

# Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 4

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e  
Ambientais 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensaio nas ciências agrárias e ambientais 4 [recurso eletrônico] /  
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaio nas  
Ciências Agrárias e Ambientais; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-040-7

DOI 10.22533/at.ed.407191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária -  
Brasil. 4. Recursos hídricos. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo,  
Alan Mario.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu Volume IV, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos aplicados ao manejo de recursos hídricos com um grande apelo Ambiental.

O uso adequado dos recursos naturais disponíveis na natureza é importante para termos uma agricultura sustentável. Deste modo, a necessidade atual por produzir alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, constitui um campo de conhecimento dos mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas, assim como, de atividades de extensionismo que levem estas descobertas até o conhecimento e aplicação dos produtores.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, o uso do recurso água sob novas tecnologias e manejos está sendo constantemente otimizados e, em constantes mudanças para permitir o uso racional e os avanços na produtividade das culturas. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com o manejo de recursos hídricos e manejo de recursos vegetais. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar aos profissionais das Ciências Agrárias e áreas afins, trazer os conhecimentos gerados nas universidades por professores e estudantes, e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e manejos que contribuam ao aumento produtivo de nossas lavouras, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
APLICATIVO MÓVEL PARA ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO DE AMBIENTES	
Arilson José de Oliveira Júnior Sílvia Regina Lucas de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
DIMENSÕES DA GOVERNANÇA DA ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO	
Bismarck Oliveira da Silva José Gomes Ferreira Rayane Teixeira de Lira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
DISCUSSÃO SOBRE AS CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE POMBAL-PB	
Viviane Araújo de Sousa Yasmin de Sousa e Lima Airton Gonçalves de Oliveira Andrea Maria Brandão Mendes de Oliveira Luiz Fernando de Oliveira Coelho Everton Vieira da Silva Francisco Alves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
(DES)COMERCIALIZAÇÃO DAS REDUÇÕES CERTIFICADAS DE EMISSÕES DOS PROJETOS NO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO DO BRASIL	
Ana Cândida Ferreira Vieira Marcos Elias Michelotti de Souza Barros Rogério Aires Urquiza Toscano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
GAT CBH-LN: ASSESSORIA TÉCNICA AO COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO LITORAL NORTE	
Camylla Rebeca Melo da Cunha Mirella Leôncio Motta e Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS PARA A RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
Jeisiane Isabella da Silva Alexandre Guilherme Teotônio Leite Santos Vitor Hugo de Oliveira Barros José Martins de França Neto Adriana Thays Araújo Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916016</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>65</b>
ÍNDICE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL A PARTIR DA AGRICULTURA FAMILIAR EM COMUNIDADES RURAIS DO NORDESTE BRASILEIRO	
Airton Gonçalves de Oliveira	
Lílian de Queiroz Firmino	
Maele Guedes Passos	
Renato dos Santos Albuquerque	
Viviane Araújo de Sousa	
Ricélia Maria Marinho Sales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INTERCEPTION OF RAINFALL BY NATIVE CAATINGA SPECIES, NORTHEAST BRAZIL	
Mayara Andrade Souza	
Jacob Silva Souto	
Kallianna Dantas Araujo	
Élida Monique da Costa Santos	
Danúbia Lins Gomes	
Elba dos Santos Lira	
João Gomes da Costa	
Jessé Marques da Silva Júnior Pavão	
Aldenir Feitosa dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>90</b>
LINFOMA CANINO - RELATO DE CASO	
Natália Dias Prestes	
Ive Francesca Troccoli Hepper	
Luzia Cristina Lencioni Sampaio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4071916019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>95</b>
SUPRESSÃO DO BIOMA MATA ATLÂNTICA NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL-RJ, ANALISADO SOB A ÓPTICA AMBIENTAL E SOCIAL, ENTRE OS ANOS 2002 A 2012	
Luan Silva Alves Bastos	
Saulo Paschoaletto de Andrade	
Giselli Martins de Almeida Freesz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>107</b>
TECELAGEM DE TERRITÓRIOS: A EXPERIÊNCIA DA CARAVANA AGROECOLÓGICA E CULTURAL RUMO AO VALE DO RIBEIRA/SP	
Paolo Marti Grasson Pereira de Souza Viola	
André Ruoppolo Biazoti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160111</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>120</b>
TURISMO SUSTENTÁVEL E ARRANJO PRODUTIVO LOCAL: MENSURANDO A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA COSTA DO DESCOBRIMENTO	
Wilson Alves de Araújo	
Mônica de Moura Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 139**

USO DA SEPARAÇÃO BOTÂNICA NA AVALIAÇÃO DA PORCENTAGEM DE CAPIM ANNONI 2 (Eragrostis plana Ness) PRESENTE NA PASTAGEM EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL NA REGIÃO DA CAMPANHA, RS

