



# 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

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| SYNTHESIS OF TRANSITION METAL NITRIDE AT LOW TEMPERATURE FROM COMPLEXED PRECURSOR  |           |
| Rayane Ricardo da Silva<br>Carlson Pereira de Souza<br>André Luís Lopes Moriyama   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3091916041</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>8</b>  |
| TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL  |           |
| José Eduardo Taddei Cardoso<br>Paulo Cesar Lodi<br>Ana Maria Taddei Cardoso de Barros  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3091916042</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>17</b> |
| TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE POMAR DE CUPUAÇUZEIRO COM HISTÓRICO DE ALTA INFESTAÇÃO DA DOENÇA VASSOURA-DE-BRUXA  |           |
| Hyanameyka Evangelista de Lima Primo<br>Teresinha Silveira Costa Albuquerque<br>Alcides Galvão dos Santos<br>Rosiere Fonteles de Araújo<br>Ezequiel Souza Queiroz<br>Raimundo Silva Araújo |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3091916043</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>26</b> |
| 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<br>Thaís Lobato Sarmento<br>André Luiz Belém  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3091916044</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>38</b> |
| 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<br>Elibe Silva Souza Negreiros<br>Sílvio Barros de Melo<br>Severino Alves Júnior<br>Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.3091916045</b>   |           |

**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 (H<sub>2</sub>S)**

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 Aguiar  
Vitor Santos Ramos

**DOI 10.22533/at.ed.30919160419**

**CAPÍTULO 20 ..... 184**

BATERIAS LI-O<sub>2</sub> 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**

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

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 31 .....</b>  | <b>296</b> |
| <b>APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS</b> |            |

Cleber Alexandre de Amorim  
Kate Cristina Blanco

**DOI 10.22533/at.ed.3091916042131**

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b> | <b>311</b> |
|------------------------------------|------------|

## TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL

**José Eduardo Taddei Cardoso**

UNESP, Faculdade Engenharia de Bauru  
Bauru – SP

**Paulo Cesar Lodi**

UNESP, Faculdade Engenharia de Bauru  
Bauru – SP

**Ana Maria Taddei Cardoso de Barros**

UNESP, Faculdade Engenharia de Bauru  
Bauru – SP

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma avaliação de técnicas de remediação em processos de contaminação da água e do solo por hidrocarbonetos empregadas em posto de combustível na cidade de Itaporanga/SP, baseando-se em estudos investigativos prévios realizados pela CETESB, em análises do solo e da água, monitoramento, investigações e remediações realizados por empresas contratadas pela CETESB. As técnicas associadas foram de Bombeamento e Tratamento (*Pump And Treat*) (PT) em conjunto com o processo *Air Sparging*, e de forma concomitante, foram aplicados os processos de Oxidação Avançada (POA) e de Biorremediação. A aplicação das técnicas de remediação recuperou 2200 litros de óleo diesel, num período de 1199 dias com eficiência de 100%. Possíveis vazamentos de óleo diesel durante o processo podem ter comprometido a

eficiência da remoção de benzeno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrocarbonetos. Remediação. Postos de Gasolina.

**ABSTRACT:** This work presents an evaluation of remediation techniques in water and soil contamination processes by hydrocarbons applied at a fuel station in the city of Itaporanga / SP regarding to previous research studies carried out by CETESB in soil and water analyzes, monitoring, investigations and remediation carried out by companies hired by CETESB. The associated techniques were Pump and Treat (PT) in conjunction with the Air Sparging process, and the processes of Advanced Oxidation (AOP) and Bioremediation were applied concurrently. The application of the remediation techniques recovered 2200 liters of diesel oil, in a period of 1199 days with 100% efficiency. Possible leaks of diesel oil during the process may have compromised the efficiency of benzene removal.

**KEYWORDS:** Hydrocarbons. Remediation. Fuel station.

### 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e das atividades industriais nas últimas décadas trouxeram consigo impactos ambientais

diversos, sendo a contaminação das águas superficiais e subterrâneas o de mais destaque.

