

# **MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 2**

**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**  
**2**

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 2 [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. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-328-6

DOI 10.22533/at.ed.286191604

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>
USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS	
Eulália Cristina Costa de Carvalho	
Ana Tereza de Sousa Nunes	
Jéssica Brito Rodrigues	
Adenilde Nascimento Mouchrek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
REÚSO DA ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO NO IFPI, CAMPUS TERESINA CENTRAL	
Jéssica Aline Cardoso Gomes	
Josélia da Silva Sales	
Tássio Henrique Fernandes Medeiros	
Ronaldo Cunha Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
REAPROVEITAMENTO DO REJEITO DO TRATAMENTO DE ÁGUA NO SETOR DE HEMODIÁLISE	
Claudinéia Brito dos Santos Scavazini	
Lucimar Maciel Milheviez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NA SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL: TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS	
Felipe Werle Vogel	
Breno Hädrich Pavão Xavier	
Thais Ibeiro Furtado	
Paloma da Silva Costa	
Geraldo Gabriel Araújo Silva	
Michele da Rosa Andrade Zimmermann de Souza	
Elisângela Martha Radmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>38</b>
AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA POR PROCESSO DIFUSIVO EM GEOMEMBRANAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)	
Marianna de Miranda	
Paulo César Lodi	
Sandra Regina Rissato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
APROVEITAMENTO DAS FONTES HIDRICAS ALTERNATIVAS DO IFPB CAMPUS CAJAZEIRAS (PB) – ENFOQUE NA SUSTENTABILIDADE	
Jéssica Silva Eliamara Soares Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>56</b>
ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DO LODO ADOTADO PELA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE MARINGÁ – PR	
Luiz Roberto Taboni Junior Cláudia Telles Benatti Célia Regina Granhen Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>66</b>
BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO: ESTUDO DE CASO RIBEIRÃO ISIDORO	
Geisiane Aparecida de Lima Camila Marques Generoso Cosme Martins dos Santos Luciana Aparecida Silva Rayssa Garcia de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>81</b>
CONSUMO DE ÁGUA SOB A ÓTICA DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE ABATE DE SUÍNOS DO ESTADO DA BAHIA	
Anderson Carneiro de Souza Silvio Roberto Magalhães Orrico	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2861916049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>91</b>
CONDIÇÃO NUTRICIONAL EM SOLO E FOLHAS DE ARROZ EM TRANSIÇÃO AO SISTEMA ORGÂNICO	
Luana Bairros Lançanova Luciane Ayres-Peres Thiago Della Nina Idalgo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>103</b>
DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS GERADOS EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUA E EFLUENTE	
Bruna Maria Gerônimo Sandro Rogério Lautenschlager Cláudia Telles Benatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160411</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>115</b>
DIAGNÓSTICO DOS CÓREGOS DE INFLUÊNCIA DIRETA DA LAGOA DA PAMPULHA COM BASE NOS REQUISITOS DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO SIG	
Geisiane Aparecida de Lima Natália Gonçalves Assis Elizabeth Rodrigues Brito Ibrahim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>128</b>
CONSIDERAÇÕES ETNOECOLÓGICAS SOBRE O “PLANTIO DE ÁGUA” EM ALEGRE, NO SUL DO ESPÍRITO SANTO	
Gustavo Rovetta Pereira Ana Cláudia Hebling Meira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>134</b>
DIAGNÓSTICO DE MICROSSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM – PARÁ	
Caio Augusto Nogueira Rodrigues José Cláudio Ferreira dos Reis Junior Bianca Krithine Santos Nascimento Tiago Reis Scalabrin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>142</b>
IMPACTO DA PRESENÇA DE MATADOUROS NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MANANCIAL DO RIO GRANDE NA ZONA RURAL DE SÃO LUÍS/MA	
Ágata Cristine Sousa Macedo Josélia Castro da Silva Debora Danna Soares da Silva Eduardo Mendonça Pinheiro Amanda Mara Teles Adenilde Nascimento Mouchrek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>149</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE MATERIAL GEOTÊXTIL APLICADO NA SORÇÃO DE ÓLEOS EM MEIO AQUÁTICO	
Luciano Peske Ceron Marcelo Zaro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160416</b>	