Melissa Batista Maia  
Ivone Maria Barp Paim Vieira  
Sidnei Junior Souza Rocha  
Alexandre Costa Varella

**DOI 10.22533/at.ed.40719160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 144**

USO DE VANT E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS NA QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO SOLO MANEJADO COM TRITON EM DIFERENTES VELOCIDADES

Ana Beatriz Alves de Araújo  
Suedêmio de Lima Silva  
Joaquim Odilon Pereira  
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros  
Priscila Pascali da Costa Bandeira  
Poliana Maria da Costa Bandeira  
Erllan Tavares Costa Leitão

**DOI 10.22533/at.ed.40719160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 152**

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti  
Fabiano Almeida Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.40719160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 165**

VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA COSANPA E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA

Ana Carolyn Aparecida Silva Villela  
Danilo Epaminondas Martins e Martins  
Gromon Cunha Bernasconi  
Joandson Fernandes Campos  
Rozana da Silva Reinaldo  
Jullyana Cruz de Oliveira  
Maicon Oliveira Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.40719160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 171**

VALORANDO O RIO APODI-MOSSORÓ

Ana Beatriz Alves de Araújo  
Celsemy Eleutério Maia

**DOI 10.22533/at.ed.40719160117**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>181</b>
VARIABILIDADE TEMPORAL DE PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE – PE, BRASIL.	
Guilherme Teotônio Leite Santos Vitor Hugo de Oliveira Barros José Martins de França Neto Jeisiane Isabella da Silva Alexandre Adriana Thays Araújo Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>189</b>
VARIABILIDADE TEMPORAL DE PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE TORITAMA – PE, BRASIL.	
José Martins de França Neto Vitor Hugo de Oliveira Barros Guilherme Teotônio Leite Santos Jeisiane Isabella da Silva Alexandre Adriana Thays Araújo Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>200</b>
VIABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO LUMINOTÉCNICA DE LÂMPADAS <i>LIGHT EMITTER DIODE</i> (LED)	
Letícia Passos da Costa Dian Lourençoni Mariela Regina da Silva Pena Marcelo dos Santos Kawakame Luan Silva Jurandir da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>205</b>
VIABILIDADE DO COMPOSTO DE LODO PROVENIENTE DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL NO CULTIVO DE ALFACE	
Marcia Aparecida Simonete Letícia Moro Maria Tereza Warmling Maria Izabel Warmling Diego Fernando Roters Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>212</b>
SISTEMA DE SUGESTÃO DE DENSIDADE PARA PLANTAÇÕES DE BANANA UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS	
Luan Carlos Casagrande Yuri Crotti Renan Cunha dos Santos Roderval Marcelino Rodrigo Maciel Wilson Gruber	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40719160122</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>222</b>



## UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

### **Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia – IFBA  
Paulo Afonso- Bahia

### **Fabiano Almeida Nascimento**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia – IFBA  
Paulo Afonso - Bahia

**RESUMO:** O estudo de vias para implementação e utilização de fontes de energia alternativas tem aumentado exponencialmente nas últimas décadas, haja vista a redução das reservas de petróleo e o prejuízo ambiental relacionado ao uso de combustíveis fósseis. Neste contexto, o biodiesel apresenta-se como potencial substituto para o diesel, porém, a não competitividade em termos econômicos, ainda é um empecilho para uma maior utilização do combustível. Alternativas de redução de custos operacionais do processo de produção do biodiesel, realizado mais comumente por meio de transesterificação metálica, se apoiam na utilização da energia solar para geração de eletricidade e obtenção de calor para a reação química. Neste sentido, o presente trabalho apresenta o processo de *design*, dimensionamento e construção de um reator de biodiesel sustentável alimentado energeticamente por um coletor solar construído com materiais reciclados, tais como garrafas de

polietileno tereftalato (PET) e embalagens do tipo Tetra Pak, e energizado eletricamente por um sistema fotovoltaico. O estudo solarimétrico e fotovoltaico foi feito levando em consideração a previsão do consumo das cargas elétricas. Ao término da construção do protótipo, foram realizados testes para verificar a necessária transferência de calor para a reação e o funcionamento do circuito elétrico visando atestar a confiabilidade. O produto final avaliado com auxílio da técnica de cromatografia gasosa mostrou que o biodiesel apresentou rendimento em termos do teor de éster de 97,6%, resultado superior ao recomendado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em sua Resolução N° 51/2016 que é de 96,5%.