A alteração da qualidade das águas interfere diretamente na disponibilidade das mesmas para fins nobres, como abastecimento doméstico, irrigação, entre outros. Segundo Sperling (2005), a qualidade da água está diretamente relacionada as condições naturais de seu entorno e ao uso e ocupação do solo do meio que se encontram. Nesse sentido, as atividades de refinarias de petróleo e seus derivados representam uma grande fonte de contaminação, tanto da água como do solo.

O principal problema de contaminação por gasolina, por exemplo, está relacionado com hidrocarbonetos aromáticos, como benzeno, tolueno e xileno que representam cerca de 10 a 59% da composição da gasolina. Estes compostos são tóxicos e possuem maior mobilidade em água e sua solubilidade é de 3 a 5 vezes maior que de outros compostos.

No tocante às águas subterrâneas, os cuidados para evitar este tipo de contaminação devem ser maiores, devido a problemática nos processos de identificação e remediação. As principais causas de vazamentos são por falha humana durante a descarga de combustível e defeito na estrutura do tanque.

Uma ferramenta muito utilizada no intuito de identificar problemas de contaminação por combustíveis é a realização de monitoramentos e investigações nos locais desejados. Uma vez constatado o problema, é necessário que se tomem as medidas legais e ambientais no sentido de atenuar os riscos, aplicando-se técnicas de remediação na área ou local afetado. Existem diversos processos de remediação utilizados para eliminar contaminantes específicos no solo e águas subterrâneas. Nesse sentido este artigo apresenta avaliações da eficiência de processos de remediação associados utilizados em posto de combustível em município do interior paulista.

## **1.1 Hidrocarbonetos Aromáticos**

Os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP), também conhecidos como HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) são compostos químicos que constituem vários tipos de combustíveis e são responsáveis por boa parte da poluição atmosférica que afeta o meio ambiente. Existem várias formas de HAP que diferem em sua estrutura química específica, mas todos contêm seis anéis de carbono, chamados de anéis aromáticos. Os anéis aromáticos são prejudiciais porque são difíceis de neutralizar e destruir levando-se a um acúmulo de HPAs tóxicos no ambiente e nos tecidos do corpo humano. A incorporação dos hidrocarbonetos pelos animais e as plantas representa um impacto na cadeia alimentar pois se concentram nos organismos e são transferidos para outros níveis tróficos sem alteração de sua estrutura.

Os hidrocarbonetos presentes no petróleo correspondem a uma complexa mistura de componentes, com quatro frações principais: hidrocarbonetos saturados, aromáticos, resinas e asfaltenos. A fração aromática é diferenciada em hidrocarbonetos

monoaromáticos, como benzeno, tolueno e xileno (BTEX) e hidrocarbonetos poliaromáticos.

## 1.2 Técnicas De Remediação De Btex

A aplicabilidade de um método de remediação depende de vários fatores, tais como, o tipo de contaminante, da área contaminada e dos recursos técnicos disponíveis, podendo-se optar pela técnica de remediação *in situ*, ou seja, quando aplica-se o tratamento no local da contaminação ou *ex situ*, quando remove-se o material contaminado para ser tratado em outro local, porém a técnica *ex situ* geralmente apresenta maior custo em relação ao *in situ* (SILVA, 2007).

Esse processo consiste de aplicação de vácuo em poços de extração locados na região de ocorrência da pluma de contaminação para indução de um fluxo multi-fásico em subsuperfície. A extração da parte líquida causa rebaixamento do nível de água local e conseqüentemente aumenta a camada não saturada. O vácuo aplicado induz a migração de vapores através dos poços de extração que, por sua vez, através da disponibilização de oxigênio na zona não saturada acelera a degradação biológica da fase residual dos compostos presentes no solo (SILVA, 2009).

Outra técnica de remediação utilizada é a *Air Stripping* (AS) que consiste em uma tecnologia de remoção do contaminante orgânico por aeração onde a água bombeada contaminada mistura-se a uma corrente de ar descontaminado; o ar faz com que os compostos químicos dissolvidos na água passem para o estado de vapor; esse gás é então coletado e posteriormente tratado (TIBURTIUS *et al.*, 2004). O processo *Air Stripping* é o processo mais utilizado na remediação de águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos e usualmente está associado ao processo de “*Pump and Treat*” (PT).

