

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 (<i>MANIHOT ESCULENTA CRANTZ</i>) 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 Aguiar 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 BLENDA 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
------------------------------------	------------

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

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Química Fundamental, Recife-
PE

Elibe Silva Souza Negreiros

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Química Fundamental, Recife-
PE

Sílvio Barros de Melo

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de
Informática, Recife-PE

Severino Alves Júnior

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Química Fundamental, Recife-
PE

Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Química Fundamental, Recife-
PE

ABSTRACT: In this work, we present a homemade software to convert AFM micrographs in a set of 2D images as slices to print 3D bioinspired structures through a layer-by-layer process in a DoD inkjet materials printer. The characteristics of the non-moistening and self-cleaning surfaces of *some* leaves, resulting from the evolution of nature, are interesting to be explored in bio-inspired materials. As a proof of concept of the software we named TopoSlicer®, micrographs of *C. esculenta*

leaves cultivated in our lab by hydroponics were used. A printable fluid was produced, and its parameters were adjusted for our materials printer. Here, a comparison between MEV and AFM micrographs was performed to choose the best starting image as input. The contact angle of water droplets over the printed structures was taken as hydrophobicity parameter.

KEYWORDS: Bioinspired material, Non-wetting surface, Images conversion software

1 | INTRODUCTION

Bioinspired materials are synthetic materials, which mimics or are inspired in natural properties of living organism, for example structures, mechanisms of reactions or molecular arrangements. From these materials it is possible develop devices with enhanced properties, such as sensors, adhesives, structural color or coatings with super-hydrophobic and self-cleaning properties, for example (SOUSA, 2017). The superhydrophobic property of some plants known as lotus effect exists due to the presence of hierarquical structures (nano/micro) at the surface of the leaves. The micro hierarchy is created by the papillae recovered by a layer of epicuticular wax crystals, where those crystals are responsible by the nano

hierarchy. In spite of the materials that constitutes the leaf surface have a hydrophilic behavior, the special Cassie-Baxter wetting state created by the hierarchical structure, makes the surface of these material be water repellent due to the increased surface tension (WANG & JIANG, 2007). A good example of this kind of plant is the *Colocasia esculenta* (L.) Schott which is a native plant from tropical regions and widely available in Brazil. The *C. esculenta* is one of the plants with non-wetting behavior most similar to lotus leaves, presenting static contact angles of 165° (Figure1).

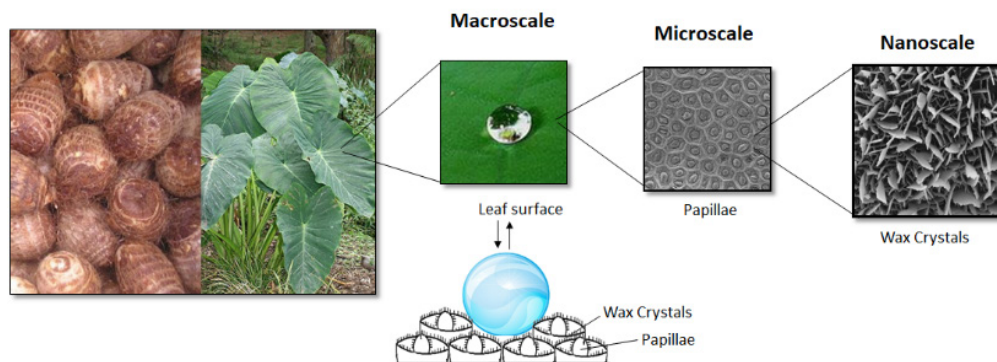


Figure 1. Hierarchical structure of *C. esculenta* (L.) Schott

Considering the surface properties of these plants, it is proposed here to produce a polymeric surface with Polyvinyl Butyral (PVB), bioinspired by the leaf surface of *C. esculenta* (L.) Schott, using micrographs as a digital template in a Layer-by-Layer (LbL) process using a DoD inkjet materials printer. For that, a homemade software was developed, named here TopoSlicer® (SANTA-CRUZ *et al.*, 2018). The TopoSlicer® scans the 2D AFM micrographs obtained from the leaves of *C. esculenta* L. Schott to generate the slices. Those slices are created based on the difference of the gray level of the pixels while the image is scanned.

