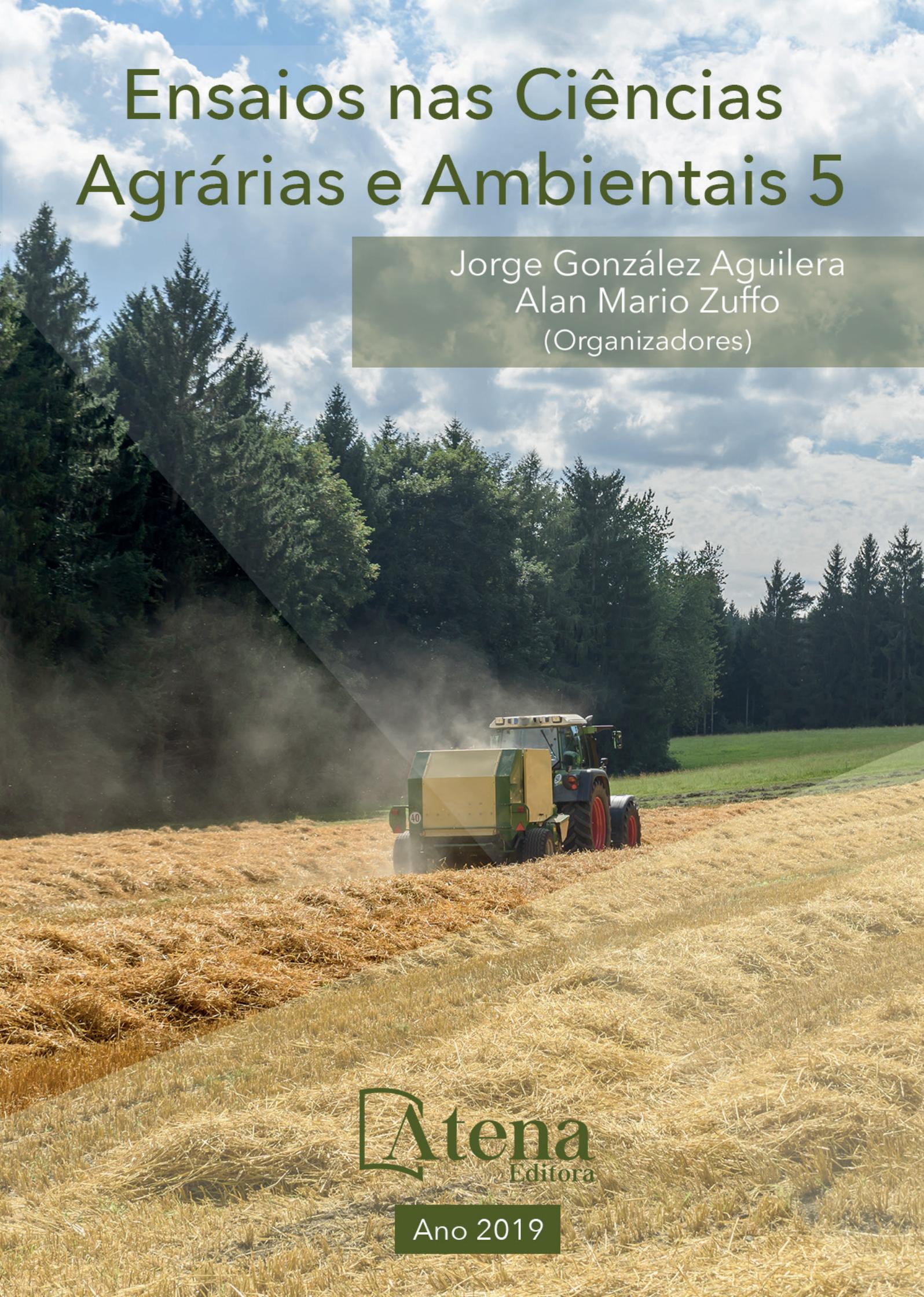


# Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e  
Ambientais 5

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 Ensaios nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaios nas Ciências Agrárias e Ambientais; v. 5)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-041-4  
DOI 10.22533/at.ed.414191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária - Brasil. 4. Sustentabilidade. 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 V, apresenta, em seus 24 capítulos, conhecimentos aplicados nas Ciências Agrárias.

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, as tecnologias e manejos estão sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como manejo de recursos hídricos e recursos vegetais, manejo do solo, produção de biogás entre outros temas. 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 e Ambientais, 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 contribuíssem 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>
AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE	
Gilbenes Bezerra Rosal	
Eugenio Paceli de Miranda	
Rayane de Moraes Furtado	
Tatiana Belo de Sousa Custódio	
Cristian de França Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB	
Thiago César Cavalcante de Vasconcelos	
Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira	
Francicléa Avelino Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS IMPLICAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA CIDADE DE JI-PARANÁ (RO), SUDOESTE DA AMAZÔNIA	
Victor Nathan Lima da Rocha	
Nara Luísa Reis de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB	
Dayse Pereira do Nascimento	
Monica Carvalho	
Susane Eterna Leite Medeiros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO	
Letícia Passos da Costa	
Dian Lourençoni	
Mariela Regina da Silva Pena	
Vinícius Pereira Mello Ribeiro	
César Barbieri	
Otávio Augusto Carvalho Nassur	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4141916016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 60**

DESEMPENHO DE TENSÍOMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

Luiz Eduardo Vieira de Arruda  
Sérgio Luiz Aguilar Levien  
Vladimir Batista Figueirêdo  
José Francismar de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.4141916017**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE AGREGADO DE MANEJO DE AGROTÓXICOS PARA A REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – BA