De acordo com Abdanur (2005), o tempo da remediação pode variar de acordo com os fatores de complexidade, apresentando uma duração média de 10 anos em situações de tratamento de grandes volumes de contaminantes do solo e da água subterrânea.

## 2 | OBJETIVO

Avaliar a eficiência da associação de técnicas de remediação aplicadas para conter a contaminação em água subterrânea em postos de combustíveis da cidade de Itaporanga-SP.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Área de Estudo

O posto localiza-se na região sudoeste do Estado de São Paulo, no município de Itaporanga, cerca de 350 km de São Paulo.

As características geológicas e hidrogeológicas do município estão inseridas no domínio da Província da Depressão Periférica Paulista, as quais se caracterizam pela predominância de rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Os solos da região são compostos, principalmente, por Argissolos Vermelho Amarelos, Latossolos Vermelhos e Vermelho Amarelos.

### 3.2 Histórico da Área

Em fevereiro de 2009, foi realizado um processo investigatório de passivo ambiental através da análise de amostras de solo e água. Diversos pontos foram analisados e mapeados ao longo do estudo. Nesta data inicial, não foram detectadas concentrações de BTEX e PAH acima dos valores de intervenção da (CETESB, 2005). Porém, em março de 2010, em virtude de um vazamento em um tanque de combustível, após a realização de um estudo investigatório detalhado, foram identificadas concentrações de hidrocarbonetos acima dos valores de intervenção da (CETESB, 2005), conforme a Tabela 1.

| Local                        | Fase            | Parâmetro                                      |
|------------------------------|-----------------|--|
| PT11 e PT16                  | Fase dissolvida | Benzeno, Xilenos Totais, Naftaleno, Fenantreno |
| PT16                         | Fase Retida     | Benzeno  |
| PT11, PT10, PT11, PT12, PT16 | Fase Livre      | -----  |

Tabela 1 - Resumo das fases detectadas na Investigação Detalhada.

Fonte: VERHNJAK, 2015.

Com o objetivo inicial de remoção da fase livre, em março de 2010, após a delimitação das plumas de contaminação (PT13, PT14, PT15, PT17, PT19 e PT20), iniciou-se o processo de remediação através da aplicação do sistema *Pump and Treat* (PT), ao mesmo tempo, ocorreu o tratamento da potencial fase dissolvida remanescente.

Em junho de 2010, foram detectadas a presença de fase livre nos poços (PT1: 2,358 m, PT4: 0,499 m, PT10: 0,016 m, PT11: 0,350 m, PT12: 3,520 m, PT16: 0,018 m).

Após monitoramento dos poços, em 06/10/10, apenas nos poços (PT4: 0,010 m e PT16: 0,012 m) apresentaram a presença de hidrocarbonetos na fase livre.

Em 09/06/2011, foi aplicado peróxido de hidrogênio nos poços de monitoramento

(PT3, PT10, PT11, PT13, PT14, PT15 e PT16).

No dia 08/11/2011, ocorreu o início da aplicação da solução nutritiva de bioestimulante nos poços de monitoramento PT10 e PT16, na quantidade de 1 Kg cada e no poço PT11 a quantidade de 0,5 Kg.

Com a leitura dos relatórios de investigação, análise de risco, e levantamento bibliográfico realizado em estudos anteriores, foram selecionados dois sistemas de remediação aplicados no posto de revenda de combustíveis.

O sistema de remediação empregado foi o Bombeamento e Tratamento (*Pump And Treat*) (PT) em conjunto com o processo *Air Sparging*, e de forma concomitante, foram aplicados os processos de Oxidação Avançada (POA) e de Biorremediação.

Para a discussão dos resultados foram utilizados os valores de coletas de água subterrânea nos poços de monitoramento para as análises dos parâmetros BTEX, PAH e Etanol durante o processo de remediação.

Os resultados obtidos na remediação, através de amostras retiradas dos poços de monitoramento para a descontaminação da água subterrânea e do solo, foram discutidos a partir da análise da eficiência das técnicas de remediação empregadas, foram compilados os dados obtidos em monitoramento e aplicada a equação 1 de acordo com SHARMA *et al.* (2004):

$$E (\%) = 1 - (C_f / C_0) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

- E: é a eficiência da remediação;
- $C_f$ : concentração final do contaminante;
- $C_0$ : concentração inicial de contaminante.