**PALAVRAS CHAVE:** Biodiesel, Energia Fotovoltaica, Sustentabilidade, Coletor Solar.

**ABSTRACT:** The study of routes aiming the implementation and use of energy sources has increased exponentially during the last decades, due to reduction of petroleum reserves and the environmental damage related to fossil fuels use. In this context, biodiesel appears as a potential substitute for diesel, however, because it is not economically competitive, there is still an obstacle to greater use of the sustainable fuel. Alternatives for operational costs reduction of biodiesel production process, carried out

commonly by transesterification, are based on solar energy on generating electricity and obtaining heat for the main chemical reaction. In this way, this work presents the processes of designing, dimensioning and constructing of a sustainable biodiesel reactor powered by a solar collector, made of materials potentially recyclable as PET bottles and Tetra Pak packages, and electric energized by a photovoltaic system. The solar radiation and photovoltaic study was based on the forecast of the loads electric consumption. After the prototype construction was done, heating tests were carried out to verify the heat transfer to the chemical reaction, and the electrical circuit was verified aiming to claim the reliability of the electrical equipment to be used. The final product was evaluated with the aid of gas chromatography technique showing that the biodiesel produced presented 97.6% in ester contents, bigger value than the recommended by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) in its Resolution No. 51 / 2016 which standard value is 96.5%.

**KEYWORDS:** Biodiesel, Photovoltaic Energy, Solar collector.

## INTRODUÇÃO

Grande parte da energia consumida no mundo é oriunda do gás natural, petróleo e carvão mineral. No entanto, essas fontes possuem previsão de esgotamento futuro por possuírem caráter não renovável, dessa forma, é de suma importância que sejam buscadas fontes alternativas de energia, no intuito de atender a demanda energética mundial, além de diminuir os impactos ambientais causados pelas fontes fósseis (BARBOSA et al., 2015).

Dentre os tipos de fontes renováveis de energia existentes até o momento, o biodiesel vem se apresentando como um forte candidato para substituir o diesel, pois o mesmo traz uma concepção de produção de energia renovável além de aspectos sociais e ambientais para o desenvolvimento sustentável. Entretanto, o seu elevado custo operacional ainda é uma problemática enfrentada a essa substituição (CARVALHO & RIBEIRO, 2014).

A reação de transesterificação normalmente é favorecida quando é submetida a um aquecimento, que comumente é fornecido através de um banho termostático utilizando energia elétrica de rede convencional, o que torna o processo não atrativo economicamente (REFAAT, 2010). Esse processo pode ser realizado através de coletores solares, construídos por materiais recicláveis como garrafa de Polietileno Tereftalato (PET) e embalagens do tipo *tetra pak*, com o propósito de minimizar os custos com processo de aquecimento, bem como torná-lo potencialmente sustentável (CAVALCANTI, 2016).

A utilização da energia solar para aquecimento e geração de energia apresenta benefícios econômicos, energéticos, reduzindo a demanda energética do sistema interligado nacional. Do ponto de vista ambiental, contribui para a redução da emissão de carbono para a atmosfera e minimiza a quantidade de gases de efeito estufa

(JACOB FILHO, 2016).

A utilização de painéis fotovoltaicos para geração de eletricidade se mostra atrativo ambientalmente e economicamente, conforme análise de investimentos realizados e simulados em diversas aplicações. No Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), por exemplo, o sistema utilizado de 3,5 kWp, se mostrou economicamente viável, devido ao período de retorno simples do investimento obter-se em aproximadamente 11 anos, proporcionando uma economia em energia elétrica de R\$ 172,58 por cada MW/h não consumidos ou uma economia ao longo do ciclo de vida de R\$ 1.314.867,00 anual, bem como uma diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de aproximadamente 442,1 toneladas ou 40,7 hectares de CO<sub>2</sub> (FONSECA, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo realizar o dimensionamento e montagem de um sistema fotovoltaico bem como o design, prototipagem e análise de um sistema de aquecimento solar com materiais reutilizados focando sua aplicação para a produção de biodiesel, realizando um comparativo entre o sistema de alimentação proposto e o sistema de alimentação convencional, em termos de economia energética e emissão de GEE.

## OBJETIVO

Realizar o dimensionamento e montagem de um protótipo de reator em batelada para produção de biodiesel com demandas energéticas atendidas por um aquecimento solar e energia fotovoltaica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia científica aplicada a esta pesquisa iniciou-se com a revisão bibliográfica sobre os temas energéticos no que diz respeito à energia elétrica e térmica, bem como o processo de produção de biodiesel. A partir da revisão bibliográfica, foi feito a prototipagem do sistema e a análise através de uma pesquisa exploratória.