**CAPÍTULO 17 ..... 158**

A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCS)  
PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BASE  
ECOLÓGICA

Cristine da Fonseca  
Patrícia Braga Lovatto  
Gustavo Schiedeck  
Letícia Hellwig  
Amanda Figueiredo Guedes

**DOI 10.22533/at.ed.28619160417**

**CAPÍTULO 18 ..... 164**

EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MILHO ORGÂNICO INOCULADO  
COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE SOB DIFERENTES PERÍODOS DE  
ARMAZENAMENTO

Bruna Thaina Bartzen  
Joice Knaul  
Gabriele Larissa Hoelscher  
Priscila Weber  
Juliana Yuriko Habitzreuter Fujimoto  
Leticia Delavalentina Zanachi  
Cláudio Yuji Tsutsumi

**DOI 10.22533/at.ed.28619160418**

**CAPÍTULO 19 ..... 169**

INCIDENTES E ACIDENTES EM BARRAGENS

Lucas Vasconcellos Teani Machado  
Dolapo Gbadebo Azeez  
Gleide Alencar Do Nascimento Dias

**DOI 10.22533/at.ed.28619160419**

**CAPÍTULO 20 ..... 177**

IMPLANTAÇÃO DE HORTA SUSPENSA COM O USO DE PLANTAS REPELENTES  
A INSETOS EM RIO POMBA

Fabrcio Santos Ferreira  
Jaqueline Aparecida de Oliveira  
Renan Ribeiro Rocha  
Vânia Maria Xavier  
Leonardo da Fonseca Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.28619160420**

**CAPÍTULO 21 ..... 185**

IMPLEMENTAÇÃO DA SISTEMÁTICA AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE:  
DIRECIONADA A FERRAMENTARIAS

Luis Fernando Moreira  
Fabio Teodoro Tolfo Ribas

**DOI 10.22533/at.ed.28619160421**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>196</b>
IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL PEDAGÓGICO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vinícius Fernandes do Nascimento</li> <li>Fernando Caixeta Lisboa</li> <li>Fernanda Vital Ramos de Almeida</li> <li>Siro Paulo Moreira</li> <li>Fabício de Freitas de Oliveira</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>202</b>
IMPORTÂNCIA E FUNÇÃO DAS NASCENTES NAS PROPRIEDADES RURAIS: ANÁLISE CONCEITUAL DOS CINCO PASSOS PARA SUA PROTEÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>João Paulo Pereira Duarte</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>216</b>
POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA PARA O CULTIVO DE MILHO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Priscila Freitas Santos</li> <li>Isabella Albergaria Pedreira</li> <li>Anderson Carneiro de Souza</li> <li>Eduardo Henrique Borges Cohim Silva</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>225</b>
OS RECURSOS HÍDRICOS EM AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS DISTINTOS DO NORDESTE BRASILEIRO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>José Falcão Sobrinho</li> <li>Marcos Venícios Ribeiro Mendes</li> <li>Edson Vicente da Silva</li> <li>Cleire Lima da Costa Falcão</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>241</b>
PESQUISA PARTICIPATIVA COMO MÉTODO INOVATIVO: CULTIVO E BENEFICIAMENTO DE QUINOA NA AGRICULTURA FAMILIAR AGROECOLÓGICA NO ASSENTAMENTO CONTAGEM, DF	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lizzi Kelly Pereira Araújo</li> <li>Solange da Costa Nogueira</li> <li>Eder Stolben Moscon</li> <li>Carlos Roberto Spehar</li> <li>Nara Oliveira Silva Souza</li> <li>Joaquim Dias Nogueira</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160426</b>	