## 4 | RESULTADOS

A partir da investigação Detalhada realizada em abril de 2010 foram identificadas as seguintes fases:

a) Fase livre:

Nos poços PT1, PT10, PT11, PT12 e PT16 foram identificadas a fase livre; e os valores encontram-se na Tabela 2.

| Data                   | Quantidade de fase livre (cm) |      |      |       |      |
|------------------------|-------------------------------|------|------|-------|------|
|                        | PT1                           | PT10 | PT11 | PT12  | PT16 |
| Investigação Detalhada | 41,5                          | 2,2  | 93,5 | 248,6 | 3,4  |

Tabela 2 - Quantidade de fase livre identificada nos poços de monitoramento.

Fonte: CBC Ambiental, 2013

Após a aplicação das técnicas, foram computados os resultados das análises dos poços de monitoramento e a quantidade de contaminante na fase livre no período de remediação, conforme ilustrado na Figura 1.

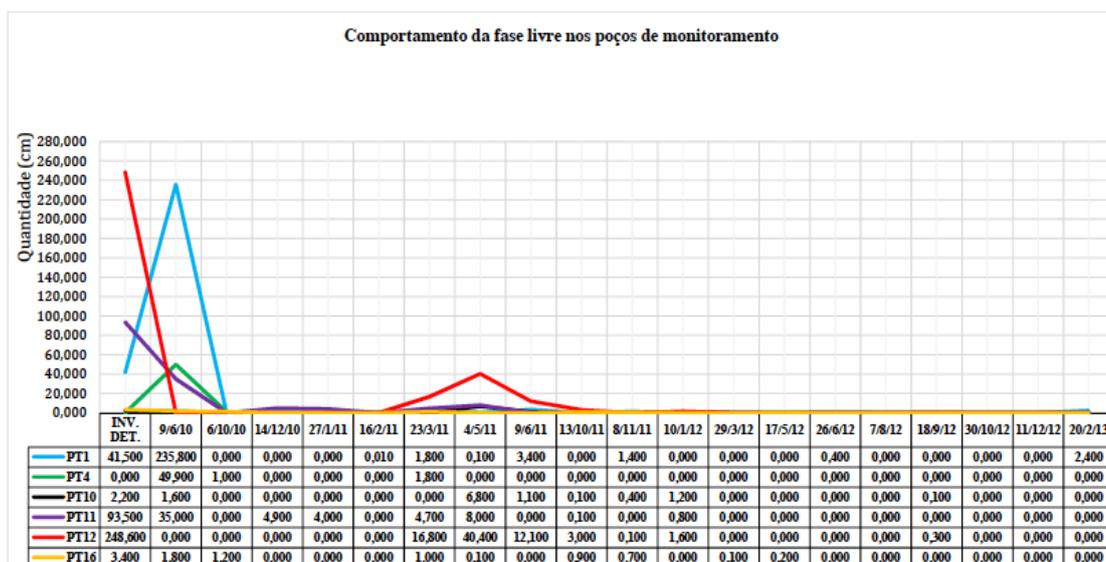


Figura 1: Comportamento da fase livre nos poços analisados.

Fonte: VERHNJAK,2015.

No dia 06/10/10, os poços de monitoramento PT1, PT4, PT10, PT11, PT12 e PT16 tiveram suas concentrações reduzidas na fase livre, sendo que nos poços PT1, PT11, PT12 e PT 16, ocorreu uma remoção total.

O ligeiro aumento notado no PT1, em 20/02/2016, deve-se ao deslocamento das plumas contaminadas provocado pelo bombeamento em poços vizinhos.

