

# Engenharias, Ciência e Tecnologia 5

Luís Fernando Paulista Cotian  
(Organizador)





**Luís Fernando Paulista Cotian**

(Organizador)

# **Engenharias, Ciência e Tecnologia**

## **5**

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

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)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 5 [recurso eletrônico] / Organizador  
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena  
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 5)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-088-9

DOI 10.22533/at.ed.889193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.  
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume V apresenta, em seus 14 capítulos, conhecimentos relacionados a Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Responsabilidade Social Organizacional, Sustentabilidade e Sistemas de Indicadores, Desenvolvimento Sustentável em Engenharia de Produção e Meio Ambiente.

A área temática de Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na sustentabilidade da organização, envolvendo responsabilidade social e desenvolvimento sustentável. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AQUAPONIA: RELAÇÃO HARMÔNICA ENTRE PEIXES, PLANTAS E BACTÉRIAS	
<i>Thiago Rodrigues Nunes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
COLETA E IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS DE ROCHAS SEDIMENTARES DA BACIA ALAGOAS: FORMAÇÕES PENEDO, PORÇÃO, MORRO DO CHAVES, MACEIÓ E BARREIRAS	
<i>Zenilda Vieira Batista</i>	
<i>Mávylla Sandreya Correia Tenório</i>	
<i>Sonia Maria Oliveira Agostinho da Silva</i>	
<i>Débora Cristina Almeida de Assis</i>	
<i>Nayra Vicente Sousa da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
CONSTRUÇÃO DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA PARA A CONVIVÊNCIA NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA, PARAÍBA	
<i>Adriana Maria dos Santos</i>	
<i>Romulo Wilker Nery de Andrade</i>	
<i>Adriano da Silva Félix</i>	
<i>Polyana Marta da Silva</i>	
<i>Hevelynne Figueirêdo Pereira</i>	
<i>Luara Lourenço Ismael</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
DEFENSAS NÁUTICAS DE POLIURETANO VEGETAL	
<i>Graziella Trovati</i>	
<i>Haroldo Silva</i>	
<i>Edgar Aparecido Sanches</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
DIAGNÓSTICO DO IMPACTO DA RODOVIA ESTADUAL 132 SOBRE A FAUNA SILVESTRE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA MASSAMBABA E O PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL - RJ, BRASIL	
<i>Márcia Ferreira Tavares</i>	
<i>Sávio Freire Bruno</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA CIDADE DE DELMIRO GOUVEIA -AL	
<i>Gabriel Dionizio Silva</i>	
<i>Antonio Pedro de Oliveira Netto</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931016</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
DIAGNÓSTICO HIDROGEOQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO GRANDE - BA	
<i>Maíra Sampaio da Costa</i> <i>José Alexandre Araújo Nogueira</i> <i>Sérgio Augusto de Moraes Nascimento</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>78</b>
ENGENHARIA E PRÁTICA SOCIAL	
<i>José Geraldo de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>86</b>
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>LECYTHIS PISONIS</i> <i>CAMBESS</i> TRATADAS COM ÁCIDO INDOLBUTÍRICO E ÁCIDO NAFTALENO ACÉTICO	
<i>Cristina Valory da Silva</i> <i>Elzimar de Oliveira Gonçalves</i> <i>Tamyris de Mello</i> <i>Bruna Tomaz Sant'ana</i> <i>Carlos Humberto Desidério Pirovani</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8891931019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>93</b>
PROJETO PILOTO CISTERNAS RURAIS: PARCERIA SAAE – ITAIPU	
<i>Fabio Alexandre Regelmeier</i> <i>Armin Feiden</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88919310110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>109</b>
REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL: CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES NO PERÍODO DE 1980-2016	
<i>Adan William da Silva Trentin</i> <i>Adeli Beatriz Braun</i> <i>Caroline Visentin</i> <i>Deisi Balestrin</i> <i>Greice Barufaldi Rampanelli</i> <i>Antônio Thomé</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88919310111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>121</b>
REMOÇÃO DE CAFEÍNA PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA ATRAVÉS DA ADSORÇÃO EM COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Christiano Cantarelli Rodrigues</i> <i>Selêude Wanderley da Nóbrega</i> <i>Washington Lima dos Santos</i> <i>Elyziana Lourenço Lima</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88919310112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 133**

TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

*Marconi Lucas da Silva*

*Leandro Vahia Pontual*

**DOI 10.22533/at.ed.88919310113**

**CAPÍTULO 14 ..... 137**

EFEITO DA BIOCIMENTAÇÃO EM SOLO ARENOSO EM RELAÇÃO A DENSIDADE, COMPRESSÃO SIMPLES E HETEROGENEIDADE

*Vinicius Luiz Pacheco*

*Igor Decol*

*Antonio Thomé*

**DOI 10.22533/at.ed.88919310114**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 154**



## AQUAPONIA: RELAÇÃO HARMÔNICA ENTRE PEIXES, PLANTAS E BACTÉRIAS

**Thiago Rodrigues Nunes**

Centro Universitário Anhanguera de Niterói  
(UNIAN)

São Gonçalo - Rio de Janeiro

**RESUMO:** As sociedades contemporâneas enfrentam graves problemas relacionados com a crise ambiental. Após milênios de desenvolvimento humano, aumento da população mundial e falta de zelo com os recursos naturais, a escassez de água é um fato inexorável em algumas regiões. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo, apresentar a aquaponia para a produção de gêneros alimentícios em escala domiciliar com ênfase nos parâmetros bioquímicos Amônia, Nitrito e Nitrato. O projeto foi desenvolvido em uma residência no município de São Gonçalo RJ e conta com diferentes ambientes de cultivos dimensionados para possibilitar o crescimento de diversas formas de vidas, a saber: peixes, plantas e bactérias, segundo suas necessidades específicas. Constantemente, foram aferidos a temperatura, ph (potencial hidrogeniônico) e os níveis de amônia, nitrito e nitrato. Livros, artigos científicos disponíveis na internet, documentos técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros e observação direta nortearam a pesquisa. Constatou-se que os filtros decantadores são eficientes na eliminação dos dejetos dos

peixes e restos de alimentos. Espécies nativas e exóticas de peixes assim como grande variedade de hortaliças adaptam-se bem ao sistema. Alguns vegetais mais exigentes necessitam de complementação nutricional, para crescerem saudáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidroponia. Aquicultura. Sustentabilidade. Meio ambiente.

**ABSTRACT:** Contemporary societies face serious problems related to the environmental crisis. After millennia of human development, increased world population and lack of zeal with natural resources, water shortage is an inexorable fact in some regions. In this sense, the present work aims to present the aquaponics for the production of foodstuffs on a home scale with an emphasis on the biochemical parameters ammonia, nitrite and nitrate. The project was developed in a residence in the municipality of São Gonçalo RJ and has different cultivation environments dimensioned to enable the growth of various forms of life, namely: fish, plants and bacteria, according to their needs Specific. The temperature, ph (Hydrogeniônico potential) and ammonia, nitrite and nitrate levels were constantly evaluated. Books, scientific papers available on the Internet, technical documents from Embrapa Tabuleiros Costeiros and direct observation guided research. It was found that the decanter filters are efficient in eliminating

fish waste and food residues. Native and exotic fish species as well as a wide variety of greenery adapt to the system. Some more demanding vegetables need nutritional supplementation to grow healthy.

**KEYWORDS:** Hydroponics. Aquaculture. Sustainability. Environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

A degradação ambiental, imposta pelo modelo de desenvolvimento econômico vigente, tem como consequência direta a desorganização da harmonia maravilhosa dos biomas mundiais. Ao invés de preservar o meio ambiente e os recursos naturais não renováveis, o homem, de maneira dialética, vem explorando-os de forma gananciosa e degradando praticamente tudo em prol do desenvolvimento. Neste sentido, destaca-se a poluição das águas, o lixo urbano e a retirada da cobertura vegetal.

O ser humano, em última análise, é totalmente dependente da natureza e de tudo o que nela há. A água é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. Países ditos ricos situam-se em regiões temperadas e frias do globo terrestre e seus recursos naturais e potenciais energéticos são escassos. Esta é uma realidade para nações hegemônicas. É necessária a busca de soluções para “os colapsos energético e o ambiental, este último pondo em perigo a estabilidade termodinâmica da ecosfera” (Vidal, 2000, p.49).

A ação destruidora do homem mostra seus reflexos impondo severas condições em algumas regiões. A necessidade de produzir alimentos com qualidade e de forma sustentável é uma tese irretorquível. Neste contexto, destaca-se a importância das pesquisas por soluções alternativas que visem à produção de gêneros alimentícios com o mínimo desperdício de água. A disponibilidade de água e alimentos está bastante comprometida em algumas regiões (Embrapa 2015).

Aquaponia pressupõe a criação de peixes e vegetais, utilizando mecanismo de recirculação de água. Os dejetos dos peixes e restos de alimentos do tanque de criação, após transformação bacteriológica, decompõem-se em nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas. Estas, ao incorporar os nutrientes, limpam a água que retornará em condições adequadas ao tanque de peixes. Portanto, este sistema possibilita a produção de peixes e hortaliças com economia de até 90% de água quando comparada à agricultura tradicional (Embrapa, 2015).

Uma vez abastecido com água sem cloro, poder-se-á introduzir os peixes. Em virtude da evaporação e evapotranspiração, deve-se proceder a reposição semanal de água. A quantidade varia dependendo das dimensões do sistema, em geral, em torno de 150 litros. Para alimentar os peixes existem rações disponíveis no mercado. Esta necessita ser fornecida duas ou três vezes ao dia. Para introdução dos animais é necessário utilizar critérios de aclimatação dos mesmos.

Este ensaio está dividido em três seções. Na primeira seção, evidencia-se a

presente introdução de maneira clara e concisa que objetiva apresentar o tema, o problema, a questão norteadora, o objetivo, a justificativa e a metodologia. Na segunda seção será desenvolvida a fundamentação teórica através dos elementos que constituem o sistema. Finalmente, na terceira seção serão apresentadas as considerações finais.

### **1.1 Problema**

A quebra do equilíbrio termodinâmico do planeta vem sendo acompanhada por colapsos em vario lugares. Algumas regiões estão sendo severamente punidas com a falta de água e gêneros alimentícios de qualidade. Como os cidadãos podem produzir alimentos em suas residências com o mínimo gasto de água e agressão ao meio ambiente?

### **1.2 Objetivo**

Apresentar a aquaponia para a produção de gêneros alimentícios em escala domiciliar com ênfase nos parâmetros bioquímicos Amônia, Nitrito e Nitrato.

### **1.3 Justificativa**

Sistemas aquapônicos podem ser dimensionados em praticamente todas as nações. Para tanto, é necessário escolher espécies de peixes e plantas que consigam expressar seu potencial de crescimento e desenvolvimento de acordo com características específicas de cada localidade (temperatura, humidade). Apesar de ser um modelo de fácil montagem e manutenção, requer conhecimentos diversos para seu correto funcionamento. Para a construção do projeto, não é preciso mão de obra especializada.

Em virtude da escassez de material complementar, o presente tema ainda não foi difundido para todas as regiões do País. O sistema pode ser dimensionado e funcionar de diferentes maneiras. Por isso a importância da produção textual em vernáculo brasileiro na orientação de cidadãos interessados no assunto. A inépcia e a desídia com os recursos naturais remetem os cidadãos desta era a buscar novas alternativas para produzir alimentos e conservar o remanescente dos biomas ainda existentes.

Dado o exposto, justifica-se este trabalho por buscar entender o funcionamento básico em sistemas aquapônicos de pequenas proporções para consumo familiar. Uma vez estudados os conceitos relevantes, o projeto pode ser dimensionado para atender o mercado consumidor por se tratar de um produto de excelente qualidade. Por isso, pretende-se reunir informações para auxiliar pessoas que estejam de fato comprometidas com esta causa.



## 1.4 Metodologia

Dimensionou-se o sistema em uma residência na cidade de São Gonçalo, RJ, no bairro mutuapira. Apesar de ser uma comunidade carente, apresentar vários problemas que refletem total ausência do Estado nas diversas esferas de influência social, é uma região localizada no Brasil. Em sendo um lugar situado neste País, tem grande potencial. O Brasil é um gigante dos trópicos! Tem potenciais energéticos, altos índices pluviométricos e sol o ano inteiro.

Para estudar o comportamento das variadas formas de vida envolvidas, foram construídos compartimentos para acondicionar os peixes, ambientes de cultivo com britas e argila expandida, berçário, cama de cultivo com areia lavada, e ambiente tipo canaletas. O projeto foi desenvolvido em uma área de 25 m<sup>2</sup>. As espécies de peixes são: carpa colorida, tambaqui, pacu, tilápia, pintado, cascudo, bagre. Como vegetais tem-se alface, couve, tomate, cenoura, hortelã, quiabo, e outras plantas.

Foram utilizados livros, artigos, tcc e manuais técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros como referência no campo ideológico. Houve nesta pesquisa dimensionamento, instalação de dispositivos hidráulicos, estudo sobre aquicultura e hidroponia. Os níveis de amônia, Nitrito, Nitrato, Ph e temperatura foram os parâmetros analisados no ensaio. Após a reunião de um acervo de informações, análise sistemática e observação direta, as conclusões parecem bem claras. É perfeitamente factível a produção de alimentos com qualidade usando as técnicas apresentadas neste estudo.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.5 Descrições dos Elementos Constitutivos

Para construir um sistema familiar, são necessários alguns materiais, tais como tanques de contenção dos peixes, ambientes de cultura das plantas, filtros de sólidos decantáveis e sólidos em suspensão, tubos, conexões, bomba submersa e sistema de aeração. Todos esses equipamentos são fáceis de encontrar no comércio. Uma vez selecionado o local para confecção do sistema, respeitando as peculiaridades de espaço, inicia-se a construção. O dimensionamento pode ser feito de diferentes maneiras, todavia, existem elementos que são fundamentais para o sucesso do projeto.



Figura 1 – Projeto de aquaponia modelo residencial.

Fonte: autor.

Um desnível no sistema é essencial para o mantimento da energia potencial da água, podendo apresentar o ambiente de criação dos peixes como o ponto mais baixo e o filtro decantador como ponto mais alto. É necessário o bombeamento daquele local para um filtro decantador, onde as partículas orgânicas pesadas são forçadas a decantar evitando entupimentos nas tubulações. Para este filtro pode ser usados toneis de 150 a 200 litros. O material decantado deve ser separado em outro recipiente. Fornecendo-se ar para este recipiente, é estimulado o crescimento de bactérias aeróbicas benéficas, que vão metabolizar a matéria orgânica liberando os nutrientes que poderão ser devolvido ao sistema.

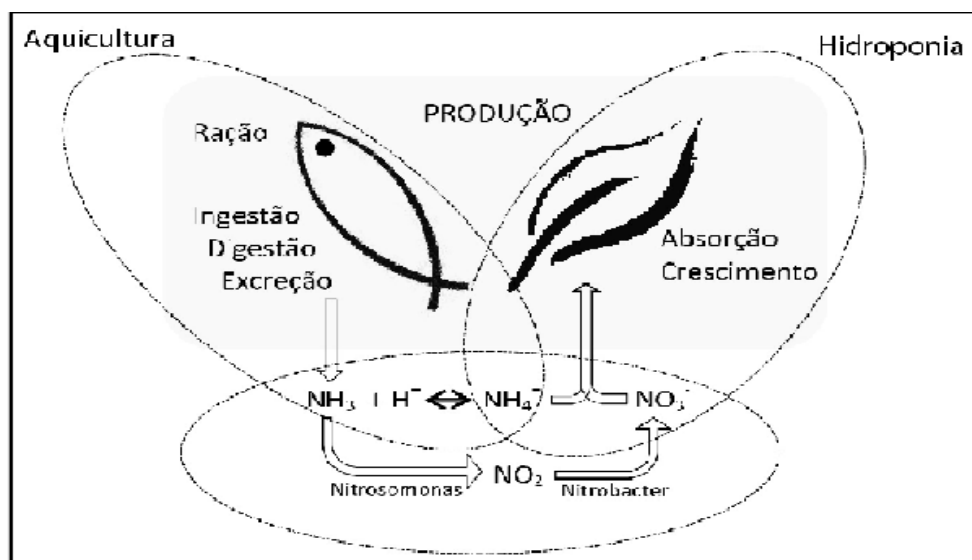


Figura 2 – Interação bioquímica entre as formas de vida.

Fonte – DOC-189, 2015 p.12.

Como lembram os engenheiros da Embrapa (2015), o filtro biológico é colonizado normalmente, necessitando de 20 a 40 dias para alcançar o equilíbrio após introdução dos peixes. Colônias de bactérias atuam diretamente no ciclo biogeoquímico do nitrogênio, metabolizando a amônia em nitrito e nitrato. A transformação bioquímica dos compostos nitrogenados é realizada por bactérias do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, respectivamente. (EMBRAPA, 2015, P.11).

Plantas cultivadas em aquaponia necessitam em geral de oxigênio, hidrogênio e carbono disponíveis na água e na atmosfera; nitrogênio, também disponível na atmosfera. Outros minerais como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre (macronutrientes); e cloro, ferro, manganês, boro zinco e molibdênio (micronutrientes). (FERRI apud HUNDLEY & NAVARRO, 2013, P.56).

Os vegetais são semeados nas maternidades e devem ser transplantados após atingir aproximadamente 10 centímetros. Usa-se água para expor sua raiz e caso necessário, separar as mudas. O tempo de transplante varia de acordo com a espécie. Para tanto, respeitar as orientações gerais contidas nas embalagens de sementes. O bom desempenho do sistema, em linhas gerais, depende do equilíbrio e da interação entre plantas, peixes e bactérias.

O sistema pode apresentar carência de quatro elementos essenciais às plantas: Fósforo (P), Cálcio (Ca), Potássio (K) e Ferro (Fe). O hiperfosfato de Gafisa supre deficiências de (P), calcário dolomítico de (Ca). Cloreto de potássio ou sulfato de potássio de (K), quelato de ferro (EDDHMA ou EDDHA) de (Fe) (EMBRAPA 2015, P9).

### 2.5.1 Filtros de Sólidos

Ao entrar no filtro de sólidos decantáveis por meio do sistema de recalque, compostos orgânicos mais pesados são forçados a decantar em virtude da configuração do filtro, projetado para fazer a água girar. O material decantado pode ser extraído, processado e retornar ao sistema em forma de nutrientes. Para tanto, basta fornecer ar.

O espaço de tempo para manutenção e limpeza é variável e depende das dimensões do projeto. Para o filtro de sólidos pode ser usados toneis de 200 litros. A água entra por um flange de 25 mm através do recalque. Dois flanges de 50 mm são utilizados, um, na região inferior com registro de mesmo diâmetro para limpar o filtro quando necessário e outra na parte superior, possibilitando a saída de água para alimentar o sistema.

Este filtro conta também com um balde de cabeça para baixo e tubulação projetada para favorecer o movimento circular da água. Antes de atingir os diferentes ambientes de cultivo, a água deve passar por um filtro de sólidos em suspensão. Este filtro pode ser confeccionado de diversas maneiras. Geralmente usam-se materiais como sombrite, acrílico, carvão ativado, britas, objetivando reter as partículas mais



leves. Estes filtros precisam de manutenção periódica para evitar futuros problemas.



Figura 3 - Filtro de sólidos decantáveis.

Fonte: autor.

### *2.5.2 Ambientes com Brita ou Argila Expandida*

Após a passagem pelos filtros e ocorrência de processos físico-químicos, a água segue em direção aos ambientes de cultivo. A seguir são descritos algumas formas de ambientes de cultivo. O filtro biológico também funciona como cama de cultivo sendo preenchido com brita ou argila expandida. Além de possibilitar o suporte para as raízes das plantas, permite a colonização por bactérias nitrificantes.

Estas bactérias apresentam eminente função bioquímica de transformar a amônia em nitrito e em nitrato. Podem ser cultivado neste ambiente, tomate, rúcula, pimentão, alface etc. Todavia, restos de raízes podem tornar o sistema inoperante, exigindo manutenção frequente. Um dispositivo hidráulico chamado sifão, permite ciclos de enchimento e esvaziamento quase total deste ambiente. Este aspecto é fundamental e propicia um microclima perfeito para proliferação de colônias bacterianas e também para o sistema radicular dos vegetais, uma vez que possibilita o contato com a água, seus nutrientes e com o ar atmosférico.



Figura 4 – Filtro Biológico.

Fonte: autor

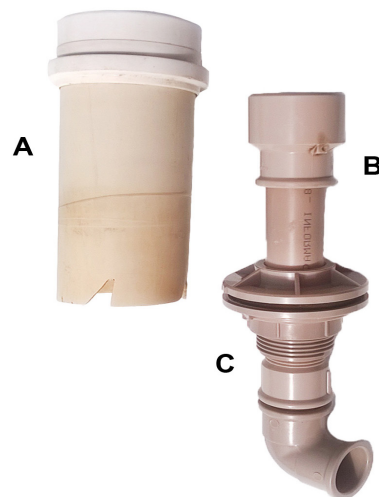


Figura 5 – Detalhes dos componentes do sifão de sino.

**Fonte:** CT72 Embrapa Tabuleiros Costeiros (2015, p.5). (A) Campânula de 20 cm de altura composta de tubo e cap de PVC de 100 mm; (B) Parte interna do sifão composta de redutor 40/32 mm acoplado a uma das extremidades de um tubo de 32 mm com 10 cm de altura. (C) Flange e adaptador de 32 mm conectando o sifão a um joelho que conduz a água de saída.

### *2.5.3 Ambientes de Raízes e Berçário*

Estas camas de cultivo utilizam areia de obra associado com brita ou argila expandida. É propício ao cultivo de praticamente todos os tipos de raízes, como cenoura, beterraba, cebola. O princípio de funcionamento deste ambiente possibilita que o substrato permaneça sempre úmido contendo todos os nutrientes dissolvidos. A água percola pela região inferior que contém brita de obra. A areia, substrato subsequente localizado acima da brita entra em contato com a água. Com isso, esta



sobe por capilaridade carregando consigo os nutrientes.

Tubulações de entrada e saída possibilitam o escoamento da água. Um dreno também pode ser instalado para impedir o seu enchimento total. A brita atinge o nível da tubulação e a areia fica logo acima. Entre essas camadas recomenda-se o uso de telas para facilitar a manutenção. O mesmo sistema também serve como berçário para a produção de mudas. Após percorrer todo o sistema, a água retorna por gravidade para o tanque de peixes, onde a bomba permanece ligada alimentando o sistema.



Figura 6 – Berçário.

Fonte: autor.



Figura 7 – Ambiente de cultivo de raízes.

Fonte: Autor.

#### 2.5.4 Canaletas de Cultivo

É utilizado internacionalmente na produção de hortaliças folhosas em hidroponia sendo a questão ergonômica no manejo das plantas a vantagem precípua do sistema (Embrapa, 2015). A nutrição dos vegetais ocorre através da água que escoa pelas canaletas disponibilizando os nutrientes dissolvidos. Neste estudo, foi utilizado um filtro biológico com sistema de sifão para alimentar as canaletas. Como a água é ofertada em ciclos, existe a possibilidade das raízes entrarem em contato com o ar atmosférico, possibilitando a proliferação de bactérias benéficas.



Figura 8 – Canaletas de cultivo.

Fonte: Autor.

#### 2.5.5 Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio

O ciclo do Nitrogênio também sofre influência direta com alterações do pH. O pleno funcionamento do filtro biológico ocorre a partir do 30º dia e tende a reduzir o pH da água (Embrapa, 2015, p.8).

As bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* são aeróbicas e apresentam atividade com pH entre 7,0 e 8,0, sendo responsáveis pela nitrificação da amônia presente no tanque dos peixes (HUNDLEY & NAVARRO, 2013, P.56).

Portanto, é necessário o monitoramento constante de fatores físicos, como a temperatura e bioquímicos como nitrito, nitrato, amônia e pH. Igualmente, deve-se salientar a importância da manutenção dos nutrientes dentro de uma taxa de normalidade, pois os excessos sempre são prejudiciais ao sistema. A falta de molibdênio em níveis suficientes pode afetar a absorção e incorporação de nitrogênio pelas plantas. (FERRI apud HUNDLEY & NAVARRO, 2013, P.56).



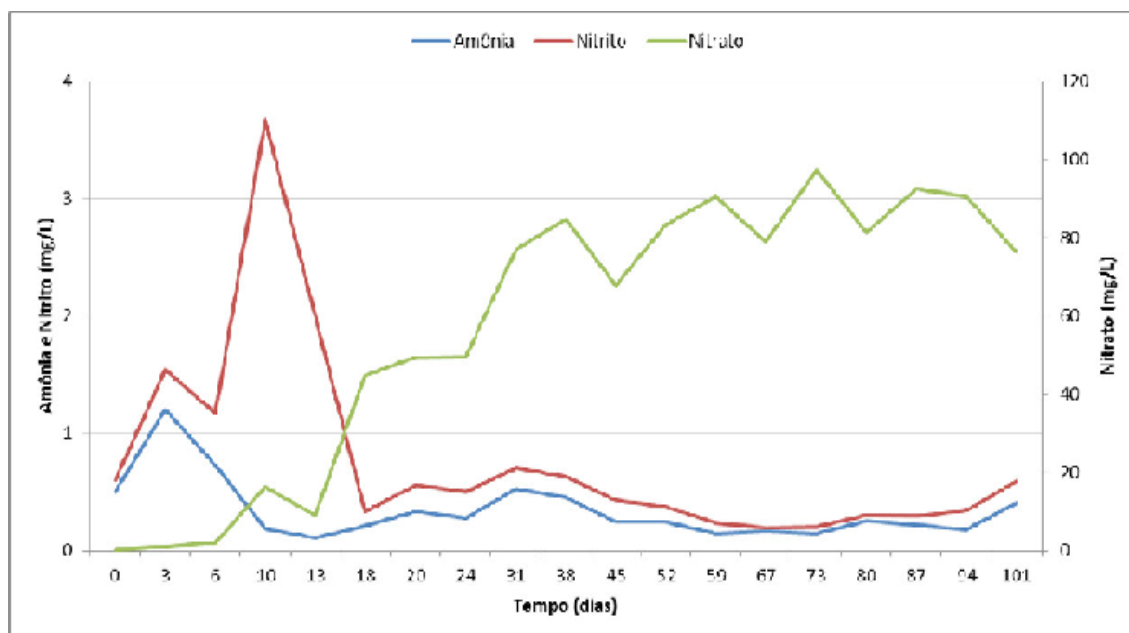


Figura 9 – Níveis de amônia, Nitrito e Nitrato.

Fonte – DOC-189, 2015 p.12.

### 3 | CONCLUSÕES

Com base nos dados analisados e observados, conclui-se que os impactos ambientais são mínimos por se tratar de um sistema fechado. Alguns vegetais expressaram todo o potencial de crescimento e desenvolvimento, tais como: alface, inhame, quiabo, hortelã, agrião, cebolinha, pimenta, pimentão. Outros como o tomate e o morango, transparecem sinais de deficiência nutricional, que são essenciais para o correto desenvolvimento dos vegetais cultivados.

Os filtros decantadores mostraram expressiva eficiência na remoção de partículas pesadas. No entanto, é necessário um filtro para a remoção de partículas em suspensão, uma vez que possibilita o refinamento do sistema. O custo mensal é relativamente baixo, pois são utilizados equipamentos com baixa potência. O gasto reduzido de água associado com a produção de alimentos de alta qualidade são de relevante importância.

Ressalta-se que muitas folhas e flores estiolam tanto pela insolação como por deficiência de nutrientes. Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se estudar as alternativas para complementação nutricional. A adição de qualquer substância tóxica pode representar a morte de organismos uni e pluricelulares. Dado o exposto, entende-se, de maneira inconcussa, que o sucesso depende de vários fatores relacionados com o meio ambiente, qualidade da água, insolação e nutrientes disponíveis.

## REFERÊNCIAS

CIRCULAR técnica 72: Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para a produção de peixes e hortaliças. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040079/1/CT72pdf>> Acesso: 29/10/2017

DOCUMENTOS 189: produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>> Acesso: 28/10/2017

HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D.; FIGUEIREDO, C.M.G. et al. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Origanum asilicum*) em sistemas de Aquaponia**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.3, p.51-55, 2013.

HUNDLEY, G.C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013. 52p.

VIDAL, J. W. Bautista. **Brasil Civilização suicida**. Brasília: Star Print, 2000. 88p.

## COLETA E IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS DE ROCHAS SEDIMENTARES DA BACIA ALAGOAS: FORMAÇÕES PENEDO, PORÇÃO, MORRO DO CHAVES, MACEIÓ E BARREIRAS

### **Zenilda Vieira Batista**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de  
Tecnologia  
Maceió-AL

### **Mávyla Sandreya Correia Tenório**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de  
Tecnologia  
Maceió-AL

### **Sonia Maria Oliveira Agostinho da Silva**

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – PE

### **Débora Cristina Almeida de Assis**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de  
Tecnologia  
Maceió-AL

### **Nayra Vicente Sousa da Silva**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de  
Tecnologia  
Maceió-AL

**RESUMO:** Com o crescimento da demanda energética, surge a motivação de conhecer seus meios e suas áreas fontes. Este é o caso de alguns recursos minerais, como o petróleo e o gás natural. Neste contexto, a importância de estudos voltados às rochas sedimentares, como as que compõem um sistema petrolífero, cresce continuamente, visto que a atividade mineradora disponibiliza para sociedade recursos minerais

indispensáveis ao desenvolvimento econômico e tecnológico da sociedade. Dentre estes recursos, os minérios como os hidrocarbonetos compõem a maior parte dessa demanda. Dessa forma, descrever e identificar as rochas sedimentares permite caracterizá-las e associá-las, assim como descobrir prováveis sistemas petrolíferos em potencial. Com ênfase na Bacia Alagoas, esse trabalho foi realizado através de revisões bibliográficas, cartográfica e visitas de campo aos afloramentos das formações Penedo, Porção, Morro do Chaves, Maceió e Barreiras, a fim de coletar amostras de rochas, para identificá-las e catalogá-las, especialmente as representativas de sistemas petrolíferos, bem como mapear os afloramentos visitados e registrá-los em fotografias. As amostras coletadas foram catalogadas e organizadas conforme os elementos do sistema petrolífero (entre geradora, reservatório e selante). Estes exemplares foram alocados no Laboratório de Sedimentologia, Estratigrafia e Geologia do Petróleo, da Universidade Federal de Alagoas. A exposição dessas amostras no laboratório dará oportunidade aos alunos do Curso de Engenharia de Petróleo de entender um pouco do complexo mecanismo que envolve as bacias sedimentares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Alagoas; afloramentos; sistema petrolífero; catalogação de amostras.

**ABSTRACT:** The increase in energy demand provides motivation to understand about its processes and source areas. This is the case for some mineral resources, such as oil and natural gas. Since mining activity provides society with indispensable resources for the economic and technological development, the importance of studies on sedimentary rocks that compose a petroleum system is continuously growing. Among these resources, minerals such as hydrocarbons are responsible for most of this demand. Therefore, describing and identifying sedimentary rocks allows to characterize and associate them, and discover probable potential petroleum systems. With emphasis on the Alagoas Basin, this work was accomplished through bibliographical, cartographic and field visits to the rock outcrops of the Penedo, Porção, Morro do Chaves, Maceió and Barreiras formations, to gather samples of rocks, identify and catalog them, especially the rocks that represents petroleum systems, also mapping the visited rock outcrops and recording photos. The collected samples were cataloged and organized according to the elements of the petroleum system (between generator, reservoir and sealant). These specimens were allocated in the Laboratory of Sedimentology, Stratigraphy and Petroleum Geology, Federal University of Alagoas. The exhibition of these samples in the laboratory will give the students of the Petroleum Engineering Course the opportunity to understand some of the complex mechanism that involves the sedimentary basins.

**KEYWORDS:** Alagoas Basin, rock outcrops, petroleum system, sample cataloging.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Bacia Alagoas localiza-se na margem continental da Região Nordeste do Brasil e compreende uma área de aproximadamente 36.000 km<sup>2</sup>, sendo um terço desta área emersa e dois terços submersa (Figura 1). Faz parte do conjunto de bacias que formam a margem continental do leste brasileiro (Nascimento *et al.*, 2013) e limita-se ao norte pelo Alto de Maragogi (com a Bacia Pernambuco-Paraíba) e ao sul, pelo sistema de falhas Vaza Barris (com a Bacia de Jacuípe).



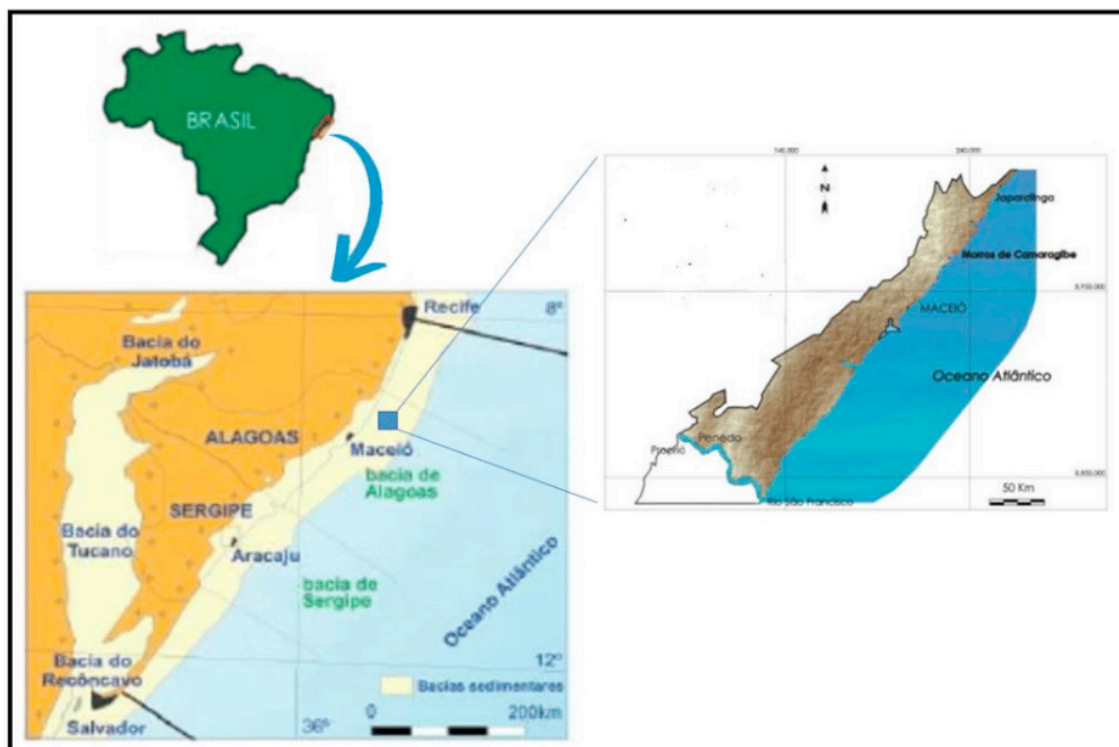


Figura 1 – Localização da Bacia Alagoas

Fonte: Modificado de Nascimento et al. (2015) e Souza-Lima et al. (2002).

A Bacia Alagoas representa uma das bacias com a mais completa sucessão estratigráfica no Brasil, contendo registros que vão do Pré-Cambriano ao Pleistoceno (Lira, 2004), sendo chamada por alguns autores como “bacia escola”. A partir de diferenças importantes, de caráter estrutural e estratigráfico, a Bacia Sergipe-Alagoas foi individualizada por Feijó (1994, *apud* Lima, 1998) em duas bacias distintas: Bacia Sergipe e Bacia Alagoas. Sabe-se que estas bacias apresentam várias unidades estratigráficas com potencialidade para exploração de hidrocarbonetos, além das suas camadas pré-sal descobertas.

Embora tenham sido alvos de pesquisas exploratórias desde a década de 40, fazendo parte das tradicionais bacias produtoras de petróleo do Brasil (Morais, 2013), e mesmo com o avanço no estágio exploratório nos dias atuais, as bacias Sergipe e Alagoas ainda têm muito que se conhecer e se estudar, motivando, assim, a busca por mais informações relacionadas ao seu potencial de produção de petróleo.

Com relação a uma bacia sedimentar petrolífera, a sua adequada exploração/exploração está associada ao perfeito entendimento do seu processo evolutivo (Ilva *et al.*, 2006) e o entendimento de tal processo se dá a partir do estudo de rochas sedimentares. Estas, por sua vez, além de constituírem os melhores reservatórios de petróleo, nelas, também são geradas outros tipos de hidrocarbonetos, os quais são responsáveis por ocupar a maior parcela de matriz energética atual.

Dentre estes recursos energéticos, os minérios, como os hidrocarbonetos compõem a maior parte da demanda mundial. Desta forma, torna-se imprescindível o conhecimento das rochas sedimentares para o estudo das áreas fontes de tais

recursos, a fim de suprimir as necessidades da humanidade.

Segundo a Internacional Energy Agency – (IEA) (2013), no último balanço energético, o petróleo e o gás natural ocuparam, respectivamente, 31,3% e 21,3% na demanda energética mundial, prevendo que, em 2040, o petróleo e o gás natural ainda ocuparão uma importante porcentagem nessa demanda, correspondendo a 26% e 24 %, respectivamente.

Conhecer os minerais e as rochas também é essencial para o entendimento de processos geológicos que ocorrem na Terra, uma vez que isso permite relacionar os processos que ocorreram no passado e suas implicações para o presente.

Sendo assim, neste trabalho, procurou-se fazer uma amostragem de rochas sedimentares que constituem o sistema petrolífero das formações Penedo, Porção, Morro do Chaves, Maceió e Barreiras (Bacia Alagoas). Para tanto, foram coletadas amostras de rochas sedimentares em afloramentos das cinco unidades supracitadas, visando identificá-las, descrevê-las e, posteriormente, caracterizá-las e associá-las aos sistemas petrolíferos em trabalhos futuros, além de inferir potenciais geradores e reservatórios.