As the darkest level of gray corresponds to the bottom and the lighter to the top, the darkest level of gray is used to produce to the first slice, and the lighter ones generate the upper layers, according to the height, which we named here quota. The algorithm says that each pixel with a level of gray equal or lower than the darkest level should be printed at first quota, for the second quota, each pixel with a level of gray equal or lower than the second darkest level should be printed at second quota and successively as presented at Fig 2. At the same time that each quota is generated, for a surface with micrometric dimensions, a mosaic of this quota is formed in order to cover the area that the operator choose for printing.

In summary, the presented software allows to use a micrograph as a biotemplate, converting it in a set of 2D images as slices produced as a function of the gray scale linked to the Z-axis values (quotas), allowing to print through LbL, 3D bioinspired structures. To convert the 2D (x,y) images set in 3D (x,y,z) structure, it is necessary a linear relationship between the image contrast established by the grayscale levels and the z values of the material topology.

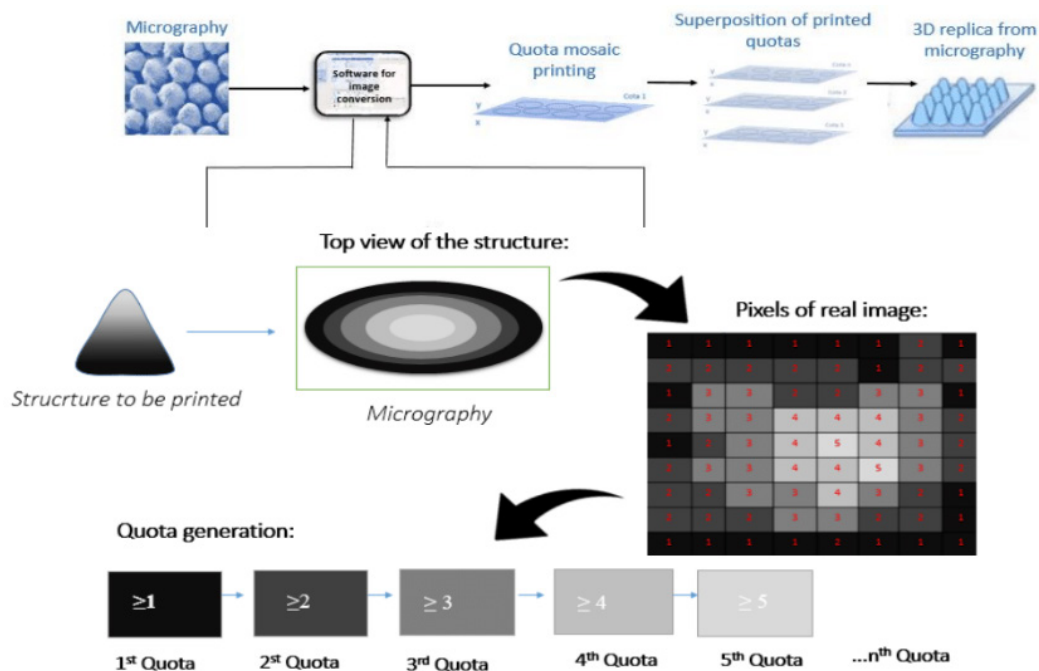


Figura 2. TopoSlicer® software proposal. To slice 2D images in a set of images divided by quotas for 3D LbL production in a 2D materials printer.

The images obtained from AFM and SEM were used as input in order to compare their real and virtual depth. The 3D image obtained is cut in horizontal parallels plans (quotas). Each quota is finally combined among their copy to form a mosaic corresponding to a printable pattern with larger area. Those mosaics are then printed using a materials printer and the superposition of the layers printed correspond to the 3D replica of the bioinspiring structure.