O comportamento das plumas no PT10 foi distinto uma vez que no período de outubro de 2010 a março de 2011 mantiveram-se ausentes nas análises, reaparecendo posteriormente devido a possíveis vazamento em bomba de combustível.

b) Fase dissolvida:

As análises de BTEX e PAH foram realizadas nos poços PT11, PT13, PT14, PT16, PT17, PT18, PT19 e PT20. Os resultados estão expostos na Tabela 3.

|             | Parâmetros     | LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )<br>PT11 | Amostras       |                 | V.I<br>CETESB<br>Água |
|-------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|
|             |                |                                     | PT16           |                 |                       |
| <b>BTEX</b> | Benzeno        | 0,703                               | <b>101,932</b> | <b>133,287</b>  | 5,00                  |
|             | Tolueno        | 1,00                                | < L.Q          | < L.Q           | 700,00                |
|             | Etilbenzeno    | 1,00                                | < L.Q          | < L.Q           | 300,00                |
|             | Xilenos Totais | 2,750                               | <b>751,240</b> | <b>1338,734</b> | 500,00                |
|             | BTEX total     |                                     | <b>853,172</b> | <b>1472,021</b> |                       |

|     |                        |       |                 |                 |        |
|-----|------------------------|-------|-----------------|-----------------|--------|
| PAH | Naftaleno              | 0,155 | <b>3763,969</b> | <b>2301,330</b> | 140,00 |
|     | Fenantreno             | 0,238 | <b>1277,552</b> | <b>654,420</b>  | 140,00 |
|     | Benzo (a) Pireno       | < L.Q | < L.Q           | < L.Q           | 0,70   |
|     | Indeno (1,2,3) Pireno  | < L.Q | < L.Q           | < L.Q           | 0,17   |
|     | Dibenzo(a,h) Antraceno | < L.Q | < L.Q           | < L.Q           | 0,18   |
|     | PAH's Total            |       | <b>5041,521</b> | <b>2955,750</b> |        |

Tabela 3 - Análise dos Parâmetros BTEX e PAH – Água (04/2010).

L.Q - Limite de Quantificação Laboratorial

V.I - Valores de Intervenção de CETESB (2005) para águas subterrâneas

Fonte: VERHNJAK, 2015.

De acordo com a Tabela 3, verifica-se que ocorreram altas concentrações de Benzeno e Xileno nos poços PT11 e PT16, com valores acima dos limites determinados pela CETESB. Quanto ao PAH em água, as concentrações de Naftaleno e Fenantreno encontradas foram superiores aos valores de intervenção. A eficiência dos processos de remediação nas análises de BTEX e PAH das amostras retiradas no dia 05/06/2013 estão descritos na Tabela 4.

| Parâmetros (05/06/2013) |                | PT11 (%)    | PT16 (%)     |
|-------------------------|----------------|-------------|--------------|
| BTEX                    | Benzeno        | <b>5,52</b> | 96,77        |
|                         | Tolueno        | 99,76       | 99,07        |
|                         | Xilenos Totais | 99,11       | 99,05        |
|                         | Etilbenzeno    | 96,00       | <b>66,15</b> |
| PAH                     | Naftaleno      | 99,60       | 99,31        |
|                         | Fenantreno     | 99,01       | 98,25        |

Tabela 4 - Resumo da Eficiência (E).

Fonte: VERHNJAK, 2015.

Pode se observar que os processos de remediação apresentaram eficiência superior a 95%, com exceção do Benzeno no PT-11 (5,52%) e do Etilbenzeno no PT-16 (66,15%). Esta variação se deu muito provavelmente pela ocorrência de novos vazamentos de óleo diesel. Portanto, a associação das técnicas de remediação apresentou ótima eficiência. A Figura 2 e Tabela 5 seguintes apresentam os resultados obtidos para o produto recuperado.