## **2 | METODOLOGIA**

Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas revisões bibliográficas por meio da análise de artigos, revistas científicas, dissertações, sites, dentre outros, com compilação de dados sobre a bacia e unidades geológicas analisadas.

Foram realizadas visitas de campo para se fazer o reconhecimento da área, georreferenciar os pontos percorridos, identificar, descrever e coletar amostras de rochas sedimentares do sistema petrolífero das unidades analisadas. As amostras foram acondicionadas de maneira a garantir suas características originais e posteriormente levadas ao Laboratório de Sedimentologia, Estratigrafia e Geologia do Petróleo, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas/UFAL, onde receberam tratamento de limpeza, impermeabilização e secagem (as que necessitaram). Posteriormente foram catalogadas com as principais informações sobre: origem; composição; elemento do sistema petrolífero pertencente; procedência; importância econômica; e outras informações necessárias para catalogação. Na última etapa foi criado um banco de dados com todas as informações sobre o material coletado.

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A atividade mineral disponibiliza para sociedade recursos minerais indispensáveis ao desenvolvimento econômico e tecnológico da sociedade. Toma-se como exemplo, a chegada do homem à lua, que, se não fosse o conhecimento sobre as propriedades

dos minerais, a sociedade tecnológica não teria atingido esse sonho.

A dureza excepcional do diamante, por exemplo, foi responsável pela fabricação de peças mecânicas de altíssima precisão que auxiliaram a ida do homem a lua (MADUREIRA *et al.*, 2001).

Neste âmbito, para realização desse trabalho deteve-se principalmente na etapa de revisões bibliográficas e cartográficas (referente à temática abordada), seguida de visitas de campo, coleta de amostras de rochas e catalogação das mesmas. Foram realizadas três visitas de campo nas porções norte e sul da Bacia Alagoas para reconhecimento da área de estudo, identificação das formações geológicas expostas à superfície e coleta de amostras de rochas sedimentares que constituem o sistema petrolífero dessas unidades. Durante a visita de campo foram coletadas amostras de rochas sedimentares em cinco unidades geológicas: Formação Penedo, Formação Porção, Formação Morro do Chaves, Formação Maceió e Formação Barreiras.

A exposição da Formação Penedo, de idade Eocretácea, encontra-se nos municípios de Penedo e Matriz de Camaragibe. Neste último município, encontram-se arenitos conglomeráticos, arenitos grossos e argilitos (Figura 2). Os arenitos desta formação são considerados reservatórios de petróleo de um dos sistemas petrolíferos da Bacia Alagoas.



Figura 2: Visão de um afloramento da Formação Penedo, porção norte da Bacia Alagoas, mostrando um arenito médio.



A Formação Porção, de idade Neo-Barremiana a Eo-Albiana, ocorre exposta à superfície nas proximidades do município de Satuba, onde acham-se conglomerados de borda de falha e arenitos conglomeráticos.

Quanto à Formação Morro do Chaves, de idade Eo-Aptiana, ocorre principalmente em São Miguel dos Campos (Pedreira CIMPOL), e é constituída por coquilhas, argilitos, calcarenitos, entre outros litotipos.

A Formação Maceió, cuja idade varia do Meso ao Neo-Aptiano, encontra-se exposta nas porções norte e sul da Bacia Alagoas. Esta formação é constituída predominantemente por arenitos, conglomerados, folhelhos e argilitos (Figura 3A, B e C), e também faz parte de um dos sistemas petrolíferos da bacia.



Figura 3: A) Visão panorâmica da Formação Maceió, porção norte da Bacia Alagoas. B) Arenito bem selecionado (reservatório) da Formação Maceió. C) Contato entre arenito (reservatório) e folhelho cinza (gerador).

Com relação à Formação Barreiras, a mais representativa em termos exposição de afloramento, encontra-se por toda área percorrida (litoral norte e sul). Esta unidade geológica ocorre bem exposta à superfície, onde algumas porções estão ocupadas pela cana-de-açúcar (com pacotes sedimentares bem espessos), e outras encontram-se muito intemperizadas, com alteração das rochas. Nos afloramentos visitados o material é mais argiloso (sem matéria orgânica), constituindo uma rocha selante, no âmbito



do sistema petrolífero (Figura 4A e B), seguido de material arenoso (reservatório). Vale ressaltar ainda que não foram encontradas rochas geradoras (com presença de matéria orgânica)

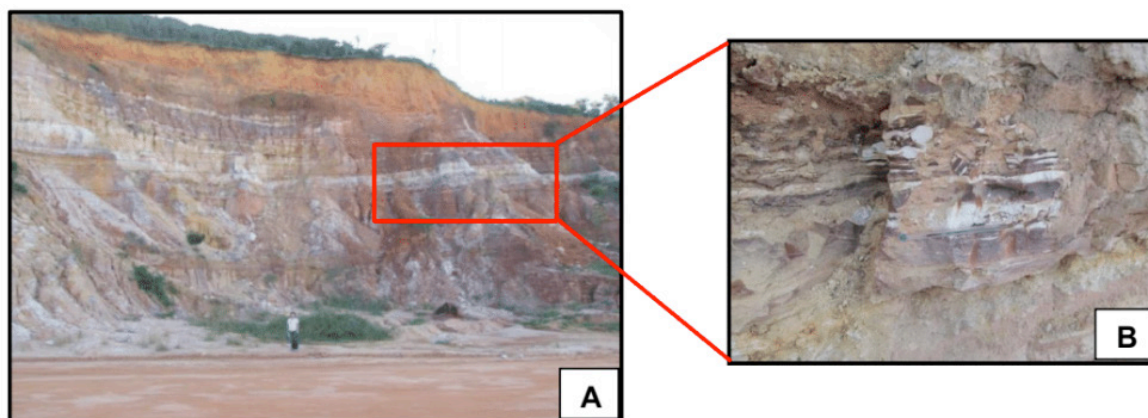


Figura 4: Visão panorâmica de um afloramento da Bacia Alagoas. A) Afloramento da Formação Barreiras. B) Detalhe da figura anterior: argilito intercalado entre arenitos.

Das rochas geradoras identificadas e coletadas, todas pertencem à Formação Maceió e correspondem a folhelhos e argilitos cinza escuros (com matéria orgânica, Figura 5A). Das rochas-reservatório encontradas, 90% referem-se a arenitos (formações Maceió e Barreiras) e 10% a carbonáticas e conglomerados (formações Formação Morro do Chaves, Penedo e Porção, respectivamente), sendo as coquinhas do Morro do Chaves (Figura 5B) as únicas rochas carbonáticas coletadas, e os conglomerados da Formação Porção, os únicos coletados.

A partir das informações obtidas gerou-se um banco de dados construído na planilha do Excel (sistema *Windows*), com as informações das amostras de rochas coletadas, sendo que parte dessas informações se encontra sintetizada em fichas catalográficas com as características de cada exemplar das rochas adquiridas, cujos dados estão presentes na **Tabela 1**.

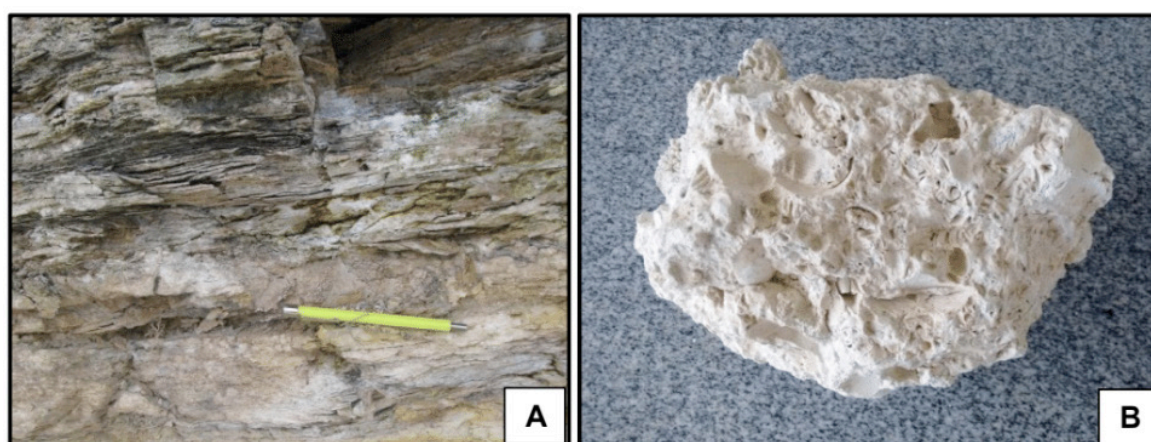
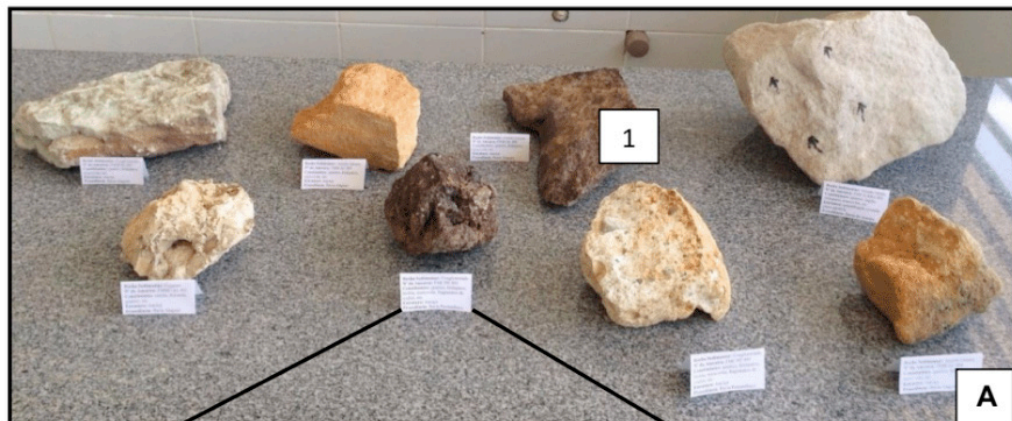


Figura 5: A) Folhelho cinza escuro (com matéria orgânica) da Formação Maceió (gerador); B) Amostra de calcário coquinóide (reservatório) coletada na Formação Morro do Chaves.

	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
Rochas Sedimentares	Rocha Arenito	Rocha Arenito	Rocha Folhelho
	Nº da amostra: FMM/AL 001	Nº da amostra: FMM/AL 002	Nº da amostra: FMM/AL 001
	Procedência: Bacia Alagoas	Procedência: Bacia Alagoas	Procedência: Bacia Alagoas
	Principais Constituintes: quartzo, feldspatos e muscovita	Principais Constituintes: quartzo, feldspatos e muscovitas	Principais Constituintes: argila, quartzo e muscovita
	Cor: cinza	Cor: esbranquiçada	Cor: cinza escuro
	Classe: clástica	Classe: clástica	Classe: clástica
	Textura: Partícula areia média, grãos bem arredondados e moderadamente selecionados	Textura: Partícula areia grossa, grãos subarredondados e moderadamente selecionados	Textura: Partículas argilosa e grãos arredondados
	Estrutura: estratificação cruzada acanalada	Estrutura: maciça	Estrutura: laminar
	Sistema Petrolífero: reservatório	Sistema Petrolífero: reservatório	Sistema Petrolífero: gerador

Tabela 1 – Modelo de ficha catalográfica de rocha

Os exemplares das rochas coletadas e catalogadas estão alocados no Laboratório de Sedimentologia, Estratigrafia e Geologia do Petróleo, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (Figura 6A, B e C), com visibilidade apropriada para os discentes internos e visitantes externos a UFAL.



**Rocha Sedimentar:** Conglomerado  
**Nº da Amostra:** 009  
**Procedência:** Fm. Maceió/AL  
**Constituintes:** quartzo, feldspatos, muscovita, opacos, fragmentos líticos, etc.  
**Estrutura:** maciça

**B**





**Figura 6:** A) Bancada com exemplares de rochas sedimentares constituintes do sistema petrolífero, coletadas nas visitas de campo e catalogadas. B) Etiqueta de identificação com rocha. C) Bancada com exemplares de rochas sedimentares constituintes do sistema petrolífero (gerador, reservatório e selante), coletadas nas visitas de campo e catalogadas.

As imagens da Figura 7 mostram alguns exemplares de rochas sedimentares constituintes do sistema petrolífero das formações Penedo, Morro do Chaves, Maceió e Barreiras, Bacia Alagoas.





**Figura 7:** A) Bancada com exemplares de rochas sedimentares constituintes do sistema petrolífero (gerador, reservatório e selante), coletadas nas visitas de campo e catalogadas. B) Estante com exemplares de rochas sedimentares constituintes do sistema petrolífero (gerador, reservatório e selante), coletadas nas visitas de campo e catalogadas.

#### 4 | CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho, pôde-se verificar a forte ligação entre as áreas da Geologia e da Engenharia de Petróleo, visto que a primeira auxilia a segunda na caracterização das rochas e associação das mesmas ao sistema petrolífero, o que é imprescindível para as áreas relacionadas ao estudo de petróleo.

No que se refere ao desenvolvimento deste trabalho, a realização do mesmo deu a oportunidade de se conhecer afloramentos que apresentam rochas do sistema petrolífero, como geradora, reservatório e selante, na Bacia de Alagoas. Isso auxilia os pesquisadores a entender de maneira simplória, mas significativa, alguns aspectos que condicionam ou não a acumulação de petróleo numa bacia sedimentar, pois este fenômeno depende de vários fatores, entre eles: os tipos de rocha, ambientes deposicionais, evolução da bacia, presença ou ausência de matéria orgânica na rocha geradora (de determinada bacia), entre outros fatores.

Vale ressaltar ainda que, para os estudantes, trabalho como este abre uma oportunidade de aprendizado que vai além do conteúdo visto em sala de aula.

Assim, com a finalização desse trabalho espera-se que os alunos tenham acesso a um laboratório completo, bem estruturado, com diversidade de amostras de rochas representativas do sistema petrolífero da Bacia Alagoas, organizadas de forma didática e prática, a fim de contribuir com a consolidação do conhecimento e melhoria na dinâmica das aulas práticas de rochas.

Como uma forma de propagação deste conhecimento, as amostras expostas no laboratório ajudarão outros alunos a entender esses mecanismos e aguçará a



curiosidade deles na referida área da engenharia.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS NETO, O. P. A.; LIMA, W. S.; CRUZ, F. E. G. **Bacia de Sergipe-Alagoas**. Boletim de Geociência da Petrobras, Rio de Janeiro, 2007.

FEIJÓ, F. J. **Bacias de Sergipe Alagoas**. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, 1994.

International Energy Agency. 2013. Disponível em <[http://www.repsol.com/es\\_en/corporacion/conocerrepsol/contextoenergetico/matriz-energetica-mundial/](http://www.repsol.com/es_en/corporacion/conocerrepsol/contextoenergetico/matriz-energetica-mundial/)>. Acesso em: 15 jan. 2016

ILVA, D. R. A.; MIZUSAKI, A. M. P.; MILANI, E.; TASSINARI, C. C. **Idade deposicional da Formação Bananeiras (Bacia de Sergipe-Alagoas): uma aplicação do método radiométrico Rb-Sr em rochas sedimentares**. Boletim de Geociências da Petrobras, 2006.

LIRA, A. R. DO A. **Caracterização em ultiescala de análogos de reservatórios da Formação Maceió (Aptiano Da Bacia De Alagoas), nas regiões de Japaratinga e Morros De Camaragibe – Al**. Tese de Doutorado – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

MADUREIRA, J. B.; ATENCIO, D.; MCREATH, I. **Minerais e rochas: constituintes da terra sólida**. In: TEXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M. DE; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLII, F. (org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2001.

MORAIS, J. M. DE. **Petróleo em águas profundas: Uma história tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore**. Brasília, 2013. PETROBRAS.

NASCIMENTO, M. C.; LIMA FILHO, M. L.; LIRA, B. G.; SIQUEIRA, D.V.; LIRA, A. R. **Características petrográficas em canais de reservatórios aflorantes da Formação Maceió**. Recife, 2013.

## CONSTRUÇÃO DE INFRAESTRUTURA HIDRICA PARA A CONVIVÊNCIA NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA, PARAÍBA

### **Adriana Maria dos Santos**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Romulo Wilker Nery de Andrade**

Instituto Federal do Rio Grande do Norte -  
Campus EaD, Departamento de Educação  
Ambiental

### **Adriano da Silva Félix**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Polyana Marta da Silva**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Hevelyne Figueirêdo Pereira**

Universidade Federal da Paraíba, Departmaneto  
de Geografia

### **Luara Lourenço Ismael**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Recursos Naturais

Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, no nordeste brasileiro. Fazendo uso da metodologia estudo de caso em observações dos processo construtivo de infraestrutura hídrica de armazenamento de água – cisternas, poços amazonas e caixa d'água- no município de Água Branca – Paraíba. Como resultados mostrou-se satisfatório o ordenamento do processo construtivo, gerador de emprego e renda, e reduzido impactos ambientais, tornando-se uma atividade sustentável e geradora de qualidade de vida no semiárido brasileiro. Em razão da escassa literatura estudos sobre o tema tornam-se desafiadores e importantes para disseminar conhecimento a outras nações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Infraestrutura, recursos hídricos, semiárido, sustenta-bilidade, qualidade de vida.

**RESUMO:** A inserção de políticas públicas para o semiárido é atualmente um forte preocupação em razão dos sofrimentos que as variações climáticas transedem aos viventes do nordeste brasileiro. A água, como elemento essencial a vida, torna-se escassar em por longos períodos durante o ano. Nesta razão o presente estudo, objetivou analisar a importância das construções de infraestruturas hídricas de convivência com semiárido voltada a agricultura familiar, com o financiamento do PRONAF – Programa

### 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil vem sofrendo mudanças climáticas que cada vez mais afetam o modo de vida do homem do campo, acarretando no êxodo rural e no modo de produção agrícola. Pensando nisso, o governo federal vem, desde longas datas, promovendo o acesso ao financiamentos com linhas de créditos voltadas especificamente a construções de infraestruturas hídricas voltadas

a convivência com o semiárido, direcionadas ao público atendido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, através do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, intitulada de PRONAF SEMIÁRIDO, onde os estabelecimentos da agricultura familiar podem ter acesso a esses recursos mediante apresentação de projetos elaborados e acompanhados por empresas responsáveis pela assistência técnica e extensão rural de cada unidade da federação brasileira ou empresas privadas, além de programas específicos, como exemplo, o Programa de 1 Milhão de Cisternas do Ministério do Desenvolvimento Social.

Estes programas tem como objetivo prover a captação e o armazenamento das água pluviais, tanto para consumo humano e/ou animais domésticos, como também para a sua utilização nas cultivares dos empreendimentos da agricultura familiar, promovendo assim água de qualidade e geração renda durante os períodos de estiagem conferindo melhoria na qualidade de vida do homem do campo.

Segundo, o Manual de Crédito Rural (Banco Central do Brasil – Agosto/2013), o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) destina-se a estimular a geração de renda e melhorar o uso da mão de obra familiar, por meio do financiamento de atividades e serviços rurais agropecuários e não agropecuários desenvolvidos em estabelecimento rural ou em áreas comunitárias próximas.

Onde, a linha de Crédito PRONAF SEMIARIDO financia investimentos em projetos de convivência com o semiárido, focados na sustentabilidade dos agroecossistemas priorizando infraestrutura hídrica e implantação, ampliação, recuperação ou modernização das demais infraestruturas, inclusive aquelas relacionadas com projetos de produção e serviços agropecuários e não agropecuários, de acordo com a realidade das famílias agricultoras da região Semiárida, tendo a assistência técnica obrigatória.

Tendo um público estimado em 1,6 milhões de agricultores familiares presentes no semiárido brasileiro, para a safra 2013/2014, destinou cerca de 7 bilhões de reais para projetos com base na infraestrutura hídrica de convivência com a estiagem através do crédito semiárido, dentre estes, contemplando sistemas produtivos com reserva de água, (Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2013).

A busca por água seja através da sua captação e armazenamento de águas pluviais ou a busca no lençol freático principalmente durante o período de estiagem eleva a procura pela população rural de tecnologias que venham a suprir suas necessidades, onde inserido nesse contexto as famílias vem a financiar construções de infraestruturas, como: poços amazonas, cisternas, tanques, barreiros, barragens subterrâneas, caixas d'água entre outros, sendo empregados os mais variados métodos construtivos desde alvenaria tijolo comum, alvenaria blocos cerâmicos, alvenaria pedra natural, concreto armado, concreto pré-moldado em forma de anéis ou placas. Onde estas construções são executadas dentro de um cronograma de execuções preestabelecidas no projeto, respeitando cada etapa, conforme liberação do aporte financeiro pela instituição credora, utilizando de materiais encontrados na região ou até mesmo na propriedade como o caso da areia, pedra natural, água, madeiras e

até mesmo a mão de obra a ser utilizada, em que alguns casos faz parte do projeto com contrapartida financeira da família, tornando assim essencial o conhecimento sobre edificações por parte do construtor e prestador da assistência em saber analisar os materiais a serem utilizados, evitando assim, o comprometimento da qualidade, orçamento e especificações da edificação.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a importância das construções de infraestruturas hídricas de convivência com semiárido voltada a agricultura familiar, com o financiamento do PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, no nordeste brasileiro.

Afim de atingir o objetivo propostos a metodologia em uso foi o estudo de caso, em uma área de estudo definida que é o município de Água Branca, localizado na microregião da Serra do Teixeira, no sertão da Paraíba, sua população de 9.990 hab./km<sup>2</sup> e área de 236,608 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009). Ver figura 01.

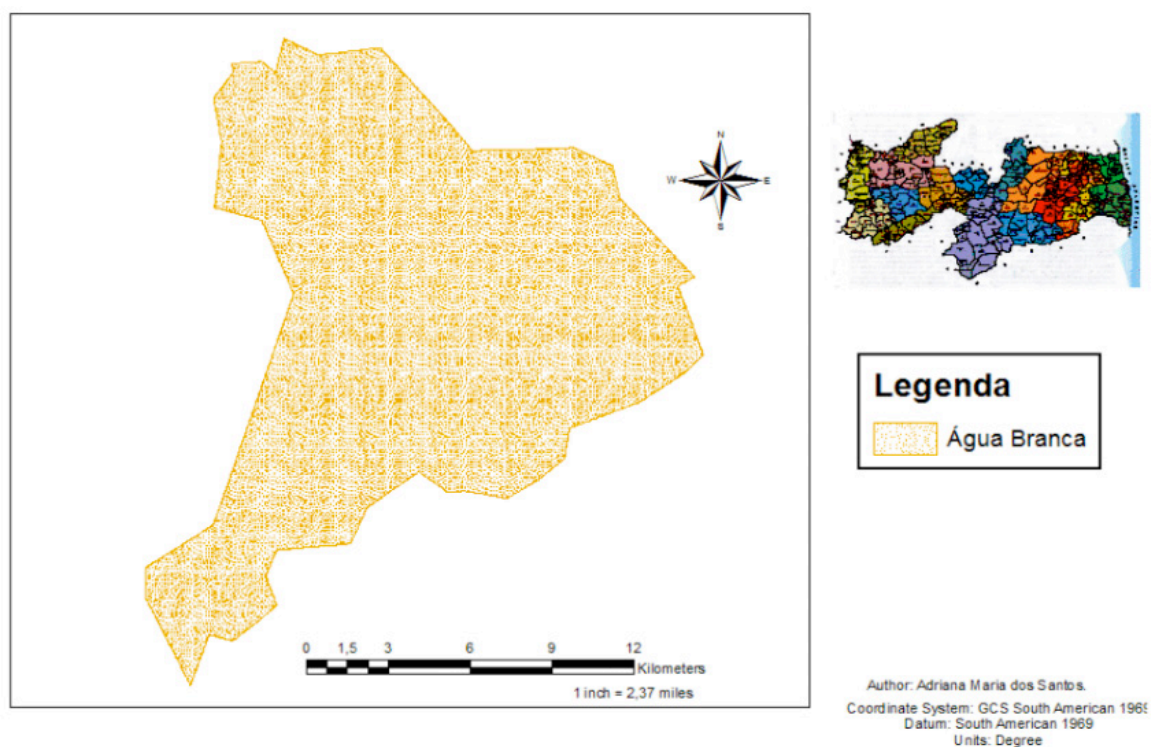


Figura 01: Área de estudo, Água Branca – PB.2015.

A mesorregião do sertão paraibano apresenta barragens e açudes secos pela falta de água devido aos longos períodos sem chuvas e a população sofre com as estiagens que perduram por anos. Partindo desse pressuposto, o governo federal tenta minimizar o problema da falta de água ou má distribuição com a construção de cisternas na zona rural para as famílias carentes para que seja armazenada água no período de chuvas e depois utilizada na seca (LUCENA et, al. 2015).

Dividindo-se o estudo de campo em fases: (1) Análise bibliográfica e coleta de dados nos sítios eletrônicos do Ministério Desenvolvimento Agrário - MDA, e Ministério de Desenvolvimento Social – MDS, (2) Visita em campo para acompanhamento do



processo de construção de infraestrutura hídrica com registro fotográfico em câmera convencional. Com o Programa de 1 Milhão de Cisternas, foram financiadas pelo MDS, por volta de 556.370 cisternas, o município de Água Branca recebeu o financiamento de 553 cisternas no período compreendido entre 2011 e 2013, onde este número passa a ser bem maior, relacionando outros meios de financiamentos, como PRONAF, Fundos Rotativos e Particulares (Ministério do Desenvolvimento Social – MDS/ 2014).

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Métodos construtivos na construção de infraestrutura hídrica (cisternas, poços amazonas, caixas d'água) no Brasil**

A cisterna é uma tecnologia popular para a captação de água da chuva, onde a água que escorre do telhado da casa é captada pelas calhas e cai direto na cisterna, onde é armazenada.

Segundo Marçal et, al, (2014), o programa apresenta modalidades das cisternas que são determinadas de acordo com as regiões e famílias beneficiadas. A cisterna do tipo calçadão que capta água por meio de uma área feita de cimento e a leva para uma cisterna convencional do tipo placa, ela é usada bastante para abastecimento animal e para a produção agrícola, a água captada advém totalmente das chuvas.

Havendo variados tipos de métodos construtivos a se utilizar na construção de uma cisterna, variando conforme o material a ser empregado, como exemplos, cisterna de placa de cimento, encontrada em todo o Nordeste, utilizada por comunidades de pequenos agricultores, hoje estar sendo absolvida esta tecnologia por pequenos empreiteiros e prefeituras tendo como característica confeccionadas em placas de cimento e estando até 2/3 enterrada no chão; cisterna de tela e arame, construídos com auxílio de formas de chapa de aço, a construção normalmente se situa acima do solo; cisterna de tijolos, construção a base de tijolos comum e argamassa de cimento cal, ficando maior parte enterrada ao chão. Ambos métodos construtivos demandam o planejamento da execução, garantia de segurança do trabalho, armazenamento seguro dos materiais e ferramentas, os transportes e deslocamentos necessários. Execução de serviços de capinação, limpeza manual do terreno, remoção de toda matéria orgânica da superfície, cortes de árvores e destocamentos, destino adequado do material removido, escavações e aterramento, para a execução dos serviços se faz necessário a utilização de mão de obra qualificada, bem como o respeito as dosagens do concreto e argamassa a serem utilizados. Como é possível visualizar na figuras 02 para cisternas e figura 03 para poços amazonas e figura 04 caixas d'água.



Limpeza e Escavação do local da construção da cisterna



Formação da base da cisterna - contra piso em concreto



Execução da alvenaria com placa de cimento pré-moldada



Revestimentos e acabamentos com argamassa de cimento em cisterna de placas

Figura 02: Construção de cisternas, Água Branca – PB, 2015.

A mão de obra era constituída de pedreiro e 2 serventes, sendo estes da própria unidade familiar.

A cobertura de uma cisterna de placas possui um diâmetro de 3,4m, com uma área de captação de 9,0 m<sup>2</sup>. Assim, considerando uma precipitação pluviométrica anual de 600 mm [0,6 m], com uma eficiência de captação de 80% [0,8], a cobertura de uma dessas cisternas pode captar um volume de 4.320 L de água de chuva (XAVIER, 2014).

Edificações de infraestrutura hídrica, constituída de poço amazonas de dimensões 3.0m x 6.0m em alvenaria de tijolo comum e caixa d'água em manilha para irrigação, ver figura 03. A infraestrutura hídrica dos poços amazonas, são destinados a irrigação, formação de hortas e pequenos pomares, e para consumo dos animais, além da produção de alimentos para a subsistência, os pequenos agricultores produzem alimentos agroecológicos e orgânicos para venda.



Escavação do poço amazona, utilizando métodos manuais com ferramentas, enxada, pá, picareta, chibanca e alavanca.



Construção da base do poço ao realizar a execução de anel com estrutura em concreto armado



Execução de alvenaria de elevação com blocos cerâmicos, utilizando como amarração pilares e cintas em concreto armado

Figura 03: Construção de Poços Amazonas, Água Branca- PB, 2015.

Para a caixa d'água utilizou-se forma em chapa de aço para a construção das paredes em concreto armado, constituídas por manilhas, sendo cada uma com dimensões 3 metros de diâmetro com 50 centímetros de altura.





Preparo do solo e estruturação de uma caixa d'água



Execução da concretagem na forma (manilha) de aço



Estrutura pronta, sendo utilizada na irrigação pelo método da gravidade nas culturas de maracujá e frutíferas diversas.

Figura 04: Construção de caixas d'água, Água Branca- PB, 2015.

Para a caixa d'água foi escolhido o local de maior altitude da propriedade no intuito de aproveitar a declividade acentuada para a implantação de sistema de irrigação por gravidade. De início fez-se a limpeza e planeamento da área de construção do tanque, seguido de concretagem da base com concreto de 3cm de espessura, após utilizou-se de tela de ferro  $\frac{1}{4}$  sobre o concreto e após mais uma camada de concreto com espessura de 4 cm. Resultado, após execução da obra e com o início do período chuvoso, o poço ira suprir as necessidades hídricas da propriedade, tanto para irrigação, como exibido na foto arroz, como também ao consumos dos animais durante o período de estiagem.

As edificações hídricas são construídas no propósito de diminuir o déficit hídrico na propriedade e promover a utilização de métodos de irrigação de baixo consumo de água. Para Gnadlinger, (S/A) o programa de construção de cisternas só é aconselhável, se todas as casas de uma comunidade podem receber sua cisterna dentro de um curto espaço de tempo. Se somente em uma ou algumas poucas casas uma cisterna será construída, os outros membros da comunidade irão buscar água lá durante o próximo período seco e logo a cisterna estará vazia. Além do risco de rachaduras, que isso



acarretaria, deixaria os moradores com a impressão, que a cisterna não resolve o problema da falta de água, pois “depois de dois meses não tinha mais nenhuma gota d’água”.Mostrando também a necessidade de um boa manutenção nas edificações hidráulicas.

### As construções hidráulicas e as políticas de públicas para a sustentabilidade no semiárido

Compreende-se semi-árido como um sistema sócio-ambiental complexo onde se observam processos materiais de ordem física, biológica, simbólica, econômica, política e tecnológica que podem comportar-se para a sustentabilidade ou a insustentabilidade da região (DIAS, 2004).

O conceito de sustentabilidade é um dos princípios do P1MC que se articula e associa várias instituições da sociedade civil, tais como: Igrejas (pastorais sociais, Cáritas diocesanas, Diaconia, etc.), Organizações Não-Governamentais (ONG’s), sindicatos, entre outras. Várias ações integram o P1MC visando a mobilização social e formação da cidadania baseadas na sustentabilidade. O ponto primordial é a construção de um milhão de cisternas. A ação faz parte de uma iniciativa maior, encontrando outras alternativas para a falta de organização e de recursos, notadamente os hídricos, na região semi-árida. O público alvo do Programa são as famílias residentes na zona rural dos municípios da região semi-árida, sem fonte de água potável nas proximidades de suas casas ou com precariedade nas fontes existentes (PONTES E MACHADO, 2009).

Nesta perspectiva o fluxograma abaixo mostras os impactos positivos que as construções hidráulicas vem causando no semiárido brasileiro.

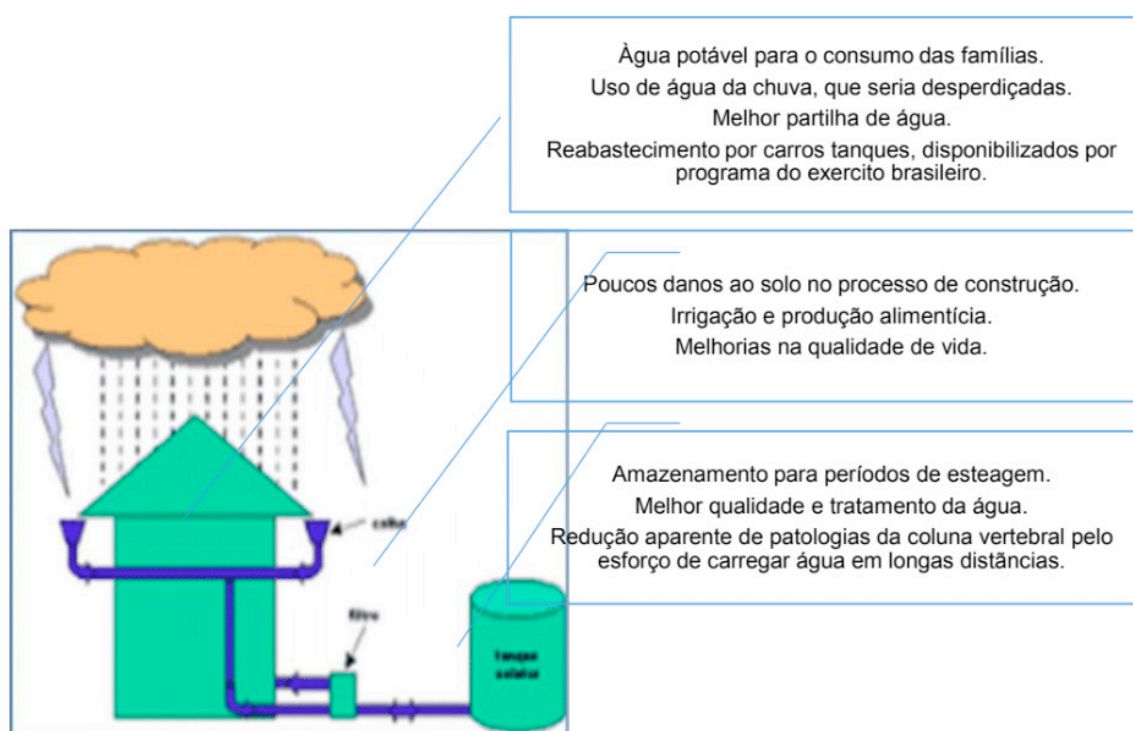


Figura 04: Impactos positivos e benefícios na utilização de construções hidráulicas de armazenamento de água, 2015.

As construções hidráulicas têm demonstrado ser um dos recursos apropriados para se conviver, de forma permanente, com a realidade semi-árida e, em particular, com os efeitos da seca. São sistemas simples, ao alcance da maior parte da população, cujos benefícios são tão evidentes que dispensam maiores comentários (SONDA, et. al.,2009).

Estudo realizado por Lucena et. al, 2015, revela mais um apontamento positivo que esse projeto do governo federal, através da construção das mil cisternas em todo território brasileiro, tem sido fundamental para que as famílias não migrem para outras regiões e busquem no seu local de origem sobreviver através da agricultura ou criação de animais de pequeno porte.

As melhorias trazidas pela implantação dos programas que facilitam a aquisição de infraestrutura hidráulica, sobrepõem impactos negativos que a atividade possa trazer para o semiárido.

## 2 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos métodos construtivos a realidade da construção civil especificamente a construção de infraestruturas hidráulicas observou-se necessidade da aplicação de planejamento e adequação dos processos as normas de segurança, controle de qualidade exigindo do responsável pela obra um olhar crítico sobre as estruturas envolvidas no processo de execução, seja a mão de obra, buscando o incentivo a qualificação desses atores, padronização dos procedimentos de execução dos serviços, busca pela melhoria da qualidade dos materiais empregados, nesta perspectiva, contribuindo com a melhoria da qualidade do produto final.

O estudo mostrou que o processo construtivo de infraestrutura hidráulica no município de Água Branca – PB, vem sendo positivo na redução de impactos ao meio ambiente, geração de emprego e renda, qualidade de vida e geração de saúde para as famílias beneficiadas.

O construção de estruturas hidráulicas voltadas a convivência com o semiárido é um mercado em expansão em vista das mais variadas políticas públicas, ações humanitárias e a necessidade do homem de conviver com as frequentes variações climatológicas que assolam o semiárido brasileiro, porém ainda não existe um estudo específico sobre as tecnologias empregadas a execução destas obras estruturantes ou avaliação dos impactos para o desenvolvimento social do homem do campo. Nesse sentido, o estudo sobre a temática necessita de um olhar mais amplo tanto no processos construtivos quanto os impactos ambientais causados na busca de melhorias sustentáveis para o semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ASA. Programa de formação e mobilização social para a convivência com a semi-árido: um milhão de cisternas rurais – P1MC. Recife: Articulação no Semi-Árido Brasileiro. 2001. 83 p.

**Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf.** 2014. Disponível em: [http://www.bcb.gov.br/pre/bc\\_atende/port/PRONAF.asp#1](http://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/PRONAF.asp#1) Acesso em: 26 abr. 2014

**Pronaf Semiárido.** 2014. Disponível em: <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/pronaf/2258856> Acesso em: 01 de jan. 2017.