<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>248</b>
O PRESENTE DO PASSADO NA TRAJETÓRIA DE VIDA DA JUVENTUDE: O PAPEL DA AGROECOLOGIA E DA EDUCAÇÃO DO CAMPO NOS TERRITÓRIOS DA REFORMA AGRÁRIA	
Roberta Brangioni Fontes Yan Victor Leal da Silva Maria Izabel Vieira Botelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>262</b>
O PAPEL DO TÉCNICO AGRÍCOLA COMO UM EDUCADOR AMBIENTAL	
Claudenir Bunilha Caetano Silvana Maria Gritti Clarice Borba dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160428</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>275</b>
O PODER, OS SUJEITOS E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Ronaldo Desiderio Castange	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160429</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>285</b>
PRODUÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS_ OPÇÃO DE RENDA PARA CONTRIBUIR COM A SOBERANIA ALIMENTAR EM COMUNIDADES CAMPONESAS	
Kenia Conceição de Souza Matheus Anchieta Ramirez Agatha Bacelar Rabelo Ranier Chaves Figueiredo Daniela Chemim de Melo Hoyos Andressa Laysse da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.28619160430</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>290</b>

## AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA POR PROCESSO DIFUSIVO EM GEOMEMBRANAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

### **Marianna de Miranda**

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru (FE)  
Bauru (SP)

### **Paulo César Lodi**

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru (FE)  
Bauru (SP)

### **Sandra Regina Rissato**

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru (FE)  
Bauru (SP)

**RESUMO:** No processo de impermeabilização de bases de aterros sanitários, é comum o emprego de geomembranas poliméricas de polietileno de alta densidade (PEAD) para minimizar os impactos ambientais causados pela disposição final de resíduos sólidos, que pela sua decomposição geram o chorume, líquido com alto potencial poluidor. Ainda que as geomembranas sejam consideradas agentes impermeabilizantes, o processo de contaminação de solos e águas pode ocorrer em função de processos difusivos. Assim, esse trabalho avaliou, por meio de ensaios químicos, a contaminação de água por chorume que ocorre por difusão em geomembranas de PEAD de 1 mm de espessura, quando em contato com solo arenoso contaminado com chorume proveniente de aterro sanitário, utilizando-se um equipamento (permeâmetro) previamente desenvolvido. Na avaliação do

processo difusivo, buscou-se a determinação da concentração de íons cloretos e sulfatos. Para tanto, foi utilizado o método de Mohr e ensaios de espectrofotometria nas amostras de água destilada/deionizada (livres de qualquer substância). Os principais resultados mostram que houve migração de íons cloreto e sulfato pela geomembrana, no entanto, as respectivas concentrações encontradas estavam abaixo da taxa máxima permitida por lei (Resolução N°357 do Conama).

**PALAVRAS-CHAVE:** Geomembranas de PEAD. Contaminação de água. Difusão.

**ABSTRACT:** In the process of waterproofing of landfill bases, it is common to use high density polyethylene (HDPE) polymeric geomembranes to minimize the environmental impacts caused by the final disposal of solid residues, which, through their decomposition, generate the slurry, a high potential liquid manure polluter. Although the geomembranes are considered waterproofing agents, the process of contamination of soils and waters can occur due to diffusive processes. Thus, this work evaluated by chemical tests, the contamination of water by slurry that occurs by diffusion in HDPE geomembranes of 1 mm thickness, when in contact with sandy soil contaminated with slurry coming from a landfill, using a Equipment (permeameter) previously developed. In the

evaluation of the diffusive process, the concentration of chloride and sulphate ions was determined. For this, the Mohr method and spectrophotometry tests were used in the samples of distilled / deionized water (free of any substance). The main results show that occurs migration of chloride and sulphate ions by the geomembrane, however, the respective concentrations found were below the maximum rate allowed by law (Resolution No. 357 of Conama).

