0.18	Santa Rita do Araguaia	0.39	0.18	0.60	0.61
Goiás	0.09	0.64	0.22	0.22	Santo Antônio da Barra	1.00	0.03	0.98	0.99
Itapirapuã	0.30	0.12	0.58	0.59	São Miguel do Araguaia	0.11	0.34	0.38	0.38
Jataí	0.02	0.59	0.21	0.21	Serranópolis	0.32	0.18	0.56	0.57
Jussara	0.12	0.31	0.40	0.40	Uirapuru	1.00	0.77	0.61	0.61
Matrinchã	0.33	0.17	0.58	0.58					

Table 7 Efficiency with variable returns to scale for 2016.

*Std.=standard, *Inv.=inverted, *Comp.=composite, *Nor Comp.= normalized composite.

Source: Elaborated by the authors.

According with Table 7, the municipality of *Perolândia* has high normalized efficiency. In comparing DMUs with maximum standard efficiency indicators with those of minimum indicators, the importance of pondering the normalized efficiency becomes evident.

Steffanello et al. (2009) emphasize that this index is determined as an analogy between each unit's composite efficiency and the most efficient unit's composite efficiency. This could be verified with DMU 7 (*Baliza* municipality), which normalized efficiency was 0.50; it became inefficient with normalization. The same occurred with the municipalities of *Castelândia*, *Chapadão do Céu*, *Diorama*, *Maurilândia* and *Uirapuru*, which had a standard efficiency of 1 and normalized efficiency with values below 1. This confirms that the normalized composite frontiers will commonly better discriminate DMUs (Yamada et al., 1994; Entani et al., 2002; Pimenta et al., 2005; Almeida et al., 2007).

The 41 municipalities mean in the Variable Returns to Scale model was 0.51 for standard environmental efficiency and 0.58 for normalized environmental efficiency (year 2014), and standard environmental efficiency of 0.47 and normalized environmental efficiency of 0.54 (year 2016), which are means considered low and decreasing in the ranking order.

3.4 Benchmarks - Efficiency with variable returns to scale (2014/2016)

As regards benchmarks in the input-oriented VRS model, we highlight in Table 8, DMUs that were references for the others in the year 2014 using VRS.

DMUs	Ranking	Inhabitants	Benchmarks (quantity of references)
DMU_14	Aparecida do Rio Doce	2,427	24
DMU_1	Aporé	3,803	17
DMU_31	Arenópolis	3,011	14
DMU_7	Baliza	3,714	7
DMU_11	Castelândia	3,626	6
DMU_12	Chapadão do Céu	8,138	5
DMU_38	Diorama	2,546	4
DMU_5	Perolândia	2,950	2
DMU_2	Santo Antônio da Barra	4,430	0

Table 8 Ranking of the most efficient DMUs in the standard model (2014)

Source: Elaborated by the authors.

The more a DMU is used as benchmark, the more it will be considered a unit with optimal performance for the others. In this context, the *Aparecida do Rio Doce* municipality was benchmark for 24 DMUs, reaching maximum reference by 58.53%. Similarly, results obtained by Gomes et al. (2015) when analyzing benchmarks in municipalities with animal production systems, showed that the two more referenced possessed significant levels of revenue. Table 9 contains efficient DMUs' ranking results for the year 2016.

DMUs	Ranking	Inhabitants	Benchmarks (quantity of references)
DMU_14	Diorama	2,546	28
DMU_31	Perolândia	2,950	17
DMU_1	Aparecida do Rio Doce	2,427	16
DMU_7	Baliza	3,714	10
DMU_11	Castelândia	3,626	6
DMU_41	Uirapuru	2,973	5
DMU_38	Santo Antônio da Barra	4,430	4
DMU_12	Chapadão do Céu	8,138	1
DMU_22	Maurilândia	13,170	1

Table 9 Ranking of the most efficient DMUs in the standard model (2016).

Source: Elaborated by the authors.

We found that the *Diorama* municipality was a benchmark for 28 DMUs, with maximum reference of 68.29%. On the other hand, the *Chapadão do Céu* and *Maurilândia* municipalities were references for only 1 DMU (Table 9). Furthermore, they were the last in the ranking of most efficient municipalities. The environmental efficiency benchmark can be useful in the definition of public policies to preserve and conserve natural resources in relation to the resource investment (input and production). Environmental efficiency can act as an early warning or performance benchmark, providing better strategies for diverse areas, such as management, technology, social, environmental and economic (Othman et al., 2016; Wojcik et al., 2018).