**Cisternas.** 2014. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoagua/cisternas> Acesso em: 26 abr. 2014.

Luna, Hermes. **Paraíba recebeu 25,4 mil cisternas, mas em 27 cidades não há uma só unidade; veja relação.** 2014. Disponível em: [http://portalcorreio.uol.com.br/noticias/cidades/agua-e-esgoto/2013/12/03/NWS\\_232576,4,69,NOTICIAS,2190-PARAIBA-RECEBEU-MIL-CISTERNAS-MUNICIPIOS-UNIDADE-CONFIRA-RELACAO.aspx](http://portalcorreio.uol.com.br/noticias/cidades/agua-e-esgoto/2013/12/03/NWS_232576,4,69,NOTICIAS,2190-PARAIBA-RECEBEU-MIL-CISTERNAS-MUNICIPIOS-UNIDADE-CONFIRA-RELACAO.aspx). Acesso em: 30 abr. 2014.

Jones, A., Reed, R. and Weyers, J., 1998 – “**Practical Skills in Biology**”. 2ª edition. Longman Scientific & technical (ed), New York.

FRANÇA, F.M. de C.; OLIVEIRA, J.B.; ALVES, J.J.; FONTENELE, F. das C. Barros.; FIGUEIREDO, A.Z.Q. **Cisternas de Placas: Construção, uso e Conservação.** Governo do Estado do Ceará – Secretaria de Recursos Hídricos. Fortaleza. 2010. Disponível: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/intem/29532/1/Cartilha-volume-2-Cisternas-de-placas-.pdf>. Acesso: 30 de dez. de 2016.

COSTA, W. D. **Manual de barragens subterrâneas: conceitos básicos, aspectos locacionais e construtivos.** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco-PE, 1997.

J Gnadlinger, **Apresentação Técnica de diferentes Tipos de Cisternas**, IRPAA, C. P. 2. Juazeiro BA.

PONTES Emilio Tarlis Mendes; MACHADO Thiago Adriano. PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS RURAIS NO NORDESTE BRASILEIRO: POLÍTICAS PÚBLICAS, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONVIVÊNCIA COM O SEMI-ÁRIDO. XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, São Paulo, 2009, pp. 1-25. Disponível em: [http://www.geografia.ffe.usp.br/inferior/laboratorios/agraria/Anais%20XIXENGA/artigos/Pontes\\_ETM.pdf](http://www.geografia.ffe.usp.br/inferior/laboratorios/agraria/Anais%20XIXENGA/artigos/Pontes_ETM.pdf) Acesso em: 03 de jan. de 2017.

BRASIL. MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, AQUICULTURA, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/integracao-lavoura-pecuaria-silvicultura/programas>. Acesso em: 27 jul. 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251670>. Acesso em 01 jan. 2017.

DIAS. R.B. Tecnologia social e desenvolvimento local: reflexões a partir da análise do programa Um milhão de cisternas. **Revista Brasileira de desenvolvimento regional.** Blumenau, 1 (2), P. 173-189, 2013.

Marçal, Nelly Alexandre; Santos, Adriana Maria dos; Sousa, Maria Elisangela Lima Firmino; Pinto, Érika do Nascimento Fernandes .A RELEVÂNCIA DAS CISTERNAS PARA O MEIO AMBIENTE E AGRICULTORES DO SERTÃO PARAIBANO. Anais do **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** - Vol. 2: Congestas 2014. ISSN 2318-7603. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas/> Acesso em 13 de agos de 2015.

XAVIER, Maria Isabel Cacimiro. NOVAS TECNOLOGIAS PARA MELHOR APROVEITAMENTO

DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA, Anais do **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** - Vol. 2: Congestas 2014. ISSN 2318-7603. Disponível em:< <http://eventos.ecogestao.brasil.net/congestas/>> Acesso em 18 de agos de 2016.

LUCENA,Susana Cristina Batista Lucena, MARÇAL Nelly Alexandre ; SANTOS Adriana Maria dos; MARÇAL, Nadelly Nathanna Alexandre; SOUSA ,Maria Elisangela Lima; SANTOS NETO, Francisco Theotônio dos. A IMPORTÂNCIA DAS CISTERNAS PARA A SOBREVIVÊNCIA DOS AGRICULTORES NO INTERIOR DA PARAÍBA. **XII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 2015.**



## DEFENSAS NÁUTICAS DE POLIURETANO VEGETAL

### Graziella Trovati

Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos (IQSC) São Carlos – São Paulo.

### Haroldo Silva

Concessionária de Energia Elétrica do Grupo AES Brasil, AES Tietê Bauru – São Paulo.

### Edgar Aparecido Sanches

Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Física, Manaus – Amazonas.

**RESUMO:** O presente trabalho objetivou o estudo e a avaliação das propriedades físico-químicas e o comportamento mecânico de um poliuretano vegetal, derivado do óleo de mamona (*Ricinus communis*), para aplicação em defensas náuticas. A principal finalidade das defensas é operar como amortecedor de impacto. No Brasil, é generalizada a utilização de pneus velhos como defesa, o qual não tem resposta eficiente para o propósito de absorver impactos e, além disso, torna-se um sério problema ambiental quando são perdidos e submergem nas águas. Foram produzidos três modelos de defensas de espuma de poliuretano com célula fechada denominadas pelas respectivas aplicações e dimensões como: defesa lancha, defesa comboio e defesa muro-guia declusas. A caracterização do polímero foi realizada pelas técnicas de análise térmica, microestrutural e mecânica. Os

resultados indicam que os materiais possuem excelente estabilidade térmica, estrutura de espuma polimérica semicristalina, poros fechados, baixa densidade e comportamento viscoelástico. Esse comportamento agrega as características desejáveis às defensas, pois quando submetidas à compressão tem a propriedade de absorver quase toda a energia, depois devolvendo aos poucos na fase de restituição.

**PALAVRAS-CHAVE:** defensas, poliuretano, óleo de mamona,clusas.

**ABSTRACT:** This work was focused on the production and mechanical properties characterization of closed cells polyurethane foams derived from castor (*Ricinus communis*) oil, applied in the nautical fenders manufacture. The main purpose of the fenders is to operate as crashworthiness. In Brazil, the use of old tires as a fender is generalized, they have not efficient response for absorb impacts and also becomes a serious environmental problem when they are lost and submerged in the waters. Three polyurethane closed cell foam fenders models were developed and named by the respective applications and dimensions as: boat, convoy and guide wall fenders. The polymer characterization was performed using thermal analysis, microstructural and mechanical techniques. The results showed

that the material has excellent thermal stability. It is semi crystalline polymer foam, with closed pores and with low density. The viscoelastic behavior becomes desirable characteristics to the defenses, it means that polyurethane foam has the property of absorbing internally almost all energy when subjected to the compression charge cycle and return gradually that energy, restitution stage, during discharge cycle.

**KEYWORDS:** fender, polyurethane, castor oil, sluce.

## 1 | INTRODUÇÃO

A principal motivação para o estudo é mitigar uma série de transtornos e prejuízos associados às atividades marítimas, como a navegação, que utiliza pneus amarrados lateralmente nas embarcações servindo como defensas de proteção lateral. Os pneus usados como sistema de proteção lateral, em decorrência do enorme atrito entre o comboio e a parede lateral eclusa, se desprendem sendo, portanto, frequentemente encontrados submersos nas câmaras de eclusagem (Figura 1).



Figura 1. Exemplo de pneus retirados numa eclusa do Rio Tietê.

A eventual presença desse corpo no vão de fechamento das portas da eclusa pode produzir quebras mecânicas em comandos e acidentes, além da possibilidade de geração de multas ambientais. Sendo, essa uma questão ainda não regulamentada na hidrovia, possivelmente pelas ausências de alternativas que sejam mais eficazes como sistema de proteção lateral, economicamente viáveis e ambientalmente corretos.

O impacto ambiental decorrente da utilização crescente dos materiais de recursos não renováveis é um sério problema a ser resolvido, visto que esses materiais possuem um longo tempo de degradação, ficando acumulados e fazendo com que a poluição ambiental assuma proporções alarmantes. Nesse contexto, o interesse na utilização e na produção de materiais que tenham origem vegetal, principalmente polímeros, com caráter biodegradável e atóxico tem se intensificado com política em diversos setores da sociedade. Os polímeros de poliuretano utilizado nesse trabalho são derivados do óleo de mamona, que é uma matéria prima renovável de origem natural. O óleo de mamona que possui em sua composição 89,5% do triglicérido do ácido ricinoléico, é obtido da semente da planta *Ricinus communis*, encontrada em regiões tropicais

e subtropicais sendo muito abundante no Brasil. O ácido ricinoléico apresenta a peculiaridade de ser um dos poucos ácidos graxos naturais cuja estrutura química possui três grupos funcionais altamente reativos: o grupo hidroxila no 12º carbono, a insaturação no 9º carbono e o grupo carbonila no 1º carbono. Partindo do ácido ricinoléico obtém o poliálcool poliéster, matéria prima para a síntese dos poliuretanos, os quais são sintetizados pela reação de policondensação entre poliálcool e pré-polímero (FERINGTON, 1963)

Em virtude do exposto, faz-se necessário o estudo e o desenvolvimento de materiais poliméricos atóxicos que apresentam propriedades térmicas estáveis; grande resistência mecânica; comportamento viscoelástico. Além de materiais ambientalmente corretos e promissores para a proteção lateral de eclusas e embarcações.

### 1.1 Requisitos técnicos para defensas

As defensas têm importância preponderante no processo de acostagem, pois é a primeira fronteira entre as embarcações e a estrutura do porto. Desta forma, sua principal função é a absorção da energia cinética decorrente do impacto para garantir a proteção tanto das estruturas de acostagem como das embarcações. A dissipação da energia, depende do tipo de defesa, pode ocorrer por deformação elástica, sob a forma de calor ou de forças gravíticas ( P. J. ROSA SANTOS, 2010).

A seleção de uma defesa, além de estar relacionada à função principal que é de proteção, deve passar por outros critérios de avaliação como a vida útil ligada a fatores como o clima e intempéries, a frequência de solicitações, a gama de embarcações que nela acostam (M. MIRANDA GODINHO GREGO LEAL, 2010)

Outro aspecto importante a ser considerado, nesta seleção, está relacionado ao ângulo de impacto da embarcação durante a ação de acostagem, uma vez que as defensas são submetidas normalmente a esforços tangenciais. No caso de elevados ângulos de impacto esses esforços podem ocasionar a ruptura da defesa. No caso da hidrovia Tietê-Paraná as normas e procedimentos da Capitania Fluvial do Tietê-Paraná e seus Canais – NPCF/2012 - Anexo XVI, estabelecem que nas operações de acostagem de embarcações, as velocidades limites de aproximação dos muros-guias, para comboios com formação de duas chatas, padrão Tietê, mais empurrador deve ser de 1,00 m/s para a condição de comboio vazio e 0,80 m/s para comboio carregado, com ângulo de aproximação de 12 graus com o eixo longitudinal do muro-guia (CFTP - CAPITANIA FLUVIAL DO TIETÊ-PARANÁ, 2012).

A caracterização técnica de defensas deve estar de acordo com as normas da ABNT, ASTM ou norma equivalente com ensaios de dureza do elastômero, resistência à ruptura, resistência ao rasgamento, resistência à abrasão, resistência ao ozônio, ensaios de compressão, fadiga e durabilidade.

Outra característica desejável em defensas utilizadas pelas embarcações que operam em nossas hidrovias seria a flutuabilidade. O poliuretano utilizado para este fim

pode ser produzido com densidade controlada e desta forma, proporcionar à defesa uma densidade menor que da água permitindo sua recuperação em caso de perdas.

## 1.2 Inovação em defensas

O desenvolvimento e avaliação de materiais poliméricos, atóxicos, derivados do óleo de mamona, matéria prima renovável de origem natural, é o tema que vem sendo abordado pelos autores no estudo e produção de protótipos de defensas para aplicação náutica.

A filosofia de inovação do protótipo está centrada na aplicação de poliuretanos (PU) dedicados à absorção de energia dos choques, definidos como resiliêntes e com uma geometria operacional capaz de converter o atrito estático em atrito dinâmico entre a embarcação e a parede de acostagem.

Uma vez que, a indústria da produção de defensas vem lançando mão de materiais considerados não tradicionais, em substituição a borracha, no caso de algumas aplicações, o poliuretano, derivado do óleo de mamona, pelas suas propriedades físicas e químicas confere às defensas certos atributos, dentre os quais os mais importantes são:

- a) alta absorção de energia e baixa energia de reação - a defesa de espuma pode ser fabricada em vários formatos, tipos e densidades. As espumas de baixa densidade são mais macias e geram forças de reação menores. A estrutura das microcélulas da espuma contém pequenas bolhas de ar, cujo controle define a densidade do polímero final;
- b) fluviabilidade - a estrutura das espumas de célula fechada, mesmo perfurada ou danificada, mantém a fluviabilidade da defesa, como as células são separadas umas das outras, a água não pode migrar para o interior da espuma em adição destaca-se a pouca solubilidade do poliuretano em água;
- c) reforços - uma camada de reforço e uma de recobrimento pode ser aplicada durante o processo de produção das defensas, fios de nylon ou poliamida são utilizados na camada de reforço. A resistência será em função do número de camadas de filamentos e reforços adicionais podem ser aplicados nos pontos onde as tensões são mais elevadas;
- d) resistência ao desgaste - para aumentar a resistência ao desgaste, principalmente pelo atrito, uma camada externa de acabamento pode ser aplicada a defesa, combinando resistência e desgaste;
- e) segurança - mesmo quando muito solicitadas, as defensas de poliuretano de célula fechada não estouram ou explodem. No caso de um rompimento, perfuração ou rasgamento, as defensas poderão continuar em uso até que reparos possam ser efetuados, normalmente com cola específica;
- f) características gerais - podem ser construídas de acordo as dimensões desejadas, baixa reação e grande absorção de energia, operam de forma



flutuante ou suspensa.

## 2 | FABRICAÇÃO DE DEFENSAS DE POLIURETANO

### 2.3 Matéria-Prima

O poliuretano (PU) utilizado neste trabalho é produto de reação de dois componentes, pré-polímero e polioli, para formação de espuma de célula fechada. O polioli foi sintetizado a partir do óleo de mamona e o pré-polímero sintetizado a partir do difenilmetano diisocianato (MDI), associado a uma fração de polioli, também derivado do óleo de mamona. A relação estequiométrica foi de 1:1,5, respectivamente.

### 2.4 Fabricação dos Moldes

Foram confeccionados três tipos de moldes para a produção das defensas e para a realização de ensaios. Os moldes fabricados possuem formato cilíndrico com as seguintes dimensões:

- Molde 1 – Defesa lancha - ( $\phi \times L$ ) 140 mm x 430 mm;
- Molde 2 – Defesa comboio - ( $\phi \times L$ ) 300 mm x 600 mm;
- Molde 3 – Defesa muro-guia - ( $\phi \times L$ ) 450 mm x 900 mm.



As Figuras 2 a 4 ilustram os respectivos moldes e os componentes de alma interna.

Figura 2. Molde 1, defesa lancha.



Figura 3. Molde 2, defesa comboio vistas interna com alma de corrente.



Figura 4. Molde 3, defesa muro-guia e almas de corrente ou tubular.

Os moldes possuem na parte superior um orifício para injeção do polímero e válvula de controle de expansão dos gases, de modo a assegurar pressão interna na fase de expansão do poliuretano. O crescimento da espuma de PU é realizado na vertical, os volumes dos reagentes definem uma expansão controlada de massa e conseqüentemente, da densidade final do corpo da defesa.

Na parte central dos moldes foram inseridas as almas tubulares ou de correntes, cuja função é permitir a amarração para a instalação da defesa em campo.

## 2.5 Injeção de Poliuretano

A máquina injetora foi programada para dosar e injetar dois componentes, pré-polímero e polioliol, utilizados na geração de espumas de poliuretano, a partir de uma relação estequiométrica específica. Todo o processo envolveu reações controladas visando à geração, a expansão e a estabilização da estrutura celular do poliuretano. Isso garante a produção de espumas de densidade, porosidade e resistência pré-determinadas segundo as aplicabilidades requeridas.

Antes da injeção do PU os moldes receberam a aplicação de produto desmoldante para facilitar a extração da defesa do molde.

## 2.6 Revestimento de Proteção ao Atrito

O objetivo do reforço superficial é aumentar a resistência da defesa às forças de abrasão a que esta será submetida durante os processos de acostagem e eclusagem. Foram utilizados revestimentos de malha de poliamida como camada de proteção ao atrito para as defensas confeccionadas. A malha de reforço em poliamida foi inserida junto à parede interna dos moldes e, em seguida, injetada a espuma de poliuretano, mantendo-se expansão controlada do polímero. Isso foi realizado durante o próprio processo de injeção do PU, do seguinte modo: a) montagem de um cilindro de manta de poliamida; b) colocação no interior do molde a cerca de 3 cm da parede; c) posterior injeção de PU no molde. Dessa forma, a manta ficou diretamente inserida e fundida na matriz da defesa, com inserção a 3,0 cm ao redor de toda a borda. A Figura 5 ilustra o revestimento utilizado nas defensas.



Figura 5. Molde com a malha de revestimentos em poliamida pronto para a injeção do PU.

## 2.7 Acabamento externo das defensas

Foram realizados testes em algumas defensas com aplicação de camada de PU adesivo, cuja finalidade foi aderir o revestimento de proteção (manta de poliamida) ao corpo das defensas. A intenção foi avaliar a eficiência de resistência da defesa ao atrito e ao intemperismo nas duas condições, sem o revestimento externo e com a aplicação do revestimento externo na defesa, conforme ilustram as figuras 6 e 7, respectivamente.



Figura 6. Defesa sem revestimento.

O PU adesivo utilizado também é derivado do óleo de mamona tendo sido sintetizado a partir do pré-polímero e poliálcool na proporção estequiométrica 1:1.



Figura 7. Defesa com revestimento em poliamida.

## 2.8 Certificação

Os laboratórios credenciados para ensaios de defensas visando à certificação dos produtos foram o IPT e o INMETRO para realizar os testes e ensaios para a certificação de defensas. Por parte do IPT foi utilizado o LEME – Laboratório de Equipamentos Mecânicos e Estruturas, e pelo INMETRO foi o Centro Tecnológico de Polímeros - SENAI/RS.

Os ensaios para a certificação de defensas seguiram as normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e da PIANC (MARITIME NAVIGATION COMMISSION. WORKING GROUP 33, 2002) – International Navigation Association, relacionadas na sequência:

- NBR 11832 – Defensas portuárias e elastômeros: Esta Norma fixa as condições exigíveis para aceitação e recebimento dos elastômeros a serem empregados em defensas portuárias (agosto/1991);

- NBR 8360 – Elastômero vulcanizado - Esta Norma prescreve os métodos estatísticos de determinação do envelhecimento acelerado de elastômeros vulcanizados, em câmara de ozônio (janeiro/1984);

- NBR 7318 – Elastômero vulcanizado para uso em veículos automotores – Determinação da dureza - Esta Norma prescreve os métodos para determinação da dureza de elastômeros vulcanizados, por meio de um durômetro (abril/1982);

- NBR 11927 – Determinação da aderência entre elastômeros vulcanizados e metais – Esta Norma tem por objetivo fixar os procedimentos para verificação da aderência entre elastômeros vulcanizados e metais (1977);

- NBR 11240 – Utilização de defensas portuárias – Esta Norma fixa diretrizes para a utilização de defensas portuárias nas obras de acostagem (agosto/1990);

- NBR 8537 – Espuma flexível de poliuretano – Determinação da densidade – Esta Norma prescreve o método para determinação da densidade aparente de espumas



flexíveis de poliuretano (junho/2003);

- NBR 12828 – Defensas portuárias de elastômeros – Defensas em “V” – Tipos e dimensões – Esta Norma padroniza os tipos e dimensões de defensas portuárias de elastômeros em “V”, especificadas pela NBR 11832, nas condições de trabalho a que devem estar sujeitas (ver NBR 9782, NBR 11240, NBR 12095 e NBR12608) (abril de 1993);

- NBR 13009 – Defensas portuárias de elastômeros – Defensas cilíndricas axiais – Tipos e dimensões – Esta Norma padroniza os tipos e dimensões das defensas portuárias de elastômeros cilíndricas axiais, especificadas na NBR 11832, nas condições de trabalho a que estarão sujeitas (ver NBR 9782, NBR 11240, NBR 11832, NBR 12095, NBR 12608 e NBR 12828) (outubro/1993);

- MB 3436 – Defensas portuárias de elastômeros – Ensaio de compressão – Esta Norma prescreve o método para avaliar o desempenho das defensas, especificadas pela EB-2131, nas condições de trabalho a que estarão sujeitas (ver NB-989 e NB-1289) (setembro/1991);

- NBR 8910 – Espuma flexível de poliuretano – Determinação da resistência à compressão – Esta Norma prescreve o método para determinação da resistência à compressão de espumas flexíveis de poliuretano (junho/2003);

- NBR 8797 – Espuma flexível de poliuretano – Determinação da deformação permanente à compressão – Esta Norma prescreve o método para determinação à compressão de espumas flexíveis de poliuretano (junho/2003);

- NBR 8619 – Espuma flexível de poliuretano – Determinação da resiliência – Esta Norma prescreve o método para determinação da resiliência em espumas flexíveis de poliuretano (junho 2003);

- NBR 12608 – Defensas portuárias de elastômeros – Defensas cilíndricas – Carga lateral – Tipos e dimensões – Esta Norma padroniza os tipos e dimensões das defensas portuárias de elastômeros, cilíndricas, carga lateral, especificadas pela NBR 11832, nas condições de trabalho a que estão sujeitas (NBR 9782, NBR 11240 e NBR 12095, abril 1992);

- NBR 9782 – Ações em estruturas portuárias, marítimas ou fluviais – Esta Norma fixa os valores representativos das ações que devem ser consideradas no projeto de estruturas portuárias, marítimas ou fluviais (março 1987);

- PIANC 1984 – Report on the International Commission for Improving the Design of Fender System, Supplement to Bulletin N° 45 (1984);

- PIANC 2002 – Guidelines for the design of fender systems: 2002 – Report of Working Group 33 of the Maritime Navigation Commission.

### 3 | CARACTERIZAÇÕES DOS POLIURETANOS

Foram realizadas as caracterizações físicas e químicas de todos os poliuretanos aplicados nas defensas, tanto da espuma quanto do adesivo de revestimento. As caracterizações realizadas foram por:

- i) Termogravimetria da espuma e do adesivo: utilizada para avaliar a estabilidade térmica e as etapas de decomposição térmica;
- ii) Microscopia eletrônica de varredura da espuma: objetivou caracterizar a morfologia da espuma, medindo-se os diâmetros dos poros e especificando a geometria da mesma;
- iii) Difração de raios X da espuma: determinação do percentual de cristalinidade da espuma de poliuretano, através da relação entre as áreas relativas dos picos cristalinos e a área total da amostra;
- iv) Ensaio de compressão diametral das defensas: determinação dos diagramas de força e energia em função do deslocamento durante um ciclo de compressão e descompressão;
- v) Ensaio de propriedades: para a espuma - adesão a substrato rígido, compressão e resiliência; para o adesivo: - dureza Shore D, tração, resistência ao ozônio, envelhecimento, intemperismo acelerado e abrasão.

## 4 | RESULTADO

### 4.1 Termogravimetria (TG/DTG)

Os resultados obtidos na análise termogravimétrica realizado na espuma de poliuretano injetada e na resina adesiva são mostrados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Observa-se pelas curvas TG/DTG a perda de massa desse material com o aumento de temperatura, determinando assim o intervalo de temperatura em que este se mantém termicamente estável e seu processo de decomposição.

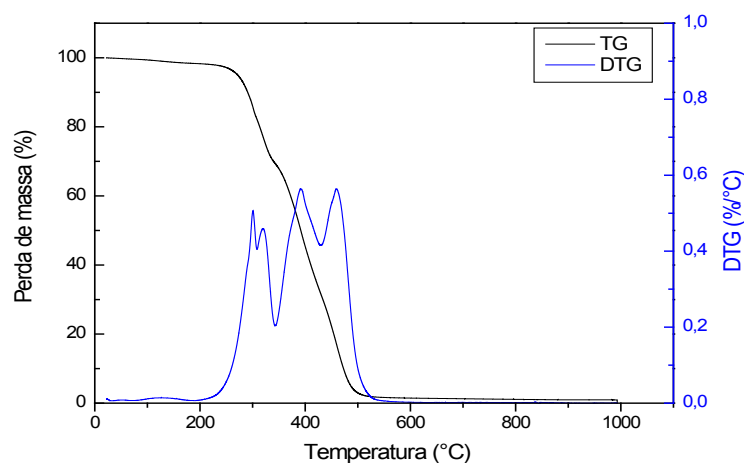


Figura 8. Curva TG/DTG da espuma de poliuretano obtida sob atmosfera dinâmica de N<sub>2</sub>.

A análise térmica da amostra (Figura 8) mostra que a decomposição da espuma de poliuretano se divide em três etapas. A primeira tem início entre a temperatura ambiente e a temperatura de 187°C, correspondente a 1,6 % de massa da amostra a qual pode ser atribuída à água de hidratação. A partir 156°C a 345°C há uma considerável perda de massa em torno de 29% e a terceira ocorre em um intervalo de temperatura de 345-867°C, com uma perda de massa de 68%.

A segunda e terceira etapas de decomposição observadas nas curvas TG/DTG mostram as perdas de massas de grupos de interesse. A segunda etapa mostra dois eventos consecutivos, decorrente da cisão da ligação uretana. De acordo com Dawn'isa et al. (2004) a decomposição da ligação uretânica começa em torno de 200°C. O polioli contribui para degradação em temperaturas maiores (LATERE DWAN'ISA et al., 2004).

A terceira etapa também considerada com dois eventos consecutivos foi relacionada à decomposição dos grupos ésteres do polioli (CANGEMI, 2006; TROVATI et al., 2010)

O estudo termogravimétrico realizado na camada de acabamento externo, resina adesiva. Foram obtidas as temperaturas de inicial e final de perda de massa como ilustra a Figura 9.

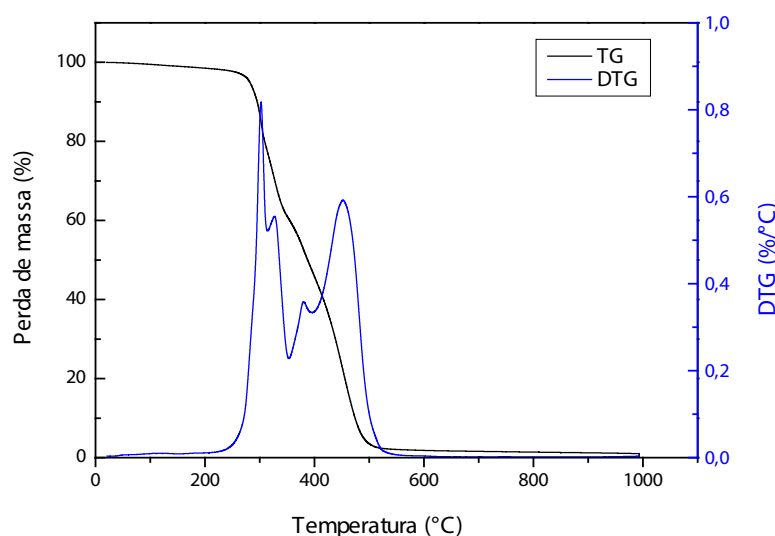


Figura 9. Curva TG/DTG do acabamento externo das defensas, resina adesiva, obtida sob atmosfera dinâmica de N<sub>2</sub>.

A resina adesiva mostra-se estável até a temperatura de 249°C, onde começa a perder massa em duas etapas de decomposição. A primeira etapa, começando em 249°C e terminando em 352°C apresenta uma perda de massa de 37%, referente ao rompimento das ligações uretanas. A segunda etapa inicia-se em seguida e termina em 527°C com uma perda de massa de 58%, consistindo na decomposição das ligações ésteres presentes no polioli. O restante 0,02% de resíduos são devidos à formação de carvão.

Em geral, os poliuretanos se decompõem em dois ou três eventos em atmosfera

inerte. Devido às diferenças estruturais existem variações entre as temperaturas de decomposição apresentadas na literatura (JAVNI et al., 2000; NARINE et al., 2007).

#### 4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Na avaliação do parâmetro morfológico de espumas de poliuretano produzidas pelo processo de injeção automático se observa a presença de poros com formato esférico, evidencia-se ainda a formação de pele, camada polimérica não espumada, na região interna da espuma (Figuras 10).

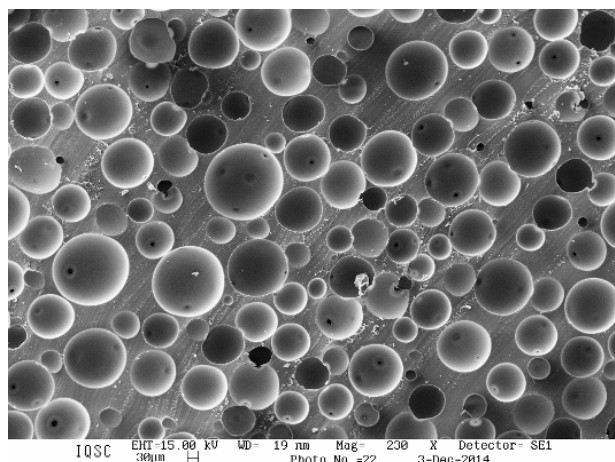


Figura 10. Micrografia de MEV da espuma de poliuretano obtida por processo de injeção, aumento de 230 x.

#### 4.3 Análises de Difração de Raios X e Percentual de Cristalinidade

A difratometria de raios X é o método mais direto para a determinação do percentual de cristalinidade de um polímero por meio da intensidade da radiação espalhada pela amostra (AKECEL RUD, 2007).

A Figura 12(a) ilustra o difratograma de raios X para a espuma de poliuretano de células fechadas.

O difratograma de pó apresenta um halo amorfo, um pico raso e largo localizado no intervalo entre  $35^\circ$  e  $50^\circ$  em  $2\theta$ , que é proporcional à fração mássica amorfa e as reflexões cristalinas. Enquanto, os picos entre  $8,5^\circ$  e  $19,7^\circ$  em  $2\theta$  integrados representam a fração mássica da região cristalina.

Utilizando-se os dados de difração da Figura 12(a) foi determinada a área amorfa, através da decomposição do perfil de DRX ilustrado na Figura 12(b) como a área abaixo da curva em vermelho. A área abaixo da curva preta ilustra a região semicristalina, estimando que a espuma de poliuretano de célula fechada possua cristalinidade de 33%.



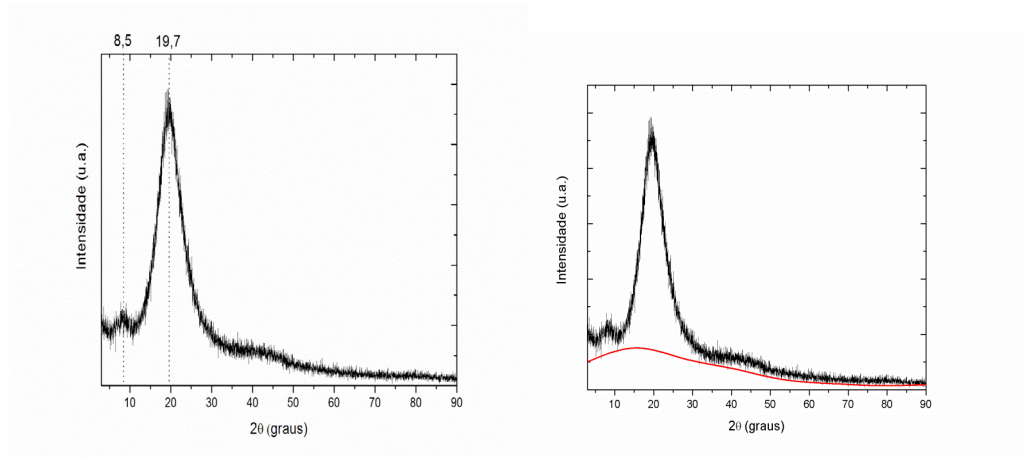


Figura 12. a) Difratograma da espuma de poliuretano de células fechadas; b) decomposição das contribuições não cristalina e cristalina.

#### 4.4 Compressão Diametral

Ao ensaiarmos um tipo de defesa, é conveniente submetê-la a um ciclo completo de carga e descarga, obtendo o diagrama como o apresentado na Figura 13. A energia absorvida em carga é dada pela área abaixo da curva de compressão (área 0cAB) e a energia restituída em descarga é dada pela área abaixo da curva de descompressão (área 0dAB). De modo que a região interna, histerese, é a energia dissipada (área 0cAd0) no processo sob a forma não mecânica.

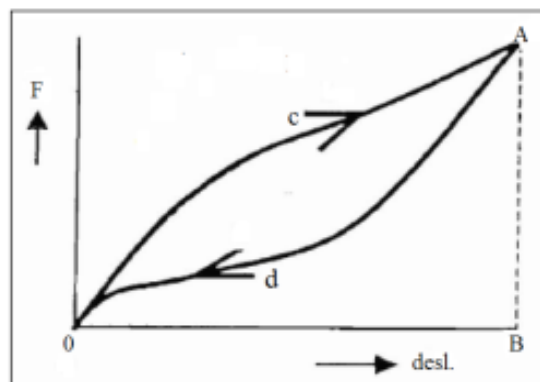


Figura 13. Diagrama de ensaio força x deslocamento (JAYME MASON, 1982).

Os resultados dos ensaios de compressão diametral para defensas lancha, comboio e muro-guia, representados em termos de força aplicada em função do deslocamento das defensas com diferentes velocidades de compressão, estão apresentadas na sequência.

O ensaio da defesa lancha com revestimento de poliamida pela curva de força versus deformação de até 60% do diâmetro original, Figura 14, mostra valores de forças máximas de 151kN; 93kN; 60kN e 32 kN para as respectivas velocidades de compressão de 160 mm/s; 20 mm/s; 6,5 mm/s e 0,5 mm/s.

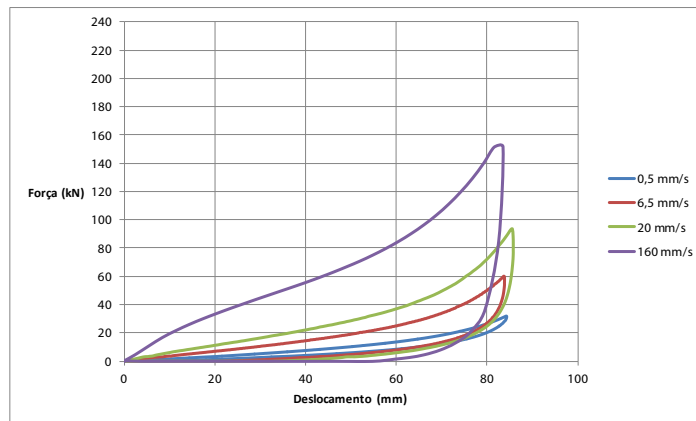


Figura 14. Curvas de força x deslocamento da defesa lancha cilíndrica (140x430mm) com revestimento poliamida.

O resultado obtido no ensaio da defesa comboio está apresentado na Figura 15. Observa-se pela curva que a força máxima aplicada para a defesa comboio sem revestimento foi de 655kN para um deslocamento de 60% do diâmetro original.

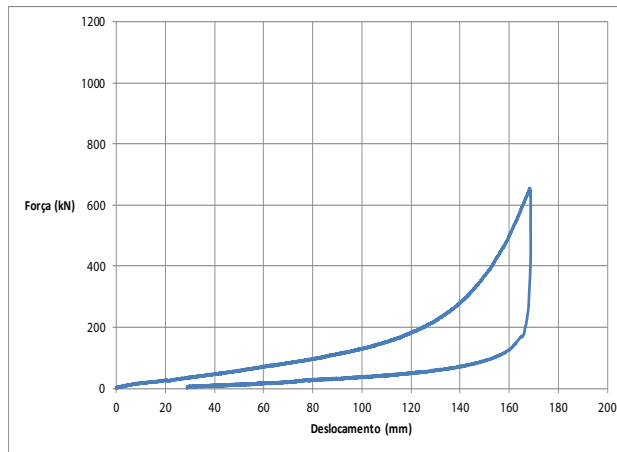


Figura 15. Curva de força x deslocamento da defesa comboio cilíndrica (300x600 mm).

A Figura 16 ilustra o comportamento da defesa muro-guia. Observa-se que para defesa muro guia cilíndrica (450x900mm), a força máxima atingida foi de 1225kN para uma deformação de 60% do diâmetro original.

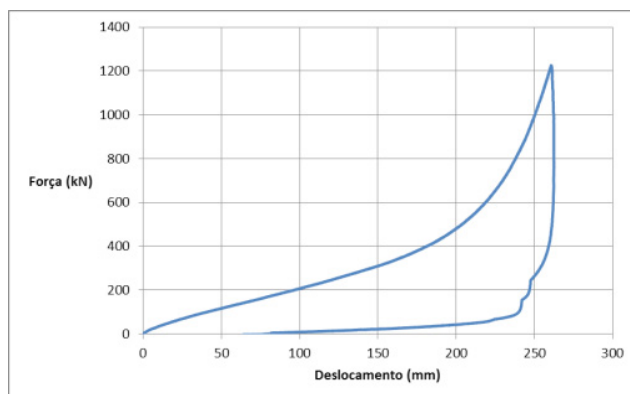


Figura 16. Curva de força x deslocamento da defesa muro-guia cilíndrica (450x900mm).

Assim, observa-se que na região final de deformação da defesa, definida como limite de 60% do diâmetro original, a força cresce assintoticamente. Dentre os aspectos relevantes podemos destacar como importante, a característica de absorção de impactos para as defensas desenvolvidas. De fato, tratar-se de um polímero viscoelástico que quando submetido à carga de compressão tem a propriedade de absorver internamente quase toda a energia, devolvendo aos poucos na fase de restituição. Note que a área embaixo da curva de carga é a energia absorvida e a região de histerese é a energia dissipada. No caso, o PU utilizado tem comportamento de puro absorvedor de energia, aspecto desejável as defensas.