2 | EXPERIMENTAL PROCEDURE

Images of Scanning Electronic Microscopy (SEM) and Atomic Force Microscopy (AFM) of the surface of *C. esculenta* were obtained in order to compare their virtual depth and their linearity of gray scale to be used as *input* for the TopoSlicer®. While editing the images with the software Gwydion, the AFM image presented better linearity at the gray scale, being chosen to be converted by the TopoSlicer®. The images (quotas) generated were printed by a Dimatix Materials Printer DMP-2831 through the layer-by-layer method. The fluid prepared had its printing parameters calculated according to the composition and the printer conditions, as proposed by Derby (DERBY, 2010). This calculation involves the Weber, Reynolds and Ohnesorge number and relates it with the Z factor ($Z=1/Oh$). In order to have a good quality of printing, the drop jetted should have the composition optimized to avoid a fluid with a viscosity too high or too low. The optimized composition can be observed when the Z factor is a value between 1 and 10. Based on this, the fluid used presented a Z factor equal to 6.4, which corresponds to a 0.7% PVB solution in ethanol, which was prepared through

30min of sonication (180W, 40Hz), followed by the addition of PVB/Ethanol:ethylene glycol at the proportion of 95:5. The cartridge used ejects drops of 1pL from 16 noozles by vibration of piezoelectric crystals of silicon, jetting in a rate of 12 kHz. A tension of 20V was applied simultaneously to the 16 noozles of the cartridge containing the printable fluid, in order to obtain a proper drop jetting. The settings of the printer and printing parameters were adjusted, which are presented at the table 1 (SOUSA, 2016).

Settings	Printable fluid (PVB/Ethanol:Ethylene glycol)
Firing Voltage [V]	20
Maximum jetting frequency [kHz]	12
Cartridge Temperature [°C]	30
Cleaning Cycles	Purge 2 Purge 0.3 Run every 300 sec
Platen Temperature [°C]	35
Number of printed layers	144
Interlayers delay [sec]	1-8 layers, 180 sec > 8 layers, 270 sec > 24 layers, 360 sec > 40 layers, 410 sec >56 layers, 500 sec >72 layers, 590 sec >80 layers, 600 sec

Table 1 Optimized printing settings for PVB:Ethanol:Ethylene glycol fluid

The PVB bioinspired printed replica and the smooth PVB surface had their static contact angle measured by the optical tensiometer Biolin Scientific attention, using 10µL of distilled water.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The Gwiddion software was used to test and compare the linearity of the 2D image contrast with the Z-axis depth values. The AFM and SEM images were compared with the software Gwiddion, as shown at the Figure 3. The AFM image (Figure 3a) shows a perfect relationship between the contrast scale and z depth values, since in AFM, the color scale is generated digitally using the Z-axis the probe displacement, resulting in true (x,y,z) 3D coordinates, allowing to produce a perfect 3D projection (Figure 3b). On the other hand, the SEM micrograph (Figure 3c) presents a bad relationship between the contrast gray scale and z depth values (Figure 3d). It is observed that the nanohierarchy shown in the micrograph has the same scale in Z as the microhierarchy;

showing the non-linearity mentioned between the gray levels of the 2D image and the values of z-axis (quotas). The best result of the AFM image was expected, since the AFM is a topological technique, which provided quantitative values for the Z axis. The non-linearity of the gray scale observed in the images converted from a SEM micrography is explained due the fact, for instance, different electronic densities for different materials at the same quota will result in different z values. For the use as an input in the Toposlicer® software, a linear relationship between the micrograph contrast and the z-axis values is very important. As shown in Fig.a, we need to introduce values data information such as the absolute images size size of area to be printed, print density (resolution), maximum printed surface height, ejected drop volume, concentration of the fluid and the diameter of the nozzle. Figure 4 shows the set of images to be printed, generated by the software, with satisfactory performance 2D images to be used in the LbL process in a DoD materials printer.