**KEYWORDS:** HDPE geomembranes. Water contamination. Diffusion.

## 1 | INTRODUÇÃO

A disposição inapropriada dos resíduos sólidos diretamente no solo é extremamente danosa ao meio ambiente, principalmente pelo alto potencial poluidor que possui o chorume que é o líquido proveniente da decomposição anaeróbia dos resíduos acrescido de águas pluviais (LANGE et al., 2009; REBELO, 2009). Neste sentido, tem-se aplicado nos aterros sanitários modernos, por exemplo, as geomembranas de PEAD, barreiras impermeabilizantes projetadas como alternativa para minimizar os riscos de contaminação do solo e das águas pelo chorume gerado. As geomembranas são constituídas de materiais poliméricos, formam mantas laminadas contínuas e flexíveis que possuem baixíssima permeabilidade, cuja função principal é a de barrar e desviar o fluxo de fluídos, gases ou vapores (LODI, 2003; BATHURST, 2007; GEROTO, 2008). Nos aterros sanitários, são aplicadas na impermeabilização da base e das laterais, nas entrecamadas de resíduos, e, após seu esgotamento, como liner de fechamento do aterro. Dada sua importância na preservação do meio ambiente, quando aplicadas corretamente como barreiras impermeabilizantes em lagoas de armazenamento de chorume e em aterros sanitários como método para disposição final de resíduos sólidos, o estudo das características de permeação e as avaliações do processo difusivo das geomembranas de PEAD em obras geotécnicas e ambientais é extremamente importante e necessário pelo simples fato de poder-se aprofundar o estudo e a compreensão do fenômeno e garantir que suas propriedades e aplicações a que se destinam estejam dentro dos parâmetros previamente projetados (LODI, 2003; VALENTIN, 2008; MARÇAL, 2012).

Ainda que as geomembranas sejam consideradas agentes impermeabilizantes, o processo de contaminação de solos e águas pode ocorrer em função de furos, rasgos e outras imperfeições que ocorrem nestas. Além disso, deve-se ter em mente que diversos contaminantes presentes no chorume podem migrar pela geomembrana por meio de processos de difusivos. Assim, pode ocorrer contaminação de solo bem como de água subterrânea por íons presentes no chorume que podem vir a afetar a qualidade das águas subterrâneas. Neste contexto, podem citar-se elementos como cloretos, sulfatos, nitritos, nitratos, etc.

Dessa forma, este trabalho avaliou em laboratório, por meio de equipamento previamente projetado (que simula a função de barreira simples em aterro sanitário),

a contaminação de água que ocorre por processo difusivo em geomembranas de polietileno de alta densidade quando em contato com solo arenoso contaminado com chorume. Como métodos de verificação, foram utilizados processos químicos analíticos na determinação da concentração de compostos que eventualmente difundiram pela geomembrana.

## 2 | OBJETIVO

Avaliar por meio de ensaios químicos a contaminação de água por chorume que ocorre por difusão em geomembranas impermeabilizantes.

## 3 | METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, foi necessário simular a condição de liner em um aterro sanitário. Para tanto, foi utilizada uma geomembrana de PEAD de 1,0 mm de espessura fornecida por empresa nacional. Vale ressaltar que comumente em aterros sanitários modernos são aplicadas geomembranas de 1,5/2,0 mm de espessura, porém, nesta pesquisa buscou-se avaliar simplificada o processo difusivo das geomembranas de PEAD, utilizando um equipamento que simula, em escala reduzida em laboratório, um aterro sanitário simples, e dessa forma, a espessura de 1,0 mm foi considerada suficiente para as análises.

Para tanto, foi utilizado solo arenoso retirado do campus da UNESP de Bauru. O chorume utilizado para a pesquisa foi retirado do aterro sanitário da cidade de Bauru – SP, na zona rural em uma latitude 22°15' Sul e a uma longitude 49°08' Oeste. A análise foi realizada no Laboratório de Hidráulica Geral e Saneamento da UNESP de Bauru.