Em outras palavras, o polímero tem baixíssima resiliência. A resiliência é determinada pela quantidade de energia devolvida após o impacto do material com uma massa conhecida, sendo medida pelo ricochete resultante. Um material perfeitamente elástico tem uma resiliência de 100% e um perfeito absorvedor de 0%.

## 5 | CONCLUSÕES

A baixa densidade da espuma concebida pela estequiometria entre polioli e pré-polímero garante a flutuabilidade natural das defensas. Essa característica é particularmente benéfica em áreas com flutuações do nível d'água, de maré ou sazonais, como é o caso de lagos de hidroelétricas, pois garante o auto-ajuste de contato entre a estrutura do muro-guia e a embarcação. Ademais, mesmo se desprendendo das amarras as defensas flutuantes podem ser recuperadas, diferentemente dos pneus.

As curvas termogravimétricas (TG/DTG) mostram que a espuma de célula fechada de poliuretano e a resina adesiva de poliuretano apresentaram estabilidade térmica de 187° e 249°C, respectivamente. Isso indica que abaixo dessas temperaturas os polímeros não apresentam possibilidade de sofrer decomposição térmica.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) da espuma de poliuretano do processo de injeção revelou que: os poros são fechados, formados de bolhas de gás, que não estouram no final da expansão do polímero, a distribuição diâmetros dos poros é homogênea resultando em uma qualidade superior na estrutura celular para a fabricação das defensas.

Os resultados das curvas força x deformação mostram uma relação linear até 40% de compressão do diâmetro original. Isso sugere o efeito elástico, como se fosse de pequenas molas de resposta ao esmagamento das células. Por outro lado, a partir de 40% até o limite de 60% de deformação em relação ao diâmetro original, predomina o efeito viscoso sugerindo ações de resposta de rearranjo estrutural ou deformação da matriz polimérica. Primordialmente, a principal característica e vantagem constatada nas defensas de espuma de poliuretano é o aumento proporcional da relação entre a força de reação e a absorção de energia. Essa relação promove baixa pressão no casco da embarcação e na estrutura de acostagem (cais). As defensas de poliuretano

são capazes de dissipar internamente uma parcela significativa de energia, isso assegura que o efeito de rebote entre a embarcação e o cais durante a ancoragem é minimizado.

Os resultados mostram que os protótipos de defensas de poliuretano produzidos absorvem mais de 90% da energia do choque e sua capacidade de restituição ao formato original é cerca de dois minutos após cessar a força de compressão.

Dados comparativos entre defensas de poliuretano comerciais e essas desenvolvidas com poliuretano vegetal mostraram que os protótipos possuem uma eficiência até dez vezes superior na absorção de energia.

O sistema de defensas desenvolvido deve produzir reflexos econômicos imediatos. Entre os quais se destacam: a melhoria da proteção da infraestrutura portuária e hidroviária (portos, cais e eclusas); a eliminação de riscos de acidente produzidos por pneus submersos que podem gerar o travamento de comportas de eclusas; a mitigação dos efeitos de atrito e conseqüentemente de produção de faíscas, que no caso de transposição de cargas inflamáveis, pode ser foco para incêndios e explosões.

Ademais, também merece destaque a questão da proteção dos ambientes aquáticos. Os pneus velhos são ineficientes como defensas, porém, como tem custo zero não há preocupação quando são perdidos e submergem nas águas. A eliminação do uso de pneus velhos como defensas é de plano muito relevante, visualmente poluem as águas e meio ambiente.

Certamente, os pneus carecem de ser banidos dessa aplicação. As defensas de PU de óleo de mamona são atóxicas, flutuantes, recuperáveis e eficientes no amortecimento de impactos.

## REFERÊNCIAS

AKECELROD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. 1. ed. Barueri: Manole, 2007.

CANGEMI, J. M. **Biodegradação de Poliuretano Derivado do Óleo de Mamona**. [s.l.] São Paulo - USP, 2006.

CFTP - CAPITANIA FLUVIAL DO TIETÊ-PARANÁ. **Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial do Tietê-Paraná**, 2012.

FERINGTON, T. E. Textbook of polymer science (Billmeyer, Fred W., Jr.). **Journal of Chemical Education**, v. 40, n. 9, p. A670, set. 1963.

JAVNI, I. et al. Thermal stability of polyurethanes based on vegetable oils. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 77, n. 8, p. 1723–1734, 22 ago. 2000.

JAYME MASON. **Obras portuárias**. 2ª ed. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

LATERE DWAN'ISA, J. P. et al. Biobased polyurethane and its composite with glass fiber. **Journal of Materials Science**, v. 39, n. 6, p. 2081–2087, 2004.



M. MIRANDA GODINHO GREGO LEAL. **Dimensionamento de defensas marítimas.** [s.l.] Porto, 2010.

MARITIME NAVIGATION COMMISSION. WORKING GROUP 33. **No Title Guidelines for the Design of Fender Systems.** [s.l.: s.n.].

NARINE, S. S. et al. Physical Properties of Polyurethanes Produced from Polyols from Seed Oils: I. Elastomers. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 84, n. 1, p. 55–63, 14 jan. 2007.

P. J. ROSA SANTOS. **Análise da interação de navios com dispositivos de acostagem e amarração. Estudo em modelo físico do posto A do terminal de petroleiros do porto de Leixões.** [s.l.] p, 2010.

TROVATI, G. et al. Characterization of polyurethane resins by FTIR, TGA, and XRD. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 115, n. 1, p. 263–268, 5 jan. 2010.

## DIAGNÓSTICO DO IMPACTO DA RODOVIA ESTADUAL 132 SOBRE A FAUNA SILVESTRE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA MASSAMBABA E O PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL - RJ, BRASIL

### Márcia Ferreira Tavares

Bióloga, mestranda em Engenharia de Biosistemas - UFF, Niterói-RJ, marciafertavares@yahoo.com.br

### Sávio Freire Bruno

Biólogo e Médico Veterinário, Professor Titular - UFF, Niterói-RJ, saviobruno@id.uff.br

Apresentado no III Workshop de Engenharia de Biosistemas - WEB 2017, 12 a 14 de dezembro de 2017 - Niterói - RJ, Brasil

**RESUMO:** O atropelamento de animais silvestres nas rodovias brasileiras causa grande impacto sobre a fauna nacional, somando-se às maiores ameaças, sendo considerada uma das maiores causas diretas de mortalidade de animais silvestres no país. Este trabalho tem como objetivo identificar e contabilizar a fauna silvestre de vertebrados vítimas fatais por atropelamento em um trecho de oito quilômetros da RJ-132, rodovia estadual que está inserida na Área de Proteção Ambiental da Massambaba e em trechos limítrofes ao Parque Estadual da Costa do Sol. Objetivou-se ainda, determinar a taxa mensal de atropelamento para a rodovia e a identificação dos pontos (quilômetros) com maior incidência de mortes. A identificação das carcaças encontradas no trecho realizou-

se a partir monitoramento quinzenal com busca ativa a pé pelo período de nove meses, buscando relacionar dados com questões como sazonalidade e trechos específicos da via. Espera-se ao final do trabalho, através do conhecimento dos padrões de atropelamento para a RJ 132, subsidiar a identificação dos elementos da paisagem e fatores abióticos que possam atrair os animais para determinados trechos da rodovia e propor um plano de ação à gestão das Unidades de Conservação impactadas pela RJ 132. Almeja-se ainda, a proposição de alternativas de minimização da ocorrência de atropelamento da fauna silvestre, que somam desde estruturas viárias que propiciem a passagem de fauna entre os fragmentos da paisagem e suas especificidades, às sinalizações e demais medidas mitigatórias, de educação e estímulo à cidadania.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecologia de estradas, Unidades de Conservação, atropelamento de fauna, fauna silvestre.

**ABSTRACT:** Vehicle-wildlife collisions on Brazilian highways are considered one of the largest direct causes of mortality for wild animals in the country. The objective of this work is to identify and account for vertebrate fauna fatalities by vehicle-wildlife collisions over eight kilometers of the road RJ-132, a state highway that is part of the Área de Proteção

Ambiental da Massambaba and in border areas to the Parque Estadual da Costa do Sol. The objective was to determine the monthly rate of vehicle-wildlife collisions on the highway and the identification of the points (km) with the highest incidence of fatalities. The identification of carcasses found in this section was carried out during biweekly monitoring through active search by foot for a period of nine months, seeking to correlate data with seasonality and specific stretches of the route. The findings of this work are expected, through the knowledge of the vehicle-wildlife collision patterns for RJ 132, to aid in the identification of the landscape elements and abiotic factors that can attract animals to certain stretches of the highway as well as facilitating the proposal of a plan of action for the management of the Conservation Units impacted by RJ 132. These findings are expected to assist in developing alternative proposals to minimize the occurrence of vehicle-wildlife collisions which will include road structures that allow for the passage of fauna between the fragments of the landscape and its specificities, signs, other mitigating measures, and the education and encouragement of the citizenry.

**KEYWORDS:** Ecology road, Protected areas, Roadkill rate, wildlife fauna.

## INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário, com suas estradas e rodovias, é a principal via de transporte no Brasil. São mais de 1,7 milhões de quilômetros de rodovias em todo o país (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014). Para a instalação de uma rodovia, é necessária a realização de estudos de impacto ambiental, uma vez que se faz necessário em muitos casos, suprimir vegetação, realizar movimentação de solo e fragmentar ecossistemas ainda bastante preservados, incluindo áreas em Unidades de Conservação ou seu entorno. No entanto, em discussões mais recentes, há cerca de 10 anos, foi apontado o impacto causado sobre a fauna, não só pela instalação, mas pela continuidade do uso das rodovias, tais como fragmentação de habitat, efeito de borda e atropelamento da fauna silvestre (BAGER et al., 2007). O meio de transporte que possibilitou o desenvolvimento econômico do país, hoje desponta como uma das grandes causas de mortalidade de animais silvestres, com a estimativa de 475 milhões de animais mortos por atropelamento anualmente no Brasil. Assunto este ainda pouco discutido no Rio de Janeiro e até a presente data, sem registros de outras pesquisas realizadas em municípios da Região dos Lagos. Este trabalho teve como objetivo contabilizar e identificar as classes de animais vertebrados silvestres mortos por atropelamento em um trecho da RJ-132, determinar a taxa mensal de atropelamento para a rodovia, identificar os pontos (Km) com maior incidência de mortes e subsidiar futuros trabalhos, em especial, de mitigação desses acidentes, controle e monitoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área objeto da pesquisa trata-se da RJ 132 – Rodovia Estadual de mão dupla, sem barreiras centrais entre as pistas e sem acostamento, com aproximadamente 35 km de extensão, que está inserida nos municípios de Araruama, Saquarema e Arraial do Cabo. A RJ 132 conecta a Rodovia Amaral Peixoto (RJ 106) no KM 76 no município de Saquarema, à RJ 102, no município de Arraial do Cabo. A presente pesquisa foi realizada em um trecho de oito quilômetros da RJ 132, no distrito de Praia Seca, nos municípios de Araruama e Saquarema. Este trecho da rodovia está integralmente localizado na Unidade de Conservação (UC) Estadual do Rio de Janeiro, Área de Proteção Ambiental da Massambaba (Apa de Massambaba) e em alguns trechos, faz limites entre a referida Apa e o Parque Estadual da Costa do Sol (PECS), ambas UCs administradas pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea). As referidas Ucs estão inseridas no bioma Mata Atlântica e a vegetação predominante ao longo da área estudada é de Restinga arbustiva e Mata Seca de Restinga. A coleta de dados foi realizada fevereiro a outubro de 2017, totalizando 19 incursões a campo e aproximadamente 152 quilômetros percorridos. A rodovia foi esquematicamente dividida em oito trechos de 01 quilômetro (identificados como A,B,C,D,E,F,G e H), a fim de melhor visualização da distribuição dos pontos de atropelamentos e identificação dos trechos com maior número de atropelamentos. Foi adotada a metodologia do monitoramento por um observador a pé, a fim de possibilitar a visualização de animais de pequeno porte, como pequenos anfíbios, os quais dificilmente são visualizados no monitoramento por veículo (PROJETO MALHA, 2013). A equipe de campo foi composta por um observador e eventuais apoiadores. O monitoramento foi realizado pelo observador com o auxílio do apoiador na observação e na sinalização da atividade durante o percurso. O trecho estudado foi percorrido quinzenalmente, iniciado nas primeiras horas do dia, em ambas as pistas, sendo o trecho percorrido apenas no sentido Praia Seca – Arraial do Cabo, buscando atentamente a detecção de carcaças de vertebrados atropelados expostas na rodovia e seu entorno. Foi utilizado o aplicativo de georeferenciamento Oruxmaps a fim de demarcar o trajeto percorrido em cada dia de monitoramento, a partir do ponto inicial até o ponto final do monitoramento, para posterior cálculo de esforço amostral e da taxa de atropelamento. Utilizou-se uma planilha de campo, a fim de registro dos dados referentes ao monitoramento do dia e às carcaças de animais encontradas durante a atividade. Ao ser detectada uma carcaça de vertebrado na rodovia, o apoiador procedia à sinalização da atividade, a fim de alertar aos veículos em trânsito e evitar possíveis acidentes. O observador então registrava os dados básicos daquela observação na ficha de coleta de dados e fazia o registro fotográfico da carcaça do animal e o entorno do local do atropelamento a fim identificar a paisagem. Em seguida, era obtida a coordenada geográfica do ponto



exato onde a carcaça foi encontrada. O georreferenciamento dos pontos foi realizado via aplicativo de GPS. Todas as carcaças encontradas eram retiradas do local, para evitar a recontagem do animal e evitar atropelamento de animais carniceiros que poderiam se alimentar das mesmas. Foi utilizada, para tratamento das informações, a estatística descritiva. Foram calculadas as taxas de atropelamento total, por mês e por trecho. As taxas de atropelamento foram obtidas com base na relação entre o número de atropelamentos registrados, total de quilômetros percorridos e o tempo de esforço, sendo  $n$  = número total de indivíduos,  $d$  = distância do trecho monitorado em km e  $t$  = tempo de monitoramento (PRADA, 2004). Os resultados foram comparados com outros estudos realizados no Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados 131 animais silvestres mortos por atropelamento ao final de 09 meses com 19 incursões a campo, resultando uma taxa de atropelamento referente ao esforço amostral igual a 0,87 animais/km. Tal resultado demonstra uma alta taxa de atropelamento se comparado às taxas indicadas em trabalhos realizados em outras rodovias, a saber, 0,18 em rodovia em ambiente de restinga (MOTA et al., 2016), e 0,083 em ambiente de Cerrado (BAGATINI, 2006) e 0,048 (PRADA, 2004), em área de Mata Atlântica. Em relação à taxa mensal de atropelamento, o presente trabalho apresentou um valor igual a 1,83 animais/Km/mês. Já os trabalhos apresentados por Mota, Prada e Bagatini, apresentam respectivamente, taxa de atropelamento mensal igual a 0,61, 0,21 e 0,004 animais/Km/mês. A alta taxa de atropelamento, se comparado a outros trabalhos, indica além da grande ocorrência desse tipo de evento na rodovia estudada, que o esforço amostral ao percorrer o trecho a pé resulta em maior possibilidade de visibilidade de pequenas carcaças. No entanto, a comparação com outros trabalhos é difícil, uma vez que fatores como abundância local da espécie, caracterização da paisagem e a velocidade empregada para o avistamento variam de um trabalho para o outro.

A classe com o maior número de registros foi a dos mamíferos (25,19%), seguido pelo grupo das aves (22,9%), répteis (19,09%) e anfíbios (16,79%). Não foi possível a identificação da classe de algumas carcaças, devido ao estado degradado que se encontravam, totalizando 16,03 % dos registros realizados no período (Figura 1). Em comparação, analisando os dados de Mota, a classe mais atingida durante o período estudado foi a dos anfíbios (72%), seguida por aves (28%), répteis (09%) e mamíferos (08%). Quanto aos resultados apresentados por Bagatini, tem-se percentual de aves igual a 52%, seguido de mamíferos (33%), répteis (11%) e anfíbios (11%). Já os resultados de Martin (2015), a classe mais atingida é a dos mamíferos (62,83%), seguida por aves (26,92%), répteis (8,97%) e anfíbios (1,28 %). Com exceção ao trabalho de Mota, os demais apresentaram similaridade em relação à ordem das

classes mais impactadas, variando entre mamíferos e aves em primeiro, seguidas por répteis e anfíbios.

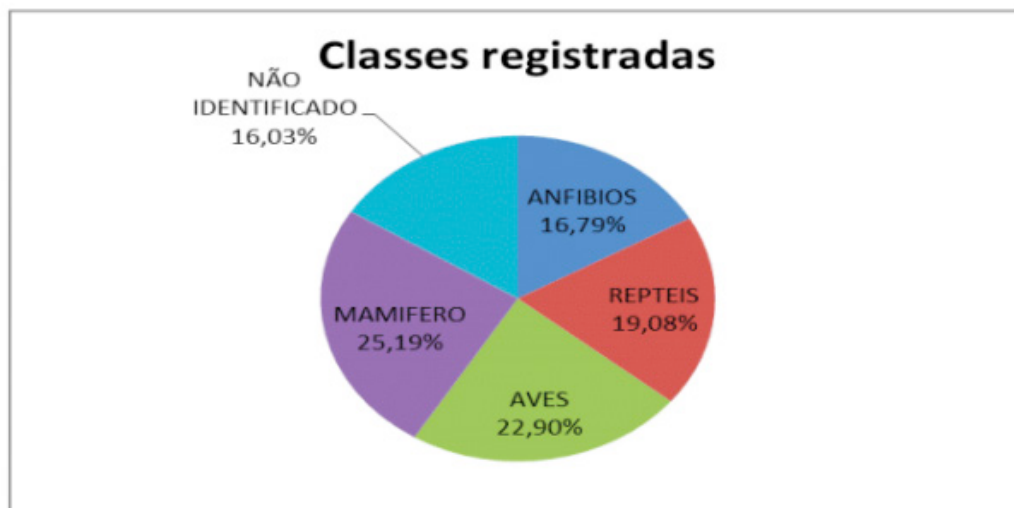


Figura 1. Percentual do total de indivíduos mortos por atropelamento divididos em classe.

A análise temporal dos atropelamentos indica uma maior incidência na estação chuvosa ainda que haja exceção, sendo os maiores índices nos meses de março e junho, com o registro de 22 indivíduos e taxa de atropelamento de 1,37 em cada mês, seguido do mês de fevereiro com 21 registros (taxa de atropelamento = 1,31). Já os meses de menor incidência foram predominantemente da estação seca, sendo maio, julho e outubro, com respectivamente 06, 09 e 10 registros realizados e taxas de atropelamento de 0,37 para maio, 0,56 em julho e 0,62 em outubro. Tal resultado se assemelha a outros realizados no Brasil, que apontam para maior incidência de atropelamentos de animais silvestres no período chuvoso, a exemplo de Pracucci et al., (2011), Bagatini (2006) e Prada (2004).

Em relação à análise dos atropelamentos por trecho (Figura 2), 24,22% dos atropelamentos ocorreram no trecho D (taxa de atropelamento 1,63) e 22,66% ocorreram no trecho E (taxa de atropelamento 1,52), seguidos de 13,28% no trecho A (taxa de atropelamento 0,89), 8,59% nos trechos B, C e H (taxa de atropelamento 0,57) e ainda 7,81% dos atropelamentos no trecho G (taxa de atropelamento 0,52) e 6,25% no trecho F (taxa de atropelamento 0,42). Observou-se uma grande ocorrência de atropelamento de anfíbios no trecho E, tendo ocorrido neste trecho 47,62% dos incidentes com esta classe, seguido de 14,29% no trecho A. Em relação aos répteis, 32,14% das mortes por atropelamento ocorreram no trecho D e 25% no trecho E. Para as aves, o registro de maior ocorrência foi para o trecho D, com 25% dos casos e 17,86% no trecho A. A predominância de casos de atropelamento dos mamíferos foi

no trecho D, com 27,59% , seguido do trecho A com 20,69%.

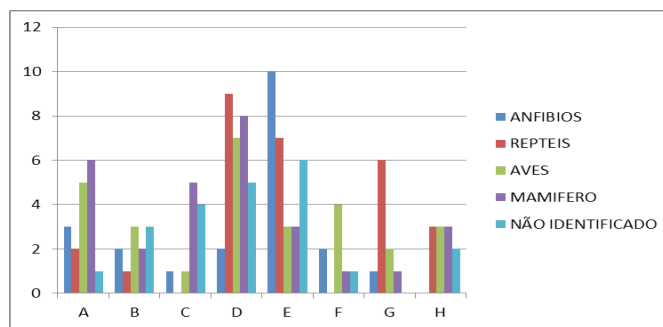


Figura 2. Análise dos atropelamentos por trecho

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se ao final do estudo, que a rodovia estudada apresenta alta taxa de atropelamento de animais silvestres. Tais taxas são expressivamente maiores que as apresentadas em alguns trabalhos realizados no Brasil. O alto índice pode comprovar que o esforço amostral em percorrer o trecho estudado a pé, diferentemente do realizado nas demais pesquisas, resulta em uma mais detalhada visualização de carcaças na rodovia. Assim como verificado em outros, trabalhos, as classes mais impactadas são as de mamíferos e aves em maior número, seguidas por répteis e anfíbios em menor número. Outra característica que coincide com a maior parte dos trabalhos comparados, é em relação à sazonalidade, havendo maior número de incidentes na estação chuvosa e menor número na estação seca. Tal variação pode estar relacionada a diferentes volumes de tráfego e às diferenças no comportamento e na atividade das espécies, tais como período reprodutivo e forrageamento. O expressivo número de atropelamento de anfíbios no mês de junho, ainda que seja na estação seca, pode ter sido em decorrência do dia da amostra ter sido chuvoso, havendo filme de água sobre a rodovia que pode atrair os animais devido à proximidade do trecho de maior ocorrência com corpo hídrico. Analisando os hotspots de ocorrência de atropelamento de animais silvestres no presente estudo, demonstra ainda, haver uma maior concentração dos incidentes próximo às áreas com maior incidência de ocupação humana, que coincide com oferta de alimento por árvores frutíferas e resíduos domiciliares que podem atrair a fauna.

O número de 132 animais mortos por atropelamento em um trecho de oito quilômetros de rodovia aponta o alto impacto da RJ 132 sobre as Unidades de Conservação nas quais a rodovia está inserida e a necessidade de maiores estudos a fim de planejar e propor ações mitigatórias para proteção da fauna silvestre e os demais impactos decorrentes da perda de biodiversidade local, a exemplo de passagens de fauna, sinalização e educação ambiental.

## REFERÊNCIAS

Bagatini, T. (2006). Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do

entorno da estação ecológica Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras. *Pós-Graduação Em Ecologia, Dissertação*. Universidade de Brasília. Brasília – DF.

Bager, A., A. C. R. Maia. 2013. Projeto Malha – *manual para equipe de campo*. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, p.30. Lavras – MG.

Bager, A., Piedras, S. R. N., San Martin, T., & Hóbus, Q. (2007). Fauna selvagem e atropelamento - diagnóstico do conhecimento brasileiro. *Áreas Protegidas - Repensando as Escalas de Atuação*, 49–62.

MARTIN, C. F. (2015). Monitoramento de fauna silvestre atropelada no entorno da Estação Ecológica de Carijós. Graduação. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis/Santa Catarina.

Ministério dos Transportes. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario.html> Acesso em 13/11/2017

Mota, J. V. L., Ferreira, D. C., Vitoriano, K. A., Cruz, L. M. S. 2016. Expansão viária e biodiversidade: um estudo de caso sobre atropelamento de fauna na Rodovia BA-099, litoral norte da Bahia. *CI Congresso Iberoamericano de Biodiversidade e Infraestrutura Viária IV Road Ecology Brazil*.

Pracucci, A., Alves da Rosa, C., & Bager, A. (2011). Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. *Biotemas*, 25(1).

Prada, C. S., 2004. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – São Paulo



## DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA CIDADE DE DELMIRO GOUVEIA –AL

### **Gabriel Dionizio Silva**

Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão

Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849, bairro Cidade Universitária. Delmiro Gouveia – AL

### **Antonio Pedro de Oliveira Netto**

Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão

Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849, bairro Cidade Universitária. Delmiro Gouveia – AL

**RESUMO:** Os problemas relacionados ao saneamento ambiental assumem considerável importância no meio urbano, visto que tem relação direta com a saúde dos moradores e o aspecto ambiental de uma cidade. Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico sobre o sistema de esgotamento sanitário existente na cidade de Delmiro Gouveia – AL, além de obter conhecimento, através de visitas às instalações in loco e entrevistas. Para tal, foram obtidas informações junto a prefeitura municipal de Delmiro Gouveia, através da secretaria municipal de infraestrutura, bem como através da companhia de saneamento de alagoas (CASAL – U.N. sertão) e também através da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF). De acordo com os dados colhidos foi possível observar problemas no sistema de esgotamento

sanitário da área estudada, onde este não possui rede coletora bem dimensionada, divisão por bacias sanitárias, estações elevatórias e estação de tratamento, além de canais a céu aberto que misturam águas pluviais e esgoto doméstico. Outro ponto observado foi a ilusão da população, que por ver o esgoto ser retirado de suas residências creem já ter esgotamento e, como consequência, não colaboram com novos projetos em virtude dos transtornos momentâneos que esses acarretam. O respectivo artigo contempla em seu corpo-texto introdução, metodologia, resultados e conclusão.

**PALAVRAS-CHAVE:** *esgotamento sanitário, zoneamento urbano, diagnóstico.*

**ABSTRACT:** The problems made a list to the environmental sanitation assume considerable importance in the urbane, accepted environment that has straight relation with the health of the residents and the environmental aspect of a city. This work had as I aim to carry out a diagnostic on the system of existent sanitary sewage in the city of Delmiro Gouveia – AL, besides obtaining knowledge, through visits to the installations in loco and you interview. For such, informations were obtained near municipal town hall of Delmiro Gouveia, through the municipal general office of infraestrutura, as well as through the company of sanitation of pools (CASAL – U.N.

sertão) and also through the Development Company of the San Francisco Valley and Parnaíba (CODEVASF). In accordance with the gathered data it was possible to notice problems in the system of sanitary sewage of the studied area, where this one has not quite calculated the size collector, division for sanitary basins, stations elevatórias and treatment station, besides channels the open sky that pluvial waters and domestic sewer pipe mix. Another observed point went to illusion of the population, which because of seeing the sewer pipe being withdrawn of his residences they already believe to have exhaustion and, like consequence, they do not collaborate with new projects owing to the momentary upsets that those bring. The respective article contemplates introduction, methodology, results and conclusion.

**KEYWORDS:** sewage treatment; urban zoning; diagnostic.

## 1 | INTRODUÇÃO

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento de outras. No desenvolvimento da civilização greco-romana, são inúmeras as referências às práticas sanitárias e higiênicas vigentes e à construção do conhecimento relativo a associação entre esses cuidados e o controle das doenças.

Entretanto ainda nos dias de hoje, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, verifica-se a falta de divulgação desses conhecimentos. Em áreas rurais a população consome recursos para construir suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, etc. Assim sendo, o processo saúde versus doença não deve ser entendido como uma questão puramente individual e sim como um problema coletivo.

Em Alagoas, o saneamento ambiental é um dos maiores problemas. As condições sanitárias precárias e a ocupação de áreas de interesse ambiental estão presentes na maioria dos assentamentos habitacionais.

A cidade de Delmiro Gouveia está localizada numa região onde predomina o clima semiárido e o bioma é a caatinga, contudo, favorecida pela disponibilidade hídrica do Rio São Francisco cujo parte do leito encontra-se em seu território. Com uma área territorial de 608,491 Km<sup>2</sup>, possui atualmente segundo dados do IBGE de 2015 aproximadamente 51.997 habitantes além das pessoas que passam diariamente por ela ou estão temporariamente para estudar ou trabalhar. Sua densidade demográfica em Hab/Km<sup>2</sup> é de 79,13, PIB per capita de R\$ 8.034,81 e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) igual a 0,612. Economicamente destacam-se o comércio, a produção agrícola, pecuária e de tecidos e seus derivados.

O município foi criado no ano de 1952, porém verificou-se que nunca houvera sido feito um estudo sobre as reais situações do esgotamento naquela localidade

tampouco um plano de desenvolvimento, o que torna aquela região um campo fértil para a produção do conhecimento com o advento do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas.

## 2 | METODOLOGIA

A presente pesquisa possui uma abordagem qualitativa na formação do problema, utilizando-se de procedimentos técnicos como a pesquisa bibliográfica e documental, no estudo empírico das questões relacionadas ao esgotamento sanitário da cidade de Delmiro Gouveia.

Desta maneira, decidiu-se pela interpretação de conteúdos referentes ao tema por meio de revisões bibliográficas, buscando material apropriado para aplicar no trabalho, bem como, a leitura de documentos cedidos pela prefeitura por meio da secretaria municipal de infraestrutura referente a situação do sistema de esgotamento sanitário (coleta e tratamento) e pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) que possui projetos nessa área para o município.

Os dados coletados em visita *in locu*, conforme ilustrado nas **Fig. 1** e **Fig. 2**, foram interpretados mediante leituras e análises qualitativas dos dados obtidos. A leitura e interpretação têm como objetivo entender o contexto atual do problema e buscar um melhor embasamento acerca do tema.



Figura 1 - Visita ao início da área urbana do riacho maxixe onde esgoto proveniente das residências mistura-se com as águas deste formando um grande lamaçal



Figura 2 - Visita às obras de instalação da rede coletora na Rua Nossa Senhora do Rosário no Bairro Pedra Velha

Seguidos todos os passos acima descritos foi possível ter base suficiente para chegar a um diagnóstico final.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de realizar diagnóstico da situação atual do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Delmiro Gouveia / AL esta pesquisa trabalhou em várias frentes para consolidar o resultado final. Alguns pontos foram delimitados para compor o todo. São eles:

- Caracterização da área de estudo (características físicas; uso e ocupação do solo; aspectos sociais e econômicos; sistemas de infraestrutura e condições sanitárias);
- Análise do sistema de esgotamento sanitário existente (descrição e diagnóstico);
- Levantamento dos estudos e planos existentes.

Seguindo esse traçado obteve-se as informações descritas a seguir.

No campo da infraestrutura o município apresenta um bom desempenho contando com ruas calçadas com paralelepípedo e/ou concreto asfáltico, boa sinalização, semáforos em cruzamentos, grandes praças e áreas de convivência, abastecimento de água eficiente realizado pela Companhia de Abastecimento e Saneamento de Alagoas (CASAL), ruas sempre limpas e coleta de lixo periódica. Porém no quesito do esgotamento sanitário o município ainda tem muito para evoluir. Somente algumas ruas do município possuem coleta de esgoto e, ainda sim, este não é tratado além das “línguas negras” que cortam a cidade as quais trazem muitos transtornos à população.

Segundo um estudo realizado por alunos do curso de engenharia civil do Campus do Sertão da UFAL no ano de 2013 sob orientação do Prof. Me. Thiago Alberto da Silva Pereira intitulado “PROBLEMAS SÓCIO-AMBIENTAIS CAUSADOS PELO CANAL DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO NO MEIO URBANO DE DELMIRO GOUVEIA”, verificou-se que a presença desses canais acarreta diversos problemas que atingem boa parte da população. Os moradores das proximidades são os mais afetados com o desconforto, tanto pelo odor, quanto pela presença de animais que podem causar alguns tipos de doenças, além do perigo existente nos períodos de chuva, com a possibilidade de transbordamento nas áreas mais baixas.

De um modo geral a parte urbana da cidade (foco da pesquisa) não apresenta esgoto a céu aberto em sua totalidade, sendo encontrada esta condição na periferia onde a ocupação ocorreu por último, menos ordenada e por população mais carente conforme mostrado na **Fig. 1**.

Ainda sim, onde o esgoto não é despejado diretamente na rua, isto é, onde existe rede coletora esta não está em conformidade com as normas brasileiras para tal, sendo verificado, por exemplo, tubulações com diâmetro assimétrico e que não levam em conta a topografia do terreno e falta de poços de visitas nas singularidades, existindo a substituição (inadequada) destes por conectores em “T”, curvas e joelhos. Segundo dados colhidos junto a administração municipal nunca foi feito um estudo para a implantação da rede coletora.



Define-se sistema de esgotamento sanitário (SES) como um conjunto de obras e instalações destinadas a realizar o afastamento, o transporte, o tratamento e a destinação final dos esgotos (gerados nas atividades do dia a dia da população), de forma adequada do ponto de vista sanitário e ambiental.

Para von Sperling (2005), há basicamente duas variantes do sistema de esgotamento sanitário:

- Sistema individual ou sistema estático (solução no local, individual ou para poucas residências)
- Sistema coletivo ou sistema dinâmico (solução com afastamento dos esgotos da área servida)

O sistema dinâmico ainda pode ser dividido em duas categorias:

- Separador – esgotos sanitários e as águas de chuvas são conduzidos ao seu destino final, em canalizações separadas;
- Combinado – os esgotos sanitários e as águas de chuvas são conduzidos ao seu destino final, dentro da mesma tubulação.

No Brasil o sistema adotado é o de separação absoluta, o qual é mais vantajoso em virtude de não ocasionar extravasamento de efluente sem tratamento em épocas chuvosas. A NBR 9648/86 define o sistema de esgoto sanitário separador como sendo

“Um conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final convenientemente, de modo contínuo e higienicamente seguro.”

Um SES deve conter basicamente:

**Ligação domiciliar:** estruturas responsáveis por retirar os esgotos das residências e transportá-los até a rede coletora.

**Rede coletora de esgoto sanitário:** sistema fechado que transporta os esgotos das ligações domiciliares até as demais unidades do sistema;

**Estação elevatória:** é o conjunto de bombas e acessórios instalados com o objetivo de transportar o esgoto, de um nível baixo para um mais elevado.

**Linha de Recalque:** tubulação que transporta o esgoto bombeado, ou seja, tubulação instalada após a estação elevatória.

**Estação de Tratamento de Esgoto - ETE:** unidade responsável por realizar o tratamento dos esgotos e devolve-los ao meio ambiente em boas condições.

**Emissário:** tubulação que transporta os esgotos da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE até o corpo receptor (rios, lagos ou córregos), sem receber nenhuma contribuição ao longo de sua extensão.

No caso estudado, porém, por não ser fruto de um projeto feito por um profissional qualificado a estrutura de coleta é muito deficiente, consistindo em vários tubos interligados que despejam em galerias de águas pluviais e estas em riachos

da região. Em virtude das obras terem sido realizadas por pessoas sem o devido preparo têm-se tubulações com diâmetros variados ao longo de uma mesma rua (não seguem um padrão de evolução pelo aumento do fluxo de efluente, ou seja, os tubos estão dispostos de maneira aleatória podendo ocorrer uma diminuição de diâmetro no meio da tubulação) que por não levarem em conta a topografia ocasionam muitos entupimentos e refluxo de efluentes durante épocas chuvosas, visto que os sistemas de esgotamento e de escoamento de águas pluviais são conjugados.

Outro ponto deficiente é a não existência de poços de visita, dificultando manutenções e causando grandes transtornos à população na necessidade daquelas. Vale ressaltar que a população também contribui para o mau funcionamento de um sistema que já apresenta inúmeros problemas jogando resíduos sólidos nas tubulações, galerias e canais.

Além de todos os problemas já mencionados o maior e, sem dúvidas o pior, é que todo efluente produzido pela área urbana de Delmiro Gouveia é lançado diretamente, sem nenhum tipo de tratamento, num riacho que deságua no Rio São Francisco causando prejuízos ambientais de grandes proporções, porque com a baixa vazão do rio em decorrência da seca prolongada, a introdução de matéria orgânica resulta no consumo de oxigênio dissolvido durante a decomposição desta, e, por consequência, um aumento significativo das bactérias responsáveis por essa decomposição, onde, na maioria dos casos, são tóxicas para os animais que vivem nos corpos d'água e para aqueles que se utilizam destes para dessedentação e produção de alimentos (caso do ser humano).

Por ser uma das 504 cidades banhadas pelas águas do Rio São Francisco, Delmiro Gouveia foi contemplada com o financiamento para elaboração e execução da rede de esgotamento sanitário constituída de rede coletora, estações elevatórias, estações de tratamento e emissário. No momento a companhia de Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e a Secretaria de Infraestrutura de Alagoas (SEINFRA/AL) são os órgãos responsáveis pela contratação e financiamento da obra. Este projeto faz parte do plano de revitalização do Rio São Francisco que, por sua vez, é decorrente do projeto de integração de bacias (transposição).

A obra está no início (Figura 2) e está sendo executada por uma empresa contratada através de licitação organizada pela SEINFRA/AL que recebe os recursos para o pagamento por meio de uma parceria com a CODEVASF.

Quando concluída a etapa já licitada cujo valor é de R\$ 18.022.827,66 (Dezoito milhões, vinte e dois mil, oitocentos e vinte sete reais e sessenta e seis centavos) atenderá cerca de 62,5% da população urbana. Para esta etapa estão contratadas 2 bacias sanitárias no bairro de pedra velha.

O Sistema de Esgotamento Sanitário, projetado para o município estudado e contratado até o momento, é composto de:

- Rede Coletora de Esgoto com extensão de 11.367,00 m em tubos de 150 e 200 mm;
- Ligações domiciliares em número contratado de 2500 unidades;
- Estações Elevatórias – 2 unidades com vazões de 10,0 L/s e 43,0 L/s;
- Linha de Recalque com extensão de 6,40 Km em tubo de 700 mm;
- Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) com 2 Lagoas Facultativas e 2 Lagoas de Maturação.

