



MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 4

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 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: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 4 [recurso eletrônico]
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-330-9

DOI 10.22533/at.ed.309191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

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.

APRESENTAÇÃO

A obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro. Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SYNTHESIS OF TRANSITION METAL NITRIDE AT LOW TEMPERATURE FROM COMPLEXED PRECURSOR	
Rayane Ricardo da Silva Carlson Pereira de Souza André Luís Lopes Moriyama	
DOI 10.22533/at.ed.3091916041	
CAPÍTULO 2	8
TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL	
José Eduardo Taddei Cardoso Paulo Cesar Lodi Ana Maria Taddei Cardoso de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042	
CAPÍTULO 3	17
TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE POMAR DE CUPUAÇUZEIRO COM HISTÓRICO DE ALTA INFESTAÇÃO DA DOENÇA VASSOURA-DE-BRUXA	
Hyanameyka Evangelista de Lima Primo Teresinha Silveira Costa Albuquerque Alcides Galvão dos Santos Rosiere Fonteles de Araújo Ezequiel Souza Queiroz Raimundo Silva Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.3091916043	
CAPÍTULO 4	26
TELECONEXÕES ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E O MODO ANULAR AUSTRAL EM EVENTOS EXTREMOS DE ONDA NAS REGIÕES OCEÂNICAS SUL E SUDESTE DO BRASIL	
Luthiene Alves Dalanhese Thaís Lobato Sarmento André Luiz Belém	
DOI 10.22533/at.ed.3091916044	
CAPÍTULO 5	38
TOPOSLICER® SOFTWARE FOR BIOINSPIRATION USING DOD INKJET PRINTING: FROM AFM IMAGE OF LEAFS TEMPLATES TO A PVB REPLICA OF NON-WETTING SURFACES	
Rosely Santos de Queiroz Elibe Silva Souza Negreiros Sílvio Barros de Melo Severino Alves Júnior Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3091916045	

CAPÍTULO 6 45

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PROSIMPLUS® PARA SIMULAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONVENCIONAL

Tatiana da Silva Sant'Ana
Thaís Cardozo Almeida
Sávio de Meneses Leite Asevedo
Isabella Muniz Monteiro Neves
Elisa Barbosa Marra
Camilla Rocha de Oliveira Fontoura
Moisés Teles Madureira
Cristiane de Souza Siqueira Pereira

DOI 10.22533/at.ed.3091916046

CAPÍTULO 7 54

REMOÇÃO DE CIANOTOXINAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque
Amanda da Silva Barbosa Cartaxo
Ana Alice Quintans de Araújo
Regina Wanessa Geraldo Cavalcanti Lima
Kely Dayane Silva do Ó
Wilton Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.3091916047

CAPÍTULO 8 65

REMOÇÃO DE EFLUENTE AZUL DE METILENO A PARTIR DA INCLUSÃO DO ADSORVENTE FORMADO POR ÓXIDO DE GRAFITE MISTURADO EM AREIA

Daniel Mantovani
Aline Takaoka Alves Baptista
Luís Fernando Cusioli
Paulo Cardozo Carvalho Araújo
Renan Araújo De Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.3091916048

CAPÍTULO 9 73

REPRODUÇÃO E PREFERÊNCIA DE *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) SUBMETIDOS A EXTRATOS DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul

Delzuite Teles Leite
Adcleia Pereira Pires
Fabricio Chagas Sobrinho
Claudia Oliveira dos Santos
Edson Braz Santana

DOI 10.22533/at.ed.3091916049

CAPÍTULO 10 79

SOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA APLICADA EM REDE DE TRANSPORTE DE ESGOTO PARA REDUÇÃO DE GÁS ODORÍFICO (H₂S)

Abraão Evangelista Sampaio
Almira dos Santos França Carvalho
Marylia Albuquerque Braga
Marcius Guimarães Pinheiro de Lemos

DOI 10.22533/at.ed.30919160410

CAPÍTULO 11 89

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS ARGILO-POLIMÉRICOS PARA O REUSO DE ÁGUA

Roberto Rodrigues Cunha Lima
Gabriela Medeiros dos Santos
Paulla Beatriz França de Sousa
Paulo Douglas Santos de Lima