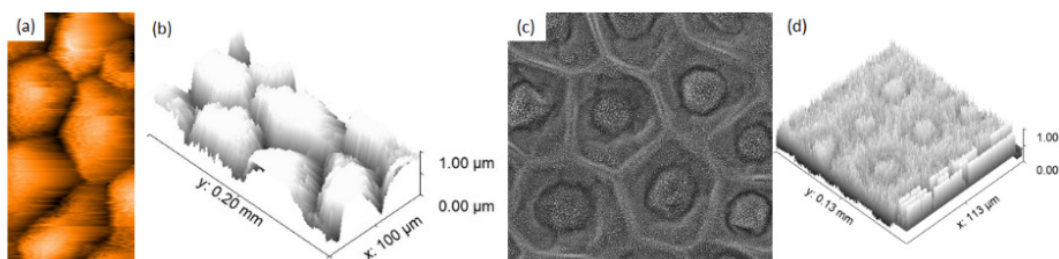


Figure 3: AFM and SEM images of *C. esculenta* used as input for TopoSlicer®. (a) AFM image (b) 3D projection created from AFM image (a). (c) SEM image (d) 3D projection created from SEM image (c).

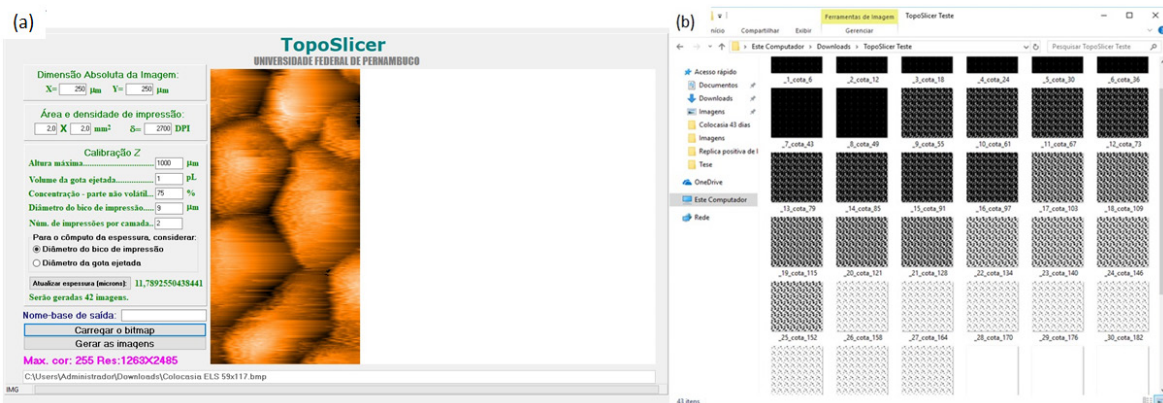


Figure 4: TopoSlicer®. (a) Software interface; (b) Quotas generated from the AFM image.

The static contact angle of the bioinspired printed replica is 83° , while the smooth surface of the PVB shows a static contact angle of 75.7° . The increase of 8° in the surface of the printed PVB indicates that the reproduction of the roughness on the surface of the polymer contributed to increase the water repellency. This increase can be confirmed by the AFM images (Figure 5) where the printed replica (Figure 5a) shows a roughness when it is compared with the smooth printed surface (Figure 5b).