Os componentes e equipamentos projetados para construção de todo o sistema de produção de biodiesel foram levantados planejando-se quais os materiais seriam necessários para construção dos módulos do sistema visando à diminuição do custo global do processo de produção do biodiesel e a exequibilidade do projeto em termos práticos, técnicos e financeiros. Determinou-se, portanto, os seguintes subsistemas:

- a. Aquecimento;
- b. Agitação;
- c. Sistema de potência de energia elétrica;
- d. Bombeamento;

- e. Controle de velocidade do agitador;

## SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR (COLETOR)

A reação de transesterificação alcalina homogênea geralmente necessita de circulação de água aquecida em um reator encamisado. Buscando a viabilidade técnica, redução do consumo/demanda elétrica e diante da disponibilidade de determinados materiais, decidiu-se que o sistema de aquecimento se daria através de um coletor solar sustentável baseado no Manual de Construção e Instalação de Aquecedor Solar Composto de Produtos Descartáveis da Celesc segundo “ALANO, 2009”, constituído basicamente de garrafas PET, caixas de leite *Tetra Pak* e canos de Policloreto de Vinila (PVC), pintados em preto fosco, sendo o dimensionamento do sistema de aquecimento feito a partir da previsão da quantidade nominal de produção de biodiesel do protótipo (2,2L de biodiesel por batelada).

Depois de finalizada a construção do protótipo, a variação de temperatura do projetado volume de água, a ser aquecida pelo coletor solar para aquecimento da reação, foi mensurado em intervalos de 15 minutos com um termômetro digital enquanto o sistema era exposto ao sol, sendo estes dados analisados observando o alcance da temperatura ideal para reação a fim de determinar se a quantidade de calor absorvido pelo coletor seria suficiente para atender as demandas energéticas do processo no que diz respeito ao aquecimento dos reagentes na faixa de temperatura de 40°C a 50°C para melhor eficiência da reação de transesterificação.

Algumas das etapas da construção do sistema de aquecimento são mostradas na Figura 1. O sistema foi dimensionado para aquecimento de um volume de água de 10L e por isso 03 colunas com 02 garrafas PET com capacidade volumétrica de 02 litros cada, foram projetadas e construídas, conforme orientações do Manual de Construção e Instalação de Aquecedor Solar Composto de Produtos Descartáveis da Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) (ALANO, 2009).

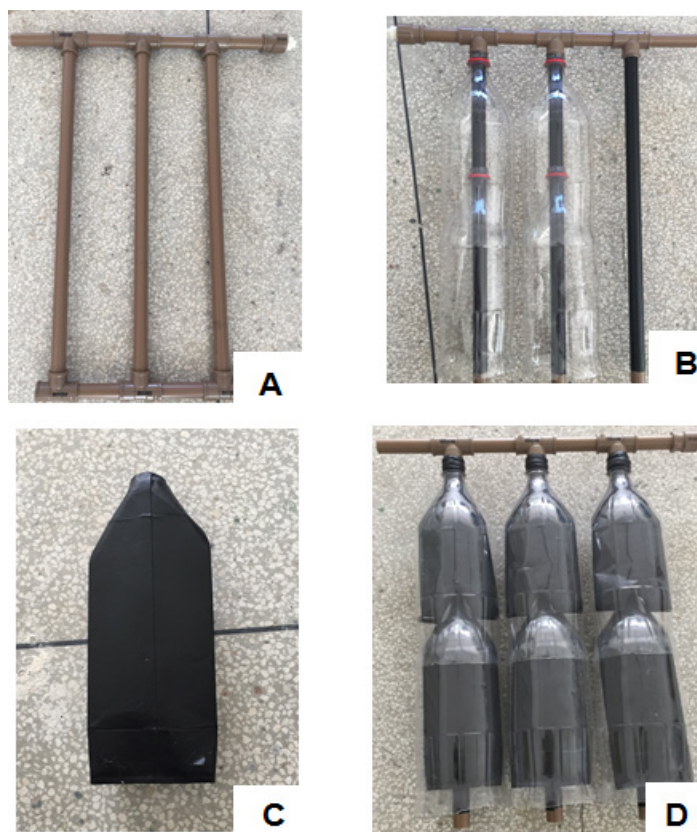


Figura 1 – Etapas da construção do coletor solar sustentável.

Fonte: Autoria Própria.

Os materiais utilizados para a produção do sistema de aquecimento do reator são apresentados na Quadro 1.

Material	Quantidade	Situação
Garrafas PET 2 Litros	06 unidades	Reutilizado
Tubulação PVC ½ polegada	05 metros	Novo
Caixas de Leite <i>Tetra Pak</i>	06 unidades	Reutilizado
Mangueira transparente	02 metros	Novo
Balde 20 Litros	01 unidade	Reutilizado
Conexões Joelho para tubulação PVC	06 unidades	Novo
Conexões “T” para tubulação PVC	06 unidades	Novo

Quadro 1 - Materiais utilizados para montagem do sistema de aquecimento solar.