Rogério César Pereira de Araújo  
Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes  
Rosângela Santiago Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.4141916018**

**CAPÍTULO 9 ..... 83**

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO SOBRE A POROSIDADE, MICRO E MACROPOROSIDADE EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

Debora Oliveira Gomes  
Cleidiane Alves Rodrigues  
Aline Noronha Costa  
Layse Barreto de Almeida  
Fernanda Paula Sousa Fernandes  
Vicente Bezerra Pontes Junior  
Michel Keisuke Sato  
Daynara Costa Vieira  
Augusto José Silva Pedroso

**DOI 10.22533/at.ed.4141916019**

**CAPÍTULO 10 ..... 89**

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva  
Geber Barbosa de Albuquerque Moura  
Fabrício Marcos Oliveira Lopes  
Ênio Farias de França e Silva  
Pedro Francisco Sanguino Ortiz  
Frederico Abraão Costa Lins

**DOI 10.22533/at.ed.41419160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 99**

MANEJO, PERCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB

Lucas Moura Delfino  
Anderson Oliveira de Sousa  
Luiz Ricardo da Silva Linhares  
Felipe Augusto da Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.41419160111**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>107</b>
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO E INJUSTIÇA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC)	
Viviane Kraieski de Assunção Vitória de Oliveira de Souza Mario Ricardo Guadagnin Leandro Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>144</b>
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL	
Geovane Barbosa Reinaldo Costa Helba Araújo de Queiroz Palácio José Ribeiro de Araújo Neto Daniel Lima dos Santos Diego Pereira de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>161</b>
“REFLEXÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROJETO DE EXTENSÃO: (RE) PENSAR A QUALIDADE SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE CARNES DOS MERCADOS PÚBLICOS DE CAVALEIRO E DAS MANGUEIRAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES/ PE, 2015-2017”	
Aline Clemente de Andrade Yuri Carlos Tiétre de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.41419160117</b>	

**CAPÍTULO 18 ..... 170**

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREA IRRIGÁVEL NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Francisca Luiza Simão de Souza  
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes  
Edmilson Rodrigues Lima Junior  
Roberta Thércia Nunes da Silva  
Rildson Melo Fontenele  
Antonio Geovane de Morais Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.41419160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 176**

RESSUSCITAÇÃO CARDIO-RESPIRATÓRIA DE NEONATOS CANINOS NASCIDOS POR CESARIANA – RELATO DE CASO

Sharlenne Leite da Silva Monteiro  
Jacqueline Alves Itame  
Ana Clara Batisti Pasquali  
Camila Lima Rosa  
Luciana do Amaral Oliveira  
Carla Fredrichsen Moya Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.41419160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 182**

SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

Adeilza Clímaco Ferreira  
Amanda Pereira Soares Lima  
Carla Montefusco de Oliveira  
Joselma Ramos Carvalho Santos  
Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.41419160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 192**

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO/SE

Neuma Rúbia Figueiredo Santana  
Antenor de Oliveira Aguiar Netto  
Inajá Francisco de Souza  
Carlos Alexandre Borges Garcia

**DOI 10.22533/at.ed.41419160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 200**

PRODUÇÃO DE FITOMASSA POR *Cratylia argentea* (FABACEAE) EM SISTEMA DE ALEIAS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Walter José Rodrigues Matrangelo  
Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,  
Savanna Xanti Gomes  
Iago Henrique Da Silva  
Leila de Castro Louback Ferraz  
Mônica Matoso Campanha

**DOI 10.22533/at.ed.41419160122**

**CAPÍTULO 23 ..... 214**

PROJETO LEITENERGIA: UM MODELO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA DE ORIGEM DE RESÍDUOS DE ANIMAIS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA: NO SUDOESTE DO PARANÁ

Carila Tiele Valendolfe Costa  
Almir Antônio Gnoatto  
Ana Claudia Schllemer dos Santos  
Cleverson Busso  
Izamara de Oliveira  
Diane Pilonetto

**DOI 10.22533/at.ed.41419160123**

**CAPÍTULO 24 ..... 218**

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim  
Adriano Ricardo de Abreu Gamba  
Karol de Freitas Champaoski  
Leonardo Henrique dos Santos Castilho

**DOI 10.22533/at.ed.41419160124**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 233**

## CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO

### **Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti**

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

### **Laércio Ferro Camboim**

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

**RESUMO:** O presente artigo retrata o desenvolvimento de um protótipo de gerador de ozônio sustentável e de baixo custo, com a finalidade de produzir o gás a partir do efeito corona formado por geradores de alta tensão, utilizando painéis fotovoltaicos como fonte de energia. O projeto visou à utilização de conceitos de eletrônica e eletrotécnica, formas de aumentar a eficiência do aparelho, de modo que seja possível produzir o gás em quantidades suficientes para a realização de testes e simulações laboratoriais em busca do aperfeiçoamento da aplicação do ozônio no tratamento de efluentes líquidos. Após a construção do protótipo a constatação da produção do ozônio se deu por borbulhamento de fluxo de saída do reator diretamente em uma solução de iodo solúvel/iodeto de potássio. Tal constatação foi obtida pela mudança de coloração da solução de incolor para azul escuro intenso. Ao término do trabalho, foram

realizados experimentos no tratamento da água proveniente de tanques de piscicultura, na qual foi constatada através de medições com o aparelho multiparâmetros. Constatou-se um aumento para o pH de 4,67 para 7,21, redução da condutividade de  $1503 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  para  $763 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ , um discreto aumento no oxigênio dissolvido  $7,62 \text{ mg/L}$  para  $7,69 \text{ mg/L}$  e significativa redução da salinidade de  $0,70 \text{ ppt}$  para  $0,36 \text{ ppt}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerador de ozônio, efeito corona, tratamento de efluentes.