DOI 10.22533/at.ed.30919160411

CAPÍTULO 12 101

ANÁLISE DE FALHAS E RISCOS AMBIENTAIS: O USO DA FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO CAMPUS JOÃO PESSOA DO IFPB

Jéssica Silva Ramalho
Adriano Lucena da Silva
Maria Deise da Dores Costa Duarte

DOI 10.22533/at.ed.30919160412

CAPÍTULO 13 111

ANÁLISE DE EFICIENCIA DE UM COLETOR SOLAR PVT POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BASE NO MAPA SOLARIMETRICO DE MINAS GERAIS

Geisiane Aparecida de Lima
Fábio Moreira Teixeira
Marcos Vinícius da Silva
Rudolf Huebner
Lucas Paglioni Pataro Faria

DOI 10.22533/at.ed.30919160413

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE DE FOURIER PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍODOS DOMINANTES INTRADIÁRIOS DO FLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO EM SINOP-MT

Stéfano Teixeira Silva
Sergio Roberto de Paulo
Adriel Martins Lima
Leomir Batista Neres
Ricardo Vanjura Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.30919160414

CAPÍTULO 15 134

LEVANTAMENTO DAS ETNOVARIEDADES DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NOS ECOSISTEMAS DE TERRA FIRME NAS COMUNIDADES DO LAGO DO ANTÔNIO, PROJETO DE ASSENTAMENTO AGROEXTRATIVISTA SÃO JOAQUIM –HUMAITÁ/AM

Erika Micheilla Brasil
Aurelio Diaz
Sonia Maria Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.30919160415

CAPÍTULO 16	141
MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ATMOSFERA POR AMOSTRAGEM PASSIVA COMO PARTE DA GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR	
Karina Stella da Silva Ferreira dos Santos Aurora Mariana Garcia de Franca Souza	
DOI 10.22533/at.ed.30919160416	
CAPÍTULO 17	148
NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING	
Nilsa Toyoko Azana Pei Jen Shieh Talita Mazon Natanael Lopes Dias Antônio Carlos Camargo do Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.30919160417	
CAPÍTULO 18	157
NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO E NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO: SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA REMEDIAÇÃO DE EFLUENTESCONTENDO O CORANTE RODAMINA B	
Francisco Xavier Nobre Rosane dos Santos Bindá Elton Ribeiro da Silva Rodrigo Muniz de Souza José Milton Elias de Matos Lizandro Manzato Yurimiler Leyet Ruiz Walter Ricardo Brito Paulo Rogério da Costa Couceiro	
DOI 10.22533/at.ed.30919160418	
CAPÍTULO 19	175
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR	
Marcelo Vitor Ferreira Machado José Brant de Campos Marilza Sampaio Aguilar Vitor Santos Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.30919160419	
CAPÍTULO 20	184
BATERIAS LI-O ₂ E A INFLUÊNCIA DE ESTRUTURAS CATALÍTICAS AO ELETRODO DE OXIGÊNIO	
Gustavo Doubek Leticia Frigerio Cremasco André Navarro de Miranda Lorrane Cristina Cardozo Bonfim Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.30919160420	

CAPÍTULO 21	197
BIOSENSORES À BASE DE ÓXIDOS METÁLICOS TRANSPARENTES: TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FETS) E NANOFIOS	
Cleber Alexandre de Amorim Kate Cristina Blanco Ivani Meneses Costa Adenilson José Chiquito	
DOI 10.22533/at.ed.30919160421	
CAPÍTULO 22	214
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS DE BLENDS POLIMÉRICAS DE PHBV COM ELASTÔMEROS	
Fernanda Menezes Thais Ferreira da Silva Fábio Roberto Passador Ana Paula Lemes	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042122	
CAPÍTULO 23	227
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE TAMARILHO EM FUNÇÃO DO ENSACAMENTO	
Fábio Oseias dos Reis Silva José Darlan Ramos Nathalia Vállery Tostes Iago Reinaldo Cometti Alexandre Dias da Silva Letícia Gabriela Ferreira de Almeida Renata Amato Moreira Miriã Cristina Pereira Fagundes Verônica Andrade dos Santos Giovani Maciel Pereira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042123	
CAPÍTULO 24	233
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE JACARANDÁ-DA-BAHIA (<i>Dalbergia nigra</i> (VELL.) FR. ALL. EX BENTH.)	
Tatiana Reis dos Santos Bastos Jacqueline Rocha Santos Cleidiane Barbosa dos Santos Jerffson Lucas Santos Otoniel Magalhães Morais	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042124	
CAPÍTULO 25	239
ESTUDO COMPARATIVO DE PEROVSKITAS CATALÍTICAS OBTIDAS POR MÉTODOS QUÍMICOS MOLHADOS PARA CONVERSÃO DOS COV'S	
Cássia Carla de Carvalho Anderson Costa Marques Alexandre de Souza Campos Felipe Olobardi Freire Filipe Martel de Magalhães Borges	