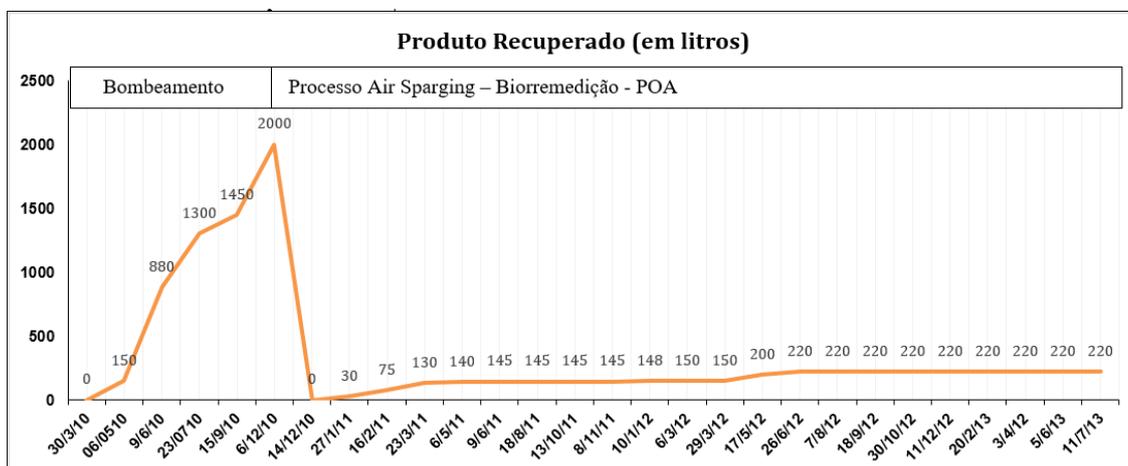


Figura 2: Produto recuperado.

Fonte: VERHNJAK, 2015.

De acordo com o dados obtidos em relação a técnica de remediação aplicada, pode se observar na Tabela 5, que no período de 30/03/2010 a 14/12/2010 recuperaram-se 2000 litros, representando uma remoção de 90,90% do óleo diesel em 259 dias durante a operação do sistema PT. Já no período de 11/07/2013 foram recuperados 220 litros, em 940 dias de operação do sistema de biorremediação e POA. Na somatória dos processos 2.220 litros de diesel foram restaurados.

| Período                 | Dias        | Remoção     | %           |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 30/03/2010 a 14/12/2010 | 259         | 2000        | 90,90       |
| 14/12/2010 a 11/07/2013 | 940         | 220         | 9,09        |
| <b>Total</b>            | <b>1199</b> | <b>2220</b> | <b>100%</b> |

Tabela 5 - Recuperação de óleo diesel.

Fonte: VERHNJAK, 2015.

## 5 | CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Houve a remoção de 100% da quantidade de fase livre detectada inicialmente, assegurando a eficiência da associação de técnicas de remediação no tratamento de BTEX;
- ossíveis vazamentos de óleo diesel durante o processo podem ter comprometido a eficiência da remoção de benzeno;
- A aplicação das técnicas de remediação recuperaram 2200 litros de óleo diesel, num período de 1199 dias com eficiência de 100% e,
- A utilização de técnicas de remediação associadas demonstrou-se uma boa alternativa para mitigar o impacto ambiental relativo a estes casos avaliados.

## REFERÊNCIAS

- ABDANUR, A. **Remediação de Solo e Águas Subterrânea Contaminadas por Hidrocarbonetos**. Dissertação (Mestrado). 2005. Duque de Caxias. 2005.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Anuário Estatístico de Petróleo e do Gás Natural 2005b**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em: dez. 2016.
- CBC AMBIENTAL. **Relatório de Monitoramento da Eficiência e Eficácia nº 07**. Itaporanga -SP. 50 p. 2013.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2005. **Gerenciamento de riscos: planos de contingência para vazamentos de óleo no mar**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/>. Acesso em: mai. 2016.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução no 274/00**, 2000. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html). Acesso em set 2016.
- SHARMA, H.D.; REDDY, K. R. **Geoenvironmental Engineering**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004, 968 p.
- SILVA, P.T. S. **Estudos dos processos oxidativos avançados para tratamento dos solos contaminados por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**. 2007. 199f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2007.
- SOUZA, R. B. G. (2015). **Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos do solo e da água da região de Avaré**, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2015 (em andamento).
- VERHNJAK, M. S. S. **Avaliação da eficiência da técnica de remediação de solo contaminado por hidrocarbonetos**, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2015.
- VON SPELING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. #. Ed. Bolo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
- TIBURTIUS E.R. L., ZAMORA P. P.; LEAL E. S. **Contaminação de Águas por BTXS e Processos Utilizados na Remediação de Sítios**. 2004. nº 3. Vol.27. - pp. 441-446. Química Nova. 2004.

## **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](mailto: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](mailto: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](mailto:dennyura@bol.com.br) LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

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