**ABSTRACT:** This research paper presents the prototype development of a low cost sustainable ozone generator that aims to produce the gas by corona effect formed with high voltage generators using photovoltaic panels as energy source. The project aimed to use electronic and electrotechnical concepts, looking forward to increase apparatus efficiency, so that is possible to produce ozone in sufficient quantities to perform tests and laboratory research to check the ozone gas application improvement in the treatment of liquid effluents. After the prototype construction the ozone production was verified by bubbling the reactor output flow directly into a solution of soluble iodine / potassium iodide. Ozone presence was confirmed by the solution coloration changing from colorless to intense dark blue. At the end of the work, experiments were carried out in

the treatment of fish ponds water, which was analysed through measurements with a multiparameter apparatus. The results were: increased pH from 4.67 to 7.21, conductivity reduction from 1503  $\mu\text{S} / \text{cm}^2$  to 763  $\mu\text{S} / \text{cm}^2$ , discrete increase in dissolved oxygen from 7.62 mg / L to 7.69 mg / L and significant salinity reduction from 0.70 ppt to 0.36 ppt.

**KEYWORDS:** *Corona Effect, Effluent Treatment, Ozone Generator, Photovoltaic Energy*

## INTRODUÇÃO

Um dos fenômenos mais comuns encontrados na engenharia elétrica de potência é o efeito corona, sendo este um mecanismo de descarga eletrostática devido à ionização de um material isolante, geralmente visto em gases submetidos a um campo elétrico com intensidade suficiente para romper a sua rigidez dielétrica (LOPES, 2016).

Em linhas de transmissão de energia elétrica o efeito corona causa alguns transtornos, uma vez que representa perda de energia para as concessionárias, podendo representar centenas de *quillowatts* por quilometro de condutor para linhas de transmissão com tensão extra elevada (WEDY, 2009). Contudo o efeito também conhecido como descarga corona não apresenta apenas desvantagens, possuindo aplicações na indústria como, por exemplo, a remoção de cargas indesejáveis em superfícies de aeronaves, e em especial na produção de ozônio (SCHIAVON, 2013).

Uma das aplicações do ozônio é o tratamento de efluentes, que tem se mostrado bastante eficiente e adequado na eliminação de substâncias resistentes à degradação nos sistemas convencionais de tratamento, sobressaindo-se em relação à utilização do cloro e do peróxido de hidrogênio. Esta técnica tem sido bastante sugerida, pois a sua utilização torna a água com baixa turbidez e demanda química de oxigênio (FERNANDES, 2010). Os recentes avanços nessa forma de tratamento tem resultado numa considerável redução dos custos envolvidos em sua aplicação, tornando-a cada vez mais atrativa (CASTILHOS, 2015).

Dentre os métodos para produção do gás, destacam-se a obtenção por eletrólise, caracterizada pela dificuldade de manipulação do ozônio; a radiação ultravioleta, que não atende as necessidades da indústria devido ao seu alto custo e baixo rendimento e por fim a produção por descarga corona, que produz quantidades significativas, sendo o método mais utilizado para a obtenção do produto (MAIDANA et al., 2015).

Devido à alta instabilidade da molécula, seu armazenamento se torna inviável, implicando em uma produção *in situ*. A ozonização é um processo de absorção gasosa com reação química onde a etapa limitante do processo é a transferência de massa devido à baixa solubilidade do ozônio na água (FORNARI, 2011).

O efeito corona gera ozônio através de uma alta tensão tal que produza um campo elétrico forte o bastante para romper a rigidez dielétrica do ar presente entre os eletrodos, onde os elétrons livres atingem altas velocidades, quebrando as moléculas

de oxigênio que ao reagruparem-se formam ozônio, composto com alto poder oxidante (LOPES, 2016).

O processo de descarga elétrica, que consiste na aplicação de uma diferença de potencial na ordem de *quilovolts* nos eletrodos do reator, pode ser obtida a partir da utilização de um conversor *flyback*, excitado por um oscilador de alta frequência, dessa forma o *flyback* atua como um transformador de alta tensão. Dentre os circuitos existentes, destaca-se o oscilador *Hartley* uma vez que ele atende a demanda por alta frequência e seu uso torna possível a utilização de valores de corrente superiores a outros tipos de osciladores, o que implica em uma potência mais alta na saída do transformador (LOPES, 2016).

A energia solar tem uma grande utilidade com relação à fonte de alimentação renovável e sustentável, mesmo havendo desafios que ainda devem ser superados, tais como o custo dos módulos fotovoltaicos e a confiabilidade dos equipamentos eletrônicos associados. A utilização de painéis fotovoltaicos em edificações e indústria tem se mostrado uma alternativa de grande viabilidade no ponto de vista econômico e ambiental, com o poder de reduzir os custos por consumo de energia enquanto reduz os impactos causados pela sua alta demanda por eletricidade (SANTOS, 2009).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de um protótipo gerador de ozônio de baixo custo a partir da reutilização de materiais de sucata de computadores e resíduos sólidos como garrafas PET, tubos metálicos e sobras de instalações elétricas. Seu princípio de funcionamento foi baseado na produção por efeito corona, possuindo painéis fotovoltaicos como fonte de energia, sendo aplicados conceitos de eletrônica e eletrotécnica para a construção de um sistema estável e sustentável. Tal sistema pretende viabilizar o processo de ozonização em escala laboratorial para sua utilização em estudos e em tratamento de efluentes.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O efeito corona ocorre quando se tem um campo elétrico intenso que acelera os elétrons existentes em torno de um condutor, fazendo-os adquirir energia o bastante para se chocar com outros átomos e assim liberar mais elétrons. Quando a colisão acontece com força suficiente, o átomo atingido passa a ter um estado de energia mais elevado, onde para voltar ao seu estado inicial, é necessário que libere essa energia sob a forma de luz, calor, energia acústica e/ou radiações eletromagnéticas (SANSEVERINO, 2010).