Juan Alberto Chavez Ruiz

DOI 10.22533/at.ed.3091916042125

CAPÍTULO 26 249

**AVALIAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS DA MICRO BACIA TIETÊ BATALHA
POR MEIO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

Ana Maria Taddei Cardoso de Barros

Paulo Cesar Lodi

José Eduardo Taddei Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.3091916042126

CAPÍTULO 27 261

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA INDUSTRIAL DO MENDANHA,
CAMPO GRANDE, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Alessandra Matias Alves

Aron da Silva Gusmão

Devyd de Oliveira da Silva

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

DOI 10.22533/at.ed.3091916042127

CAPÍTULO 28 271

**AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLOGICA DE EFLUENTES NA ZONA INDUSTRIAL DE
SANTA CRUZ, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

Sirléia Conceição de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.3091916042128

CAPÍTULO 29 283

**INFLUENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF ALUMINA ADDITION IN THE
HIGH ENERGY BALL MILLING PROCESS OF THE AISI 52100 STEEL**

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

Carlos Alberto Rodrigues

Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.3091916042129

CAPÍTULO 30 290

**ON THE ASSESSMENT OF DYE RETENTION IN QUARTZ-BASED CERAMIC
POROUS MATERIAL BY OPTICAL FIBER SENSOR**

Marco César Prado Soares

Murilo Ferreira Marques Santos

Egont Alexandre Schenkel

Beatriz Ferreira Mendes

Gabriel Perli

Samuel Fontenelle Ferreira

Eric Fujiwara

Carlos Kenichi Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.3091916042130

CAPÍTULO 31	296
APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS	

Cleber Alexandre de Amorim
Kate Cristina Blanco

DOI 10.22533/at.ed.3091916042131

SOBRE OS ORGANIZADORES.....	311
------------------------------------	------------

NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING

Nilsa Toyoko Azana

Centro de Tecnologia da Informação Renato
Archer
Campinas – SP

Pei Jen Shieh

Centro de Tecnologia da Informação Renato
Archer
Campinas – SP

Talita Mazon

Centro de Tecnologia da Informação Renato
Archer
Campinas – SP

Natanael Lopes Dias

Centro de Tecnologia da Informação Renato
Archer
Campinas – SP

Antônio Carlos Camargo do Amaral

Centro de Tecnologia da Informação Renato
Archer
Campinas – SP

RESUMO: Dispositivos nanogeradores triboelétricos quando submetidos a esforço mecânico, geram cargas de polaridades opostas nas suas superfícies criando um potencial elétrico entre eles, transduzindo energia mecânica em energia elétrica. Este trabalho tem como objetivo discutir a influência dos diferentes materiais na obtenção de dispositivos triboelétricos de melhor desempenho. A

escolha dos materiais dielétricos para a construção dos nanogeradores triboelétricos é de fundamental importância para potencializar o seu desempenho. Para atingir o objetivo proposto, um sistema de testes foi elaborado e construído visando analisar a resposta de dispositivos nanogeradores triboelétricos, fabricados com combinações de diferentes materiais dielétricos. As melhores respostas para densidade de potência gerada foram obtidas, quando as amostras foram estimuladas em frequências no intervalo entre 30 Hz a 60 Hz, sendo que a maioria das amostras apresentou melhor resposta na frequência de 40 Hz. Os resultados são muito promissores uma vez que existem diversos ambientes que apresentam vibrações mecânicas nessa faixa de frequência, o que possibilitaria alimentar sistemas de baixa potência, como sensores, com a extração da energia mecânica disponível no ambiente. Combinações interessantes de filmes finos comerciais para a construção de nanogeradores triboelétricos foram identificadas, sendo o dispositivo de melhor desempenho construído a partir de um filme fino de poliamida com fita de alumínio. Esse dispositivo, gerou uma densidade de potência em torno de $3,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para uma carga de $10 \text{ M}\Omega$.