A ETE contratada terá como princípio de tratamento a estabilização da matéria orgânica por meio de bactérias dispersas no meio líquido. Nas lagoas facultativas essas bactérias são aeróbias e o oxigênio requerido por elas é fornecido pelas algas, através da fotossíntese. Com apenas uma lagoa não se conseguiria uma eficiência satisfatória do tratamento, a menos que fossem utilizados tempos de detenção hidráulica bastante elevados, o que tornaria seu uso inviável. Deste modo, fez-se associações de lagoas para se conseguir a eficiência desejada. Para este projeto optou-se por Lagoas Facultativas seguidas de Lagoas de Maturação, as duas lagoas em série, aqui consideradas, tendo, respectivamente, profundidades úteis de 1,80 m e 1,50 m, previamente fixadas, requererão tempos de 22,37 dias para a primeira (facultativa) e 9,00 dias para a seguinte (de maturação) para que sejam capazes de garantir a redução dos parâmetros exigidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para os níveis pré-estabelecidos, (coliformes fecais < 1000/100 ml e DBO5 < 5,00 mg/l), com o que seus volumes e dimensões foram os abaixo indicados:

- 1ª Lagoa:  $V = 179.506,40\text{m}^3$  ou  $223,30\text{m} \times 446,60\text{m} \times 1,80\text{m}$ ;
- 2ª Lagoa:  $V = 72.237,45\text{m}^3$  ou  $219,45\text{m} \times 219,45\text{m} \times 1,50\text{m}$ .

A lagoa de maturação tem a sua seção quadrada em planta, mas neste projeto funcionará como fluxo disperso, pois será dotada de uma chicana, o que equivale a uma unidade de 54,90 m de largura por 877,80 m de extensão, ou seja, com uma relação L/B igual a 16, o que a aproxima de uma unidade com regime hidráulico de fluxo de pistão. Com esta configuração, a DBO5 efluente será de 0,84 mg/l e a concentração de coliformes chegará a 847 CF/100 ml, o que implica eficiências totais, respectivamente, de 99,7692% e 99,9968%.

#### 4 | CONCLUSÕES

Sabe-se que por não estar localizado num grande centro, Delmiro Gouveia tem uma carência muito grande de mão de obra qualificada. Para se ter uma ideia, a cidade só recebeu um Campus da Universidade Federal de Alagoas no ano de 2010 onde a primeira turma de engenheiros formou-se em 2015. Com a falta de pessoal especializado

uma alternativa seria trazê-los de fora, contudo esta oneraria muito estudos e obras para uma cidade de pouco mais de 50 mil habitantes. Conseqüentemente o que ocorreu ao longo dos anos foi uma expansão de uma obra que sem qualquer plano diretor, sem supervisão de profissionais capacitados, sem nenhuma construção de um banco de dados com estudos e planos de ampliação. Sem um banco de dados contendo estudos passados, obras existentes e planos de ampliação cada obra realizada no município na área de esgotamento sanitário não possui um ponto norteador e se comporta como se fosse única, embora esteja ligada com as executadas a priori ou posteriori. Portanto, nestas condições é muito difícil uma obra conseguir êxito desejado.

Além das proposições acima colocadas é possível afirmar também que Delmiro Gouveia e sua população vive hoje a ilusão de ter esgotamento sanitário (seja por comodidade de ter apenas o esgoto retirado de suas residências sem se importar com seu destino ou simplesmente inorgânica no assunto), sendo, inclusive, contra as obras atuais mencionadas no tópico anterior.

Contudo, para resolver os problemas relacionados ao SES-Delmiro algumas medidas devem ser adotadas, tais como a continuação/fortificação da parceria SEINFRA-CODEVASF-Gestão Municipal, a regularização do gerenciamento dos resíduos sólidos urbano, educação sanitária e ambiental para a população, todos executados de forma adequada a fim de conseguir o estado de salubridade ambiental, requisito fundamental para promover a saúde pública.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). ***NBR 9648/86 – Estudo de Concepção de sistemas de esgoto sanitário***. Rio de Janeiro - RJ. 5p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). ***NBR 9649/86 – Projeto de rede coletora de esgoto sanitário***. Rio de Janeiro - RJ. 5p.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (2015). ***Manual de comunicação e organização social - esgotamento sanitário***. CODEVASF- Ministério da Integração Nacional-MI. 1ª ed. 34p.

von SPERLING, M. (2005). ***Princípios dos tratamentos biológicos de águas residuárias. Vol.1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos***. DESA-UFMG. 3ª ed. 452p

Pereira, T. A. da S.; Laranjeira, L.; Medeiro, H. V.; Torres, A. M. (2013). ***Problemas socioambientais causados pelo canal de esgoto: estudo de caso no meio urbano de Delmiro Gouveia***. Delmiro Gouveia - AL. 6p.



## DIAGNÓSTICO HIDROGEOQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO GRANDE - BA

### **Maíra Sampaio da Costa**

Universidade Federal da Bahia  
Salvador-Bahia

### **José Alexandre Araújo Nogueira**

Universidade Federal da Bahia  
Salvador-Bahia

### **Sérgio Augusto de Morais Nascimento**

Universidade Federal da Bahia  
Salvador-Bahia

**RESUMO:** O presente trabalho consiste no estudo hidrogeológico/hidrogeoquímico da bacia hidrográfica do rio Grande, que possui uma área aproximada de 75.000 km<sup>2</sup> e está inserido no médio rio São Francisco no Estado da Bahia. Esta é a maior sub-bacia do rio São Francisco e a sua segunda bacia em importância na formação das vazões. O objetivo deste trabalho foi estabelecer a classificação e a qualidade das águas subterrâneas através dos dados de 27 poços tubulares providos da base de dados do SIAGAS (CPRM). Os resultados obtidos foram processados com a ajuda do programa Qualigraf (2014) da Fundação Cearense de Meteorologia. Com utilização da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde foi possível estabelecer a qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano e através do Diagrama de Lemoine (1954) indicar os melhores poços tubulares para irrigação

encontrados na região.

**PALAVRA-CHAVE:** Águas Subterrâneas, bacia, qualidade das águas, SIAGAS, Qualigraf.

**ABSTRACT:** Diagnostic hydrogeological and the underwater's of the Grande river's basin quality. This present work consists in the hydrogeological/hydrogeochemical study of the Grande River's basin that has an area approximately of 75.000 km<sup>2</sup> and it is inserted of the São Francisco middle river of the Bahia State. This is the biggest sub-basin of the São Francisco's river and the second basin in importance in the formation of the outflows of the São Francisco's river. The objective of this work was gain hydrogeological analysis and of the underground waters' qualities through the databank of 27 tube wells offered by SIAGAS (CPRM). The results gain with the help of the Qualigraf (2014) program from Fundação Cearense of Meteorology. The uses of the Portaria 2914/11 allowed to grade and establish the qualities of the underground waters to indicate its drinkability for the human use and through of Lemoine's diagram (1954) indicate the best tube wells founded in the area.

**KEYWORDS:** underground waters, basin, waters quality, SIAGAS, Qualigraf.

## 1 | INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Grande localiza-se na região oeste do estado da Bahia, possui aproximadamente 75.000 Km<sup>2</sup> e representa 12,6% da área de drenagem do rio São Francisco. Tem sua nascente nas proximidades da divisa entre Bahia e Goiás e percorre 502 km até desaguar no Rio São Francisco, no município de Barra (MOREIRA; SILVA, 2010).

O Rio Grande exibe expressiva diversidade geológica sendo constituída principalmente pelos carbonatos do Grupo Bambuí e os arenitos do Grupo Urucuaia, Grupo Rio Preto e Formação Sítio Novo (JUNIOR; LIMA, 2007). A área está dividida em cinco unidades geomorfológicas: chapada, depressões, patamares serras e tabuleiros e exibe contrastes bruscos de altimetria, possuindo no setor oeste elevadas altimetrias que chegam a 1087m e no setor leste baixo topográfico com mínima de 350m. (Leal et al, 2003).

As regiões com baixa altimetria incentivaram o crescimento hidroenergético e proporcionou o rápido crescimento agrícola do oeste baiano (MOREIRA; SILVA, 2010). Hoje, a região é a fatia com maior expressividade no agronegócio da Bahia, com matriz produtiva diversificada, tecnologia e qualidade (ALMEIDA; MOREIRA, 2014).

O presente trabalho possui o objetivo de classificar e estabelecer a qualidade das águas subterrâneas da Bacia do Rio Grande que vem sendo continuamente explorada tanto pela agroindústria quanto pela população local. Para atingir esse objetivo, utilizando o programa Qualigraf (2014) e Portaria 2914 / 2011 do Ministério da Saúde, visando identificar os poços mais adequados para o consumo humano e a irrigação das terras agricultáveis na referida bacia hidrográfica.

## 2 | ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Grande localiza-se entre as latitudes 10° 50' e 13° 00' sul e longitudes 45° 25' e 45° 30' W.Gr. Está situada no noroeste do Estado da Bahia, na margem esquerda do rio São Francisco (LEAL *et al*, 2003). A bacia localiza-se no médio São Francisco e faz limites geográficos ao norte com o estado do Piauí, ao sul com a bacia do rio Corrente, a oeste com os estados de Goiás e Tocantins e a leste com as bacias da calha do médio São Francisco (Figura 1) (INEMA, 2008).

De acordo com o IBGE (2009), cerca de 1.864.000 pessoas vivem nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Grande. A economia desta região é baseada principalmente das atividades agriculturas de soja, milho, algodão e frutas, tendo o município de Luís Eduardo Magalhães como responsável por 60% da produção de grãos do Estado e o município de São Desidério como maior produtor de algodão do País (MOREIRA; SILVA, 2010; PREFEITURA LEM, 2009; AIBA, 2009).



Figura 1. Localização da Bacia do rio Grande em relação ao Estado da Bahia

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente delimitou-se no programa ARCGIS dezoito municípios contidos totalmente ou parcialmente na Bacia do Rio Grande: Angical, Baianópolis, Barra, Barreiras, Brejolândia, Buritirama, Catolândia, Cotegipe, Cristópolis, Formosa do Rio Preto, Luís Eduardo Magalhães, Mansidão, Muquém do São Francisco, Riachão das Neves, Santa Rita de Cássia, São Desidério, Tabocas do Brejo Velho e Wanderley. Posteriormente, utilizando-se o banco de dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), o SIAGAS, foi selecionado 27 poços tubulares (Figura 2).

Os dados foram exportados do programa Excel para o Qualigraf (2014) e estabeleceu-se o balanço iônico, cálculo do erro analítico, salinidade, classificação e classes da água para irrigação. Definiu-se a qualidade das águas para consumo humano e para irrigação, com indicação dos melhores poços.

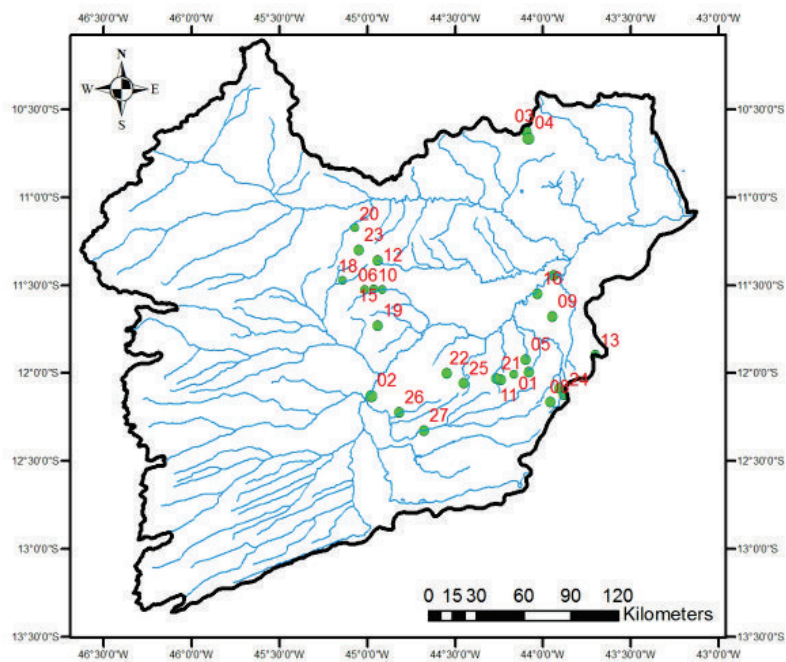


Figura 2. Mapa de amostragem na bacia do rio Grande

#### 4 | GEOLOGIA LOCAL

A bacia do rio Grande é constituída pelo Grupo Urucuia, Grupo Bambuí, Grupo Rio Preto, Grupo Santo Onofre e Formação Sítio Novo.

*Grupo Urucuia:* unidade neo-cretácica constituído por arenitos quartzosos alternados a níveis de pelitos, tendo na base arenitos conglomeráticos, e conglomerados (BONFIM; GOMES, 2004).

*Grupo Bambuí:* compreende uma espessa sequência pelítico-carbonática, de idade Proterozoica contendo calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos e argilitos (FRAGOSO *et al*, 2011).

*Grupo Rio Preto:* representa o preenchimento sedimentar da bacia precursora da faixa dobrada, sendo subdividido em duas formações: Canabrinha (a sul) e Formosa (a norte). A Formação Canabrinha é composta por quartzito, metagrauvaca, metapelito, metarritmito areno-pelítico, metadiamiclito e metamarga. A Formação Formosa é composta por mica xisto granatífero com intercalações de quartzito, metarritmito areno-pelítico, metachert ferro-manganesífero e clorita-actinolita-epidoto xisto verde (CAXITO, 2010).

*Grupo Santo Onofre:* constituído por metarenitos, filitos carbonosos e metaconglomerados polimíticos basais (Arcanjo, *et al.*, 2000).

*Formação Sítio Novo:* constituída por quartzitos médios, quartzito avermelhado de granulação fina, sericíticos com intercalações de filito (ROCHA *et al.*, 1998).

Os poços em estudo situam-se preferencialmente no Grupo Bambuí (tabela 1).

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Balanços iônicos e cálculo do erro analítico

O cálculo do erro analítico é estimado a partir do balanço iônico. Numa análise química, a concentração total dos cátions na água deve ser aproximadamente igual a dos ânions (expressa em meq/L), exibindo um balanço iônico. A diferença de valores é classificada como erro analítico (SIMÕES, 2008).

A maioria dos poços não atendeu aos balanços iônicos de Custodio & Lhamas (1983) e Logan (1965) respectivamente representados pela sigla B.I.I e B.I.II, com exceção dos poços P-01, P-14 e P-20 que estão em conformidade a um dos balanços iônicos (Tabela 1).

Amostras	Na+K	Ca	Mg	CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	CE	ΣCátions (meq/L)	ΣÂnions (meq/L)	B.I.I	B.I.II	Observações
P - 01	70,4	67	8,14	223,5	0,2	670	7,03	6,17	13,1	6,55	Não atende B.I.I
P - 02	15,64	118	13,1	236	14,4	430	7,64	4,51	51,61	25,81	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 03	18,46	270	19,5	307	15,5	662	15,86	6,1	89,46	44,73	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 04	0	183	87,2	227,1	12,4	688	16,33	4,99	106,3	53,16	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 05	4,2	158	3,4	217	0,2	462	8,35	3,86	73,64	36,82	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 06	48,6	202	20,4	165,53	86	697	13,84	6,11	77,48	38,74	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 07	81,2	123	23	300,46	55	697	11,51	7,38	43,81	21,91	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 08	23,1	211	11,7	195,91	36	590	12,5	5,59	76,46	38,23	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 09	57,1	276	25,1	203,61	101	858	18,33	7,29	86,23	43,11	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 10	12,52	140	22,2	227	1	470	9,33	4,23	75,22	37,61	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 11	33,96	72	9,24	165	0	340	5,81	2,87	67,61	33,8	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 12	38	88,3	27	208	389	503	8,25	12,27	39,18	19,59	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 13	73	99,7	0,02	188	5	671	8,11	5,7	34,79	17,4	Não atende B.I.I
P - 14	58	79,7	14,8	255,34	7	445	7,69	6,55	16,12	8,06	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 15	4	152	3,33	179	0,33	370	8,02	3,04	89,98	44,99	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 16	362	108	30,1	192	8,45	663	23,58	5,49	124,4	62,21	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 17	9	242	3,89	263	0	510	12,77	4,43	96,88	48,44	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 18	0	25,9	2,4	127	0,32	256	1,49	2,12	34,67	17,33	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 19	7	61,7	9,55	108	2,52	218	4,15	1,82	78,07	39,03	Não atende B.I.II
P - 20	28	284	10,7	0	7,68	3,68	16,25	0,78	181,5	90,74	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 21	22,72	154	18,9	202	57,6	750	10,22	5,21	64,84	32,42	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 22	12,8	212	5,7	240	3,74	465	11,56	4,18	93,69	46,84	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 23	9	260	5,38	239	20,7	574	13,79	4,58	100,2	50,11	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 24	54,5	254	13,1	331	37,2	790	16,11	7,25	75,87	37,93	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 25	5	243	3,65	219	4,45	524	12,64	4,08	102,3	51,14	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 26	23	453	26	275	126	1150	25,73	10,15	86,85	43,43	Não atende B.I.I e B.I.II
P - 27	19,8	212	11,8	255	4,92	535	12,33	4,76	88,62	44,31	Não atende B.I.I e B.I.II

Tabela 1. Balanço iônico e erro analítico nas águas subterrâneas da bacia do Rio Grande

### 5.2 Classificação das águas subterrâneas

Para uma população de 27 poços tubulares afirmou-se que as águas da Bacia são classificadas como cálcicas-bicarbonatadas numa frequência de 81%, cálcicas cloretadas, sódicas bicarbonatadas, cálcicas sulfatas, cálcicas mistas e bicarbonatadas



em 4%. O cátion principal é o cálcio detectado em 93% dos poços e o ânion o bicarbonato encontrado 89% (Figura 3 e Tabela 2).

As águas cálcicas-bicarbonatadas e sódicas-bicarbonatadas são preferencialmente associadas ao Grupo Bambuí, originadas da dissolução das rochas carbonáticas. As águas cálcicas sulfatadas (P-12) situam-se sobre o Grupo Santo Onofre, associando-se a níveis sulfatos no Grupo e as águas cálcicas-cloretadas situam-se sobre rochas cristalinas não identificadas.

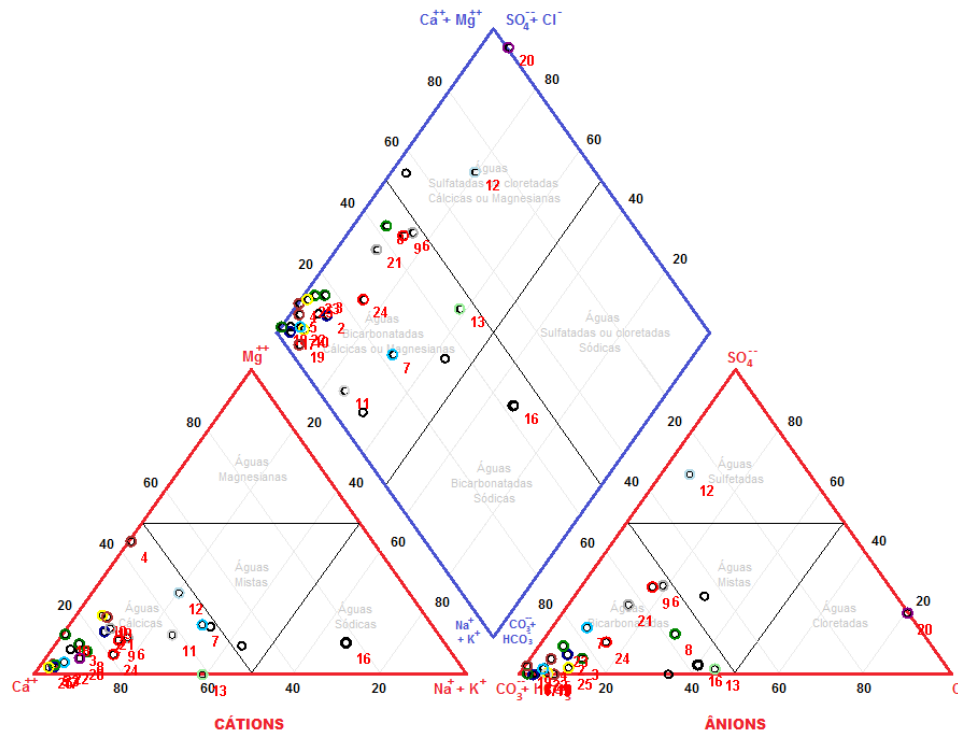


Figura 3. Diagrama triangular de Piper da bacia do rio Grande.

Amostras	Classificação das águas
P - 01	Mista bicarbonatada
P - 02	Cálcica bicarbonatada
P - 03	Cálcica bicarbonatada
P - 04	Cálcica bicarbonatada
P - 05	Cálcica bicarbonatada
P - 06	Cálcica bicarbonatada
P - 07	Cálcica bicarbonatada
P - 08	Cálcica bicarbonatada
P - 09	Cálcica bicarbonatada
P - 10	Cálcica bicarbonatada
P - 11	Cálcica bicarbonatada
P - 12	Cálcica Sulfatada
P - 13	Cálcica bicarbonatada
P - 14	Cálcica bicarbonatada
P - 15	Cálcica bicarbonatada
P - 16	Cálcica bicarbonatada
P - 17	Cálcica bicarbonatada
P - 18	Cálcica bicarbonatada
P - 19	Cálcica bicarbonatada
P - 20	Cálcica cloretadas
P - 21	Cálcica bicarbonatada
P - 22	Cálcica bicarbonatada
P - 23	Cálcica bicarbonatada
P - 24	Cálcica bicarbonatada
P - 25	Cálcica bicarbonatada
P - 26	Cálcica mista
P - 27	Cálcica bicarbonatada

Classificação das águas	Número	%
Cálcicas bicarbonatadas	22	81
Cálcicas cloretadas	1	4
Sódicas bicarbonatadas	1	4
Cálcicas sulfatadas	1	4
Cálcicas mistas	1	4
Bicarbonatadas mistas	1	4

Cátions	N	%
Cálcicas	25	93
Sódicas	1	4
Mistas	1	4

Ânions	N	%
Bicarbonatadas	24	89
Cloretadas	1	4
Sulfatadas	1	4
Mistas	1	4

Tabela 2. Classificação das águas da bacia do rio Grande

### 5.3 Relação iônica característica

Verificou-se que 67% dos poços estudados apresentam relação  $r\text{HCO}_3 > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$  e, secundariamente, a relação  $r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$  foi identificada em 29% dos poços estudados (Tabela 5). No primeiro caso existe uma leve predominância da relação  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na}$  obtidos em 33% dos poços, o mesmo acontecendo no segundo caso, onde se verifica a predominância da relação catiônica do tipo  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na}$  em 22% dos poços. Um único poço apresenta a relação  $r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r\text{HCO}_3$  com relação catiônica do tipo  $r\text{Ca} > r\text{Na} > r\text{Mg}$  (Tabela 4).

ÂNIONS	CÁTIONS	FREQUÊNCIAS	%	%
rHCO <sub>3</sub> >rCl>rSO <sub>4</sub>	rNa-Ca-Mg	1	4	67
	rCa-Na-Mg	8	30	
	rCa-Mg-Na	9	33	
rHCO <sub>3</sub> >rSO <sub>4</sub> >rCl	rCa-Mg-Na	6	22	29
	rCa-Na-Mg	2	7	
rCl>rSO <sub>4</sub> >HCO <sub>3</sub>	rCa-Na-Mg	1	4	4
		27	100	100

Tabela 4. Tabela das relações iônicas características

#### 5.4 Salinidade das águas subterrâneas

As águas doces representam a maior parcela dos poços em estudo, compõem 88,9% dos dados. Os 11,1% restante representam as águas salobras, associados aos poços P-09, P-24 e P-26 (Tabela 5 e Figura 4).

Amostras	Salinidade	Amostras	Salinidade
P - 01	Água doce	P - 14	Água doce
P - 02	Água doce	P - 15	Água doce
P - 03	Água doce	P - 16	Água doce
P - 04	Água doce	P - 17	Água doce
P - 05	Água doce	P - 18	Água doce
P - 06	Água doce	P - 19	Água doce
P - 07	Água doce	P - 20	Água doce
P - 08	Água doce	P - 21	Água doce
P - 09	Água salobra	P - 22	Água doce
P - 10	Água doce	P - 23	Água doce
P - 11	Água doce	P - 24	Água salobra
P - 12	Água doce	P - 25	Água doce
P - 13	Água doce	P - 26	Água salobra
		P - 27	Água doce

Tabela 5. Salinidade das águas da bacia do rio Grande.

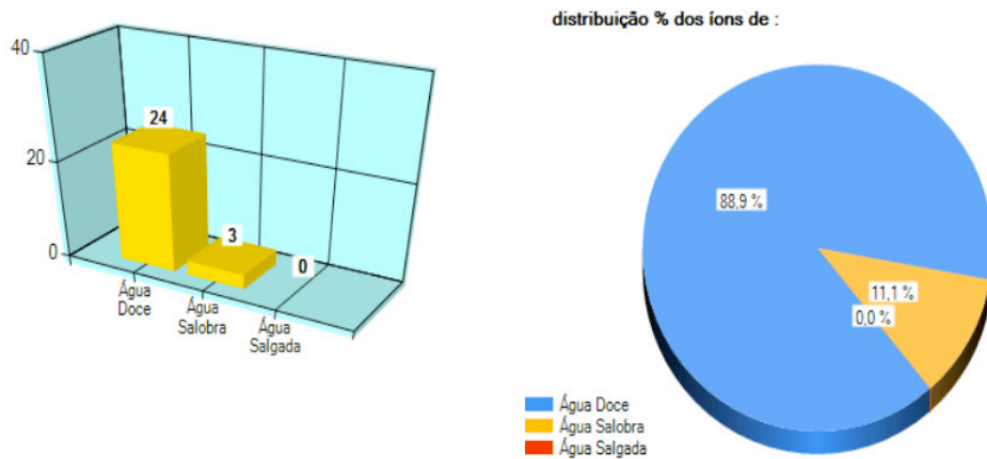


Figura 4. Classificação em relação à salinidade – Bacia do Rio Grande

### 5.5 Classificação das águas subterrâneas para irrigação

De acordo com o diagrama de classificação de água para irrigação do USDA (Richards, 1954), a maioria dos poços é da classe C2– S1 (águas com salinidade média e com baixo teor de sódio) (Figura 5). No entanto, os poços considerados mais indicados para irrigação são o P-18 e P-19 inseridos na categoria C1-S1 (baixa salinidade e baixo teor de sódio) e associados ao Grupo Santo Onofre e Grupo Bambuí, respectivamente. Foram verificados ainda os poços P-16 e P-26 na classe C2-S2 e C3-S1 respectivamente. Estes poços são menos indicados para irrigação por apresentar maiores teores de sódio e conseqüentemente alta salinidade.

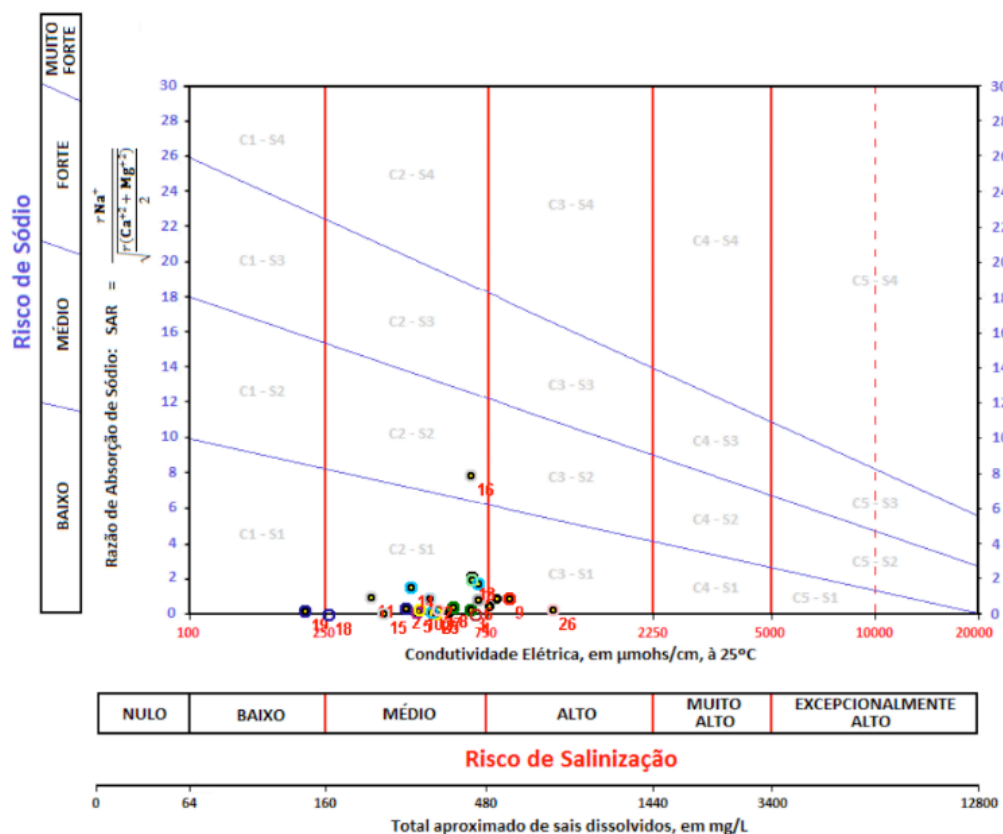


Figura 5. Classificação para irrigação  
Bacia do rio Grande.

## 5.6 Qualidade das águas-Potabilidade

A partir da Portaria MS 2914 de 2011 do Ministério da Saúde do Brasil que define a partir de parâmetros químicos e físicos a qualidade das águas para o consumo humano e dos teores dos elementos em estudo, estabeleceu-se que a maioria dos poços da área é potável. Os únicos poços que não atendem aos critérios foram P-12, P-16 e P-26; nos quais o primeiro não está em conformidade com relação ao sulfato, e os dois últimos não estão em conformidade com o valor de turbidez.

## 5.7 Associação entre íons e a salinidade

O programa Qualigraf (2014) possibilita o ajuste de equações lineares que buscam estabelecer uma correlação entre os íons estudados com a condutividade elétrica (CE). A maior ou menor correlação entre os íons e a CE está definida pelo coeficiente de determinação  $r^2$ . As correlações entre os parâmetros analisados na água com a C.E. indicaram que o elemento que melhor explica a salinidade das águas subterrâneas em termos da condutividade elétrica é o Cl ( $r^2=0,52$ ) e o  $\text{CO}_3+\text{HCO}_3$  ( $r^2=0,43$ ).

## 6 | CONCLUSÕES

Conclui-se que a maioria dos poços da bacia hidrográfica do rio Grande está em conformidade com a portaria MS 2914/2011 e são indicadas para o consumo humano e para a irrigação. Os melhores são os P-18 e P-19 e estão associados ao Grupo Santo Onofre e Grupo Bambuí, respectivamente. Apenas três poços (P-12, P-16 e P-26) não estão de acordo com a portaria com relação aos parâmetros sulfato e turbidez.

Os poços associam-se preferencialmente ao Grupo Bambuí e estão situados geomorfologicamente na unidade de Patamares. Este relevo é favorável à captação de água destinada a irrigação.

O cátion predominante é o cálcio, o que caracteriza provavelmente a presença de um aquífero carbonático mais calcítico do que dolomítico. Ocorre também a predominância de águas bicarbonatadas típicas de regiões de rochas calcárias. Por fim, o poço que apresenta relação  $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$  capta água da Formação Canabrinha que apresenta níveis de xistos piritosos.

## REFERÊNCIAS

AIBA – Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. **Anuário da Região Oeste da Bahia**. Barreiras: Editora Gazeta Santa Cruz. p.48, 2009.

ALMEIDA, W.A., MOREIRA, C.M. **Análise das outorgas da bacia do rio grande**, Estado da Bahia. p.02-03, 2014..



ARCANJO, J. B. A., MARTINS, A. A. M., LOUREIRO, H. S. C., VARELA, P. H. L. **Projeto Vale do Paramirim**. Relatório final. Salvador: CPRM, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. p.105, 2000.

BOMFIM, C, F, L., GOMES, D, A, R. **Aqüífero Urucuia - Geometria e espessura: ideias para discussão**. Revista águas subterrâneas. p. 03. 2004.

CAIXITO, A, F. **Evolução tectônica da Faixa Rio Preta, Noroeste da Bahia / Sul do Piauí**. Dissertação de Mestrado. Minas Gerais p.03-04, 2010.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2ª edição. Barcelona: Omega, 1983.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Acesso em: 06-05-2016. Disponível em <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>.

FRAGOSO, C.G.D., UHLEIN, A., SANGLARD, D, C, J., SUCKAU, L, G., GUERZONI, G, T, H., FARIA, H, P., **Geologia dos Grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na folha Presidente Olegário (1:100.000)**, Mg: Registro Depositional do Neoproterozóico ao Neocretáceo da bacia do São Francisco. Minas Gerais. p. 30 -35, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades 2007**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 26-01- 2010.

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Primeira Campanha Trimestral**. Acesso em: 09 -05- 2016 Disponível em: < <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>>. INEMA, 2008

JUNIOR, A.V; LIMA, D.L.A.O. **Avaliação hidrogeológica do aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas - BA usando resistividade e polarização elétrica induzida**. Revista Brasileira de Geofísica. p. 02-03, 2007.

LEAL, R.L., HERMUCHE, M.P., ANDRADE, C, A., GUIMARÃES, F, R., JÚNIOR, C, A, O., MARTINS, S, E., PANQUESTO, K, E., RAMOS, M, V. **Definição de unidades geomorfológicas a partir de imagens de dados morfométricos na bacia do rio grande (BA)**. Anais XI SBSR. Belo Horizonte. p.2056, 2003.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água**. U.S. Agency for International Development. Recife. p. 67, 1965.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria 2914 de 2011**. Acesso em: 04-05-2016 Disponível em:< [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>.

MOREIRA, C., SILVA, D. D. M. **Atlas Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Grande**. Universidade Federal da Bahia. Barreiras. p.07-15, 2010.

PREFEITURA LEM – Prefeitura de Luis Eduardo Magalhães. **Dados sobre Luis Eduardo Magalhães**. Acesso em: 08-06-2016. Disponível em <<http://saodesiderio.ba.gov.br/>>.

ROCHA, G.M.F., SOUZA, S.L., GARRIDO, I.A.A. **Distrito Manganífero de Urandi-Licínio de Almeida, bahia: geologia e potencialidade econômica**. CBPM, Série Arquivos Abertos. v. 12, p. 34, 1998.

SIMÕES, M. **Métodos instrumentais para análise química quantitativa de águas subterrâneas e sua aplicação na caracterização do sistema aquífero Cenozóico do baixo Tejo em Almada**. p. 07-08, 2008.

## ENGENHARIA E PRÁTICA SOCIAL

**José Geraldo de Souza**

Instituto Nacional de Telecomunicações

jgeraldo@inatel.br

**RESUMO:** Nos caminhos da discussão acadêmica sobre Educação em e para a Engenharia, insistem duas questões objetivas: quais as finalidades e quais os objetivos do aprendizado em Engenharia? A resposta é ampla e passa pelos conceitos de fixação do sentido e de busca da significação da prática em Engenharia. A prática profissional em Engenharia desenvolve-se a partir de variadas experiências escolares, no ambiente e no entorno da escola de Engenharia. Três delas destacam-se na construção do perfil profissional do engenheiro: construção de uma base acadêmica técnico-científica, aprendizado sobre uma prática profissional e aprendizado sobre uma prática humana social. São tais experiências que posicionam a Engenharia como uma atividade humana para a sociedade, que fixam o seu exercício profissional como prática humana social.

### 1 | INTRODUÇÃO

Educação em Engenharia e para a Engenharia é a verbalização de uma orientação

para a formação escolar do Engenheiro, em qualquer área, que põe ênfase na excelência da formação acadêmica do profissional (educação em Engenharia), ao mesmo tempo que traz para a discussão a aplicação da Engenharia na e para a sociedade (educação para a Engenharia). Compõem essa orientação pedagógica duas questões de base: quais as finalidades e quais os objetivos do aprendizado de Engenharia? (ALQUÉRES, 2009). A resposta a elas é ampla, extensa e incorpora os conceitos de fixação do sentido e de busca da significação da atividade profissional em Engenharia, sentido e significação esses que são alcançados no desenvolvimento de uma prática profissional, no ambiente escolar, assentado em três fundamentos: construção de uma base acadêmica técnico-científica, aprendizado sobre uma prática profissional e aprendizado sobre uma prática humana social.

O primeiro fundamento traz as competências (o saber) e estabelece as habilidades (o saber fazer, formação técnica) do profissional; o segundo aponta a construção e a exercitação dos valores profissionais, na academia e no ambiente da atividade profissional (formação profissional); com o terceiro fundamento, exercita-se a prática profissional em confrontação com realidades

sociais (o saber ser). Pode-se dizer que os dois primeiros fundamentos capacitam o profissional e o terceiro qualifica-o.

O propósito deste texto é apresentar, preliminarmente, essa atual orientação necessária para a educação em e para a Engenharia. Ele é resultado de reflexões e leituras do autor a respeito da educação do engenheiro, confrontados e ampliados por indicações e conclusões de eventos, escritos e debates sobre a Engenharia, no Brasil das últimas duas décadas, principalmente. O texto traz também uma proposta de organização do processo de ensino e aprendizagem mais identificada com a orientação pedagógica da educação em e para a Engenharia.

## **PRÁTICA PROFISSIONAL EM ENGENHARIA**

A prática profissional em Engenharia desenvolve-se através de variadas experiências escolares, experiências vivenciadas e exercitadas no ambiente e no entorno da escola de Engenharia, organizadas sob o aval de três eixos básicos ou fundamentos de orientação do aprendizado nessa área do conhecimento: base acadêmica técnico-científica, prática profissional e prática humana social. (ALQUÉRES, 2009)

O primeiro eixo indica a construção de uma base acadêmica técnico-científica que reúne, organiza e sistematiza os saberes básicos da atividade profissional necessários para uma prática competente e responsável. Esse é o fundamento da formação acadêmica que desenvolve as competências e as habilidades do profissional de Engenharia.