Uma característica marcante é que esse fenômeno se torna mais presente nas pontas dos condutores, pois as cargas elétricas tendem a se acumular em locais mais pontiagudos, tornando o campo elétrico mais intenso nesses pontos devido à grande densidade de cargas, fato conhecido como teoria das pontas. Um condutor cilíndrico com seção transversal bastante curta pode ter o mesmo efeito, uma vez que as cargas

se acumulam somente em sua superfície, que por sua vez possui uma área diminuta, causando uma grande densidade de cargas elétricas (GIUDICE et al., 2003).

A escolha de uma geometria adequada para um dispositivo capaz de ajudar nos estudos do efeito corona e ter uma produção significativa de ozônio é de suma importância, uma vez que certas configurações produzem arcos elétricos com mais facilidade que outras. O arranjo em cilindros coaxiais é frequentemente utilizado, pois a partir de um bom dimensionamento quanto as suas dimensões radiais, é possível obter uma maior intensidade de campo elétrico sem que haja total ruptura da rigidez dielétrica do ar (KUFFEL e KUFFEL, 2000).

A Figura 1 exibe um dispositivo com configuração em cilindros coaxiais. Como pode ser observado as linhas de campo elétrico para esta configuração são radiais, estando o seu módulo em função apenas da distância do centro do cilindro.

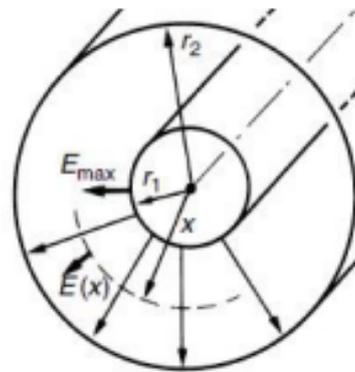


Figura 1 – Campo elétrico em cilindros coaxiais

Fonte: KUFFEL e KUFFEL, 2000

Legenda,

$r_1$  – Raio do cilindro interno (m);

$r_2$  – Raio do cilindro externo (m);

$x$  – Distância a partir do centro dos cilindros (m);

$E(x)$  – Intensidade de campo elétrico em função da distância do centro dos cilindros ( $V.m^{-1}$ ).

Ao ser aplicada uma diferença de potencial entre os dois cilindros, as suas superfícies serão uniformemente carregadas com certa quantidade de cargas por unidade de área. É possível determinar o valor do campo elétrico no espaço entre os dois cilindros através da lei de Gauss, como pode ser observado na Equação 1:

$$E(x) = \frac{\rho}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{1}{x} \quad [1]$$

Onde

$\rho$  – densidade de cargas ( $C.m^{-1}$ );

$\epsilon$  – constante de permissividade ( $C^2 .N^{-1}.m^{-2}$ )

$x$  – distância do centro dos cilindros (m);

$E(x)$  – Intensidade de campo elétrico em função da distância do centro dos cilindros ( $N.C^{-1}$ ).

A intensidade de campo elétrico pode também ser obtida, a partir do negativo do gradiente da diferença de potencial, como exposto nas Equações 2 e 3:

$$E = - \nabla V \quad [2]$$

Logo,

$$E(x) = \frac{V}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \cdot \frac{1}{x} \quad [3]$$

Onde,

$r_2$  – Raio do cilindro externo (m)

$r_1$  – Raio do cilindro interno (m)

$V$  – Módulo da diferença de potencial (V)

$x$  – distância do centro dos cilindros (m)

Quando o nível de tensão no cilindro menor atingir o nível de ruptura, ocorrerá uma descarga corona estabilizada ou ruptura completa. É possível então determinar por meio da Equação 3, os parâmetros para que se tenha o máximo de efeito corona estabilizado, sem que a rigidez dielétrica do ar se rompa totalmente, sendo este o ponto ótimo para a produção de ozônio (KUFFEL e KUFFEL, 2000).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para desenvolvimento do sistema foi construída partindo desde o módulo fotovoltaico até o reator de ozônio. A Figura 2 apresenta em diagrama de blocos o funcionamento do protótipo.