PALAVRAS-CHAVE: Energy harvesting, nanogeradores, série triboelétrica, materiais dielétricos.

ABSTRACT: Triboelectric nanogenerator devices when submitted to mechanical effort generate charges of opposite polarity on their surfaces creating an electric potential between them, transducing mechanical energy into electrical energy. The objective of this work is to discuss the influence of the different materials in obtaining better performance triboelectric devices. The choice of dielectric materials for the construction of triboelectric nanogenerators is of fundamental importance in order to enhance their performance. To achieve the proposed objective, a test system was developed and constructed to analyze the response of triboelectric nanogenerator devices, manufactured with combinations of different dielectric materials. The best responses for generated power density were obtained when the samples were stimulated at frequencies on the range of 30 Hz to 60 Hz, and the majority of samples presented better response at the 40 Hz frequency. The results are very promising since there are several environments that present mechanical vibrations in this frequency range, which would allow feeding low power systems, such as sensors, with the extraction of mechanical energy available in the environment. Interesting combinations of commercial thin films for the construction of triboelectric nanogenerators have been identified; the best performance device constructed was with a thin film of polyamide with aluminum tape. This device generated a power density around $3.5 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ for a load of 10 M Ω . **KEYWORDS:** Energy harvesting, nanogenerators, triboelectric series, dielectric materials.

1 | INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos permitem ampliar a busca por fontes de energia renováveis, possibilitando a construção de dispositivos que geram energia com menor custo e baixo impacto ambiental.

Dispositivos nanogeradores triboelétricos podem ser construídos empilhando-se diferentes materiais que apresentam características triboelétricas distintas. Estes dispositivos, quando submetidos a uma força mecânica, geram cargas elétricas de polaridades opostas nas suas superfícies criando um potencial elétrico entre eles (FAN et al., 2012).

O desempenho destes dispositivos depende de vários fatores, tais como: o espaçamento entre as superfícies; a frequência das vibrações mecânicas a que são submetidos e principalmente a diferença entre as características triboelétricas dos materiais utilizados como dielétricos (COSTA et al., 2018). O modo como esses dispositivos são construídos e a forma como as cargas são geradas, se por contato e separação, por fricção ou por distorção, também influenciam fortemente no seu desempenho.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um método de investigação para a construção de nanogeradores triboelétricos a partir da seleção de materiais disponíveis comercialmente, que viabilizem a transdução eficiente de energia mecânica do

ambiente em energia elétrica.

2 | METODOLOGIA

Inicialmente, as características triboelétricas dos materiais dielétricos disponíveis comercialmente foram pesquisadas, e os materiais mais promissores foram selecionados, segundo as suas características de capacidade de carga, baseado na classificação dentro da série triboelétrica (DIAZ; FELIX-NAVARRO, 2004).

Para avaliar o desempenho dos dispositivos, construídos de diferentes formas e com combinações diversas dos materiais triboelétricos pré-selecionados, um sistema de testes foi projetado e elaborado para permitir que os dispositivos fossem submetidos a vibrações mecânicas com frequências e intensidades variáveis.

3 | EXPERIMENTO

O sistema de testes, representado na Figura 1, é composto de amplificador e gerador de sinais (Power Amplifier TEN-A100 – DTC Dynatronic Corporation), shaker (TEN-V20 – DTC Dynatronic Corporation), osciloscópio (Tektronix TDS 2014B 100 MHz) e artefato mecânico para suportar o shaker e os dispositivos a serem testados.