Os métodos de permeação/difusão consistem, basicamente, no controle da migração de um fluido permeante de um lado (fonte) da geomembrana ao outro lado (receptor). Um exemplo da aplicação deste método é o ensaio de difusão de dois compartimentos, em qual a fonte é preenchida com um fluido permeante (ou solução examinada) enquanto que o receptor é preenchido com um fluido de composição conhecida (fluido de referência). Apenas uma face da amostra de geomembrana entra em contato com o fluido permeante e a concentração do permeante no fluido de referência deve ser legível durante o teste. A migração do fluido permeante através da geomembrana deve ser monitorada ao longo do tempo. Este método é adequado para soluções aquosas ou de chorumes pois simulam mais precisamente o processo de transporte que é esperado num aterro sanitário (SANGAM & ROWE, 2001). Seguindo esta teoria, para a realização do ensaio de difusão foram utilizados recipientes de alumínio previamente confeccionados, chamados permeômetros, na forma de tronco cilíndrico, com diâmetro interno de aproximadamente 95 mm, diâmetro externo de aproximadamente 160 mm e altura de 105 mm, alargados e furados nas bordas

(para encaixe das geomembranas e posterior fixação dos parafusos). Em um dos compartimentos foi produzido orifício na extremidade para posterior recolhimento das amostras de água (fluido de referência), contaminadas ou não. Foram preparadas duas cápsulas para o solo contaminado contendo solo arenoso e choro (fonte). A Figura 1 a seguir ilustra o equipamento.

Com a utilização de uma balança de precisão, em um dos compartimentos do permeâmetro, foi introduzida uma quantidade de 400g de solo. Posteriormente, no mesmo compartimento, foi introduzida uma quantidade de 400 ml de choro aproximadamente para preencher totalmente as dimensões do equipamento e que fornecesse uma quantidade ideal de material para os ensaios. Após esse processo, a geomembrana de PEAD previamente cortada e furada foi colocada na interface do permeâmetro. Por fim, a outra extremidade do recipiente (com furo para retirada das amostras) foi colocada por cima do conjunto e fixada pelos parafusos. No outro compartimento, destinado ao recolhimento das amostras, foram adicionados 200 ml de água destilada/deionizada, como mostra a Figura 2.

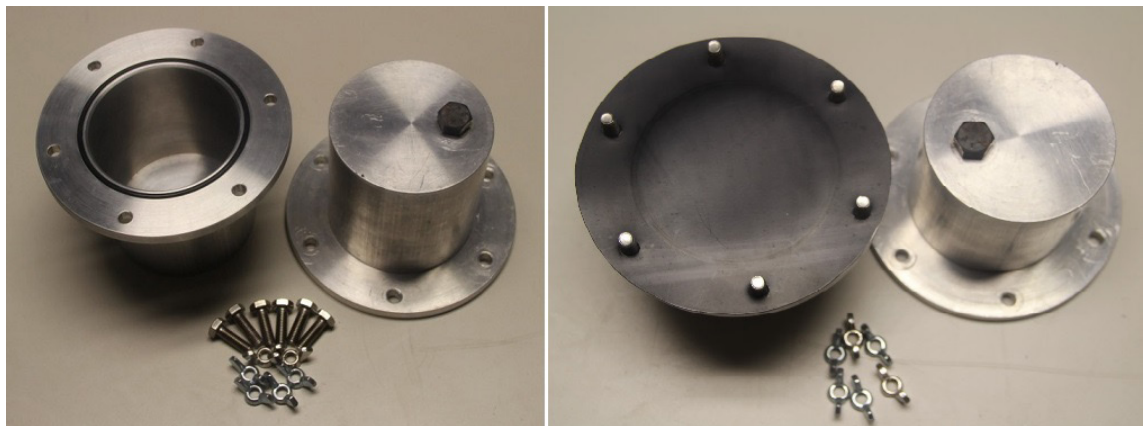


Figura 1. Detalhe do permeâmetro: (a) permeâmetro (b) permeâmetro com a geomembrana.