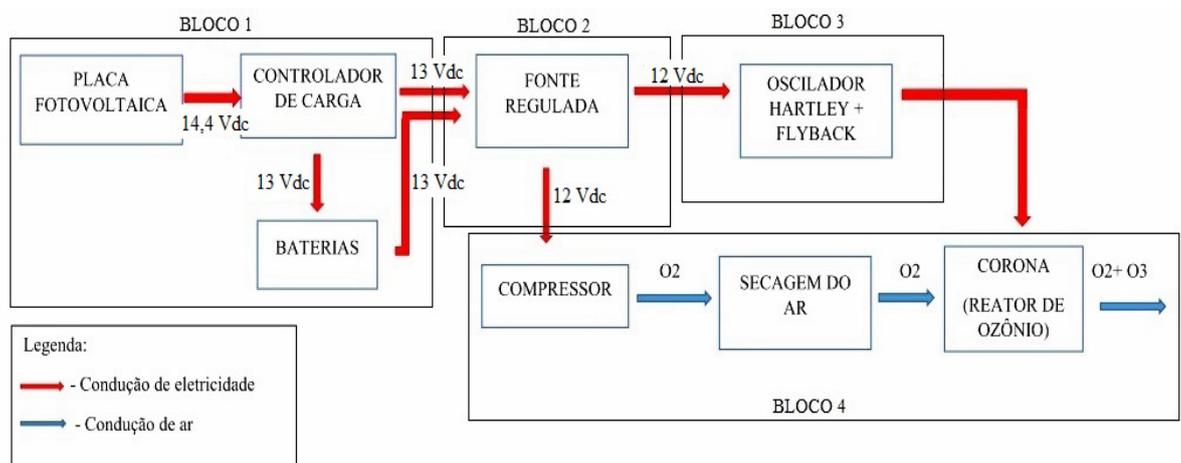


Figura 2 – Diagrama de Blocos  
Fonte: Autoria Própria

## Bloco 1 – Alimentação

A alimentação do circuito provém de uma placa fotovoltaica reaproveitada de sobras de uma instalação elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *campus* Paulo Afonso, na qual fornece em sua saída uma tensão de 14,4 Vdc, com uma potência nominal de 100 Wp. Sendo assim, para que o funcionamento do protótipo não dependa diretamente da incidência de radiação solar, foi introduzido um conjunto de baterias resgatadas de sucatas de notebooks doados por assistências técnicas da cidade de Paulo Afonso.

Por se tratar de um sistema isolado, foi necessária a presença um controlador de carga para recarregar a bateria quando necessário e cessar a alimentação quando a mesma estivesse em plena carga (Figura 3).

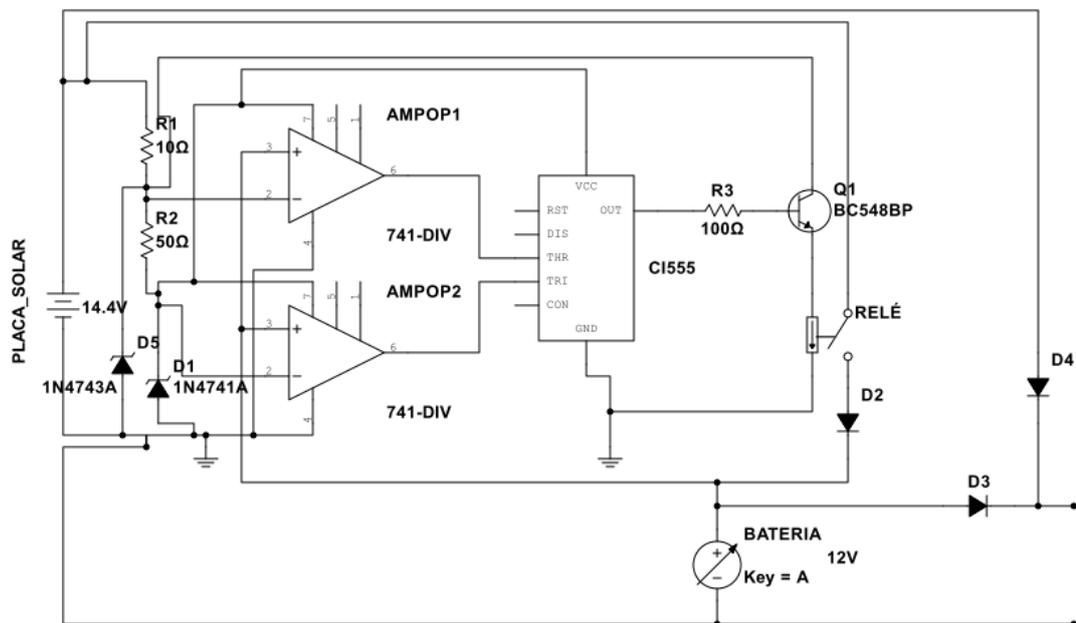


Figura 3 – Circuito do controlador de carga

Fonte: Autoria própria

## Bloco 2 – Regulação de tensão

Para o funcionamento correto do circuito, bem como proteção do mesmo contra sobrecargas e correntes de pico, foram implementados reguladores de tensão, conforme indicado pelo bloco 2 da Figura 2, utilizando-se transistores 2N3055 (Figura 4).

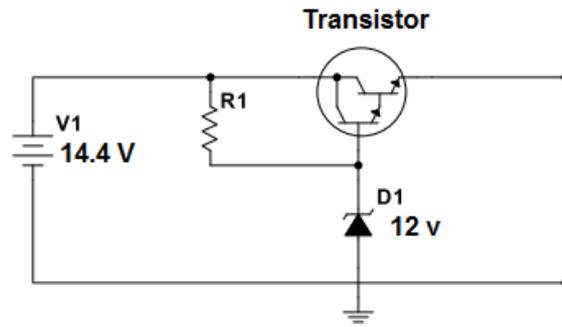


Figura 4 – Regulação de tensão

Fonte: Autoria própria

### Bloco 3 – Alta tensão

Para que se tenha a produção de ozônio por efeito corona, foi utilizado um conversor *flyback* excitado por um oscilador *Hartley*. Tal sistema funciona como um transformador, elevando a tensão de entrada para um nível capaz de romper a rigidez dielétrica do ar. O circuito que compõe o gerador de alta tensão formado pela célula *oscilador Hartley + flyback* como mostrado na Figura 5.