Fonte: Autoria Própria.

## SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O estudo solarimétrico e fotovoltaico foi baseado nas informações contidas no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos do Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) e do Centro Pesquisa de

Energia Elétrica (CEPEL) (Pinho e Galdino, 2014). (explicitados na seção 4, levando em consideração a previsão do consumo das cargas elétricas). A Figura 2 apresenta o esboço do esquema de montagem elétrica do protótipo.

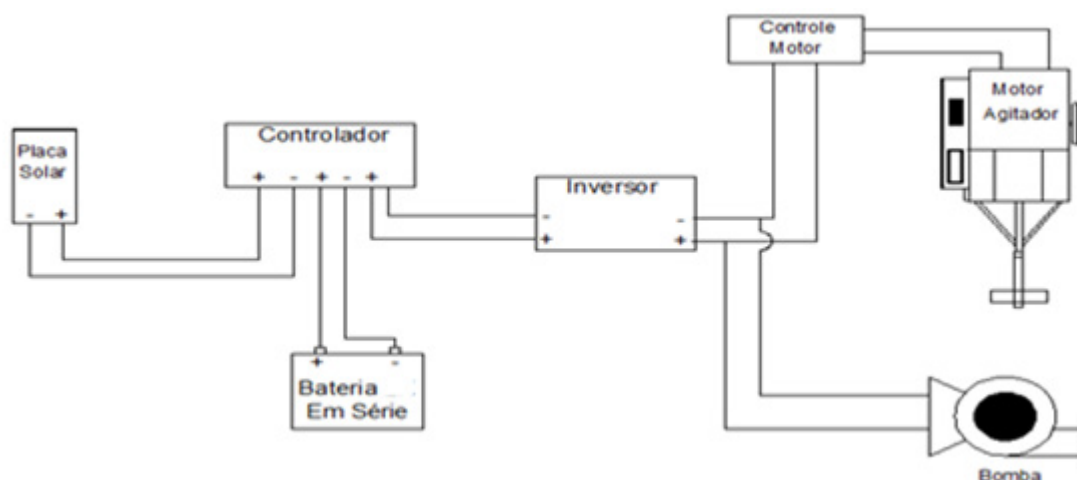


Figura 2 - Esquemática do circuito elétrico a ser utilizado no protótipo.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico se deu pelo método de pior mês, visando garantir a quantidade de energia suficiente independente da situação de pior irradiação solar. Os valores de potência elétrica dos equipamentos utilizados foram levantados e uma projeção do consumo em Wh feita para todo o processo de produção do biodiesel, sendo este valor, por consequência, a potência mínima do sistema fotovoltaico.

Os materiais utilizados para a montagem do sistema de geração fotovoltaica são apresentados no Quadro 2.

Material	Quantidade	Situação
Controlador de Carga 12V 10A	01 unidade	Novo
Inversor de Frequência CC/CA 400W 12V/127V	01 unidade	Novo
Painel Solar Fotovoltaico 110Wp 14,4V	01 unidade	Novo
Bateria Estacionária 45Ah 12V	01 unidade	Novo
Cabeamento elétrico 6 mm <sup>2</sup>	10 metros	Reutilizado

Quadro 2 - Materiais utilizados para montagem do sistema fotovoltaica.

Fonte: Autoria Própria.

## REATOR SUSTENTÁVEL, BOMBA E AGITADOR

Considerando a ausência de um reator para a produção de biodiesel, o presente estudo também visou dimensionar e construir o protótipo de um reator dotado de um sistema de agitação que tenha capacidade produtiva de 2,2L de biodiesel por batelada. Visando levar o sistema para o mais próximo possível da operação real de

uma usina de biodiesel, definiu-se a autonomia do sistema em 12 horas através do sistema fotovoltaico, podendo realizar até 10 bateladas por dia.

O reator teve sua concepção baseada na ilustração apresentada na Figura III, sendo dotado de sistema de agitação, concebido a partir do dimensionamento baseado nos textos de operações unitárias na literatura especializada de acordo com “FOUST, 1982” e montado a partir de materiais residuais da construção civil, além de um motor de ventilador, um rolamento e um recipiente de vidro. O reator utilizado durante os experimentos é retratado na Figura 3.

O sistema de bombeamento foi montado com uma bomba reutilizada de máquina de lavar e um sistema de mangueiras isoladas termicamente.



Figura 3 – Reservatório reacional com sistema de agitação inserido.

Fonte: Autoria Própria.

Os materiais utilizados para a montagem do sistema de agitação são apresentados no Quadro 3.