Figura 1 Sistema de Testes

O artefato mecânico, Figura 2, foi concebido e construído especificamente com o objetivo de testar os dispositivos triboelétricos. O artefato possui base removível (destacado no retângulo vermelho) onde as amostras dos dispositivos a serem testados são acomodadas. Essa base tem encaixe mecânico do tipo “rabo de andorinha” e, após ser encaixada, deve-se rosquear o parafuso de fixação (destacado no círculo em azul) para cravar a base. A base está fixada no shaker que oscila verticalmente, a frequência e a intensidade dessa oscilação podem ser ajustadas no amplificador e

gerador de sinais, destacado no retângulo vermelho da Figura 1.

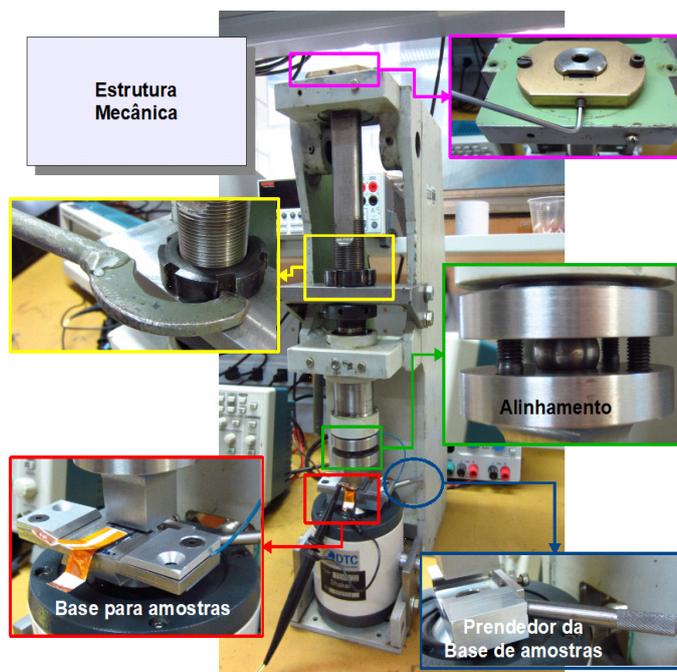


Figura 2 Artefato Mecânico

O artefato mecânico possui uma superfície alinhada paralelamente à base removível. Esse alinhamento é assegurado pelo mecanismo de alinhamento destacado no retângulo verde, e permite que a pressão sobre as amostras ocorra de modo uniforme em toda a superfície do dispositivo.

A oscilação do shaker provoca uma pressão na amostra ao encostar-se à superfície superior alinhada paralelamente à base. Essa superfície deve ter sua altura ajustada para exercer pressão no dispositivo a ser testado. O ajuste dessa altura é possibilitado liberando-se o pistão, destaques dos retângulos em amarelo e rosa.

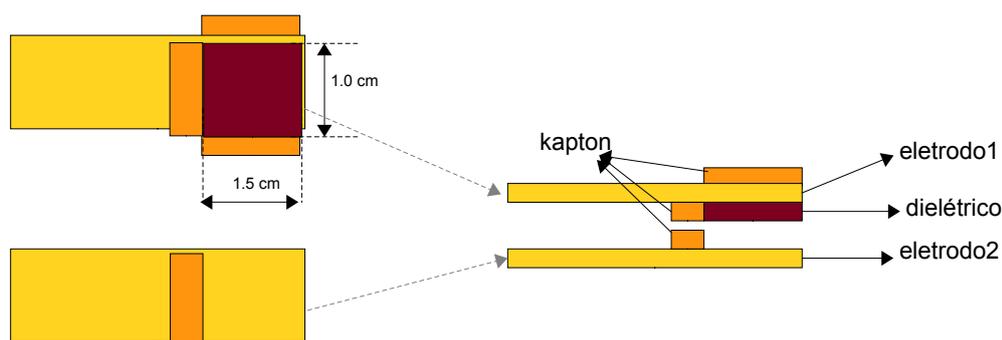


Figura 3 Padrão de Construção dos Dispositivos

A Figura 3 mostra o esquema de construção dos dispositivos triboelétricos. As amostras foram construídas com as seguintes características:

- Área de contato/separação de tamanho 1 cm X 1,5 cm;
- Eletrodos consistem de duas tiras de fita de cobre de 1 cm X 4 cm;

- Três tiras de kapton, duas de 1 cm x 0,5 cm para isolar os eletrodos e a terceira de 1,5 cm X 1,5 cm para unir os dois eletrodos; e,
- Dielétrico de tamanho 1,0 cm X 1,5 cm.