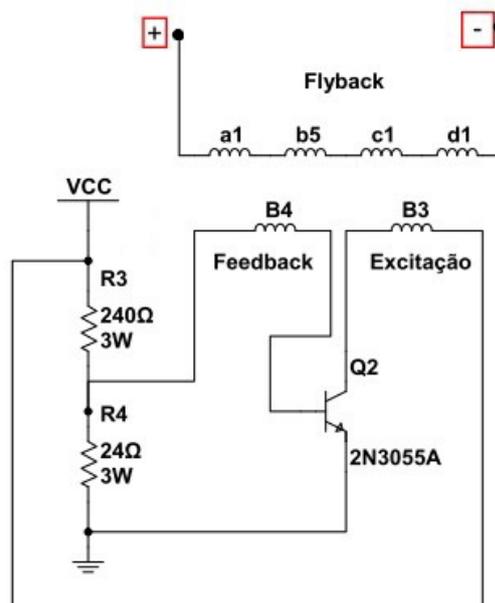


Figura 5 – Gerador de alta tensão

Fonte: Autoria própria

### Bombeamento

Para insuflar o ar para dentro do reator do gerador de ozônio foi construído um mini compressor, composto por um motor de 12Vdc acoplado a um diafragma recuperado de uma sucata de nebulizador, que por sua vez é ligado a uma câmara com sílica para retirar a umidade do ar, que em seguida entra no reator de ozônio.

## Ionização do ar

Para a construção do reator de ozônio foi necessário avaliar a geometria adequada para promover a maior superfície de contato entre a superfície que ocorre o efeito corona e o ar. Para tanto foram estudadas duas geometrias, o arranjo em placas paralelas e o arranjo por cilindros coaxiais.

Foram utilizadas tampas de garrafas PET para servir como tampões no reator, uma vez que o tubo de cobre possui o diâmetro externo tal que se encaixa perfeitamente em uma tampa de garrafa PET, sendo assim, foi posto um tampão em cada lado do tubo metálico, onde havia apenas dois orifícios em cada lado, sendo um para servir de suporte para o fio interno e outro para a entrada e saída do ar.

## Modelo final

O protótipo foi construído conforme detalhamento apresentado nas seções anteriores e apresentou a configuração mostrada na Figura 6.

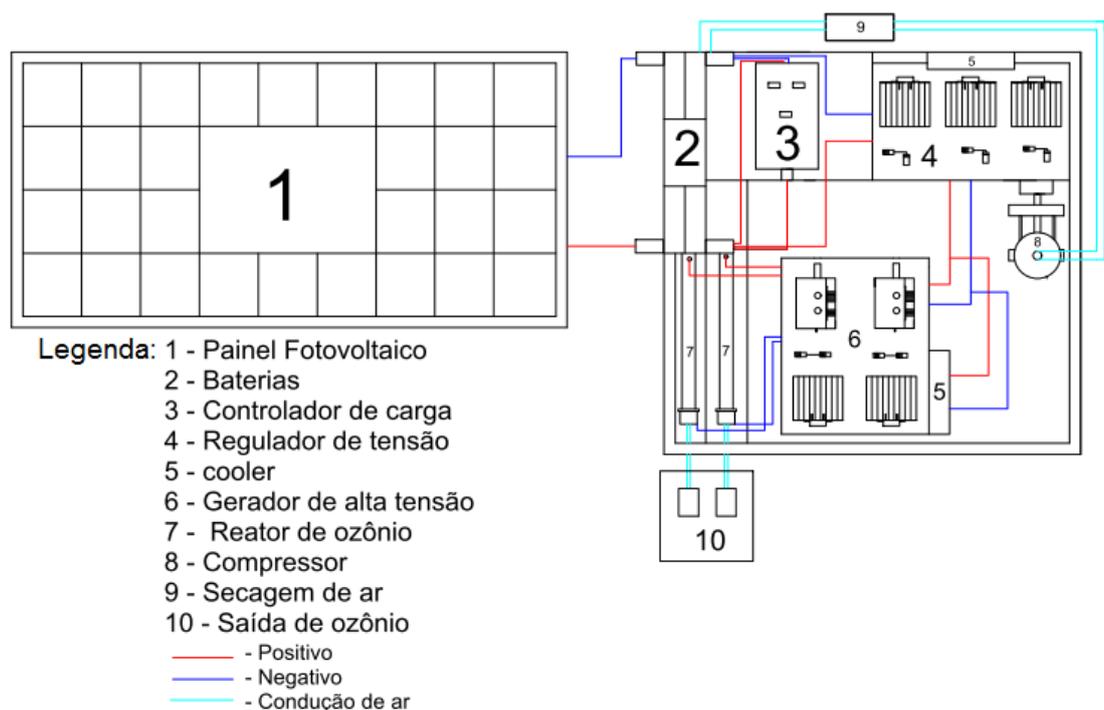


Figura 6 – Diagrama de blocos da montagem final do protótipo

Fonte: Autoria própria

## Avaliação do funcionamento protótipo

Para avaliar o desempenho do protótipo, recorreu-se a dois testes, o primeiro visou à constatação da produção de ozônio pelo sistema proposto e o segundo avaliar a eficácia do efeito oxidante do gás no tratamento de água em tanques de criação de peixes.

A constatação da produção de ozônio se deu pelo borbulhamento o gás produzido no protótipo em uma solução contendo amido solúvel e iodeto de potássio. Para o teste

da eficiência do sistema aplicado ao tratamento de efluentes, foram obtidas amostras de água de tanques de criatório de peixes da espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) cedidas pelo Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Estadual da Bahia (UNEB), Campus VIII, Paulo Afonso-BA. Tais tanques possuíam densidade média de 65 peixes/m<sup>3</sup>.