	Quantidade	Situação
Eletrobomba Universal 0,75W	01 unidade	Reutilizado
Motor elétrico CA 127V 40W	01 unidade	Reutilizado
Recipiente de vidro (05 litros)	01 unidade	Reutilizado
Chapa de Zinco (20cm x 20cm)	01 unidade	Reutilizado

Quadro 3 - Materiais utilizados para montagem do sistema de agitação.

Fonte: Autoria Própria.

## MONTAGEM FINAL E ANÁLISE DE DADOS

O sistema final apresenta configuração disposta conforme Figura 4 seguindo

as orientações de segurança durante a montagem. Após a montagem de todos os subsistemas o sistema geral foi submetido ao primeiro teste de produção de biodiesel sendo este analisado para observância da eficácia da produção e qualidade do produto final. O índice que verifica a eficiência da conversão dos reagentes químicos em biocombustível é o teor de éster, que teve sua taxa em porcentagem determinada através do processo de cromatografia gasosa realizada no laboratório da Universidade Federal do Pernambuco, excluindo-se a análise de demais parâmetros de qualidade, pois estes não são válidos para comprovar a eficácia e eficiência do processo produtivo.

Considerando os parâmetros elétricos medidos, uma análise foi realizada identificando a diferença de potência do sistema proposto e do sistema convencional levando em consideração a eficiência energética, consumo de energia elétrica, confiabilidade do sistema, e valor ambiental agregado.

Foi ainda verificado o controle de velocidade do motor do agitador através do circuito de variação de tensão AC, sendo todas as variáveis elétricas mensuradas com o multímetro digital DT830D, as medidas térmicas foram feitas com o termômetro digital tipo espeto modelo JR-1.

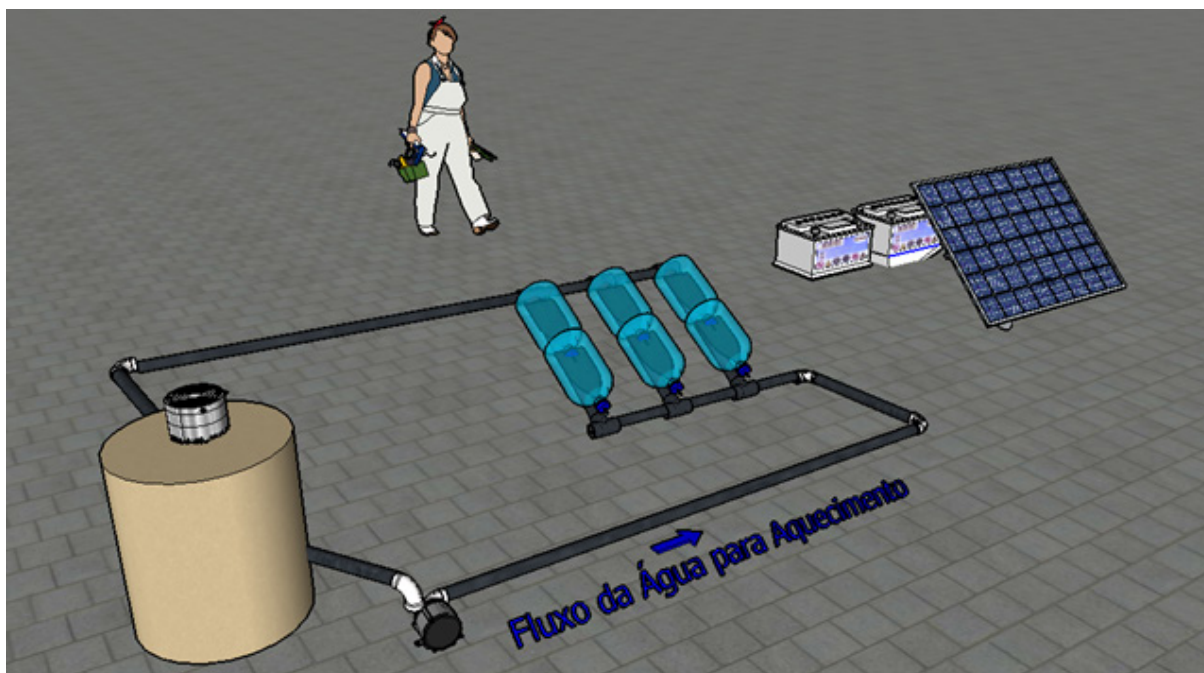


Figura 4 - Esquema tridimensional do protótipo de reator sustentável.