O outro eixo de orientação do aprendizado de Engenharia aponta o aprendizado sobre uma prática profissional, o qual se realiza através da exercitação de valores e princípios positivos do exercício profissional, tanto no ambiente escolar quanto no da atividade profissional. Esse é o fundamento da formação acadêmica do engenheiro que o capacita a dimensionar e a entender a finalidade da sua atuação profissional no ambiente social.

O terceiro eixo conclama o aprendizado sobre uma prática humana social que se constitui e se revela na exercitação da vivência social, no exercício da prática profissional em presença de realidades sociais desafiadoras e confrontantes. Esse é o fundamento da formação profissional do engenheiro que eleva sua prática ao patamar de prática social.

## **INTERVENÇÃO DA ENGENHARIA NA SOCIEDADE<sup>1</sup>**

A atividade profissional em Engenharia é, na teoria e na prática, uma intervenção

<sup>1</sup> Esta seção foi elaborada com os comentários do autor a partir das contribuições dos grupos de trabalho no Colóquio Internacional Franco-Brasileiro (inGênio XXI); Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo: novembro 2009.

humana na realidade, ou seja, na sociedade. Essa intervenção evolui ao fluxo de três fases que emprestam sentido e significação a essa prática profissional.

Na primeira fase, aqui denominada de fase do imediatismo do trabalho, o engenheiro é um participante ativo da intervenção na realidade. Ele coloca sua competência profissional (competências, habilidades e qualificações) a serviço da alteração ou transformação de uma dada realidade. O interesse do profissional, nessa fase, é a aplicação da sua competência técnica e científica para realizar uma tarefa.

Numa segunda fase, que evolui a partir da primeira, o engenheiro é um agente no contexto da intervenção, ou seja: mais do que um participante ativo, ele age na intervenção no sentido de que agora ele busca entender onde e para quem sua prática profissional se realiza. Pode-se denominar essa fase como a da contextualização do trabalho. O interesse do profissional nesse momento avança para um outro degrau, o de estabelecer e compreender as relações de sua prática com o ambiente onde ela se efetiva e com as pessoas que aí vivem e convivem.

A terceira fase de evolução da intervenção da Engenharia na realidade pode ser designada de fase da temporalidade do trabalho. O profissional, ao atingir essa fase, é o autor de intervenção social e, com a autoridade da autoria, age nela e dela participa. A intervenção é demandada a partir de uma compreensão crítica da realidade que se apresenta, ou seja: o engenheiro sabe como realizar cada intervenção, entende onde e para quem ela precisa ser realizada e define para que deve ser realizada. Nessa fase, cada intervenção na realidade traz a chancela de um projeto de cidadania,

## **O APRENDIZADO DO INATEL**

Nos seus primeiros 25 anos de existência, o Instituto Nacional de Telecomunicações de Santa Rita do Sapucaí (MG) – Inatel – formou profissionais de Engenharia para um mercado de trabalho muito necessitado desses profissionais e com inúmeras oportunidades de trabalho, na área de formação. O Inatel concentrou-se na formação de engenheiros eletricitas em duas ênfases: eletrônica e telecomunicações. Tratava-se de uma formação acadêmica bem qualificada que atendia, prontamente, as necessidades das empresas e dos serviços do setor de eletrônica e de telecomunicações. Os engenheiros apresentavam-se ao mercado de trabalho com características profissionais e pessoais desejadas pelos empregadores e, no desenvolvimento de suas funções e na realização de suas tarefas, produziam excelentes resultados.

Durante esse período de mais de duas dezenas de anos, o curso de Engenharia do Inatel passou por atualizações e adaptações, o quadro curricular foi submetido, igualmente, a revisões e atualizações, mas nem a concepção de educação do Instituto nem o desenho do perfil do profissional a ser formado passaram por revisões substantivas. O Projeto Pedagógico da Instituição era sólido, estava bem consolidado

e tinha uma realização que atendia muito bem às demandas do mercado de trabalho.

Entretanto, a partir dos anos de 1980, surgiram as primeiras indicações de que se aproximavam os tempos de repensar a prática educativa da Instituição. O seu projeto de educação profissional, na área de tecnologia, não passaria ileso pelas importantes transformações do cenário político, econômico e social que o país vivia, na época. A Instituição ocupou-se, então, de discutir seu projeto de educação orientada por investigações, estudos de outras realidades, realimentações de empresas e de alunos egressos, discussões internas e externas ao Instituto, entre outras oportunidades e iniciativas. No ritmo dessas discussões e análises de dados e situações, consolidou-se, em 1994, em um documento de investigação acadêmica, um “perfil do engenheiro de telecomunicações” que, em certa medida, antecipava na sua descrição o conceito de Engenharia como prática social, mesmo sem usar ainda essa denominação. Nessa proposta, foram definidos três eixos orientadores de competências e capacidades para a educação do engenheiro, descritos da seguinte forma: (SOUZA 1994)

- *Competências técnico-científicas para o exercício profissional da Engenharia.* Esse eixo reúne e organiza os saberes básicos, técnicos e científicos, a serem trabalhados no ambiente escolar para suportar uma atividade profissional competente. É de se notar que essa proposição aponta para a intervenção do engenheiro na realidade através da atividade profissional, ou seja, como participante ativo da intervenção, fase essa que foi denominada, neste texto, de fase do imediatismo do trabalho.
- *Competências complementares para contextualizar o exercício profissional da Engenharia.* Essa orientação propunha trazer para dentro do curso, para o seu quadro curricular, os saberes e as competências que complementavam as do primeiro eixo orientador. Esses outros saberes e competências estavam explícitos nas investigações e estudos da Instituição e já eram indicados com frequência por setores do mercado de trabalho do engenheiro. Entretanto, eles eram trabalhados apenas no currículo informal do curso, mesmo assim como componentes curriculares colaterais. Identifica-se, nesse segundo bloco de competências, a intenção de contextualizar o trabalho do engenheiro, o que vai ao encontro da segunda fase de evolução da intervenção da Engenharia na realidade, aquela segundo a qual o profissional é agente da intervenção, conhece o seu contexto e os que o orbitam.
- *Atitudes complementares para uma intervenção cidadã na realidade.* A pretensão indicada nesse eixo orientador da educação do engenheiro é a de possibilitar experiências e vivências que agreguem às competências e habilidades do engenheiro aquelas relativas a uma compreensão crítica da realidade onde vive e atua para nela intervir. Na evolução da intervenção da Engenharia na realidade, essa é a fase da autoria (ou da temporalidade do trabalho): cada tarefa, cada projeto, cada ação é uma intervenção cidadã na realidade



Desse modo, a proposta de educação do Engenheiro, que o Inatel acolheu desde os anos de 1990, já estava alinhada com o que hoje se apresenta como relevante em termos de competências, habilidades e atitudes profissionais e pessoais dos chamados “engenheiros do século XXI”. Esse aqui descrito “perfil do engenheiro de telecomunicações” tem sido referência conceitual, ao longa de todos esses anos, para as propostas de projeto pedagógico institucional e de cursos, no Inatel, que hoje oferece quatro cursos de Engenharia e três de Tecnologia.

Merece registro, além de outras iniciativas, a estruturação acadêmico-curricular que o Inatel implantou a partir do segundo semestre de 2007. Em que pese o fato de hoje essa estruturação já ter passado por alterações, a iniciativa foi tomada no estímulo de discussões internas sobre os cursos de Engenharia do Instituto e trouxe importantes contribuições para a melhor realização do perfil do engenheiro a ser formado. Entretanto, talvez a contribuição mais significativa dessa iniciativa, para o processo de ensino e aprendizagem, nos cursos do Inatel, tenha sido a de apontar que a educação do engenheiro passa não por um currículo formal característico da Engenharia, mas também por um “currículo informal” através do qual podem ser trabalhadas outras competências e habilidades que devem compor a prática profissional do engenheiro, além das competências e habilidades técnicas e científicas próprias da carreira. E mais: que esse “currículo informal” não deve ser um apêndice da estrutura formal, mas precisa ser integrante e participante do processo de educação do engenheiro que aspira a evolução da sua prática profissional do imediatismo para a temporalidade do trabalho.

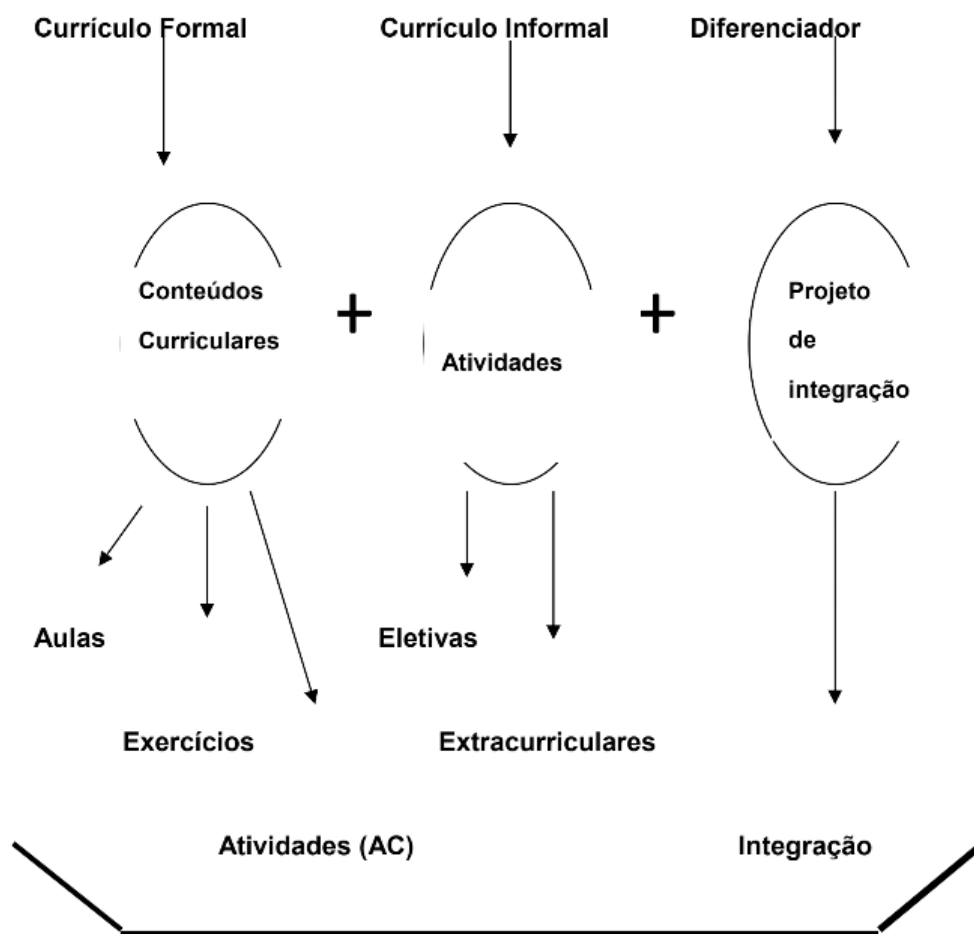
No fluxo dessas reflexões e constatações é que surge a proposta de uma organização do processo de ensino para a aprendizagem em Engenharia, ainda em discussão e construção, mostrada a seguir.

## **UMA PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO PARA A APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA**

A referência pedagógica para a construção da proposta que se apresenta aqui é a de que é preciso possibilitar que os estudantes aprendam. Os professores orientam, mediam, propõem e desafiam, mas são os estudantes que aprendem conforme seus interesses e, principalmente, conforme a significação e a valoração que atribuem para seus estudos e suas carreiras (COUTINHO, 2009). Aos estudantes de Engenharia (e aos de todas as demais carreiras profissionais) é preciso possibilitar ao menos a aprendizagem no domínio cognitivo, o da aprendizagem intelectual, um dos três domínios da aprendizagem escolar. São vários os níveis de profundidade da aprendizagem, nesse domínio, partindo do conhecimento, passando pela compreensão e atingindo o pensamento sobre a realidade (fatos e dados). E educação dos estudantes precisa (ou deveria) trabalhar com eles em todos os níveis de aprendizagem, no domínio

cognitivo. Nesse sentido, propõe-se a organização do processo de ensino para a aprendizagem esquematizada abaixo.

## UMA ORGANIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO PARA APRENDIZAGEM



**Mediação e suporte:** corpo docente, corpo técnico-administração, gestão acadêmica, núcleos de apoio, laboratórios e oficinas, estrutura física

No caso do Inatel, os núcleos de apoio a docentes, discentes e colaboradores hoje são cinco: Núcleo de Orientação Educacional (NOE); Núcleo de Atividades Complementares Curriculares (NAC); Núcleo de Empreendedorismo (NEmp); Núcleo de Estágios e Serviços Profissionais (NESP); Núcleo de Orientação Didático-Pedagógica (NODP).

O Projeto de Integração tem por objetivos principais:

- Integração de componentes curriculares e fundamentação técnico-científica.
- Estímulo ao desenvolvimento de competências múltiplas.
- Articulação dos componentes curriculares com o perfil do egresso esperado.

Os Projetos de Integração, conforme o interesse da Instituição de Ensino,

podem ser disciplinas do quadro curricular ou constituírem atividades de disciplinas desse quadro, incluindo-se aí os Estágios e o Trabalho de Conclusão de Curso, articulando a natureza do projeto com o nível de aprendizagem cognitiva desejado.

## CONCLUSÃO

Essa e assim tem sido a caminhada do Inatel como instituição de educação profissional, na área de tecnologia, colhendo com orgulho os bons resultados que produz e assumindo com coragem a travessia que precisa realizar rumo ao futuro da Engenharia.

Assumir, desenvolver e exercitar a Engenharia como prática social, nas experiências e vivências escolares, dependem de alguns instrumentos, ferramentas e decisões bem elaborados, tais como: planejamento estratégico institucional, projeto pedagógico institucional e de cursos, planos de ação, metodologias e instrumentos de avaliação, programas de formação e capacitação docente, entre outros. Entretanto, o que vai, realmente, estabelecer a diferença entre uma concepção tradicional do exercício profissional da Engenharia e o seu exercício como prática social é uma mudança radical de práticas: prática institucional, prática docente e prática discente. A intencionalidade é categoria pedagógica decisiva no processo de ensino para a aprendizagem, ela precisa ser assumida pelos operadores do processo, mas manifesta-se nas práticas, no fazer e no refazer da instituição escolar. A aprendizagem significativa e substancial não é fruto da colateralidade.

A revisão das práticas, por sua vez, não é algo dado a priori, senão que precisa ser assumida e realizada, individualmente e coletivamente. Na escola de Engenharia, ou nos cursos de Engenharia em geral, as práticas estabelecidas – prática institucional, docente e discente – tendem a ser mais tradicionais e conservadoras. Alterá-las é uma caminhada lenta, longa muitas vezes, insistente sempre. Quanto mais ousada e objetiva a organização didático-pedagógica do processo de ensino para a aprendizagem, mais a sua implementação e aplicação são, absolutamente, dependentes da revisão e da transformação das práticas empregadas, na escola e nos cursos de Engenharia. Os resultados positivos são colhidos aos poucos e os insucessos precisam ser reconhecidos e assumidos como possibilidades de aprendizagem institucional. Por outro lado, a área da Engenharia é generosa em criar para as estudantes oportunidades de exercitação profissional, ainda nos bancos escolares, que poderão orientar a sua prática profissional futura.

Assim faz todo sentido aceitar, entender e assumir a Engenharia como instrumento e via de intervenção social para a reconstrução da realidade, o que vai bem mais longe do que o simplismo explícito na declaração “identificar e resolver problemas da sociedade” como uma das principais atribuições do engenheiro. Faz todo senso incorporar, já nas atividades acadêmicas formais de educação do engenheiro, o

sentido e a significado das suas atividades profissionais como autor da intervenção social, o que ultrapassa o papel de apenas participante ou agente dessa intervenção.

Aceitar, entender e buscar a prática profissional da Engenharia na referência de uma prática humana social não é conteúdo curricular que se apresenta em atividades escolares formais. Tem a ver com atitudes e posicionamentos profissionais e pessoais frente a realidades sociais, tem a ver com leituras profissionais dessas realidades. Isso pode ser experimentado e exercitado na Escola de Engenharia possibilitado por práticas docente e discentes transformadas e interessadas.

As demandas sociais apresentadas à Engenharia, nos tempos atuais e futuros próximos, garimpam entre seus estudantes e profissionais aqueles que queiram e possam assinar a autoria da intervenção na realidade social do país e do planeta.

## REFERÊNCIAS

ALQUÉRES, J. L. –*Quais Engenheiros para o século XXI?* Colóquio Internacional Franco-Brasileiro (inGênio XXI); Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, novembro 2009.

COUTINHO, A. R. – *Novo Modelo para o Ensino*. B2B Magazine, ano 8, n. 101, nove. 2009, p.53-63.

SOUZA, J. G. de –*Análise Crítica de uma Proposta Educacional: o Instituto Nacional de Telecomunicações de Santa Rita do Sapucaí – Inatel (um estudo de caso)*; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, PUC-Campinas; Campinas: 1994.

## DOCUMENTOS CONSULTADOS

FORMIGA, M. M. M. –*Engenharia para o desenvolvimento: inovação, sustentabilidade, responsabilidade social como novos paradigmas*; Manuel Marcos Maciel Formiga organizador; Luiz Carlos Scavarda do Carmo ... (et al.); Brasília: SENAI/DN; 2010.

INATEL. *Projetos Pedagógicos dos Cursos de Graduação (Engenharias)*. Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL); Santa Rita do Sapucaí (MG), 2015.

INATEL. *Projetos Pedagógicos dos Cursos de Graduação (Tecnologias)*. Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL); Santa Rita do Sapucaí (MG), 2015.

INATEL. *Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI (2012 a 2016)*. Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL); Santa Rita do Sapucaí (MG), 2012.

## ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *LECYTHIS PISONIS CAMBESS* TRATADAS COM ÁCIDO INDOLBUTÍRICO E ÁCIDO NAFTALENO ACÉTICO

### **Cristina Valory da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.

### **Elzimar de Oliveira Gonçalves**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.

### **Tamyris de Mello**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.

### **Bruna Tomaz Sant'ana**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.

### **Carlos Humberto Desidério Pirovani**

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre – ES.

**RESUMO:** A sapucaia (*Lecythis pisonis Cambess*) é uma espécie nativa do Brasil e possui potencial para produtos madeireiros e não madeireiros. Suas castanhas são comestíveis e ricas em proteínas e minerais. Diversos fatores como a baixa viabilidade das sementes, o processo germinativo lento e

irregular e a dificuldade de coleta, dificultam a propagação sexuada da espécie, tornando a propagação vegetativa uma alternativa para superar esses obstáculos. Portanto, objetivou-se com esse trabalho, induzir o enraizamento de miniestacas de sapucaia utilizando diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA). As miniestacas foram coletadas do minijardim seminal presente no viveiro, e foram confeccionadas com 8 cm de comprimento, mantendo-se um par de folhas reduzidos à metade, seguindo de desinfestação. A base das miniestacas foram imersas em solução de AIB e ANA nas concentrações 0; 2000; 4000 e 8000 mg L<sup>-1</sup> por 20 segundos e estaqueadas em tubetes com areia esterilizada, permanecendo por 45 dias em casa de vegetação, e 60 dias em casa de sombra. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 10 repetições. Houve sobrevivência de 100% das miniestacas em casa de vegetação. Porém, quando transferidas para a casa de sombra, não foi observado miniestacas enraizadas. Conclui-se que as diferentes concentrações testadas de AIB e ANA, não influenciaram positivamente no enraizamento das miniestacas, no período de avaliação do experimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** sapucaia, propagação de mudas, regulador de crescimento, silvicultura clonal.



**ABSTRACT:** Sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) is a species native to Brazil and has potential for timber and non-timber products. Its nuts are edible and rich in protein and minerals. Several factors, such as low seed viability, slow and irregular germination and difficulty in collecting, make it difficult for the species to propagate sexually, making vegetative propagation an alternative to overcome these obstacles. Therefore, the objective of this work was to induce the rooting of sapucaia minicutts using different concentrations of indolebutyric acid (AIB) and naphthalene acetic acid (ANA). The minicuttings were collected from the seminal minijardim present in the nursery, and were made with 8 cm in length, keeping a pair of leaves reduced by half, followed by disinfestation. The base of the minicuttings were immersed in IBA and ANA solution at concentrations 0; 2000; 4000 and 8000 mg L<sup>-1</sup> for 20 seconds and sterilized in tubes with sterile sand, remaining for 45 days in a greenhouse, and 60 days in a shade house. The experimental design was completely randomized with 8 treatments and 10 replicates. There was 100% survival of minicuttings under greenhouse conditions. However, when transferred to the shade house, no minicutts were observed. It is concluded that the different tested concentrations of AIB and ANA did not positively influence the rooting of minicuttings, in the evaluation period of the experiment.

**KEYWORDS:** sapucaia, seedling propagation, growth regulator, clonal forestry.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) é uma árvore lenhosa pertencente à família Lecythidaceae, originária dos biomas Mata Atlântica e Amazônico (LORENZI, 2008). Quando adulta, atinge uma altura média de 20 a 30 metros, sua madeira possui boa resistência e durabilidade, tendo diversas utilidades como, construção civil, navais e dormentes (RIZZINI, 1978).

Os frutos pesam até 2kg, e podem possuir de 10 a 40 sementes (CARVALHO, 2006;), essas, são comestíveis e muito apreciadas em várias regiões do Brasil, podendo ser consumidas em estado natural, tostada, assada ou cozida (REVILLA, 2002). Os teores de lipídios e óleos das castanhas, são semelhantes a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), e sua inserção em dietas produz efeitos protetores à saúde, impedindo ou minimizando danos celulares decorrentes ao estresse oxidativo (MARTINS, 2016).

Vários são os fatores que dificultam a produção de mudas da sapucaia. Possui baixa densidade nas florestas e porte alto, sua frutificação é esporádica e seu fruto deiscente. As sementes são dispersas assim que o fruto abre, por morcegos, pois são atraídos pelo arilo carnoso e adocicado que prende as sementes ao fruto, levando a escassez da mesma. Além disso, possui um processo germinativo lento e irregular (CRUZ e CARVALHO, 2003)referencia

Diante das dificuldades da propagação da espécie via sexuada, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa para produção de mudas (XAVIER; WENDLING;

SILVA, 2013). Além disso, pode proporcionar um aumento da produtividade, pois propicia a conservação de caracteres de interesse, reduz o período juvenil (ASSIS, 1986), e possibilita um crescimento mais uniforme e homogêneo em tempo reduzido (WENDLING; SOUZA, 2003).

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia é amplamente utilizada na produção de mudas (WENDLING; SOUZA, 2003), utilizando propágulos mais jovens com maior probabilidade de obter respostas ao enraizamento (HERNANDEZ; XAVIER; PAIVA et al., 2013). Além disso, diminui área de produção, reduzindo os custos e facilitando as atividades de manejo (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Outro fator que influencia no enraizamento é o balanço hormonal que envolve hormônios promotores ou inibidores do processo (HARTMANN et al., 2011). O fornecimento de fitorreguladores, como as auxinas, pode favorecer o enraizamento de miniestacas (DIAS, 2012). Tais fitorreguladores tem sido objeto de muitas pesquisas, principalmente envolvendo estudos de tentativa e erro de diferentes concentrações, formulações, aditivos e durações de tratamento para obter o enraizamento ideal para cada espécie (LUDWIG-MÜLLER, 2000).

Tendo em vista o potencial econômico da sapucaia, e diante das dificuldades de produzir mudas através da propagação sexuada, o presente trabalho teve o objetivo induzir o enraizamento de miniestacas de sapucaia utilizando diferentes concentrações de AIB e ANA.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de abril a agosto de 2017 em casa de vegetação coberta com plástico de polipropileno (150  $\mu\text{m}$ ) e sombrite (25%) localizada na Universidade Federal do Espírito Santo - ES (DCFM-CCAUE-UFES), com latitude 20°47'25"S e longitude 41°23'48"W.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período de estiagem no inverno e chuvoso no verão. Durante os meses de condução do experimento registraram-se médias de temperatura e umidade relativa de 28,7°C e 82,6%, respectivamente, por meio de uma mini estação climática.

As miniestacas utilizadas foram oriundas de um minijardim clonal, que já possuía três anos de condução, formado a partir de sementes obtidas de plantas matrizes da região de Sooretama e Linhares (ES) e cultivado em vasos de polipropileno com capacidade de 3,8 litros, contendo substrato comercial a base de casca de pinus decomposta. As minicepas receberam adubação de base com 0,5 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples e de cobertura a cada 15 dias, com 5 ml de solução nutritiva por minicepa, com 200g de N e 150g de K<sub>2</sub>O m<sup>-3</sup> (GONÇALVES, 2004).

Após a coleta, as miniestacas apicais com aproximadamente 8 cm de comprimento

foram preparadas com um corte em bisel na base, mantendo-se um par de folhas reduzidas à metade. As estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos, e álcool 70% por 3 minutos e posteriormente lavadas em água corrente por três vezes.

As miniestacas tiveram a base mergulhada por 20 segundos nos reguladores de crescimento ácido indol-3-butírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA), preparados por via líquida, através da diluição em hidróxido de potássio (KOH), com diferentes concentrações: 0; 2000; 4000, 8000 mg L<sup>-1</sup>.

Posteriormente as miniestacas foram colocadas para enraizar em tubetes com capacidade de 55 cm<sup>3</sup> preenchidos com areia esterilizada a 127 °C em autoclave (vapor saturado sob pressão) por 60 minutos.

O delineamento experimental foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 4 x 2 (quatro concentrações e dois reguladores) com parcelas experimentais compostas de 10 miniestacas por repetição.

O período de permanência em casa de vegetação foi de 45 dias, sendo que em seguida, as miniestacas foram transferidas para aclimação em casa de sombra durante 60 dias. As avaliações realizadas constituíram-se da sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação, e após 60 dias, em casa de sombra.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar as miniestacas em casa de vegetação, foi observado sobrevivência de todos os propágulos aos 45 dias após o estaqueamento, sendo que, todos os tratamentos permaneceram com o par de folhas. A presença de folhas é um fator importante, pois elas são fontes de promotores do enraizamento e de fotoassimilados (HARTMANN et al., 2011).

Com relação às avaliações de sobrevivência e enraizamento em casa de sombra, notou-se a queda das folhas a partir do quarto dia, sendo que 40 dias após a transferência para a casa de sombra, 94% das miniestacas perderam suas folhas. Ao final de 60 dias em casa de sombra, não foram identificados a indução de raízes sendo observada a mortalidade de 90% das miniestacas.

Pacheco e Franco (2008) trabalhando com a *Luehea divaricata* observaram uma relação entre a morte das estacas e a abscisão das folhas no início do processo, indicando que não houve compensação da água perdida pelos tecidos, tendo em vista a ausência de primórdios radiciais nestas estacas.

Fochesato et al. (2006), na estaquia do *Laurus nobilis* L. (louro), obtiveram 100% de estacas mortas na ausência de folhas, e de 11,5% a 16,7% com folhas, atribuindo a mortalidade ao esgotamento das reservas, por ocasião da brotação, e à ausência de hormônios produzidos nas folhas. Segundo Xavier et al. (2003) as oscilações de umidade e temperatura na miniestaquia de *Eucalyptus* pode limitar o enraizamento

dos propágulos. Fato que pode ter ocorrido no presente estudo.

A aplicação dos reguladores AIB e ANA em diferentes concentrações não propiciaram a formação de raízes adventícias na sapucaia. Oliveira et al. (2015) avaliaram o efeito de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico no enraizamento de miniestacas apicais de ipê-roxo e observaram que a utilização de AIB em miniestacas não é um condicionante para o enraizamento da espécie. Em outro estudo, Stuepp et al. (2015) analisaram a presença de folhas e ácido indol butírico no enraizamento de estacas de quiri, não verificaram efeito positivo das concentrações de ácido para a indução de raízes nesta espécie, tanto para estacas com folhas como sem folhas.

O efeito de diferentes concentrações do ácido indol-3-butírico no enraizamento de estacas de fedegoso foi estudado por Lafetá et al. (2016) e foi constatado que as concentrações desse regulador vegetal não influenciaram no desenvolvimento do sistema radicular e aéreo das mudas e, por conseguinte, em sua sobrevivência em casa de sombra.

Faganello et al. (2015) avaliaram diferentes concentrações de ácido indolbutírico e do ácido naftaleno acético no enraizamento de estacas de *Cordia trichotoma* e concluíram que as concentrações dos reguladores testadas limitaram o desenvolvimento da parte aérea e aumentaram a mortalidade de estacas.

Em contrapartida, Oliveira et al. (2016) relataram que apesar da aplicação de AIB não ter proporcionado maiores taxas de enraizamento para *Handroanthus heptaphyllus*, este influenciou positivamente no vigor das miniestacas.

Dado que o minijardim já possuía três anos de idade, um possível dificultador do enraizamento, pode ter sido a alta lignificação das miniestacas. Barreiras anatômicas também podem ser a causa do difícil enraizamento. A presença de um anel contínuo de esclerênquima entre o floema e o córtex, ponto visível de origem da raiz adventícia, possivelmente constitui uma barreira anatômica para o enraizamento (HARTMANN et al. 2011). Em estacas de fácil enraizamento, foram caracterizadas pela descontinuidade ou poucas camadas de células esclerenquimáticas (WHITE e LOVELL, 1984).

A dificuldade do enraizamento das estacas de *Maytenus muelleri Schwacke* (espinheira santa) foi relacionada com a presença de um anel esclerenquimático no córtex caulinar que constitui em uma barreira mecânica à emissão radicial e a presença de compostos fenólicos que interferiram negativamente na indução do enraizamento (LIMA et al. 2011).

Porém os aspectos anatômicos bioquímicos das miniestacas de sapucaia não foram pesquisados neste trabalho. Logo, seriam necessários estudos específicos, a fim de esclarecer se estes poderiam ou não estar influenciando no enraizamento dessa espécie.

Para Hartmann et al. (2002), uma das características que pode ser responsável pela ausência ou baixa capacidade de enraizamento em estacas, é a presença de cofatores que atuam em conjunto com as auxinas para emissão de raízes. De acordo

com Weaver (1986), em plantas de difícil enraizamento, os cofatores estão presentes em quantidades insuficientes nas estacas, ou ainda existem substâncias inibidoras em concentrações elevadas nas mesmas.

Dado que as estacas permaneceram sobreviventes, durante os 45 dias em casa de vegetação, é possível que este período de tempo pode não ter sido suficiente para induzir a formação de raízes para o presente estudo. Endres et al. (2007) sugerem que o tempo de permanência das estacas sob nebulização deve ser superior a 120 dias, a fim de induzir o seu processo de enraizamento em estacas de pau-brasil, devido os altos índices de sobrevivência e os baixos índices de enraizamento.

Em relação ao alto percentual de mortalidade das estacas, em casa de sombra, pode-se inferir que esta ocorreu, devido às condições do ambiente, pois uma vez que as estacas não possuíam raízes, elas não tiveram habilidade em sobreviver em casa de sombra, onde a umidade do ar não se encontrava acima de 80 %.

#### 4 | CONCLUSÕES

- As concentrações estudadas dos reguladores vegetais, AIB e AIA, não influenciaram no enraizamento das miniestacas de *Lecythis pisonis*, por conseguinte, em sua sobrevivência em casa de sombra.
- Há necessidade de investigações mais aprofundadas sobre maior tempo de permanência na casa de vegetação e se existem barreiras anatômicas que impeçam o enraizamento adventício da sapucaia.
- 

#### REFERÊNCIAS

ASSIS, T. F. **Melhoramento genético do eucalipto**. Informe Agropecuário, v. 12, n.141, p 36-46, 1986.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 627.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. **Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (LECYTHIDACEAE)**. Acta Amazônia, v. 3, n. 5, p. 381-388, 2003.

DIAS, P. C. et al. **Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.

ENDRES, L. et al. **Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético**. Ciência Rural, v.37, n.3, p.886-889, 2007.

FAGANELLO, L. R. et al. **Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.** Ciência Florestal, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.



- GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (EDS.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2004. 421p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- HERNANDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia**. Revista Árvore, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.
- LAFETÁ, B. O. ET al. **Ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de estacas de fedegoso gigante**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 88, p. 489-496, 2016.
- LIMA, D. M. et al. **Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indolbutírico relacionadas a aspectos anatômicos**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. v.13, n. 4, p. 422-438, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p. 157.
- LUDWIG-MÜLLER, J. **Indole-3-butyric acid in plant growth and development**. Plant Growth Regulation, v. 32, n. 2-3, p. 219-230, 2000.
- MARTINS, M. V. **Atividade antioxidante e anti-inflamatória da castanha de sapucaia (*Lecythis Pisonis Cambess*) em ratos Wistar**. 2016 89 f. Tese (Doutorado em Bioquímica aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2016.
- OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. **Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos**. Ciência Florestal, v. 26, n. 1, 2016.
- OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. **Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos)**. Ciência Florestal, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.
- JARDEL PIZZATTO PACHECOI, J. P.; FRANCO, E. T. H. **Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart**. Ciência Rural, v.38, n.7, p.1900-1906, 2008
- REVILLA, J. **Plantas úteis da bacia amazônica**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2002.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 236p.
- STUEPP, C. A. et al. **Presença de folhas e ácido indol butírico no enraizamento de estacas de quiri**. Comunicata Scientiae, v.6, n.2, p.181-193, 2015.
- WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE. 3., 2003, Chapecó. Anais... Chapecó: EPAGRI, 2003. p. 60.
- WHITE, J.; LOVELL, P.H. **The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia licida***. Annals of Botany, v.54, p.7-20, 1984.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 279 p.

## PROJETO PILOTO CISTERNAS RURAIS: PARCERIA SAAE – ITAIPU

### **Fabio Alexandre Regelmeier**

Técnico Ambiental, Instituto Federal do Paraná (IFPR) Administrador de Empresas, Especialista em Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Mestrando em Desenvolvimento Rural pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) Campus de Marechal Cândido Rondon. Servidor Público Municipal, Chefe da Seção de Preservação Socio-Ambiental do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE – Marechal Cândido. Rondon – PR.

### **Armin Feiden**

Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (1981), graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná (1986), mestrado em Engenharia Florestal (Conservação da Natureza) pela Universidade Federal do Paraná (1994) e doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001). Atualmente é professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Tem experiência na área de agronomia e zootecnia, com ênfase em meio ambiente e energia na agricultura, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento rural sustentável, gestão ambiental em microbacias hidrográficas, energia de biomassa, biodigestores, biogás, biofertilizantes, manejo de dejetos e resíduos agroindustriais.

**RESUMO:** O problema de escassez de água doce é uma realidade cada vez mais presente em várias partes do mundo. Até mesmo lugares, ou regiões de determinados países, onde a carência de água normalmente não é um problema, também sofrem em algumas épocas do ano com períodos de estiagem, falta de armazenamento ou má distribuição da água. A ausência sistemática desse recurso natural é cada vez mais preocupante, principalmente em áreas onde a produção agropecuária é intensa. Não livre destas dificuldades o município de Marechal Cândido Rondon – PR, tem como característica produção intensiva em agricultura e agropecuária principalmente no tripé: bovinocultura, suinocultura e avicultura, todos com consumos de água elevados para obterem resultados satisfatórios. Visto isto o trabalho visa demonstrar que com a captação de água da chuva através das coberturas existentes nas propriedades rurais, estas podem auxiliar as propriedades principalmente em períodos de estresse hídrico. Diante disto criou-se um projeto piloto baseado em uma experiência exitosa em estados como Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde Cisternas enterradas armazenam água da chuva em períodos chuvosos do ano para serem utilizados em épocas de escassez.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água, Aproveitamento, Captação

**ABSTRACT:** The problem of Freshwater scarcity is a reality more and present in various parts of the world. Even places or regions of certain countries, where the lack of water is usually not a problem, also suffer in some times of the year with periods of drought, lack of storage or poor water distribution. The systematic absence of this natural resource is increasingly worrying, especially in areas where agricultural production is intense. Not free of these difficulties the municipality of Marechal Cândido Rondon-PR, features intensive agriculture and livestock production mainly in cattle, swine and tripod: poultry, all with high water consumption to obtain satisfactory results. Seen this work aims to demonstrate that with the capture of rainwater through the existing coverage in rural properties, these can help the properties mainly in periods of water stress. On this pilot project was created based on a successful experience in States such as Santa Catarina and Rio Grande do Sul, where buried Tanks store rain water in rainy periods of the year to be used in times of supplemented

**KEYWORDS:** Water, Haversting, Capture.

## INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais abundante do planeta. De maneira quase onipresente, ela está no dia a dia dos 7 bilhões de pessoas que habitam o planeta. Nos últimos tempos estamos sendo informados através das mídias que há falta de água em vários estados do Brasil onde até pouco tempo atrás não ocorria, como por exemplo, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, entre outras. Desta forma o Serviço Autônomo de Água e Esgoto SAAE de Marechal Cândido Rondon – Pr. procura auxiliar os produtores rurais do município a encontrar maneiras sustentáveis de aproveitar a água, principalmente em nossa região por se tratar de uma área de produção agropecuária intensa.

A água é um componente essencial para a sobrevivência humana e animal, sendo um recurso limitado, portanto, deve ser usada de forma racional. O elevado consumo de água nas regiões de produção intensiva, aliado à falta de programas de gestão da água, vem reduzindo sua disponibilidade, principalmente as de fontes subterrâneas. A captação e o armazenamento da água de chuva são uma ótima alternativa para minimizar o problema de estiagens severas em algumas épocas do ano. Para utilização desta água, devemos prestar atenção em dois aspectos principais: se a mesma for utilizada para o consumo animal, ela deve ser analisada e receber tratamento adequado que garanta sua qualidade; se for utilizada para outros fins (por exemplo, lavagem de chiqueiros, carros, na lavagem de calçadas, ou na irrigação pequenas hortas ou jardins) seu tratamento é mínimo, e não necessita de análise de qualidade mais superficiais.