As variáveis físicas e químicas das amostras foram avaliadas antes e após o tratamento com o protótipo gerador de ozônio. O tratamento foi realizado através do contato íntimo da amostra de água com o gás gerado no protótipo com um tempo de residência de 20 min. Parâmetros como pH, salinidade, condutividade e oxigênio dissolvido foram avaliados pelo equipamento multiparâmetros modelo *YSI Professional Plus*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Bloco 1 – Alimentação

Foi observado o correto funcionamento do protótipo ao ser alimentado com a fonte de 14,4 V estando ela em paralelo com o banco de baterias e o controlador de carga. O controlador de carga desenvolvido também apresentou resultados satisfatórios, ao se conectar ao banco de baterias onde o mesmo apresentava uma tensão de 11,4 Vdc, então o dispositivo foi acionado e permaneceu no mesmo estado até que as baterias atingiram a tensão de 13,3 Vdc.

### Bloco 2 – Regulação de tensão

A regulação de tensão, bem como o controle da corrente foi obtido com sucesso, sendo constatado que ao corrigir o fator de potência de um dos *flybacks* com um capacitor de 20 nF e submeter o mesmo a uma tensão de 9 Vdc, foi obtido um melhor desempenho. O segundo componente não apresentou o mesmo resultado, permanecendo então sendo alimentado com 12 Vdc, contudo foi necessário tornar a sua célula de regulação de tensão mais robusta, então foi adicionado outro transistor 2N3055 em paralelo com o já existente. Como a corrente demandada pelo compressor é de 2 A, então o seu regulador de tensão foi construído com um transistor TIP122.

### Bloco 3 – Alta tensão

Buscando aumentar a intensidade do efeito corona, foi realizada a correção do fator de potência de um dos *flybacks*, bem como alterada a sua tensão de alimentação, conforme citado na seção anterior.

### Bloco 4 – Bombeamento e Ionização do ar

O compressor desenvolvido apresentou o correto funcionamento, sendo capaz de bombear o ar através do reator, sem apresentar aquecimento ou falhas.

Foi observado que o reator produziu efeito corona ao longo do seu comprimento, sem a presença de arcos elétricos, que de acordo com Kuffel e Kuffel (2000) é o ponto ótimo para produção de ozônio.

Para o arranjo em placas paralelas, a depender da distância entre as placas e a potência fornecida pelo *flyback*, surgiam diversos arcos elétricos, onde na tentativa de controlá-los, foi observado que a incidência de corona se dava apenas nas pontas das placas, ou em pequenos pontos nas bordas, mostrando um sistema instável e ineficiente.

Em seguida foi avaliado o arranjo por cilindros coaxiais, onde o cilindro externo foi obtido a partir de tubos de cobre resgatado de bancas quebradas encontradas no depósito do IFBA e para a seção interna foi utilizado um dos oito fios trançados de um cabo *Unshielded Twisted Pair* (UTP). Foi observado que nas bordas dos tubos, surgiam arcos elétricos atrapalhando a formação do ozônio, então, adicionou-se na parte interna de cada tampa um tubo plástico feito por tampas de caneta, envolvendo o fio sem tocá-lo, de forma que aumentasse a permissividade do meio e anulasse a formação de arcos. Esta foi a configuração onde se obteve o maior efeito corona, sem que se tivesse o surgimento de arcos elétricos.

### Protótipo final

Após os testes e correções necessárias, foi obtido o protótipo final pronto para os testes (Figura 7).



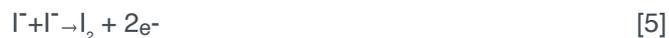
Figura 7 – Protótipo pronto para testes

Fonte: Autoria própria

### Avaliação do protótipo

Como teste inicial para constatação da produção de ozônio pelo protótipo, preparou-se uma solução de amido solúvel e iodeto de potássio. Na presença do ozônio o iodeto foi oxidado, transformando-se em iodo, percebeu a formação de iodo, pois este reage com o amido, modificando a coloração da solução incolor para azul escura. A Figura 8a mostra a solução de amido solúvel e iodeto de potássio (solução incolor). Na Figura 8b a solução com coloração azul escura devido à oxidação do iodeto comprovando a formação do ozônio no reator.

O amido é um polissacarídeo que pode ser dividido em duas estruturas, a amilose e a amilopectina. A primeira é a parte linear da cadeia polimérica e possui conformação helicoidal. Podemos entender melhor a dinâmica de oxidação do iodeto a partir das Equações 4 a 6.



A mistura do amido com o íon iodeto, observa-se que nenhuma reação ocorre (Equação 4) e a solução permanece incolor. Quando o ozônio atua convertemos o íon iodeto em iodo, esse reage com outro íon iodeto, formando a molécula  $\text{I}^{3-}$ , que forma um complexo com o amido cuja estrutura é helicoidal (tubular). O iodo se liga dentro dessa estrutura formando um complexo de coloração azul escura.



Figura 8 – Solução de amido/iodeto: a) Solução não oxidada; b) Solução oxidada.

Fonte: Autoria própria

As variáveis físicas e químicas da água bruta foram avaliadas conforme descrito na metodologia e são apresentadas na Tabela 1. Segundo Gomes et al. (2013) os valores de pH entre 7 e 8,3 são considerados ótimos para piscicultura. Os valores obtidos para a água bruta dos tanques foi de 4,67 fora da faixa considerada como ideal. Após 20 min de tratamento com o protótipo ozonizador o valor do pH passou para 7,21 dentro dos limites considerados ideais pela literatura especializada.