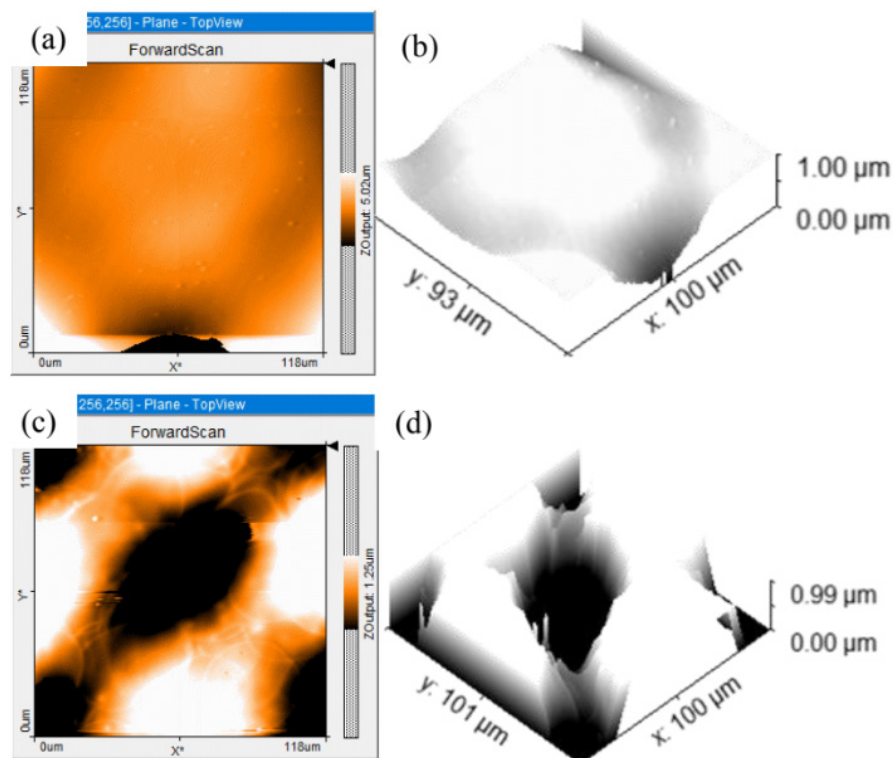


Figure 5. (a) AFM micrograph of printed smooth surface; (b) 3D projection of AFM from smooth surface; (c) AFM micrograph of printed replica of *C. esculenta* L. Schott; (d) 3D projection of AFM from printed replica

The small increase at the static contact angle proves that a hardware limitation is the main reason that prevents the reproduction of those structures. According to the results presented here, a printer capable of ejecting drops with volume around 10^{-15} L, would be necessary to reproduce structures preserving its hydrophobic properties. A new family of single nozzle inkjet printers - Superinkjet printer (SIJ), based on superfine inkjet technology (SIJTechnology, Inc.), allows to produce subfemtoliter droplets, and will be the best choice to the best use the Toposlicer[®] software.

4 | CONCLUSIONS

The TopoSlicer[®] presented a good performance to convert AFM images, being considered a useful tool to reproduce biomimetic structures using a DOD inkjet printer by the Layer-by-Layer method. The increased contact angle due to the roughness confirm the proof-of-concept proposed here. Despite of the hardware limitation, which does not allow the faithful reproduction of the bioinspired structure, the software is ready to be used, mainly in new subfemtoliter-based inkjet systems.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by CAPES, CNPq, Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Ciência de Materiais, Namicro (CT-Hidro/FINEP), LARnano/SisNano (CNPq/MCTIC).

REFERENCES

DERBY, B. **Inkjet Printing of Functional and Structural Materials: Fluid Property Requirements, Feature Stability, and Resolution**, Annu. Rev. Mater. Res. 40 (2010) 395–414.

P. A. Santa-Cruz, Silvio B. MELO, R. S. de Queiroz, E. S. S. Negreiros, **TopoSlicer Software**, INPI: BR512018001308-2 TopoSlicer (2018), Software Registered at INPI in 30/07/2018.

SIJTechnology. **Features of super-fine inkjet Technology**. Available on:< <http://www.sijtechnology.com/en/templates>> access on : 17th January 2018.

SOUSA, F. L. N.; MOJICA-SÁNCHEZ, L. C.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; VAZ, E. C. R.; SANTA-CRUZ, P. A. **Printable UV personal dosimeter: sensitivity as a function of DoD parameters and number of layers of a functional photonic ink**, Mater. Res. Express 3 (2016) 1-11.

SOUSA, F. L. N. **Filmes super-hidrofóbicos biomimetizados a partir de estruturas hierárquicas de superfícies de folhas de espécies vegetais da Caatinga**, Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais, UFPE), Recife, p. 50 (2017).

WANG, S.; JIANG, L. **Definition of superhydrophobic states**, Adv. Mater., 19 (2007) 3423-24.

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