Fonte: Autoria Própria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação do posicionamento ideal em relação ao sol para o coletor solar e o painel fotovoltaico foi feita conforme descrito no Manual de Construção e Instalação de Aquecedor Solar Composto de Produtos Descartáveis da CELESC. Na cidade de Paulo Afonso - BA, local de realização dos testes no protótipo, se localiza



geograficamente nas coordenadas 09° 24' 22"S e 38° 12' 53" W. Esta localização geográfica é fundamental para a determinação da inclinação do painel solar que deve ser igual, em graus, à latitude do local de aplicação do protótipo (Cerca de 10° nesse caso). Ainda segundo o Manual supracitado, a inclinação da placa solar fotovoltaica se dá para o norte, tendo em vista o movimento relativo do sol e a inclinação da terra em relação ao seu próprio eixo.

O dimensionamento das baterias utilizadas no sistema fotovoltaico isolado e da própria placa solar fotovoltaica se deu a partir do levantamento do tempo da reação de produção do biodiesel – uma hora por batelada e autonomia desejada de 12 horas – além da potência dos equipamentos elétricos utilizados no protótipo: bomba e o motor do agitador 40,75W. O controlador de carga deverá atender a uma corrente máxima de operação de 3,5A e uma tensão de operação de 12V, considerando a geração elétrica do painel fotovoltaico e a potência total do sistema, e o inversor CC/CA deverá atender a potência máxima de 40,75W. Considerando a corrente de funcionamento máxima e a autonomia desejada, duas baterias de 45Ah são suficientes para o sistema. A estrutura física do protótipo montado é mostrada na Figura 5.

O coletor solar foi instalado no pátio do prédio do curso de biocombustíveis do Instituto de Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), localizado na cidade de Paulo Afonso-BA. Os valores de temperatura no coletor solar foram avaliados no período da manhã por apresentar o período crítico de funcionamento do sistema, tendo em vista a menor incidência/potência solar e a menor temperatura da água visto o resfriamento durante a noite. A captação de calor suficiente para reação será garantida no período vespertino visto o maior tempo de exposição ao sol e maior potência solar. O estudo indicou que a partir das 9 horas da manhã, em local com insolação, a temperatura aferida no termômetro foi de 40°C, havendo picos de temperatura no coletor por volta das 12 horas com temperaturas médias de 48°C.



Figura 5 – Protótipo montado para realização de testes

Fonte: Autoria própria

Segundo Cavalcanti (2016) a produção de biodiesel metílico pode ser realizada na faixa de temperatura entre 30 e 50°C. Após estudos sobre a energia solar e a partir da realização de testes no protótipo do coletor solar sustentável, percebeu-se que o funcionamento do sistema apresenta um ganho rápido de energia, principalmente nos períodos com mais radiação solar, com um considerável aumento da temperatura nos primeiros 30 minutos. Foi possível notar que o uso dessa tecnologia para o aquecimento da reação de transesterificação teria êxito, devido essa reação acontecer com uma temperatura mínima girando em torno dos 30°C.

A reação de transesterificação foi conduzida quando o coletor apresentou a temperatura de 51°C. No presente trabalho a atenção foi voltada principalmente no teor de éster, uma vez que o objetivo era construir um coletor capaz de realizar a reação de transesterificação satisfatoriamente. Logo, os demais parâmetros citados na Resolução ANP n° 51 (ANP, 2016) não foram relevantes para esta pesquisa. A Figura 6 mostra o protótipo em um esquema elétrico e funcional posicionado conforme aplicação real e a Figura 6 mostra o processo de separação entre o biodiesel e glicerina que caracteriza o início do processo de purificação do biocombustível.



Figura 6 – Biodiesel produzido a partir do protótipo do reator

Fonte: Autoria própria

A primeira batelada de produção do biodiesel foi produzida seguindo a metodologia apresentada na seção materiais e métodos e o produto final avaliado com auxílio da técnica de cromatografia gasosa mostrou que o biodiesel apresentou rendimento em termos do teor de éster de 97,6%, resultado superior ao recomendado pela ANP em sua Resolução N° 51/2016 que é de 96,5%. Apenas o teor de éster foi avaliado, pois o referido parâmetro é considerado determinante para confirmar se produto final pode ser ou não chamado de biodiesel, em outras palavras segundo a referida Resolução teores de éster inferiores a 96,5% não podem ser considerado como biodiesel.

Para um sistema convencional, com aquecimento a partir de resistências elétricas, estipula-se a utilização de uma resistência de 143 W continuamente durante a produção de biodiesel. Como no sistema proposto substitui-se a resistência elétrica pela energia obtida a partir do coletor solar, tem-se um ganho em termos energéticos de 0,143 kWh por batelada e 514,8 kWh por ano considerando a dimensão e quantidade de bateladas diárias definidas para o sistema proposto neste trabalho (NASCIMENTO et al., 2006).