4 | CONCLUSIONS

Results for the CRS model showed low standard environmental mean efficiency, 0.45 in 2014 and 0.44 in 2016. In the VRS model the result was 0.51 for standard environmental efficiency and 0.58 for normalized environmental efficiency (year 2014), and standard environmental efficiency of 0.47 with normalized environmental efficiency of 0.54 (year 2016). This suggests the need of effective governance, with environmental planning and well-established mechanisms and goals to achieve the desirable environmental efficiency that optimize water and energy consumption, and deforestation reduction, increasing GDP and the Municipal Development Index (IDM).

Among efficient municipalities, *Perolândia* stood out with the highest GDP and the lowest environmental degradation between DMUs in the two assessed years, which has proved possible to do more with less resources.

The benchmarking technique was important for determining the ranking of the most efficient DMUs and municipalities that were references for the others, with *Diorama* and

Perolândia standing out among those cities.

When comparing models used, VRS showed to be the most suitable for municipalities' environmental efficiency analysis; it better discriminated DMUs' false efficiencies.

The analysis with DEA was important in measuring and assessing which municipalities generated less environmental impact, and as information source for decision-making, which enables meeting public policies' needs.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank and recognize the CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) and the CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) for the research fellowships to Rildo Vieira de Araújo and Reginaldo Brito da Costa, respectively. We thank the Dean of Research, Postgraduation and Innovation from IFMT for the support.

REFERENCES

- Adeyemi, A.A., 2018. Efficient Frontier and Benchmarking Models for Energy Multicast in Wireless Network Coding. In: M. Matin (Ed.), *Network Coding*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79377>
- Adler, N., Friedman, L., Sinuany-Stern, Z., 2002. Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research* 140, 2, 249-265. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00068-1)
- Almeida, M.R., Mariano, E.B., Rebelatto, D.A.N., 2007. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais. (Analysis of the efficiency of international airports). *Revista Produção Online* 7, 1-17. <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/51/51>
- Angulo-Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., 2005. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional* 25, 3, 493-503. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382005000300011>
- Angulo-Meza, L., Mello, J.C.C.B.S., Gomes, E.G., Fernandes, A.J.S., 2007. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. (Selection of variables in DEA applied to an analysis of the electricity market). *Investigação Operacional* 27, 1, 21-36. <http://www.scielo.mec.pt/pdf/iop/v27n1/v27n1a02.pdf>
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30, 9, 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., Swarts, J., Thomas, D.A., 1989. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and Their Uses. *Research in Governmental and Non-Profit Accounting* 5, 125-163.

Barreto, A.S., Soares de Mello, J.C.C.B., 2012. Benchmarks de eficiência no processamento de petróleo com produtos químicos. (Benchmarks efficiency in the processing of oil with chemicals). *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção* 12, 4, 41-52. http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume122012/RelPesq_V12_2012_04.pdf

BDE-Goiás - Banco de Dados Estatísticos do Estado de Goiás, 2019. IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Secretaria de Estado da Economia. Governo de Goiás. (Goiás State Statistical Database. Mauro Borges Institute of Statistics and Socioeconomic Studies. State Secretariat for the Economy. Government of Goiás.)

Begum, I.A., Buysse, J., Alam, M.J., Van Huylenbroeck, G., 2010. Technical, allocative and economic efficiency of commercial poultry farms in Bangladesh. *Worlds Poultry Science Journal* 66, 465-476. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000541>

Benito, B., Bastida, F., García, J.A., 2010. Explaining differences in efficiency: An application to Spanish municipalities. *Applied Economics* 42, 4, 515-528. <https://doi.org/10.1080/00036840701675560>

BRASIL, 2019. Agência Nacional de Águas (ANA). Governo cria agenda para salvar o Rio Araguaia. Secretaria de Comunicação da Presidência da República. (Government creates agenda to save the Araguaia River. Communication Secretariat of the Presidency of the Republic). <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/governo-cria-agenda-para-salvar-o-rio-araguaia.2019-03-14.5223487350>

Castelão, R.A., Souza, C.C., Frainer, D.M., 2016. Nivel de desenvolvimento sustentável dos municípios de Mato Grosso do Sul. (Level of sustainable development in the municipalities of Mato Grosso do Sul). *Revista GeoPantanal* 11, 20, 93-104. <https://periodicos.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/1956/2304>

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2019. Eficiência Energética. (Brazilian Council for Sustainable Construction. Energy Efficiency). http://cidadeseeficientes.cbcs.org.br/?page_id=484.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2, 429-444. <https://personal.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>

Chiu, C.R., Liou, J.L., Wu, P.I., Fang, C.L., 2012. Decomposition of the environmental inefficiency of the meta-frontier with undesirable output. *Energy Economics* 34, 5, 1392-1399. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.06.003>

Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., Battese, G.E., 1998. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers Group.

Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., 2000. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. London: Kluwer Academic Publishers.