Material	Espessura (mm)	Resistência Elétrica (Ω/\square)
Fita de Cobre	0.066	0.005
Fita de Alumínio	0.081	0.010

Tabela 1 Eletrodos

Na construção das amostras foram utilizados dois tipos de metal, o cobre e o alumínio, que atuaram tanto como eletrodo quanto como triboelétrico. As características físicas dos materiais estão apresentadas na Tabela 1.

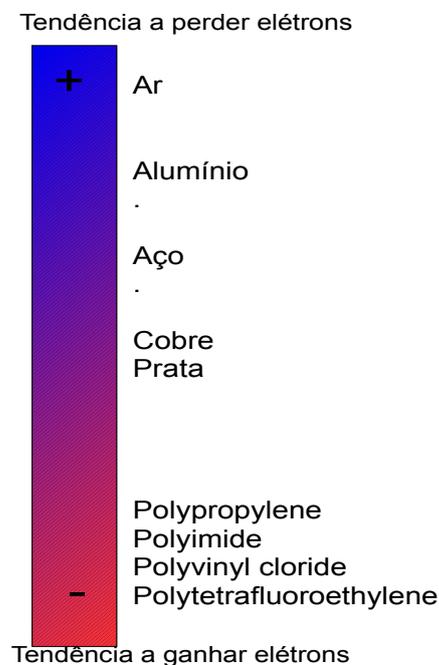


Figura 4 Série Triboelétrica

Os materiais dielétricos foram escolhidos de acordo com a sua posição na série triboelétrica. A Figura 4 mostra um resumo da série triboelétrica apresentada por DIAZ e FELIZ-NAVARRO (2004), classificando os materiais de acordo com a polaridade relativa de carga adquirida por contato/atrito, ou seja, os vários materiais são ordenados de acordo com a tendência de perder elétrons (carga positiva) ou ganhar elétrons (carga negativa).

A lista dos materiais dielétricos, utilizados para construir as amostras dos dispositivos triboelétricos, e escolhidos de acordo com a disponibilidade comercial como películas finas e sua acentuada característica de ganhar elétrons, em oposição aos metais Cu e Al que tendem a perder elétrons, encontra-se na Tabela 2.

Materiais		Espessura (mm)
PI 1	Polyimide	0.070
PI 2	Polyimide	0.046
PI 3	Polyimide	0.061
PP	Polypropylene	0.048
PTFE 1	Skived Polytetrafluoroethylene	0.090
PTFE 2	Extruded Polytetrafluoroethylene	0.090
PVC 1	Poly Vinyl Chloride	0.180
PVC 2	Poly Vinyl Chloride	0.178
PVF	Poly Vinyl Fluoride	0.086

Tabela 2 Materiais Dielétricos

Nos testes, o equipamento de medida (osciloscópio) atua como uma carga de 10 MΩ, modelo descrito por SHIEH et al. (2014). As amostras foram submetidas a vibrações mecânicas entre 20 Hz e 120 Hz.

4 | RESULTADOS

A Figura 5 exibe a densidade de potência gerada pelas amostras construídas com os materiais dielétricos listados na Tabela 2 e o cobre como eletrodo.