Numa projeção ao sistema de produção de biodiesel apresentando em Nascimento (2006), onde se determina a utilização de resistências que totalizam 13kW para uma capacidade produtiva de 200L de biodiesel, tem-se, quando da substituição do sistema de aquecimento por resistências elétricas, uma economia de 13kWh por batelada e 46.800 kWh por ano .

A emissão de CO<sub>2</sub> durante o ciclo de vida de um sistema como o proposto é muito menor quando comparado ao sistema convencional. Considerando somente a diferença de consumo elétrico citado no paragrafo anterior, de 46.800 kWh/ano para um sistema com capacidade produtiva de 200 litros de biodiesel, levando em conta também a emissão média de CO<sub>2</sub> equivalente para a energia produzida pelo SIN no ano de 2016 de 0,0817 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh (MCTI,2017), tem-se um ganho em emissão de CO<sub>2</sub> de 3.823,56 kg/ano por conta da substituição de um sistema de aquecimento solar pelo elétrico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando como base a usina de produção de biodiesel – 200 litros de capacidade por batelada – apresentada em Nascimento et al., 2006, que utiliza resistências de 7kW e 6kW para aquecimento reacional, pôde-se projetar uma diminuição de consumo de energia elétrica, quando da substituição das resistências por coletores solares, de 13kWh por batelada e 46.800 kWh/ano considerando uma produtividade de 10 bateladas de 01 hora por dia durante 365 dias no ano.

A sistemática sustentável de produção do biodiesel se mostrou de alta confiabilidade, observado que o sistema manteve-se estável em todos os testes realizados, indicando a possibilidade de aumento de escala no equipamento. O biodiesel produzido apresentou rendimento satisfatório, estando dentro dos parâmetros de qualidade exigidos pela ANP, em termos do teor de éster que foi de 97,6% para a produção no primeiro teste.

Destaca-se o ganho ambiental, social e energético quando da utilização de sistemas de geração fotovoltaica e de aquecimento solar para produção de biodiesel em quatro aspectos principais: Diminuição da carga instalada para sistemas que substituem a resistência elétrica por um sistema de aquecimento solar; Diminuição das perdas energéticas nas linhas de distribuição/transmissão pelo uso da Microgeração distribuída; Geração de emprego e renda familiares tendo em vista a produção de coletores solares sustentáveis; Reutilização de resíduos sólidos urbanos durante a produção de coletores solares sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ALANO, J. A. **Manual sobre a construção e instalação do aquecedor solar com descartáveis**. CELESC, 2009. 44p. Disponível em:<<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>> Acesso em: 20 mar. 2017.

BARBOSA R.C.O, G.L MACHADO, A.M.C. CREMASCO, C.P. **Automatização residencial e utilização de fontes de energia limpa para diminuição do consumo nas redes elétricas**. Fórum ambiental da Alta Paulista. v. 11. N 03, 2015.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução nº 51** de 30 de novembro de 2016. Disponível em:< <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=332580>>. Acesso em: 24 mai. 2017.

CARVALHO, H.M; RIBEIRO, A.B. **Biodiesel: Vantagens e desvantagens numa comparação com o diesel convencional**. Essentia Ed., campos dos Goytacazes/RJ, v.2,n.1, p.49-53, 2014.

CAVALCANTI, L. A. P. **Produção de Biodiesel Metílico de Soja com o Auxílio de um Coletor Solar Sustentável**. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, [S.l.], n. 29, p. 105-109, jun. 2016. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/356>>. Acesso em: 24 Jul. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n29p105-109>.

FONSECA, L. F. **Viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos para redução**

**do consumo de energia elétrica no campus central da universidade federal do rio grande do norte.** Natal-RN, 2016. 19f. Dissertação (Graduação em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

FOUST, A. **Princípios das Operações Unitárias**, 2<sup>a</sup> ed. Editora LTC, 1982.

JACOB FILHO, P. **Estudo do rendimento térmico de um aquecedor solar parabólico redondo para viabilidade de uso comercial e residencial.** Guaratinguetá-SP, 2016. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>>. Acesso em 10 mai. 2017.

**NASCIMENTO, U.M. et al. Montagem e Implantação de Usina Piloto de Baixo Custo para Produção de Biodiesel, 1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília, Brasil, Ago. 2006, pp. 147-150.**

PINHO, J. T. & GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** CEPEL – CRESESB. Rio de Janeiro, 2014.

## SOBRE OS ORGANIZADORES

**JORGE GONZÁLEZ AGUILERA** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialização em Biotecnologia Vegetal pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de *vitroplantas*. Tem experiência na multiplicação “*on farm*” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; *Trichoderma*, *Beauveria* e *Metharrizum*, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**ALAN MARIO ZUFFO** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-040-7