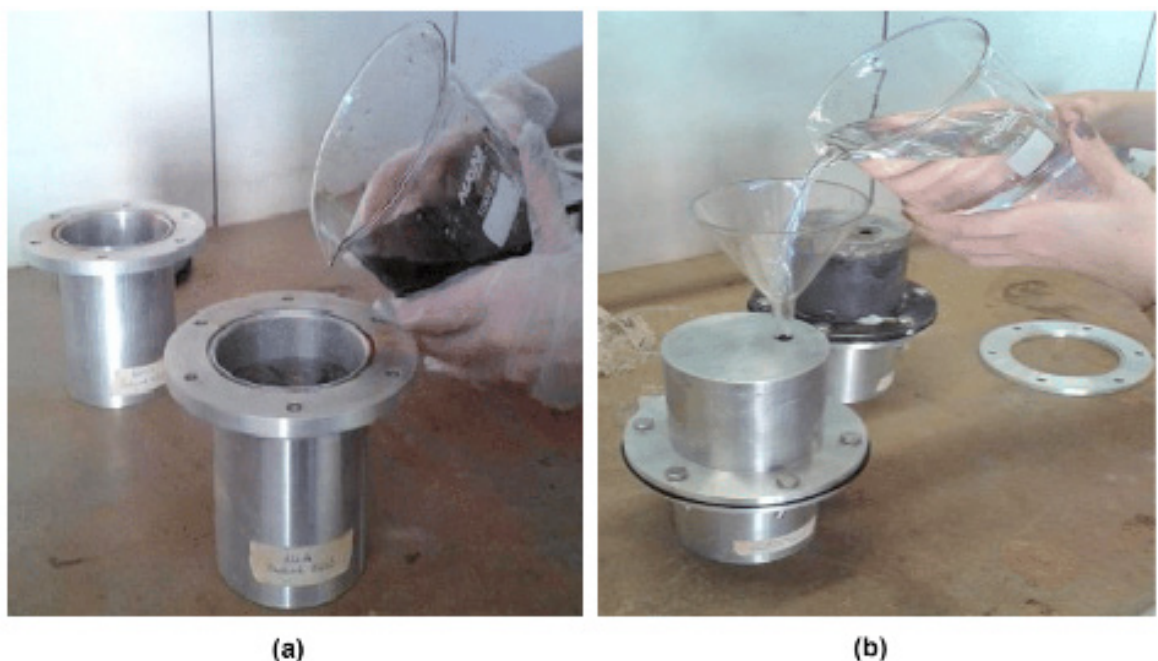


Figura 2. Montagem do ensaio: (a) introdução do chorume junto ao solo (b) colocação de água destilada/deionizada no compartimento vazio.

Os permeâmetros foram mantidos estáticos na posição horizontal a fim de possibilitar a comunicação da geomembrana com solo e contaminante de um lado do permeâmetro e da geomembrana com a água destilada do outro lado. O ensaio em andamento é ilustrado na Figura 3.

As amostras de água contaminada foram recolhidas mensalmente em frascos de aproximadamente 10ml e levadas ao Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química da Faculdade de Ciências de Bauru (FC-UNESP) para posterior verificação quantitativa das concentrações de substâncias contaminantes que eventualmente difundiram pela geomembrana de PEAD. Foram realizados ensaios analíticos-quantitativos das amostras buscando-se a concentração dos cloretos e sulfatos. Estes parâmetros foram monitorados durante nove meses. Para cada substância analisada empregaram-se métodos analíticos específicos.



Figura 3. Cápsulas montadas (ensaio em andamento).

Para a determinação da concentração dos cloretos contidos nas amostras de água retiradas mensalmente, foi utilizado o Método de Mohr (OHLWEILER, 1968ab e JEFFERY et al., 1992). A quantificação dos sulfatos nas amostras baseia-se na turbidez formada pela precipitação do enxofre pelo cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ ), na forma de sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ), método turbidimétrico desenvolvido por Tabatabai (1974) e a medida de turbidez foi realizada utilizando-se um espectrofotômetro. O espectrofotômetro compara quantitativamente a fração de luz que passa através de uma solução de referência e uma solução de teste. Antes de utilizar um espectrofotômetro sempre é feita uma calibração, que é fundamental para garantir que as medições obtidas no aparelho sejam precisas. Todas as análises supracitadas foram realizadas pelos profissionais do Laboratório de Química Analítica e Cromatografia do Departamento de Química da Faculdade de Ciências de Bauru (FC-UNESP).