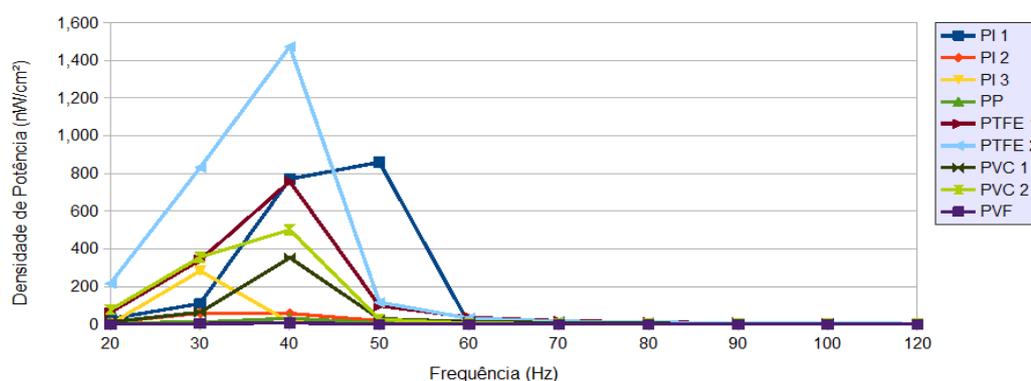


Figura 5 Eletrodo de Cobre

É possível observar a influência dos diferentes materiais na densidade de potência obtida. A melhor densidade de potência foi obtida para a amostra PTFE 2, 1.600 nW/cm² para uma carga de 10 MΩ. É importante ressaltar que com cargas maiores é

possível obter densidades de potência maiores.

A Figura 6 compila num gráfico a densidade de potência gerada por amostras construídas utilizando os materiais dielétricos listados na Tabela 2 e o alumínio como eletrodo 2, ou seja, o eletrodo que entra em contato com o dielétrico (ver Figura 3); o outro eletrodo, eletrodo 1, é de cobre. O uso de alumínio como eletrodo 2 triplica a magnitude da densidade de potência para a mesma carga.

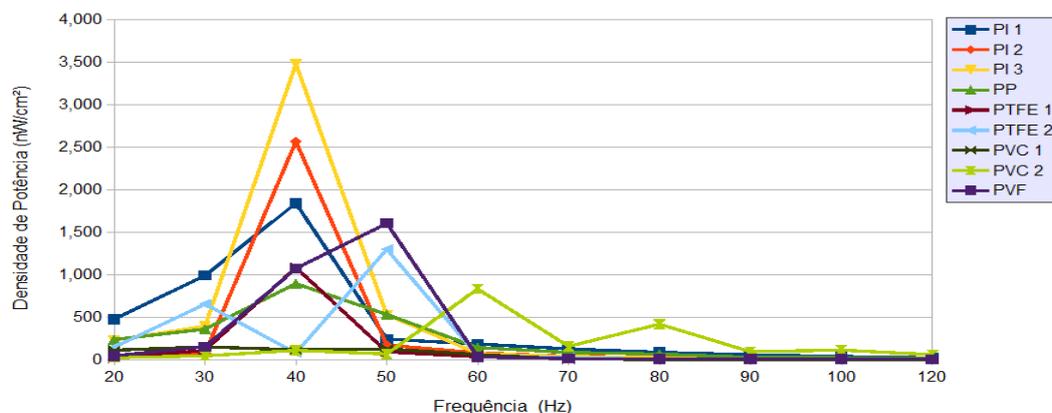


Figura 6 Eletrodo de Alumínio

Os gráficos também evidenciam que as amostras são sensíveis à frequência com que são estimuladas, respondendo com potências distintas às diferentes frequências.