Parâmetro	Água Bruta	Água tratada com ozônio
Temperatura (°C)	26,6	26,7
pH	4,67	7,21
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	1503	763
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,62	7,69
Salinidade (ppt)	0,70	0,36

Tabela 1 – Variáveis físicas e químicas da água bruta e tratada com ozônio.

Ainda segundo os autores, a condutividade elétrica indica a capacidade da água

em conduzir corrente elétrica, esta variável fornece importantes informações sobre o metabolismo do tanque, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema, além de poder avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Valores elevados de condutividade elétrica indicam grau de decomposição elevado é o que podemos constatar no valor obtido para água bruta após o tratamento este valor foi reduzido para  $763 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ .

Segundo Silva et al. (2017) a solubilidade do oxigênio na água depende da pressão atmosférica e da salinidade da água. Tal variável tem relação direta com a pressão atmosférica e relação inversa com a salinidade. Então a redução da salinidade em quase 50% no caso em estudo aumenta a disponibilidade de oxigênio dissolvido. De modo geral os resultados obtidos para o tratamento das águas de criação de tilápia com o protótipo de gerador foram satisfatórios e sua aplicação no tratamento de tais efluentes configura apenas uma entre várias aplicações onde o gerador de ozônio pode ser utilizado.

## CONCLUSÃO

A partir dos testes realizados com o protótipo, comprovou-se a produção de ozônio, obtido a partir do efeito corona, sendo este gás utilizado no tratamento de água, demonstrando a viabilidade técnica no que tange a construção de um reator de ozônio sustentável, utilizando-se de materiais reciclados e reutilizados, além de constatar a possibilidade de tratamento de efluentes por meio deste protótipo. Os materiais reaproveitados tiveram comportamento satisfatório durante os testes e o sistema fotovoltaico de alimentação supriu a demanda de energia elétrica necessária para o funcionamento do dispositivo.

Avaliou-se a produção de ozônio por parte do protótipo através da utilização do gás em uma reação com iodeto de potássio, comprovando-se a existência do gás que, atuando como oxidante do iodeto, fez com que a solução incolor tomasse cor azul escura devido à reação de oxidação do iodeto. Ressalta-se ainda a possibilidade de utilizar o reator em uma escala maior, servindo como alternativa de tratamento de efluentes em diversas aplicações.

## REFERÊNCIAS

LOPES, M. S. **Remoção do Fármaco Ácido Mefenâmico em Água Via Oxidação por Cloro e por Ozônio por Cloro e por Ozônio**. 2016. 76 fls. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/140206>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

WEDY, G. F. **Inclusão do efeito corona em modelos de linhas de transmissão bifásica utilizando a técnica de variáveis de estado**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/87139>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

SCHIAVON, G. J., ANDRADE, C. M., JORGE, L. M. M., PARAÍSO, P. **Projeto e Análise de um Sistema Gerador de Ozônio para Remoção de Cor de Efluente Têxtil**. Revista Unisal. São Paulo, v.16, n. 28, jun. 2013. Disponível em: <[www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/download/297/223](http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/download/297/223)>. Acesso em: 17 mar. 2017.

FERNANDES, A. K. S. **Reúso de água no processamento de jeans na indústria têxtil**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15974>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

CASTILHOS, S. **Emprego de ozonização para o tratamento de efluente têxtil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4938>>. Acesso em 03 abr. 2017.

MAIDANA, W.; KREUTZ, C.; BERNARDI, R.; “**ANÁLISE DE CLARIFICAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS UTILIZANDO GERADOR ELETRÔNICO DE OZÔNIO**”, p. 6940-6947 . In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015.

FORNARI, A. M. D. **Geração de Microbolhas de Ozônio através de Materiais Porosos para Aplicação em Tratamento de Efluentes**. 2011. 37 fls. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37457/000822126.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

SANTOS, I. P. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92927>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

SANSEVERINO, A. A. S. **Metodologia de cálculo da tensão crítica de isolamento de linhas de transmissão de energia elétrica usando o método dos elementos finitos**. 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/2714>>. Acesso em 6 abr. 2017.

GIUDICE, E. B. et al. **Desenvolvimento de Condutores Compactos Aplicados a Projetos de Linhas Aéreas de Transmissão**. Disponível em: <<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090424161104-Desenvolvimento%20de%20Condutores%20Compactos.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

KUFFEL, J.; KUFFEL, P. **High voltage engineering fundamentals**. Newnes, 2000. Disponível em: <[http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Electronics%20and%20Electrical%20Engineering%20Collection/KUFFEL,%20E.%20\(2000\).%20High%20Voltage%20Engineering%20-%20Fundamentals%20\(2nd%20ed.\)/High\\_Voltage\\_Engineering\\_2E.pdf](http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Electronics%20and%20Electrical%20Engineering%20Collection/KUFFEL,%20E.%20(2000).%20High%20Voltage%20Engineering%20-%20Fundamentals%20(2nd%20ed.)/High_Voltage_Engineering_2E.pdf)> Acesso em 15 abr. 2017.

GOMES, L. K. S., SOUZA, J. R. M., AMORIM, G. E. P., PEREIRA, F. Q., CAMPELLO, T. H. P., PESSOA, M. N. C., PACHECO, J. C., BRITO, A. M. S. S.

**ANÁLISE DE ALGUNS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA EM TANQUES PARA CULTIVO DE TILÁPIAS E TAMBAQUIS**. XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, Recife, 2013.

AGRA, J. U. M., KLINK, J. M., RODRIGUES, G. G. **Monitoramento da Piscicultura em Reservatórios: Uma Abordagem Ecológica**. Revista Brasileira de Geografia Física, V6, 2012, 1457-1472.

## 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 978-85-7247-041-4