Dariush, A., 2014. Ranking All DEA-Efficient DMUs Based on Cross Efficiency and Analytic Hierarchy Process Methods. *Journal of Optimization* 2015: 594727. <https://doi.org/10.1155/2015/594727>

Debreau, G., 1951. The coefficient of resource utilization. *Econometrica* 19, 3, 273-290. <https://doi.org/10.2307/1906814>

Entani, T., Maeda, Y., Tanaka, H., 2002. Dual models of interval DEA and its extension to interval data. *European Journal of Operational Research* 136, 1, 32-45. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00055-8)

Farrell, M.J., 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A* 120, 3, 253-290. <https://doi.org/10.2307/2343100>

Ferreira, C.M.C., GOMES, A.P., 2009. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. (Introduction to data envelopment analysis: theory, models and applications). Viçosa: Editora UFV, 389p.

Gomes, E.G., Abreu, U.G.P., Mello, J.C.C.B.S., Carvalho, T.B., Zen, S., 2015. Economic and socio-environmental performance assessment of beef cattle production systems: a data envelopment analysis (DEA) approach with weight restrictions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44, 6, 219-225. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000600004>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. (Brazilian Institute of Geography and Statistics). <http://www.cidades.ibge.gov.br/> IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (2019). PIB de Goiás cresce acima da média nacional no primeiro trimestre. Comunicação Secretária da Economia de Goiás. (Goiás's GDP grows above the national average in the first quarter. Communication Secretariat of Economy of Goiás). <http://www.goias.gov.br/noticias/43-economia/65684-pib-degoi%C3%A1s-cresce-acima-da-m%C3%A9dia-nacional-no-primeirotrimestre%E2%80%8B.html>. Accessed 11 March 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Detecção de Desmatamento em Tempo Real. (Deforestation Detection in Real Time). DETER 2018. Data available in: <http://terrabrasiis.dpi.inpe.br/>

Koopmans, T.C., 1951. An analysis of production as an efficient combination of activities. In: T.C. Koopmans (Ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*. New York: John-Wiley and Sons, Inc.

Lacko, R., Hajduová, Z., 2018. Determinants of Environmental Efficiency of the EU Countries Using Two-Step DEA Approach. *Sustainability* 10, 10, 3525. <https://doi.org/10.3390/su10103525>

Lee, T., Yeo, G.T., Thai, V.V., 2014. Environmental efficiency analysis of port cities: Slacks-based measure data envelopment analysis approach. *Transport Policy* 33, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.02.009>

Li, H., Fang, K., Yang, W., Wang, D., Hong, X., 2013. Regional environmental efficiency evaluation in China: Analysis based on the Super-SBM model with undesirable outputs. *Mathematical and Computer Modelling* 58, 5-6, 1018-1031. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.09.007>

Lima, V.A.M.O., Souza, C.C., Reis Neto, J.F., Frainer, D.M., 2018. Análise das eficiências ambiental, econômica e social de assentamentos rurais em Mato Grosso do Sul (MS) através de Análise Envoltória de Dados (DEA). (Analysis of environmental, economic and social efficiencies of rural settlements in Mato Grosso do Sul (MS) through Data Envelopment Analysis (DEA)). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 9, 4, 41-55. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0004>

Lins, M.P.E., Moreira, M.C.B., 2000. Implementação com Seleção de Variáveis em Modelos de DEA. (Implementation with Selection of Variables in DEA Models). In: M.P.E. Lins and L. Angulo-Meza (Ed.) *Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente de Apoio à Decisão*. (Data Envelopment Analysis and Integration Perspectives in the Decision Support Environment). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