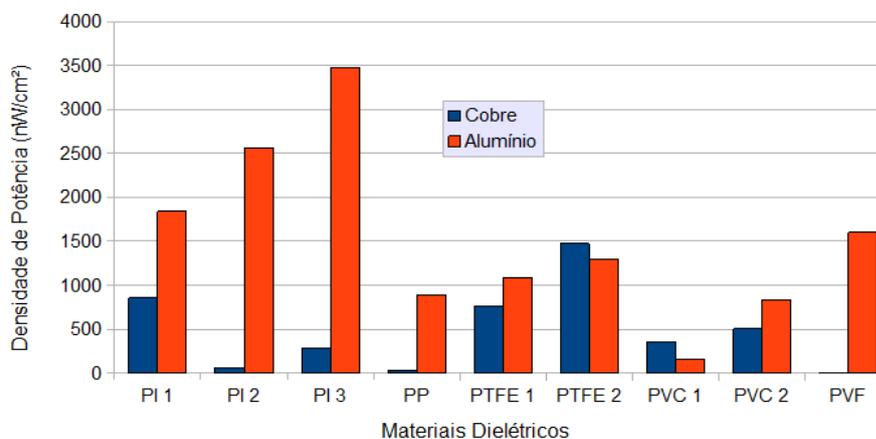


Figura 7 Densidade de Potência

No gráfico da Figura 7 estão apresentadas as melhores respostas em densidade de potência geradas pelas amostras dos dispositivos triboelétricos, consideradas neste estudo. É importante ressaltar novamente que a carga usada neste trabalho é de apenas 10 MΩ. As amostras com eletrodo de alumínio apresentaram melhores resultados do que as amostras com o eletrodo de cobre. Os melhores desempenhos foram obtidos com a amostra construída com polyimide como dielétrico e eletrodo de alumínio, com densidade de potência da ordem de 3,5 μW/cm².

Cabe ressaltar que as películas de polyimide utilizadas para a construção das

amostras apresentam espessura menor que as películas de Polyvinyl Chloride e as películas de Polytetrafluoroethylene. A influência da espessura dos filmes orgânicos é um fator a ser investigado, uma vez que mesmo este material apresentando tendência a ganhar menos elétrons do que os outros dois materiais, segundo a série triboelétrica, os dispositivos com a película de polyimide apresentaram melhor desempenho (Figura 4).

5 | CONCLUSÃO

As melhores respostas foram obtidas quando os dispositivos foram estimulados em frequências de 30 Hz a 60 Hz, sendo que a maioria dos dispositivos testados responde melhor na frequência de 40 Hz. O melhor valor de densidade de potência encontrado está em torno de $3,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para uma carga de $10 \text{ M}\Omega$. Os resultados são promissores, pois existem diversos ambientes que apresentam vibrações mecânicas nessa faixa de frequência e os dispositivos poderiam ser montados em série, aumentando a densidade de potência para alimentação de sistemas, por exemplo, sensores.

O eletrodo de alumínio apresentou melhor desempenho que o eletrodo de cobre conforme esperado, pois o Alumínio se encontra mais distante dos materiais dielétricos do que o cobre na série triboelétrica.

Uma combinação interessante de filmes finos comerciais para a construção de nanogeradores triboelétricos foi relatado neste trabalho: filme fino de polyimide com fita de alumínio.

A influência da carga, da espessura do dielétrico e da rugosidade da superfície de contato características dos dispositivos triboelétricos que precisam ser investigadas em trabalhos futuros. A rugosidade da superfície de contato determina a área efetiva de contato, e o aumento dessa superfície pode levar a um aumento de cargas, influenciando enormemente na quantidade de energia gerada. Ou seja, criando-se mecanismos para aumentar a superfície de contato efetiva, melhorará o desempenho dos dispositivos triboelétricos para Energy Harvesting.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento de Materiais Funcionais - CMF/CEPID/ FAPESP (Processo: 2013/07296-2) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

COSTA, S. V.; AZANA, N. T.; SHIEH, P. J.; MAZON, T. M. **Synthesis of ZnO rod arrays on aluminum recyclable paper and effect of the rod size on power density of eco-friendly nanogenerators**, *Ceramics International* 44 (2018) 12174-12179, doi.: 10.1016/j.ceramint.2018.03.272

DIAZ, A. F.; FELIX-NAVARRO, R. M. **A semi-quantitative tribo-electric series for polymeric materials: the influence of chemical structure and properties**, Journal of Electrostatics 62 (2004) 277-290, doi:10.1016/j.elstat.2004.05.005

FAN, F. R. et al. **Flexible triboelectric generator**, Nano Energy (2012), doi:10.1016/j.nanoen.2012.01.004

SHIEH, P. J.; AZANA, N. T.; SANTOS, T. E. A.; MARTINS, A. V.; DIAS, N. L., XAVIER Jr., A.L. **Methodology for choosing Piezoelectric devices - Using piezoelectric energy harvesting to feed massive use of RFID tags**. IEEE Brasil RFID 2014 - DOI: 10.1109/BrasilRFID.2014.7128963

SOBRE OS ORGANIZADORES

TAYRONNE DE ALMEIDA RODRIGUES: Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com. com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>

JOÃO LEANDRO NETO: Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>

DENNYURA OLIVEIRA GALVÃO: Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-330-9