## 4 | RESULTADOS

O solo utilizado foi classificado como areia fina argilosa. Os resultados referentes à caracterização do chorume estão apresentados na tabela 1. A caracterização inicial do chorume “bruto” é interessante uma vez que o que se pretende com este estudo é analisar a difusão deste composto e/ou de seus componentes através das geomembranas de PEAD intactas, sendo assim possível comparar quantitativamente este aspecto difusivo.

Parâmetros (unidade)	Valor
pH	7,5
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	11500,0
DQO (mg/l)	78250,0
Oxigênio Consumido	3,8
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	1335,6
Nitrato (mg/l)	1057,5
Nitrito (mg/l)	13,3
Zinco (mg/l)	208,1
Cloretos (mg/l)	5331,3
Cobre (mg/l)	215,6
Ferro (mg/l)	216,3
Manganês (mg/l)	425,0
Sulfato (mg/l)	4312,5
Fósforo total (mg/l)	460,0

Tabela 1 . Análise química do chorume coletado no aterro sanitário de Bauru (SP).

## 5 | DIFUSÃO DE CLORETOS

Os resultados da análise de concentração de cloretos nas amostras de água contaminada são apresentados na tabela 2 a seguir.

De acordo com a resolução N° 357 do Conama, para Classe I de águas doces, ou seja, próprias para consumo humano, o teor de cloreto máximo não deve ultrapassar 250 mg Cl/L. Dessa forma, analisando-se os resultados obtidos para concentração de cloretos nas amostras, as concentrações desta substância não ultrapassaram o limite previsto. Percebe-se nitidamente que há um aumento da concentração dos cloretos nas amostras com o passar do tempo. O teor máximo encontrado foi de 0,646 mg Cl/L, valor extremamente distante da concentração máxima permitida tendo-se em vista que a concentração inicial de cloretos presentes no chorume bruto era de 5331,3 mg Cl/L.

Amostra		Concentração de Cl <sup>-</sup> (mg/L)
Nº	Idade (dias)	Solo contaminado
1	30	0.215
2	60	0.210
3	90	0.232
4	120	0.248
5	150	0.497
6	180	0.646

Tabela 2. Resultados para o teor de Cloretos nas amostras.

Assim, percebe-se que o teor de cloreto difundido pela geomembrana de PEAD é mínimo. Este resultado é compatível com os resultados obtidos por Rowe et al. (1995) e Haxo (1990) que demonstraram que a difusão de íons cloreto através da geomembrana é praticamente desprezível.

## 6 | DIFUSÃO DE SULFATOS

Para a determinação da concentração de sulfatos nas amostras de água, primeiramente, foi confeccionada a curva de calibração da solução de referência, a partir das leituras dos valores de absorvância do espectrofotômetro e estes valores locados no eixo das ordenadas. No eixo das abscissas locaram-se as concentrações de enxofre. Gerada a equação da curva de calibração para sulfatos ( $Y = -0,243 + 0,03884X$ ), foi possível determinar a concentração desta substância nas amostras de água retiradas dos permeâmetros durante o ensaio (solução teste) e, substituindo-se os valores de absorvância lidos a 420 nm nos espectrofotômetros, como propõe a metodologia, foi determinado o teor final nas amostras, em ppm ou mg/L, como mostra a tabela 3.

Nota-se que o teor da concentração de sulfatos aumenta com o passar do tempo, como ocorreu para os cloretos. Excetuando-se a amostra 5, a tendência foi o aumento da concentração e aparente estagnação. Em geral, as concentrações não apresentam grande discrepância. Novamente, segundo a resolução Nº 357 do Conama, para Classe I de águas doces, a concentração máxima de sulfatos total permitida é de 250 mg/L de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Dentre os resultados obtidos, a amostra de água que demonstrou maior concentração de sulfatos foi a amostra 4, com valor de 9,062 mg/L de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Esse valor está muito abaixo do teor máximo permitido pela resolução vigente.

Amostra		Concentração de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	
Nº	Idade (dias)	Absorvância (420 nm)	Solo Contaminado
1	30	0.032	7.080

2	60	0.030	7.028
3	90	0.035	7.157
4	120	0.109	9.062
5	150	0.017	6.694
6	180	0.105	8.959

Tabela 3. Resultado para o teor de Sulfatos nas amostras.