- Macedo, M.Á.S., Cruz, C.F., Ferreira, A.C.S., 2011. Índice de Desenvolvimento Sustentável: uma análise apoiada em DEA para os municípios do Estado do Rio de Janeiro. (Sustainable Development Index: an analysis supported by DEA for the municipalities of the State of Rio de Janeiro). *Gestão & Regionalidade* 27, 81, 19-31. <https://doi.org/10.13037/gr.vol27n81.1108>
- Mello, J.C.C.B.S., Angulo-Meza, L., Gomes, E.G., Biondi Neto, L., 2008. Estudo não paramétrico da relação entre consumo de energia, renda e temperatura. (Non-parametric study of the relationship between energy consumption, income and temperature). *IEEE Latin America Transactions* 6, 2, 153-161. <https://doi.org/10.1109/TLA.2008.4609912>
- Mello, J.C.C.B.S., Angulo-Meza, L., Gomes, E.G., Biondi Neto, L., 2005. Curso de análise envoltória de dados. (Data envelopment analysis course). In: *XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO*, Gramado, p.2520-2547.
- Min, H., Joo, S.J., 2006. Benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using Data Envelopment Analysis. *Supply Chain Management* 11, 3, 259-265. <https://doi.org/10.1108/13598540610662167>
- Othman, F.M., Mohd-Zamil, N.A., Rasid, S.Z.A., Vakilbashi, A., Mokhber, M., 2016. Data Envelopment Analysis: A Tool of Measuring Efficiency in Banking Sector. *International Journal of Economics and Financial Issues* 6, 3, 911-916. <https://www.econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/2246/pdf>
- Pimenta, H.L.N., Soares de Mello, J.C.C.B., 2005. Modelo DEA-Savage para análise de eficiência do parque de refino brasileiro. (DEA-Savage model for efficiency analysis of the Brazilian refining park). In: *XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO*, Gramado, p.387-397. http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume52005/RelPesq_V5_2005_05.pdf
- Piña, W.H.A., Martínez, C.I.P., 2016. Development and Urban Sustainability: An Analysis of Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Sustainability* 8, 2, 148. <https://doi.org/10.3390/su8020148>
- Rocha, R.T., Rebelatto, D.A.N., Camioto, F.C., 2015. Análise da eficiência de fatores nos países do BRICS a partir da aplicação da Análise por Envoltória de dados. (Analysis of factor efficiency in BRICS countries from the application of the Data Envelopment Analysis). *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace* 6, 1, 68-128. <https://doi.org/10.13059/racef.v6i1.245>
- Rodrigues, M.V.S., Aquino, M.D., Thomaz, A.C.F., Pereira, R.F., 2017. Multicriteria Method in Data Envelopment Analysis: an application to measure the performance of the instrument of charging for water in the State of Ceará basins. *Brazilian Journal of Water Resources* 22, e8. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716070>
- RStudio Team, 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Sebt, M.V., Juybari, M.N., Soleymannfar, V.R., 2018. Investment projects ranking with DEA method considering feasibility study results. *International Journal of Research in Industrial Engineering* 7, 3, 320-335. <https://doi.org/10.22105/riej.2018.147016.1058>

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2019. Ministério do Desenvolvimento Regional. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Diagnóstico anual de Águas Pluviais. (National Sanitation Information System. Ministry of Regional Development. Diagnosis of Water and Sewage Services, Diagnosis of Urban Solid Waste Management and Annual Diagnosis of Rainwater). <http://www.snis.gov.br/>

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Gomes, L.F.A.M., Biondi Neto, L., Angulo-Meza, L., 2005. Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação. (Evaluation of the size of Portuguese airports with multicriteria relations of overcoming). *Pesquisa Operacional* 25, 3, 313-330. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382005000300002>

Steffanello, M., Macedo, M.A.S., Alyrio, R.D., 2009. Eficiência produtiva de unidades agropecuárias: uma aplicação do método não-paramétrico análise envoltória de dados (DEA). (Productive efficiency of agricultural units: an application of the non-parametric method of data envelopment analysis (DEA)). *Organizações Rurais e Agroindustriais* 11, 1, 40-56. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.62144>

Takundwa, R., Jowett, S., McLeod, H., Peñaloza-Ramos, M.C., 2017. The Effects of Environmental Factors on the Efficiency of Clinical Commissioning Groups in England: A Data Envelopment Analysis. *Journal of Medical Systems* 41, 97. <https://doi.org/10.1007/s10916-017-0740-5>

Thanassoulis, E., Boussofiene, A., Dyson, R.G., 1996. A comparison of data envelopment analysis and ratios as tools for performance assessment. *Omega* 24, 3, 229-244.

Tschaffon, P., Angulo-Meza, L., 2014. Assessing the efficiency of the electric energy distribution using Data Envelopment Analysis with undesirable outputs. *IEEE Latin America Transactions* 12, 6, 1027-1035. <https://doi.org/10.1109/TLA.2014.6893996>

Wojcik, V., Dyckhoff, H., Clermont, M., 2018. Is data envelopment analysis a suitable tool for performance measurement and benchmarking in non-production contexts?. *Business Research* 12, 2, 559-595. <https://doi.org/10.1007/s40685-018-0077-z>

Wu, J., Yin, P., Sun, J., Chu, J., Liang, L., 2016. Evaluating the environmental efficiency of a two-stage system with undesired outputs by a DEA approach: An interest preference perspective. *European Journal of Operational Research* 254, 3, 1047-1062. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ejor.2016.04.034>

Xiaoping, Z., Yuanfang, L., Wenjia, W., 2014. Evaluation of Urban Resource and Environmental Efficiency in China Based on the DEA Model. *Journal of Resources and Ecology* 5, 1, 011-019. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2014.01.002>

Yamada, Y., Matui, T., Sugiyama, M., 1994. New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan* 37, 2, 158-167.

Zhao, S.Q., 2018. Analysis of Urban Innovation Efficiency in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Open Journal of Business and Management* 6, 539-550. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2018.63040>

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](https://www.instagram.com/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					