Em comparação à concentração de sulfatos no chorume bruto coletado do aterro sanitário, as diferenças são ainda maiores. O teor de sulfato no chorume bruto é, comparativamente às maiores concentrações obtidas nos ensaios, em média, 494 vezes maior.

## 7 | CONCLUSÃO

Face aos resultados obtidos, as principais conclusões podem ser elencadas:

- O equipamento desenvolvido, bem como as técnicas de medição utilizadas, foram capazes de avaliar a contaminação de água por chorume que ocorre por difusão em geomembranas impermeabilizantes.
- Para as análises químicas nas amostras de água retiradas dos permeâmetros, encontraram-se diferentes concentrações de íons Cloreto e Sulfato;
- As concentrações das substâncias encontradas nas amostras não ultrapassaram os limites exigidos pelo CONAMA. Levando-se em conta somente este fato, ter-se-á como resultado a eficiência da geomembrana de PEAD de 1,0 mm na contenção dos processos difusivos de compostos inorgânicos;
- Os resultados demonstraram que as geomembranas de PEAD de 1,0 mm, se instaladas corretamente, sem furos ou vazamentos, apesar de permitirem a difusão de uma taxa muito pequena dos íons de Cloreto e Sulfato são capazes de conter o fluxo destes íons em quantidades consideradas contaminantes e poluentes ao solo e às águas, não afetando maleficamente o meio ambiente, nem promovendo riscos à saúde humana;

## 8 | AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BATHURST, Richard. **Geosynthetics classification**. IGS leaflets on Geosynthetics Applications, 2007. Disponível em: <[www.geosyntheticssociety.org](http://www.geosyntheticssociety.org)>. Acesso em: 11 jun. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional Do Meio Ambiente, **CONAMA. Resolução nº357, de 17 de março de 2005 publicada no dou nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

GEROTO, Régis. **Desempenho de camadas de proteção para geomembranas.** 188 f. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008.

HAXO, H. E. JR. **Determining the transport through geomembranes of various permeants in different applications.** 1990. Geosynthetic Testing for Waste Containment Applications, Koerner, R. M., Editor, ASTM Special Publication 1081, Proceedings of Symposium, Las Vegas, NV, USA, pp. 75–94, 1990.

JEFFERY, G. H.; BASSET, J.; MENDHAM, J.; DENNY, R.C. V. **Química Analítica Quantitativa.** 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 712p, 1992.

LANGE, L.C.; AMARAL, M.C.S. **Geração e características do chorume. In: Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Chorumes de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras.** Luciana Paulo Gomes (coordenadora). Rio de Janeiro: ABES, 360p, 2009.

LODI, P.C. **Aspectos de degradação de geomembranas poliméricas de polietileno de alta densidade (PEAD) e poli cloreto de vinila (PVC).** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo- USP, São Carlos, 284 p., 2003.

MARÇAL, R. **Avaliação da permeabilidade em geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD).** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Ilha Solteira, 2012.

OHLWEILER, O. A. **Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica.** Brasília: Universidade de Brasília, v.2, 536p, 1968a

ROWE, R.K., HRAPOVIC, L. AND KOSARIC, N. **Diffusion of chloride and dichloromethane through an HDPE Geomembrane.** 1995. Geosynthetics International, Vol. 2, No. 3, pp. 507 – 536, 1995.

SANGAM, H. P. & ROWE, R. K. **Migration of dilute aqueous organic pollutants through HDPE geomembranes.** Geotextiles and Geomembranes, 19, No. 6, 2001, pp. 329 – 357, 2001.

TABATABAI, M.A. **A rapid method for determination of sulfate in water sample.** Environmental Letters, v. 7, n. 3, 1974, pp. 237 – 243, 1974.

VALENTIN, C. **Estudo da degradação de geomembrana de polietileno de alta densidade de 2,5 mm de espessura frente à gasolina, óleo diesel e álcool combustível.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 150 p., 2008.

## **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 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 978-85-7247-328-6