A captação da água da chuva pode ser realizada em telhados de casas ou demais construções da propriedade, utilizando-se calhas e encanamentos condutores e, logo após, armazenando essa água em cisternas ou outro tipo de reservatório.

O volume desses reservatórios deve ser calculado em função da demanda de água na propriedade. Desta forma, através das cisternas estaríamos contribuindo para um melhor aproveitamento da água nas propriedades, além de contribuir para um uso mais sustentável deste recurso. Muito se discute e interroga sobre o que é o desenvolvimento sustentável. No entanto, o que se concorda é que esse deve buscar a sustentabilidade do meio, pois por mais que a agricultura tenha avançado em técnicas que transcendam os limites naturais, a mesma continua a depender de processos e de recursos naturais (FONSECA e BURSZTYN, 2007; GOMES, 2004; MAROUELLI, 2003).

Localização do Município: O município de Marechal Cândido Rondon está localizado na Mesorregião Geográfica Oeste Paranaense e na Microrregião de Toledo, entre as coordenadas 24° 26' e 24° 46' de latitude sul e 53° 57' e 54° 22' de longitude oeste (Figura 1).



**Figura 1.** Localização de Marechal Cândido Rondon no Estado do Paraná.

Fonte: Wikipédia.org

O município rondonense apresenta forte exploração de atividades agroindustriais baseadas na bovinocultura de leite, avicultura e suinocultura, necessitando assim de grande aporte hídrico para abastecimento da produção. Em contrapartida, as extensas áreas dos telhados dos abrigos da produção agroindustrial evidenciam uma importante possibilidade de captação de águas pluviais, tendendo a diminuir a exploração dos recursos hídricos e a escassez para o consumo humano. Contudo, muitos produtores do meio rural encontram dificuldades para dimensionar sistemas de captação mais adequados as suas respectivas realidades. Cabe salientar também a importância da captação da água da chuva com o intuito de preservar os recursos hídricos que são explorados para fins que não exigem sua potabilidade, destacando que essa água pode servir para usos menos nobres, principalmente na produção de animais que necessitam de uma grande quantidade de água não só para consumo como também para refrigeração, limpeza, entre outros. O único problema da construção de cisternas é a inviabilidade econômica em se tratando de ação individual, contudo, com subsídios e contemplação de ação em maior escala, o recurso torna-se viável em curto prazo. Por fim, pode-se relatar que toda forma de preservação da água é importante, salientando

que a água da chuva é uma alternativa para reduzir os impactos às fontes disponíveis.

As constantes estiagens que ocorrem no oeste do Paraná, notadamente na região de Marechal Cândido Rondon, têm mostrado a fragilidade do sistema de abastecimento existente e causando prejuízos significativos para a sociedade, pois resultam no aumento dos custos de captação, transporte e tratamento da água para a manutenção da produção, por vezes, ocasionando perda da eficiência produtiva.

A elevada dependência de abastecimento de água e a grande concentração de segmentos econômicos: suinocultura, avicultura e bovinocultura de leite agravam ainda mais a demanda de água. Sem esquecer que a cultura errônea da disponibilidade ilimitada de água, por muitas vezes toma o seu uso de forma abusiva. A Lei n. 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e destaca que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.

O município de Marechal Cândido Rondon conta com 100% de abastecimento de água na zona rural. São 42 sistemas implantados perfazendo um total de 1871 propriedades abastecidas com água tratada. O Sistema conta com 1923 ligações de água somando um total de 713.387 metros de rede de água abastecendo uma população estimada de 6.086 pessoas. A base de subsistência dessas propriedades e praticamente o cultivo de grãos e atividades com suínos, bovinos e aves, principalmente por se ter instalado no município, grandes empresas de suinocultura, frigorífica de aves e de beneficiamento de leite. (AHLERT, 2013).

## **OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo avaliar um sistema aproveitamento da água da chuva com a captação e armazenamento através das coberturas existentes nas propriedades afim de diminuir a exploração dos recursos hídricos subterrâneos no meio rural. Também avaliar os resultados após 10 meses de implantação de uma cisterna em uma propriedade rural, cuja atividade é de avicultura e suinocultura observando a quantidade e a qualidade da água captada na propriedade.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho utilizou-se de uma pesquisa exploratória em publicações oficiais, dados obtidos através de informações repassadas por cooperativas e empresas atuantes na área, além de observações de campo feitas pelo autor. Pesquisou-se os dados do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE no município de Marechal Cândido Rondon que conta com 100% de abastecimento de água na zona rural. São 42 sistemas implantados perfazendo um total de 1871 propriedades abastecidas com água tratada. O Sistema conta com 1923 ligações de água totalizando 713.387 metros



de rede de água abastecendo uma população estimada de 6.086 pessoas. A base de subsistência dessas propriedades e praticamente o cultivo de grãos aliado a atividade com suínos, bovinos e aves, principalmente por se ter instalado no município, grandes empresas de suinocultura, frigorífica de aves e de beneficiamento de leite. (AHLERT, 2013).

Constatou-se que algumas propriedades deixam de expandir sua produção por falta de disponibilidade hídrica da localidade. Através das informações acima mencionadas pesquisou-se a produção anual de animais e observa-se conforme a Tabela 1 que a produção de aves (galináceos) e suínos se destaca pela grande quantidade de animais no município.

<b>Efetivo de Pecuária e Aves</b>	<b>Qtde/Animais</b>
Rebanho Bovino	49.581
Rebanho Eqüinos	300
Galináceos (galinhas, frangos etc.)	2.755.000
Rebanho de Ovinos	2.700
Rebanho de Suínos	330.797
Rebanho de Asinos	8
Rebanho de Bubalinos	190
Rebanho de Caprinos	2.200
Coelhos	500
Rebanho de Muares	13
Rebanho de Vacas Ordenha	21.402
<b>Total</b>	<b>3.162.691</b>

Tabela 1. Quantidade de Animais em Marechal Cândido Rondon

Fonte: IPARDES (2013)

Pesquisou – se também as empresas e número de propriedades que atuam no município de Marechal Cândido Rondon nas atividades de avicultura e suinocultura especialmente. Segue abaixo a Tabela 2.

<b>Empresa</b>	<b>Atividade</b>	<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Tamanho Médio</b>
Copagril	Avicultura	Corte	141	1820m2
Copagril	Suinocultura	<sup>1</sup> UPLs / Terminação	130	2000m2
Copagril	Suinocultura	<sup>2</sup> Crechario	20	1850 m2
Friella	Suinocultura	UPLs / <sup>3</sup> Terminação	11	2000m2
Friella	Suinocultura	Crechario	2	2000m2
BRF	Avicultura	Corte	20	1500m2
BRF	Suinocultura	UPLs / Terminação	35	1830m2
BRF	Suinocultura	Crechario	6	1830m2

Fonte: Dados do Autor (2013)

Tabela 2. Atividades Agropecuária e Empresas em Marechal Cândido Rondon

1 UPLs : Unidade Produtora de Leitões

2 Crechário: Unidade Intermediário entre UPL e Terminação

3 Terminação: Fase final do processo até o Abate.

Depois de diagnosticado o cenário da avicultura e suinocultura de Rondonense, verificou-se o regime de chuvas do município através de acompanhamento pluviométrico diário do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. No Gráfico 1 estão os dados pluviométrico de 2012 a 2016:

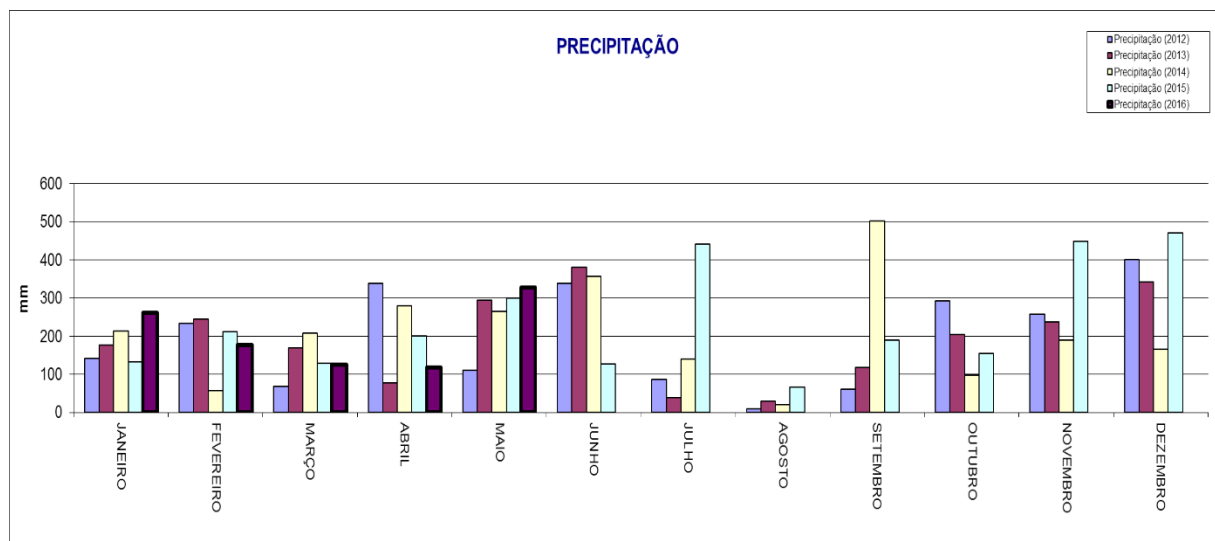


Gráfico 1: Precipitação Pluviométrica 2012 a 2016

Fonte: SAAE – Marechal Cândido Rondon.

De acordo com a da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA é importante que leve em consideração que a precipitação de 1 mm de chuva sobre 1m<sup>2</sup> de área de telhado produz um litro de água. Por Exemplo: se a área de captação total de sua propriedade for de, por exemplo, 50 m<sup>2</sup>, serão armazenados 50 L de água para cada milímetro de chuva observada. (OLIVEIRA et. al 2013.)

Vantagens do aproveitamento da água da chuva

- Combate à escassez de água em períodos de estiagem ou de maior demanda, em regiões de produção intensiva de suínos e aves;
- Reduz o consumo de água potável na propriedade, e o custo de fornecimento da mesma;
- É gratuita, ou seja, não faz parte do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), portanto não tem valor econômico previsto em Lei (Art. 1º, Inc. II, Lei 9433/1997);
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na lavagem de piso na suinocultura e avicultura, descarga de vasos sanitários, irrigação de hortas e jardins, etc., desonerando o abastecimento público;

- Apresenta a conveniência do suprimento (captação) acontecer no próprio local ou próximo do local de consumo;
- Contribui para uma melhor gestão e distribuição de águas nas regiões de produção intensiva de suínos e aves;
- É de fácil manutenção, e possui tecnologias disponíveis flexíveis e adaptáveis a diferentes terrenos e propriedades;
- A água captada possui qualidade aceitável, principalmente se captada nos telhados;
- Contribui com a conservação de água, a autossuficiência e a uma postura ambientalmente correta perante os problemas ambientais existentes no meio rural.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos argumentos acima apresentados o SAAE buscou uma parceria junto a Cooperativa Agroindustrial e também a Itaipu-Binacional através do programa Cultivando Água Boa, que tem atuado de forma muito importante no município com ações que visam à preservação ambiental. Os custos de implantação foram divididos em 64% ITAIPU e 46% SAAE conforme convênio firmado entre as duas partes.

Desta feita, foram realizadas reuniões com os parceiros ficou definido que três propriedades seriam beneficiadas com este projeto duas em suinocultura e uma avicultura. Foram elencados e avaliados critérios técnicos para a escolha das mesmas como, por exemplo: capacidade de produção, uso da água, demanda disponível de água entre outros. Foi definido também o ideal seria um reservatório enterrado (Cisterna) revestido e coberto com geomembrana de PEAD de alta densidade e que o volume de 500 mil litros é satisfatório para o início do projeto.

### Cisterna Enterrada:

Nos projetos de cisternas deve-se primeiro identificar o objetivo da coleta da água. Se for para dessedentação animal, é preciso submetê-la a um sistema de filtração eficiente e armazenamento. Neste caso, o projeto será constituído por três processos básicos:

- Sistema de coleta;
- Sistema de filtração;
- Sistema de armazenamento;

### Sistema de coleta (captação)

Conforme Oliveira (et. al. 2012) as captações de água para uso doméstico normalmente são feitas de três formas: de mananciais de superfície (lagos, represas, rios, etc.), de águas subterrâneas (poços profundos e artesianos) e da água da chuva.

O sistema de captação de água da chuva é realizado nos telhados das construções das propriedades. Para isso, os telhados devem ser limpos e bem cuidados, impermeabilizados, estarem livres de rachaduras ou de vegetações, e serem construídos de material não tóxico. Superfícies lisas são as melhores para a captação (telhas de barro, de cimento etc.). É a área total dos telhados onde é realizada a captação que vai ser diretamente responsável pela quantidade de água captada. Nas bordas dos telhados há um conjunto de calhas instaladas para o recolhimento da água da chuva. As calhas de coleta podem ser em PVC, metálicas ou mistas. No caso de calhas usadas em edificações para a produção de suínos e aves, é aconselhável que o material usado na sua construção seja em PVC, para uma maior durabilidade, quando comparado com calhas metálicas, pois não são atacados pelos gases gerados no local de produção animal, principalmente o H<sub>2</sub>S, que podem causar a corrosão das calhas construídas com materiais metálicos. (OLIVEIRA, et. al 2012): Ilustração de instalação do sistema de calha e cano condutor (Figura 2).

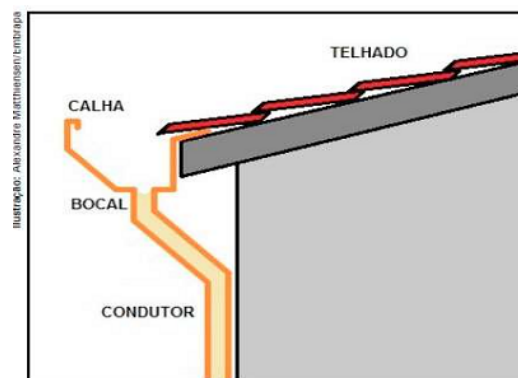


Figura 2 - Ilustração de instalação do sistema de calha e tubo condutor

Fonte: Oliveira et. al (2012)

Os encanamentos condutores normalmente são feitos por um conjunto de tubos, em geral com diâmetro de 100 ou 150 mm, que conduzem a água da chuva a um pré-filtro para a limpeza dos materiais grosseiros em suspensão na água. É recomendável que somente a água de chuva captada em telhados e coberturas, e após passagem por um sistema de filtragem, venha a ser encaminhada para a cisterna. A água captada e direcionada para a cisterna não deve ser misturada a águas provenientes de outras fontes de captação. Em grandes extensões de telhado, como aviários ou pocilgas, pode-se optar por sistema de condutores auxiliares para coleta de água da calha, evitando o transbordamento; ou dimensionar o volume da calha de acordo com a área de telhado e tipo de material. (OLIVEIRA, et. al 2012). Segue abaixo exemplos de calha coletora e condutor auxiliar em telhados de granjas



**Figura 3** - Calhas e Tubos PVC instalação do sistema de calha e cano condutor

Fonte: Oliveira *et. al* (2012)

### Sistema de filtração

A filtração é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. Visa principalmente à remoção das impurezas contidas na água que são retidas através de um meio poroso. A filtragem da água da chuva é um processo necessário para retirar partículas macroscópicas em suspensão que são arrastadas pela água ao passar pela cobertura das edificações. (OLIVEIRA, *et. al* 2012)

### Pré-filtração

O pré-filtro é uma estrutura que pode ser construída em concreto, PVC, fibra de vidro ou alvenaria, têm objetivo de retirar detritos maiores, como galhos e folhas, antes da passagem pelos filtros da cisterna. (OLIVEIRA, *et. al* 2012) O Depósito da primeira água da chuva visa descartar o primeiro milímetro de água da chuva, também chamada de água de limpeza do telhado. Ele deverá ser dimensionado calculando-se a área de telhado disponível para captação multiplicado por 1 ou 2 mm, que é a lâmina de água estimada para a limpeza do telhado. A água proveniente desta limpeza não é direcionada para os filtros da cisterna. (OLIVEIRA, *et. al* 2012)



**Figura 4** - Dispositivo boia para retenção da primeira água da chuva

Fonte: Oliveira *et. al* (2012)



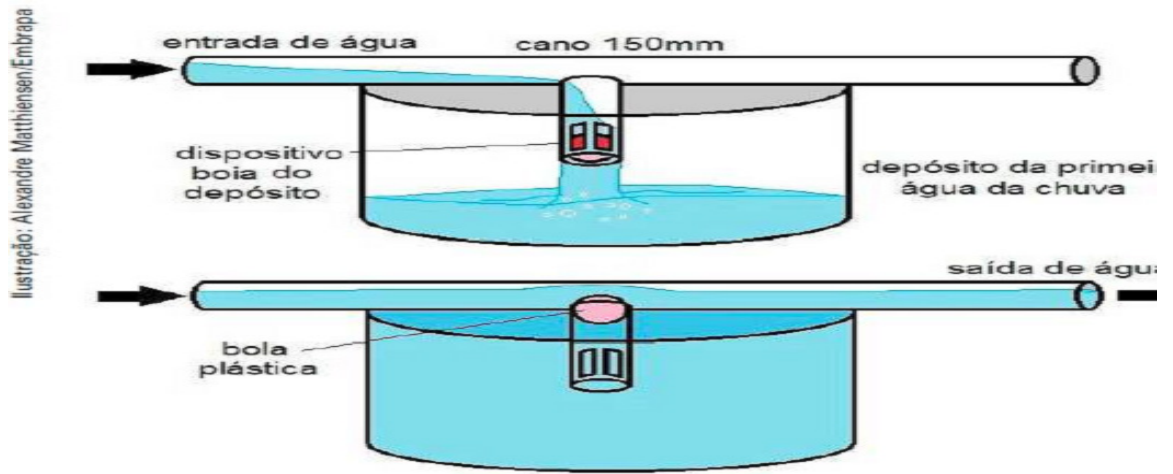


Figura 5 - Ilustração de Dispositivo boia para retenção da primeira água da chuva

Fonte: Oliveira et. al (2012)

### Filtros (filtração)

Segundo Oliveira (et. al. 2012) água destinada a uma cisterna ou reservatório deve passar por um sistema de filtração eficiente antes de seu armazenamento. Para sistemas de captação de água de telhados e coberturas, recomenda-se a utilização de filtros rápidos, devido ao grande volume de água captado e sua rapidez de passagem pelo sistema. Como nosso propósito é um filtro rápido, para vencer a vazão da água proveniente dos telhados, optamos pelo uso da pedra britada, pois a água será tratada posteriormente.



Figura 6 – Sistema de Filtração para grande vazão utilizando caixas de (1000 litros)

Fonte: Oliveira et. al (2012)

Limpeza do pré-filtro, filtros e cisterna.

A recomendação da Embrapa é de que a limpeza do pré-filtro deverá ocorrer sempre que houver acúmulo de partículas. Recomenda-se que a limpeza dos filtros seja feita em épocas de estiagem. Em períodos de maior precipitação ou em casos onde o sistema esteja instalado próximo a estradas rurais ou locais com bastante verde, o acúmulo de partículas (poeira, folhas) no sistema também será maior e a limpeza deverá ser mais frequente.

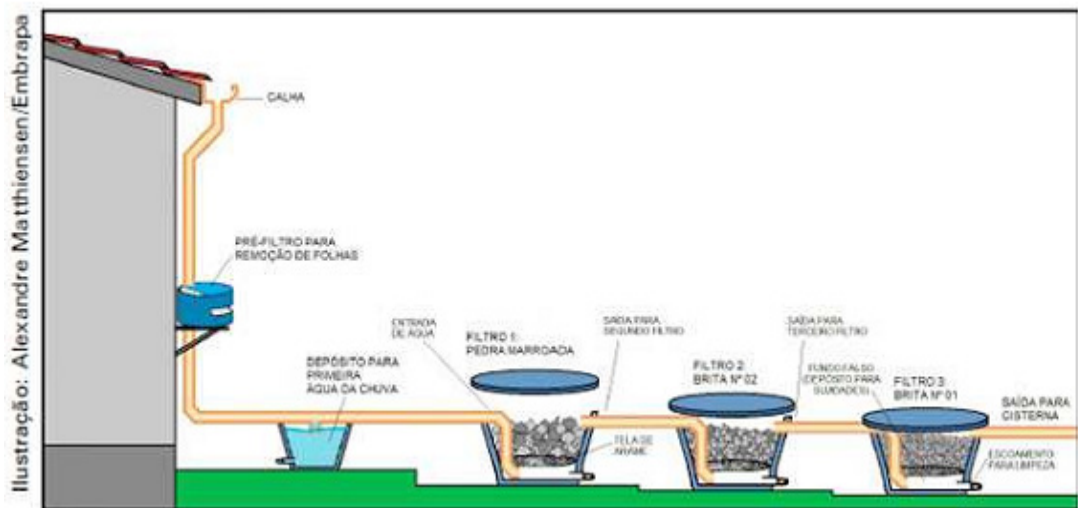


Figura 7 - Ilustração Desenho esquemático de instalação do sistema de coleta da água da chuva com pré-filtro, depósito para primeira água da chuva, e três filtros rápidos.

Fonte: Oliveira et. al (2012)

### Cisterna Enterrada.

Estas cisternas são escavadas, revestidas e cobertas com geomembrana em polietileno de alta densidade (PEAD). Para estrutura de sustentação são utilizados arcos de aço galvanizado fixados no com uma pequena base de concreto para assegurar estabilidade junto ao solo. Para este projeto piloto a cisterna tem capacidade de armazenamento de 500m<sup>3</sup>. Suas dimensões são as seguintes: 25m de comprimento 8m de largura e 3,8m de profundidade.

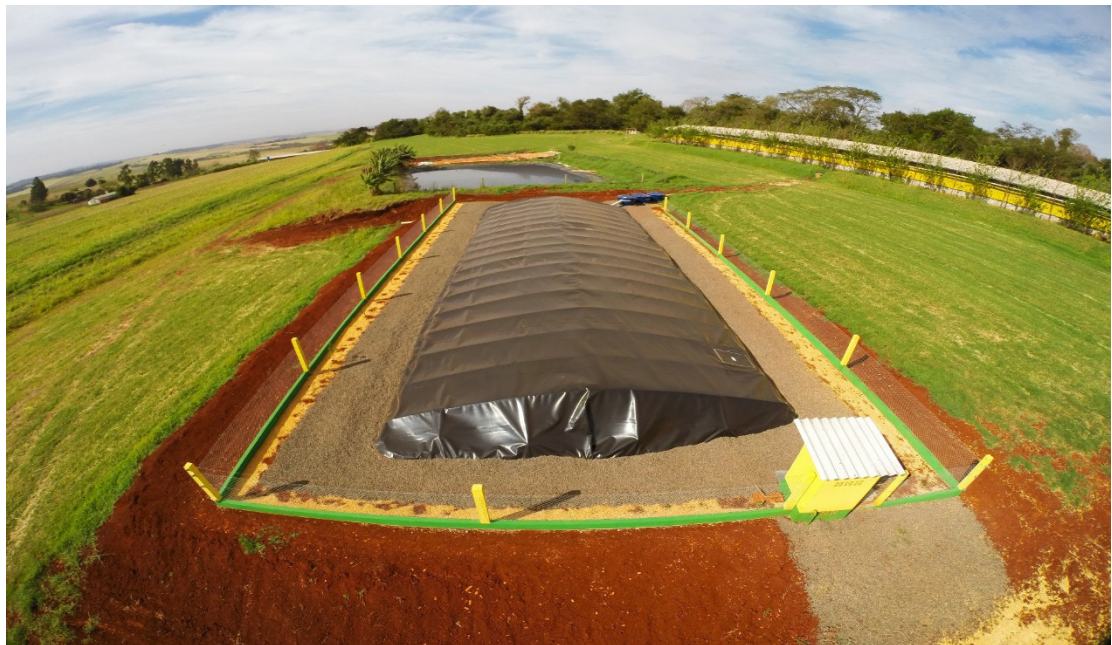


Figura 8 - Reservatório Enterrado para 500m<sup>3</sup> (Cisterna)

Fonte: Dados do Autor 2016

## ESTUDO DE CASO

Para avaliar a eficiência do sistema de captação de água da chuva foi feito um acompanhamento durante o período de julho de 2015 a abril de 2016. Neste primeiro ano foram avaliados os volumes de água captados e também a qualidade da água armazenada.

A propriedade em estudo pertence a Sra. Delcia Osterkamp localizada na linha Ajuricaba no município de Marechal Cândido Rondon – PR. A propriedade produz frangos de corte (avicultura) com uma capacidade de produção de aproximadamente 12.000 aves a cada 45 dias, e também 800 cabeças de suínos para abate (suinocultura terminação), que ficam aproximadamente 5 meses até atingirem o peso ideal para comercialização.

O sistema instalado na propriedade para coletar de água da chuva utilizou-se do barracão de avicultura com 1.200 m<sup>2</sup> (12m x 100m) de área coberta, onde foram instaladas calhas de aço galvanizado e também tubulação de pvc 150mm para auxiliar na condução da água até os filtros de limpeza e o posterior armazenamento na cisterna revestida e coberta em Geomembrana de PEAD de alta densidade. O custo total de implantação foi de R\$ 40.000,00. A água captada no aviário foi utilizada exclusivamente na atividade de suinocultura por ser uma atividade que demanda uma maior quantidade para produção. Segue abaixo dados estimativos de consumo na suinocultura.



## Estimativa de Consumo:

Fase de produção	Consumo de água (L/dia)
Leitões (15 Kg)	1,5 a 2,0
Suínos (50 Kg)	5,0 a 8,0
Suínos (100 Kg)	6,0 a 9,0
Suínos (150 Kg)	7,0 a 10,0
Porcas em gestação	15,0 a 20,0
Porcas em lactação	30,0 a 40,0

Tabela 4. Recomendação da necessidade de água para atender o consumo de suínos em função da fase produtiva

Fonte: Oliveira et. al (2012)

De acordo com os dados acima apresentados estimou-se a consumo médio de água na e a capacidade de armazenamento, uma vez que os animais iniciam o ciclo de engorda com um peso de aproximadamente 22 a 25Kg até atingirem cerca de 120Kg. Diante disto estimamos consumo tomando como referência como referência a propriedade do Sra. Delcia:

Área M2 telhado	Ano/ Mês	Chuva mm	M3	Extravaso	Cons. Méd. Mês M3	Mês/Ano	Volume Rerv. L.	Percentual %
1200	2015/ Jul.	432	518,4	18,4	178	jul./2015	322	64,4
1200	2015/Ago.	76	91,2		192	ago./2015	221,2	44,24
1200	2015/Set.	168	201,6		225	set./2015	197,8	39,56
1200	2015/Out.	154	184,8		242	out./2015	140,6	28,12
1200	2015/Nov.	426	511,2	11,2	265	nov./2015	386,8	77,36
1200	2015/Dez.	448	537,6	37,6	163	dez./2015	500	100
1200	2016/Jan.	253	303,6	50	190	jan./2016	500	100
1200	2016/Fev.	152	182,4		212	fev./2016	470,4	94,08
1200	2016/Mar.	124	148,8		232	mar./2016	416,8	83,36
1200	2016/Abr.	195	234		259	abr./2016	475	95
	<b>Total</b>	<b>2.428</b>	<b>2913,6</b>	<b>117,2</b>	2158			
	<b>Total Acumulado</b>			<b>2796,4</b>				

Quadro 5. Acompanhamento Propriedade Sra. Delcia

Fonte: Dados do Autor 2016.

Para coleta dos dados acima descritos foram utilizados um pluviômetro para medir a quantidade coletada de chuva mensal e um hidrômetro para medir o consumo de água da granja de suínos. Segue abaixo gráfico ilustrando o nível do reservatório percentual do reservatório em função das chuvas e o volume em função do consumo da granja.

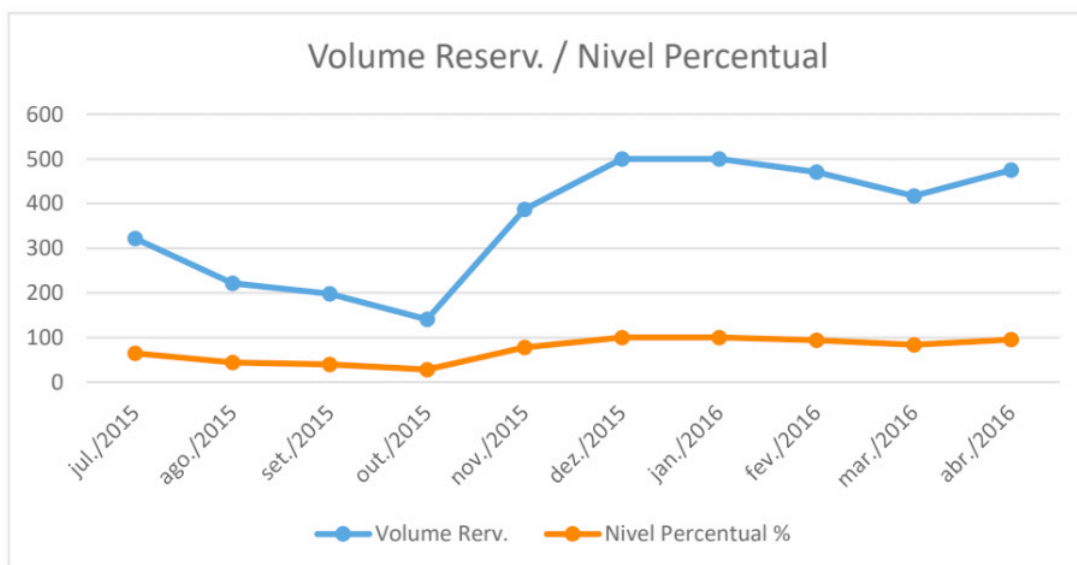


Gráfico 2. Volume do Reservatório e Nível Percentual.

Fonte: Dados do Autor 2016

Percebeu-se através do acompanhamento na propriedade da Sra. Delcia que a cisterna durante maior parte do tempo se manteve em um nível satisfatório para utilização na propriedade.

Qualidade da água coletada: Bacteriológica e Físico-Químicos.

Durante o período analisado foi feito um acompanhamento mensalmente da qualidade da água captada. Foi instalado após o reservatório um sistema de cloração por pastilhas que faz a desinfecção da água para fornecimento aos animais. Segue abaixo resultado da análise bacteriológica e físico química da água coletada na cisterna:



### Serviço Autônomo de Água e Esgoto

Marechal Cândido Rondon - Paraná  
www.saaemcr.com.br - e-mail: saae@saaemcr.com.br

Página 1 de 1

### Relatório de Ensaio Número 05598B

Revisão 00

#### DADOS DO CLIENTE

Nome do Requerente: SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO  
Endereço: RUA SANTA CATARINA Número: 750 Bairro: BAIRRO CENTRO  
Município: MARECHAL CÂNDIDO RONDON UF: PR Telefone: (45) 32845900  
Período de realização dos ensaios: 18/05/2016 a 19/05/2016

#### DADOS DA AMOSTRA

Número da Amostra: 47726  
Endereço de Coleta: CISTERNA  
Tipo de Água: TRATADA  
Local da Coleta: SAÍDA DA CAIXA  
Loteamento: LINHA AJURICABA  
Responsável pela Coleta: ALTEMAR ANTONIO GONÇALVES  
Temperatura da Água: 19.3 °C  
Manancial MISTA  
Município: MARECHAL CÂNDIDO RONDON UF: PR  
Data da Coleta: 18/05/2016  
Hora da Coleta: 15:20

#### ENSAIOS

##### ENSAIOS BACTERIOLÓGICOS

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO	METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	Presença ou Ausência	<b>Negativo</b>	ONPG/MUG
ESCHERICHIA COLI	Presença ou Ausência	<b>Negativo</b>	ONPG/MUG

OBSERVAÇÃO: Os resultados são restritos ao material recebido/ensaiado no SAAE. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

BIBLIOGRAFIA: Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 20 th Edition. (1998).

ABREVIACÕES: (1) VMP-Valor Máximo Permitido; (2) Unidade Hansen (Mg Pt-Co/L); (3) Unidade Nefelométrica de Turbidez; (4) Medição do Potencial de Redução da Oxidação.

CONCLUSÃO: Em relação aos parâmetros analisados, reportados neste relatório de ensaio, a amostra de água analisada, atende aos critérios estabelecidos pela portaria MS/2914/2011, do Ministério da Saúde - Qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.





## Serviço Autônomo de Água e Esgoto

Marechal Cândido Rondon - Paraná  
www.saaemcr.com.br - e-mail: saae@saaemcr.com.br

Página 1 de 1

### Relatório de Ensaio Número 05598A

Revisão 00

#### DADOS DO CLIENTE

Nome do Requerente: SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO  
Endereço: RUA SANTA CATARINA Número: 750 Bairro: BAIRRO CENTRO  
Município: MARECHAL CÂNDIDO RONDON UF: PR Telefone: (45) 32845900  
Período de realização dos ensaios: 18/05/2016 a 19/05/2016

#### DADOS DA AMOSTRA

Número da Amostra: 47726  
Endereço de Coleta: CISTERNA  
Tipo de Água: TRATADA  
Local da Coleta: SAÍDA DA CAIXA  
Loteamento: LINHA AJURICABA  
Responsável pela Coleta: ALTEMAR ANTONIO GONÇALVES  
Temperatura da Água: 19.3 °C  
Manancial MISTA  
Município: MARECHAL CÂNDIDO RONDON UF: PR  
Data da Coleta: 18/05/2016  
Hora da Coleta: 15:20

#### ENSAIOS

##### ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	RESULTADO	METODOLOGIA
COR	uH	15	1	Espectrofotometria do Visível
TURBIDEZ	uT	5	1,00	Nefelométrico
pH	-	6,0 a 9,5	4,49	Potenciométrico
O.R.P.	mV	-	132,2	Potenciométrico
CONDUTIVIDADE	µS/cm a 25°C	-	66,5	Conduímetria
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	mg/L	1000	42,6	Conduímetria
SALINIDADE	%	-	0,03	Conduímetria
FLUORETOS	mg/L F <sup>-</sup>	1,5	0,06	Espectrofotometria do Visível
CORO LIVRE	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	0,0	Comparador Colorimétrico (Método DPD)

OBSERVAÇÃO: Os resultados são restritos ao material recebido/ensaiado no SAAE. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

BIBLIOGRAFIA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 th Edition. (1998).

ABREVIATURAS: (1) VMP-Valor Máximo Permitido; (2) Unidade Hansen (Mg Pt-Co/L); (3) Unidade Nefelométrica de Turbidez; (4) Medição do Potencial de Redução da Oxidação.

CONCLUSÃO: Em relação aos parâmetros analisados, reportados neste relatório de ensaio, a amostra de água analisada, atende aos critérios estabelecidos pela portaria MS/2914/2011, do Ministério da Saúde - Qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Marechal Cândido Rondon, 25 de Maio de 2016

**Mirta Schlindwein Lucas**  
Química, CRQ - 09101105  
Responsável Técnica

\*\*\*\*\*FIM\*\*\*\*\*

Laboratório de Análises de Água Registrado no C.R.Q. - 9ª Região sob Número 00871

Rua Santa Catarina, 750 - CEP.: 85960-000 - Cx. Postal: 1005 - Fone/Fax: (45) 3284-5900 - e-mail: laboratorio@saaemcr.com.br

Fonte: Dados do Autor 2016

Conforme dados acima expostos com relação a qualidade da água analisada, os resultados neste relatório de ensaio, a amostra analisada de água atende aos critérios estabelecidos pela portaria MS2914/2011 do Ministério da Saúde – Qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portanto a água da

chuva coletada no telhado da propriedade, após simples desinfecção com cloro, atende os parâmetros exigidos inclusive para consumo humano, porém esta água é fornecida somente aos animais e também na limpeza da granja, o que vem a confirmar sua efetividade.

## CONCLUSÃO

Diante do atual cenário de consumo da atividade agropecuária esta alternativa mostra-se viável para implantação, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. O aproveitamento da água da chuva em sistemas de produção de suínos e aves é uma opção sustentável e eficiente e economicamente viável para o uso da água nas propriedades. Os resultados colhidos nestes primeiros 10 meses de implantação nos fazem acreditar que esta ideia pode ser replicada em propriedades que contam com aporte hídrico subterrâneo comprometido, mostrando que com soluções simples é possível continuar as atividades agropecuárias sem exaurir o meio ambiente. Portanto a implantação de cisternas para coleta de águas pluviais é uma alternativa viável, pois fazendo a captação desta água para dessedentação animal ou limpeza das instalações, diminui a exploração de recursos hídricos subterrâneos, além de garantir maior segurança hídrica para os produtores.

## REFERÊNCIAS

AHLERT, Alvori. Ética, Acesso e Uso Sustentável da Água: Contribuições da Teoria **comunicativa**. 43<sup>a</sup> Assembléia Nacional da Assemae. 17<sup>a</sup> Exposição de Experiências municipais de Saneamento. Vitória – ES. 2013.

BRASIL. Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Legislação Federal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm) Acesso em 10 de Junho de 2016

FONSECA, I. F.; BURSZTYN, M. Mercadores de moralidade: **A retórica ambientalista e a prática o desenvolvimento sustentável**. Campinas. Ambiente & Sociedade. v.10.n. 2. 2007

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico de Marechal Cândido Rondon**, 2013.

OLIVEIRA, P. A et. al **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Embrapa, Concórdia, 2012. Disponível em [http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_v7r28u3f.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf). Acesso em 15 maio. de 2016.

## REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL: CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES NO PERÍODO DE 1980-2016

### **Adan William da Silva Trentin**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

### **Adeli Beatriz Braun**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

### **Caroline Visentin**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

### **Deisi Balestrin**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

### **Greice Barufaldi Rampanelli**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

### **Antônio Thomé**

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A remediação de áreas contaminadas não é sustentável por si só. A aplicação de uma ação corretiva pode ter suas próprias consequências ambientais (uso de energia e recursos, impactos na água e no ar), econômicas (sobre a viabilidade de

empresas ou projetos) e sociais (riscos à saúde e segurança dos trabalhadores). Diante disto, a tomada de decisão no gerenciamento de áreas contaminadas foi marcada por mudanças nos últimos anos, e a incorporação da sustentabilidade na remediação desses locais ocorreu gradativamente. No entanto, a análise sobre o emprego do conceito de sustentabilidade e do termo “remediação sustentável” no cenário mundial ainda é um tema que está em fase de adequação e se encontra em constante evolução. Desta forma, este estudo objetivou analisar as características e esboçar um panorama geral da produção científica no campo da remediação sustentável, no período de 1980 a 2016, representado pelos artigos científicos indexados na base de dados Scopus (scopus.com). Para tanto, foi utilizada a bibliometria, a qual corresponde a uma técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico. Foram apresentados a evolução teórica do tema, os autores e os países com maior número de publicações sobre o assunto. Os resultados mostraram que os países desenvolvidos são os que possuem o maior número de publicações, enquanto os países em desenvolvimento, como o Brasil, têm menor representatividade em relação ao tema “remediação sustentável”.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, áreas

contaminadas, evolução científica, bibliometria, Scopus.

**ABSTRACT:** The contaminated sites remediation is not sustainable by itself. The application of corrective action can have its own environmental consequences (use of energy and resources, impacts on water and air), economic (on the viability of companies or projects), and social (risks to health and workers safety). Given this, decision making in the management of contaminated sites was marked by changes in recent years, and the sustainability incorporation in the remediation of these sites occurred gradually. However, the analysis on the use of sustainability concept and the term “sustainable remediation” in the worldwide is still an issue that is in the adaptation phase and is constantly evolving. In this way, this study aimed to analyze the characteristics and outline an overview of scientific production in the field of sustainable remediation, from 1980 to 2016, represented by the scientific articles indexed in the Scopus database (scopus.com). In order to do so, bibliometry was used, which corresponds to a quantitative and statistical approach for measuring the indexes of production and scientific knowledge dissemination. Were presented the theoretical evolution of the subject, the authors, and the countries with the largest number of publications on the subject. The results showed that developed countries have the largest number of publications, while the developing countries, such as Brazil, are less representative in relation to the theme “sustainable remediation”.

**KEYWORDS:** Sustainability, contaminated sites, scientific evolution, bibliometry, Scopus.

## 1 | INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável tem suas raízes na ideia de uma sociedade sustentável e na gestão de recursos renováveis e não renováveis. Esta concepção foi introduzida na Estratégia Mundial para a Conservação, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* - IUCN), sendo que a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento adotou o conceito e lançou a sustentabilidade em discursos políticos, públicos e acadêmicos (IUCN, 1980; BROWN, 1982).

Uma das primeiras definições e largamente aceita foi apresentada no Relatório Burtland (1987). O desenvolvimento sustentável foi definido como aquele que satisfaz as necessidades das presentes gerações, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Esta definição trazia dois conceitos-chave, sendo um deles o de “necessidades”, dando prioridade absoluta aquelas essenciais aos pobres do mundo, e o segundo de “limitações”, impostas pelo estado à tecnologia e à capacidade do ambiente de satisfazer as necessidades presentes e futuras (BROWN, 1982; BOJO et al., 1992).

De uma forma geral, o desenvolvimento sustentável traz na sua essência,

aspectos sociais, ambientais e econômicos, os quais devem ser considerados de forma igual, sendo que, esta sustentabilidade é somente alcançada quando os três aspectos estão em equilíbrio, como pode ser visualizado na Figura 1 (CL:AIRE, 2016).

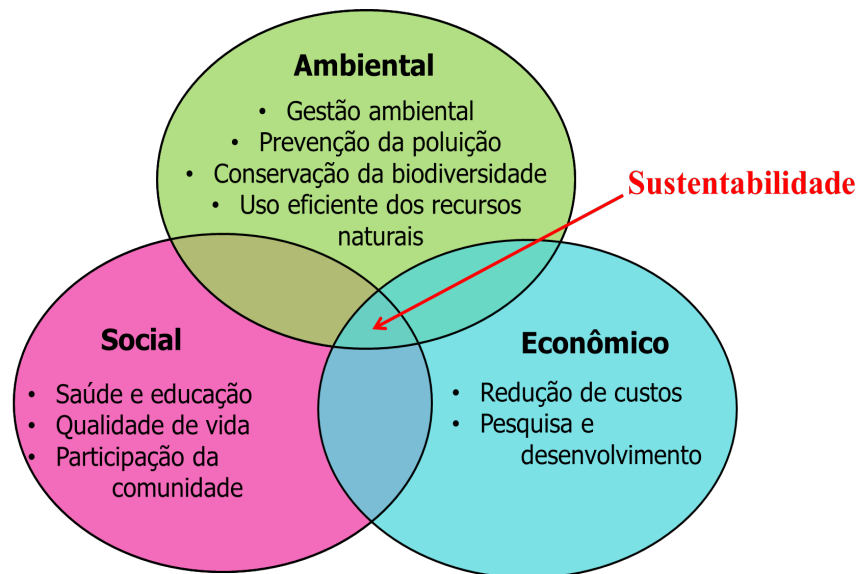


Figura 1 - Componentes principais que sustentam a concepção do desenvolvimento sustentável

Embora que a redução dos riscos para a saúde humana e o ambiente continue a ser o principal objetivo da gestão de áreas contaminadas, uma variedade de outros fatores ambientais, bem como aspectos econômicos e sociais têm um papel cada vez mais crescente na tomada de decisões quanto à remediação dessas áreas (REINIKAINEN et al., 2016). Desta forma, a abordagem do desenvolvimento sustentável já vem sendo incorporada como fator chave na dinâmica dos projetos de remediação, com o intuito da inserção da remediação sustentável neste contexto (FORUM, 2009).

A remediação sustentável traz uma abordagem ampla e holística. Visa identificar, integrar e equilibrar o desenvolvimento econômico e os impactos e benefícios ambientais e sociais, do tripé da sustentabilidade, através do uso criterioso/limitado dos recursos nas ações corretivas (FORUM, 2009; ITRC, 2011b).

A remediação sustentável, com vista para a melhor solução, procura maximizar o benefício global através de um equilibrado e transparente processo de tomada de decisão. Esta abordagem visa demonstrar às partes envolvidas na remediação, em termos de indicadores ambientais, econômicos e sociais, que o benefício é maior do que o seu impacto (CL:AIRE, 2010).

Conforme Cundy et al (2013), a remediação sustentável possui definições variáveis. Porém, há um consenso comum sobre o seu amplo propósito de reduzir os impactos ambientais, econômicos e sociais, por meio do controle dos riscos associados na remediação de áreas contaminadas, maximizando os benefícios a longo prazo dos projetos de remediação (HOLLAND et al., 2011).

Portanto, a adoção da remediação sustentável apresenta benefícios específicos que torna sua abordagem importante e cada vez mais necessária neste meio. Os



benefícios que se destacam são: redução de custos através da eliminação da correção desnecessária ou insustentável, otimizando o benefício global; gestão eficaz dos riscos associados à saúde humana e ao meio ambiente; minimização do impacto das obras de reparação no ambiente e comunidades vizinhas; compromisso em assegurar os princípios do desenvolvimento sustentável em todas as fases das obras de remediação; e melhora da robustez na tomada de decisões quanto à remediação (CL: AIRE, 2010).

Também, a remediação sustentável é aberta e dinâmica, prosseguida por um conjunto de princípios a serem aplicados e processos a serem seguidos (GIBSON et al., 2005). Princípios estes que abordam uma série de questões comuns, tais como, a integridade ecológica, a igualdade social, o tripé da sustentabilidade, suficiência imediata e de longo prazo e processos democráticos (RIDSDALE; NOBLE, 2016).

Além dos princípios, os indicadores, métricas e ferramentas constituem componentes fundamentais para a aplicação da remediação sustentável. Os indicadores são as medidas específicas que serão usadas para monitorar e avaliar o desempenho do projeto de remediação (VIRKUTYTE; VARMA, 2014). No entanto, estes indicadores podem não ser facilmente mensuráveis, exigindo que métricas, que correspondem a valores numéricos, sejam integradas para determinar o grau de sucesso, desempenho e progresso que um projeto ou alternativa em particular pode realizar em relação às dimensões da sustentabilidade. Após a determinação dos indicadores e métricas, estes poderão ser formalmente avaliados e de forma objetiva, utilizando uma ferramenta de análise qualitativa ou quantitativa (REDDY; ADAMS, 2015).

Diante disto, este estudo objetiva analisar a produção científica do campo da remediação sustentável no período de 1980 a 2016, representada pelos artigos científicos indexados na base de dados Scopus. Assim, será apresentada a evolução teórica do tema, os autores e países com maior número de publicações sobre o assunto. Estas informações podem trazer conhecimento científico sobre a evolução do uso da remediação sustentável no cenário da remediação de áreas contaminadas.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Tipo de estudo

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliométrica temporal de cunho quantitativo, objetivando ampliar o conhecimento referente às publicações relacionadas a remediação sustentável (*sustainable remediation*), na base de dados Scopus (Elsevier) do *Institute for Scientific Information* (ISI). Foi considerado no estudo o período entre os anos de 1980 e 2016.

A pesquisa bibliométrica, de acordo com Marcelo e Hayashi (2013), é uma técnica que surgiu no início do século XX como uma resposta a necessidade de estudos e avaliações da produção e comunicação científica, tendo como principais características a elaboração de índices de produção conhecimento científico.

A escolha pela utilização da base de dados Scopus se deve ao fato desta ser

a maior base de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares, com ferramentas bibliométricas para acompanhar, analisar e visualizar a pesquisa. A Scopus contém mais de 22.000 títulos de mais de 5.000 editores em todo o mundo, abrangendo diferentes áreas. A Scopus permite uma visão multidisciplinar da ciência e integra todas as fontes relevantes para a pesquisa básica, aplicada e inovação tecnológica através de patentes, fontes da web de conteúdo científico, periódicos de acesso aberto, memórias de congressos e conferências, além de ser atualizada diariamente (SCOPUS, 2015).

Optou-se por utilizar como faixa de estudo o período entre os anos de 1980 e 2016 em função de que a percepção e a necessidade de se enfrentar os problemas ambientais tiveram suas primeiras iniciativas por volta dos anos 1980, onde o desenvolvimento sustentável deixou de ser somente um ideal, para ser considerada uma meta (IPCC, 2007).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo são os seguintes:

- Considerar apenas artigos do período entre 1980 e 2016.
- Realizar pesquisa na base de dados Scopus com a palavra-chave “*sustainable remediation*”.
- Fazer um comparativo e uma análise entre o número de publicações em cada ano com a palavra-chave.
- Apresentar os autores que mais publicaram sobre a palavra-chave no período considerado na base de dados pesquisada.
- Avaliar quais foram os países que mais publicaram sobre o tema no período considerado.
- Apresentar e analisar os resultados da bibliometria através de quadros e gráficos, com explicações complementares.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da palavra-chave “*sustainable remediation*” foi obtida uma análise quantitativa e teórica através da busca em todos os campos no Scopus. A seguir estão apresentadas as características gerais das publicações relacionadas ao tema de acordo com as seguintes categorias: ano das publicações, autores e países, em uma classificação hierárquica na ordem decrescente de importância até a 10<sup>a</sup> escala.

### 3.3 Evolução da produção científica nos períodos de 1980 e 2016

Na primeira fase da pesquisa com o tópico “*sustainable remediation*” foram encontradas 455 publicações. A distribuição destes 455 artigos publicados é referente ao recorte temporal entre os anos de 1980 a 2016 estão representados na Figura 2.

Observa-se que as primeiras publicações iniciaram no ano de 1999 e a partir dos anos 2000, onde, segundo Rizzo et al. (2016), houve um crescente interesse em incorporar a sustentabilidade nos processos de tomada de decisão quanto à remediação de áreas contaminadas, por meio da disseminação do termo “remediação sustentável”, refletindo uma percepção de que as atividades de remediação podem trazer impactos ambientais, sociais e econômicos, tanto positivos quanto negativos.

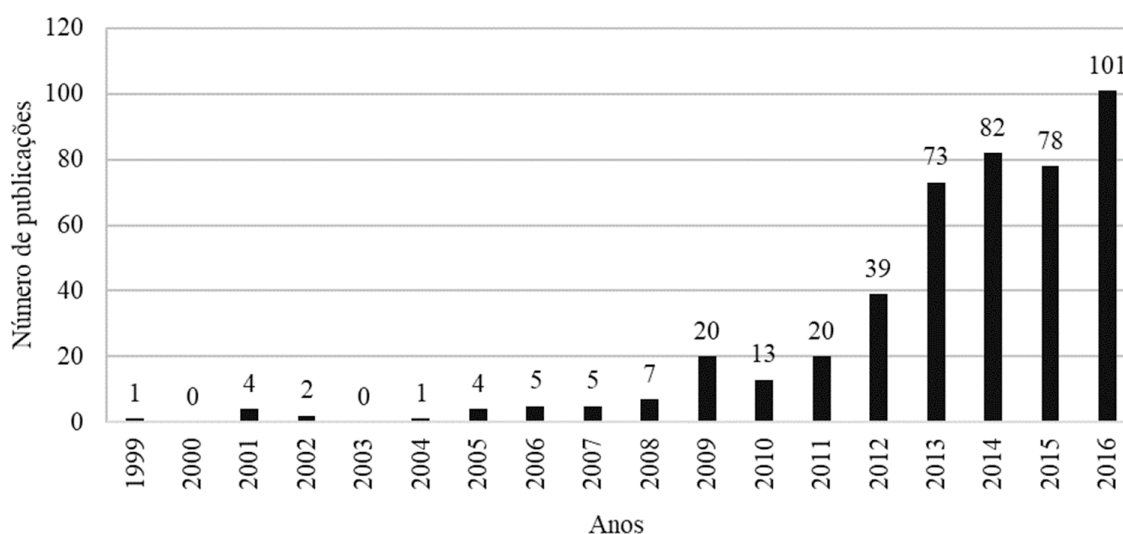


Figura 2 - Evolução temporal da produção científica sobre remediação sustentável

No período compreendido entre 1980 e 2016, constatou-se que o número de publicações aumentou gradativamente ao longo dos anos analisados. Contudo, o período compreendido entre 1999 e 2008 apresentou um comportamento relativamente estável, sendo que, a partir de 2009 o total de artigos publicados começou a crescer, atingindo o ápice no último ano de análise, 2016, com 101 publicações, cerca de 22% do total apresentado.

Quando se compara esses dois períodos, 1999-2008 e 2009-2016, verifica-se que o número médio anual de artigos publicados no primeiro período foi de aproximadamente 3,22 (artigos/ano), considerando os anos de 2000 e 2003 que não houve publicações. Já o segundo período apresentou uma média anual de 53,25 artigos publicados, mesmo considerando as leves quedas dos anos de 2010 e 2015.

Constata-se, portanto, uma taxa de crescimento do segundo período em relação ao primeiro de aproximadamente 1554%, indicando que há uma forte tendência ao crescimento de publicações sobre remediação sustentável para os próximos anos.

### 3.4 Autores destaque quanto às publicações sobre remediação sustentável

Foi possível identificar os autores que mais publicaram sobre remediação sustentável no período analisado na base de dados Scopus, conforme Figura 3.

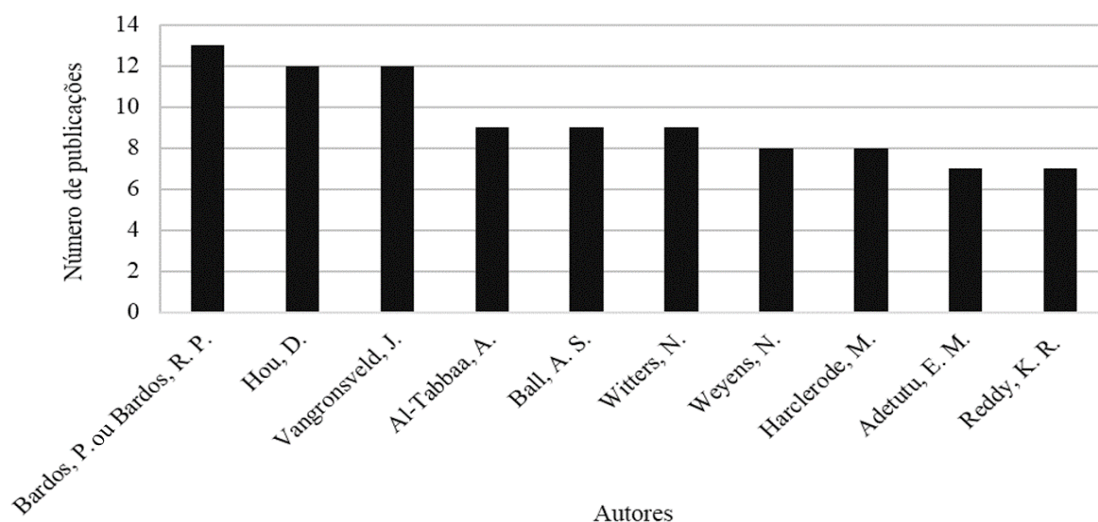


Figura 3 - Autores com maior número de publicações

Dentre os autores, destaca-se o pesquisador Paul Bardos com 13 publicações. Visto como o líder em tecnologias de remediação de áreas contaminadas e um dos inovadores por trás do conceito de remediação sustentável desde o final da década de 1990, o que pode justificar que o autor seja o que mais publique sobre o tema.

Neste sentido, em sua maior parte, as publicações de Paul Bardos vêm com intuito de apresentar o estado da arte acerca da remediação sustentável, por meio da propagação de conceitos, princípios, progressos no cenário mundial e as justificativas de sua aplicação na prática da remediação de áreas contaminadas.

Na 2ª posição vem o autor Deyi Hou com 12 publicações. A abordagem de Deyi Hou, além de objetivar também em apresentar a sustentabilidade como um novo imperativo na remediação de áreas contaminadas, tem o enfoque maior de avaliar a tendência e a adoção efetiva de comportamentos sustentáveis tanto em diferentes países, quanto por parte dos decisores envolvidos no processo de remediação.

Nesta mesma abordagem estão as publicações de Abir Al-Tabbaa, que está em 5º lugar na classificação apresentada, com 9 artigos. Isto em função de que 8 dos 9 artigos foram publicados juntamente com Deyi Hou.

Já na décima posição do ranking de publicações apresentado está o autor e pesquisador Krishna R. Reddy, com 7 artigos publicados na área de remediação sustentável. As suas publicações estão mais centradas na avaliação prática da sustentabilidade quanto a aplicação de diferentes tecnologias de remediação em áreas contaminadas, como por exemplo a nanobiorremediação, abordagem mais recente do autor. Além disto, vem trabalhando na concepção cada vez mais precisa da avaliação

e quantificação dos efeitos sociais em projetos de remediação.

Neste contexto, mas com uma abordagem mais detalhada, o autor publicou o livro “*Sustainable Remediation of Contaminated Sites*”. O livro descreve a estrutura de decisão, apresenta ferramentas de avaliação qualitativos e quantitativos, incluindo métricas multidisciplinares, para avaliar a sustentabilidade e analisar as novas tecnologias em potencial (REDDY; ADAMS, 2015).

No entanto, além da remediação sustentável, Krishna R. Reddy possui também um enfoque bastante relevante em estratégias de remediação verde e sustentável (*Green and Sustainable Remediation – GSR*). Esta abordagem surgiu para que, além da maximização dos benefícios ambientais, objetivo principal da remediação verde, os benefícios sociais e econômicos também sejam considerados e potencializados na mesma proporção em todas as fases do processo de remediação (FORUM, 2009; ITRC, 2011a).

Além de identificar os autores que mais publicaram sobre remediação sustentável, também foi possível verificar os 10 autores com maior número de publicações como autor principal do artigo (Quadro 1).

Nesta nova classificação apenas 4 autores se repetem em relação a classificação anterior (Figura 3), porém, em ordens diferentes. O autor Deyi Hou aparece agora em 1º lugar, sendo autor principal em 8 artigos publicados. Já Paul Bardos que anteriormente aparecia em 1º lugar, agora nesta nova categoria está em 3º lugar com 5 publicações, mesmo número que Melissa Harclerode, que do 8º lugar passou para 4º nesta nova categoria. Já Nele Witters passou da 8ª posição na classificação anterior para a última posição, com apenas 2 artigos como autora principal dos artigos publicados.

<b>Autores</b>	<b>Nº publicações</b>
Hou, D.	8
Cappuyns, V.	6
Bardos, P. ou Bardos, R. P.	5
Harclerode, M.	5
Cheng, S.F.	4
Naidu, R.	3
Li, L.Y.	3
Volchko, Y.	3
Cundy, A.B.	3
Witters, N.	2

Quadro 1 - Autores com maior número de publicações como autor principal

Na 2ª colocação está a autora Valérie Cappuyns, novidade em relação à classificação anterior, aparecendo com 6 publicações como autora principal.

A abordagem principal dada por Valérie Cappuyns em suas publicações está centrada na avaliação da remediação de áreas contaminadas baseada na análise



do ciclo de vida (ACV), suas possibilidades, limitações à aplicação como ferramenta de decisão. Além disto, em seu mais recente artigo, traz em questão a tentativa de inclusão de indicadores sociais nas ferramentas de tomada de decisão, para a seleção das opções de remediação com vista para a sustentabilidade.

### 3.5 Países que mais publicam sobre o tema remediação sustentável, com referência ao Brasil

Foi realizada uma análise dos países com maior número de publicações (Figura 4), sendo que o país que apresenta maior destaque em número de publicações é os Estados Unidos, com um total de 109 publicações. Após estão o Reino Unido, com 74, a China com 44 e o Brasil ocupa a 23ª posição desta classificação, com um total de 6 publicações relacionadas à pesquisa realizada.

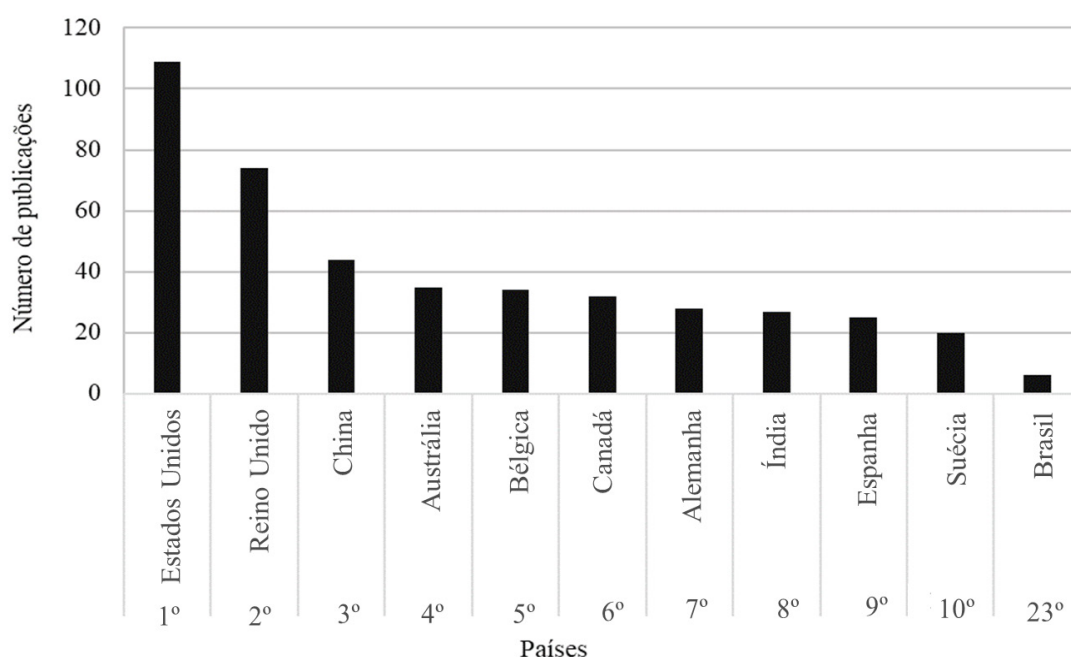


Figura 4 - Distribuição das publicações por países no período entre os anos de 1980 e 2016

É possível identificar que as principais economias globais são as que apresentam maior número de publicações, ou seja, são as que apresentam maior interesse sobre o assunto. Segundo Hou et al. (2016) o cenário mundial apresenta disparidades quanto à adoção de medidas corretivas sustentáveis. Enquanto países como os Estados Unidos e o Reino Unido, por exemplo, já apresentam altas taxas de conscientização e adoção da remediação sustentável, países em desenvolvimento apresentam menor sensibilização em relação a adoção da sustentabilidade na remediação de áreas contaminadas

Isto se deve muito também devido a existência de organizações e instituições voltadas exclusivamente para a introdução e difusão dos conceitos de sustentabilidade nas atividades de remediação. Um exemplo, conforme Ridsdale e Noble (2016)

foi a criação, no ano de 2006, do Fórum de Remediação Sustentável (*Sustainable Remediation Forum* - SURF), fórum internacional sem fins lucrativos, formado por profissionais, pesquisadores e indústria, que tem como objetivo promover o uso de práticas sustentáveis na remediação. Atualmente o SURF tem organização fortemente atuantes em diferentes países, como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Holanda, Itália, China, Nova Zelândia e Austrália.

Em relação ao Brasil, ao realizar a pesquisa na base de dados Scopus foram encontradas 6 publicações. Entretanto, ao analisar estas 6 publicações foi possível observar que apenas uma das publicações tinha como foco principal a temática da remediação sustentável, sendo que as outras 5 publicações abordaram a remediação sustentável em paralelo com outros assuntos. Bardos (2014) cita a presença do SURF no Brasil, porém poucos avançados têm sido observados no que diz respeito à realização de estudos sobre a temática e/ou implementação de conceitos de sustentabilidade na remediação no país.

Um dos fatores que poderiam colaborar com a expansão das pesquisas e implementação da sustentabilidade na remediação em diferentes países, em especial no Brasil, é a legislação ambiental, porém, como destacado por Reddy e Adams (2015), a legislação que aborda questões de degradação e áreas contaminadas é bastante recente e precária, e embora os regulamentos que existem sejam bem-intencionados, a sua efetividade ainda não está totalmente concretizada.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os dados da pesquisa relatados nesse trabalho permitiram demonstrar a importância do desenvolvimento de pesquisas acadêmicas em torno do uso da remediação sustentável na gestão de áreas contaminadas. A bibliometria realizada possibilitou o alcance do objetivo da pesquisa, compondo um mapeamento e um panorama sobre as publicações, autores e países sobre o contexto estudado, buscando entender a evolução da produção científica no campo da remediação sustentável, no período de 1980 a 2016, representado pelos artigos científicos indexados na base de dados Scopus.

A pesquisa demonstrou que a remediação sustentável é um tema ainda novo, mas em ascensão, verificado pelo maior número de publicações nos últimos anos, atingindo o ápice no ano de 2016. Os Estados Unidos é o país que mais publicou artigos sobre o tema, seguido do Reino Unido. Também se observaram publicações no Brasil, porém em número muito reduzido quando comparado com os países que ocupam as dez primeiras posições no ranking de publicações.

Como sugestão de trabalho futuro, um novo estudo bibliométrico deveria ser realizado, contemplando outras bases de dados de periódicos e levantamento de dados em organizações responsáveis pelo desenvolvimento de ferramentas e processos a

serem utilizados na remediação sustentável.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade de Passo Fundo e ao laboratório de Geotecnia ambiental pelo espaço para a realização das pesquisas. À CAPES pelo fornecimento da bolsa e assim possibilitando a dedicação exclusiva à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BARDOS, P. Progress in Sustainable Remediation. **Remediation Journal Winter**, p. 23-32, 2014.

BOJO, J.; MÄLER, K. G.; UNEMO, L. **Environment and development: An economic approach.**, v. 6, [s.l.]: Springer, 1992, 212 p.

BURLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**, 1987, 300 p. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em: 02 mar. 2017.

BROWN, L. R. Building a sustainable society. **Society**, v. 19, n. 2, p. 75-85, 1982.

CL:AIRE. **LEADING SUSTAINABLE LAND REUSE**. 2010. A framework for assessing the sustainability of soil and groundwater remediation. Disponível em: [www.claire.co.uk/surfuk](http://www.claire.co.uk/surfuk). Acesso em: 02 mar. 2017.

CL:AIRE. **LEADING SUSTAINABLE LAND REUSE**. 2016. Sustainable Remediation. Disponível em <http://www.claire.co.uk/projects-and-initiatives/surf-uk/77-sustainable-remediation>. Acesso em: 02 mar. 2017.

CUNDY, A. B.; BARDOS, R. P.; CHURCH, A.; PUSCHENREITER, M.; FRIESL-HANL, W.; MÜLLER, I.; NEU, S.; MENCH, M.; WITTERS, N.; VANGRONVELD, J. Developing principles of sustainability and stakeholder engagement for “gentle” remediation approaches: The European context. **Journal of Environmental Management**, v. 129, p. 283-291, 2013.

FORUM, U. S. Sustainable remediation white paper-Integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects. **Remediation Journal**, v. 19, n. 3, p.5-114, 2009.

GIBSON, B.; HASSAN, S.; HOLTZ, S.; TANSEY, J.; WHITELAW, G. **Sustainability assessment: criteria and processes**. Earthscan: London, 2005, 268 p.

HOLLAND, K. S.; LEWIS, R. E.; TIPTON, K.; KARNIS, S.; DONA, C.; PETROVSKIS, E.; BULL, L. P.; TAEGER, D.; HOOK, C. Framework for integrating sustainability into remediation projects. **Remediation Journal**, v. 21, n. 3, p.7-38, 2011.

ITRC. **INTERSTATE TECHNOLOGY & REGULATORY COUNCIL**. 2011a. Green and Sustainable Remediation: State of the Science and Practice. GSR-1. Disponível em: [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org). Acesso em: 02 mar. 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2007.

ITRC. **INTERSTATE TECHNOLOGY & REGULATORY COUNCIL**. 2011b. Green and Sustainable

Remediation: A Practical Framework. GSR-2. Disponível em: [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org). Acesso em: 02 mar. 2017.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR THE CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **World conservation strategy**: living resource conservation for sustainable development. IUCN-UNEP-WWF, Gland, Switzerland, 1980.

MARCELO, J. F.; HAYASHI, M. C. P. I. Estudo bibliométrico sobre a produção científica no campo da sociologia da ciência. **Revista Informação e Informação**, Londrina, v. 18, n. 3, p. 138-153, 2013.

REDDY, K. R.; ADAMS, J. A. **Sustainable Remediation of Contaminated Sites**. New York: Momentum Press, LLC, 2015, 268 p.

REINIKAINEN, J.; SORVARI, J.; TIKKANEN, S. Finnish policy approach and measures for the promotion of sustainability in contaminated land management. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p.108-119, 2016.

RIDSDALE, D. R.; NOBLE, B. F. Assessing sustainable remediation frameworks using sustainability principles. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 36-44, 2016.

RIZZO, E.; BARDOS, P.; PIZZOL, L.; CRITTO, A.; GIUBILATO, E.; MARCOMINI, A.; ALBANO, C.; DARMENDRAIL, D.; DÖBERL, G.; HARCLERODE, M.; HARRIES, N.; NATHANAIL, P.; PACHON, C.; RODRIGUEZ, A.; SLENDERS, H.; SMITH, G. Comparison of international approaches to sustainable remediation. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 4-17, 2016.

SCOPUS. **Guía Rápida de Referência**. 2015. Disponível em: <http://www.americalatina.elsevier.com>. Acesso em: 23 fev. 2017.

VIRKUTYTE, J.; VARMA, R. S. Greener and Sustainable Remediation Using Iron Nanomaterials. **Acs Symposium Series**, p. 1-21, 2014.

## REMOÇÃO DE CAFEÍNA PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA ATRAVÉS DA ADSORÇÃO EM COLUNA DE LEITO FIXO

### **Christiano Cantarelli Rodrigues**

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

### **Selêude Wanderley da Nóbrega**

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

### **Washington Lima dos Santos**

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

### **Elyziana Lourenço Lima**

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

**RESUMO:** A poluição causada por compostos orgânicos tem se destacado devido sua alta capacidade poluidora e grande variedade de compostos. Os efluentes orgânicos são derivados de diversas fontes: resíduos domésticos, industriais e agrícolas. Neste universo de compostos orgânicos, os fármacos têm se destacado. Este destaque está relacionado ao grande volume de produção e comercialização destas substâncias e aos impactos negativos que as mesmas podem causar aos seres humanos, fauna, flora e meio ambiente em geral. Neste contexto, objetivando contribuir com o desenvolvimento de métodos de controle da emissão deste tipo de substância, este trabalho buscou a obtenção de dados relacionados ao tratamento de uma solução

aquosa contaminada por um fármaco, utilizando a adsorção em leito fixo com carvão ativado comercial. Foram avaliadas as características químicas e texturais do adsorvente e condições de operação da adsorção na eficiência de remoção do contaminante. Para isto, foi utilizada uma unidade experimental com uma coluna de adsorção de PVC, acoplada a dispositivos de armazenamento e circulação da solução a ser tratada. Os ensaios de adsorção foram realizados com o objetivo de avaliar o desempenho do carvão ativado na remoção do contaminante, através das curvas de adsorção, modelos de adsorção, cálculo da capacidade de adsorção e eficiência de remoção do contaminante. O fármaco usado foi a cafeína e os resultados obtidos indicam que o carvão usado tem potencialidade para ser empregado como adsorvente na remoção de cafeína através da adsorção em coluna de leito fixo, com capacidade de adsorção entre 35mg/g e 75mg/g, e eficiências de remoção entre 17% e 36%.

**PALAVRAS-CHAVE:** *cafeína; carvão ativado; adsorção.*

**ABSTRACT:** The pollution caused by organic compounds has been outstanding due to its high polluting capacity and wide variety of compounds. Organic effluents are derived from several sources: household, industrial and



agricultural waste. In this universe of organic compounds, the medicines have stood out. This highlight is related to the large volume of production and commercialization of these substances and the negative impacts they can cause to humans, animals, plants and the environment in general. In this context, in order to contribute to the development of methods to control the emission of this type of substance, this work sought to obtain data related to the treatment of an aqueous solution contaminated by a medicine, using adsorption in fixed bed with commercial activated carbon. The chemical and textural characteristics of the adsorbent and the adsorption conditions were evaluated in the contaminant removal efficiency. For this, an experimental unit was used with a PVC adsorption column coupled to storage and circulation devices of the solution to be treated. The adsorption tests were carried out with the objective of evaluating the performance of the activated carbon in the removal of the contaminant, through adsorption curves, adsorption models, calculation of adsorption capacity and contaminant removal efficiency. The medicine used was caffeine and the results indicate that the used activated carbon has the potential to be used as adsorbent in the removal of caffeine through adsorption in a fixed bed column, with adsorption capacity between 35mg/g and 75mg/g, and efficiencies of between 17% and 36%.

**KEYWORDS:** caffeine; activated charcoal; adsorption.

## 1 | INTRODUÇÃO

O aumento da poluição ambiental vem gerando uma série de problemas na saúde pública relacionados, em especial, ao aumento da poluição dos recursos hídricos, devido ao descarte inadequado de materiais poluentes em seus cursos naturais. Neste contexto, o uso abusivo de fármacos por parte da população tem se apresentado como um ponto de destaque. Os fármacos ingeridos, metabolizados e excretados, na forma de resíduos líquidos, seguem para as estações de tratamento de esgoto e quando não removidos, chegam aos mananciais e reservatórios de água que servem de fonte para o consumo. Vale salientar que a maioria dos sistemas de tratamento de água para abastecimento não possuem tecnologia que consiga eliminar este tipo de substância (fármaco) da água, que posteriormente é fornecida para o consumo. Os fármacos são compostos produzidos com propósito terapêutico em seres humanos e animais. Segundo BILA (2003), normalmente, cerca de 50% a 90% de uma dosagem do fármaco quando excretado, torna-se inalterado e persiste no meio ambiente. Os processos utilizados em sistemas convencionais de tratamento de água não garantem a remoção da maioria dos micropoluentes, especialmente dos fármacos, conforme observado em JONES et al. (2005).

Dentre os métodos de tratamento de água para consumo humano e animal e água residuária, um grande destaque tem sido dado ao uso de filtros de carvão ativado, os quais podem representar uma técnica eficiente para a remoção de um número expressivo de micropoluentes (SERVAIS et al., 1992).

O uso da adsorção para o tratamento de efluentes contaminados com fármacos tem se apresentado como uma opção mais eficiente e promissora, sendo o carvão ativado um dos adsorventes mais utilizados, devido a sua versatilidade e afinidade com uma grande quantidade de poluentes. A adsorção pode ser realizada em sistemas a batelada ou contínuos. No processo contínuo de adsorção, em coluna de leito fixo, o adsorvato a ser tratado passa através de um leito empacotado de carvão a uma taxa de fluxo constante. Parâmetros como a velocidade de escoamento do líquido pela coluna, zona de transferência de massa, capacidade de adsorção e o tempo de residência são avaliados com a finalidade de determinar as melhores condições operacionais de modo a garantir a máxima eficiência do processo de separação segundo TREYBAL (1980). O projeto de uma unidade de adsorção com leito fixo tem como um dos seus principais pontos a determinação do ponto de saturação do leito adsorvente na condição de operação desejada. A saturação do leito adsorvente pode ser determinada através das curvas de ruptura do leito, que relaciona a razão entre as concentrações de entrada e saída do adsorvato com o tempo de adsorção. Estas curvas são usadas para determinação da capacidade de adsorção do leito bem como a eficiência de remoção do adsorvato.

Neste contexto, este trabalho avaliou a remoção da cafeína, um poluente fármaco considerado emergente, em colunas de leito fixo com carvão ativado comercial, em várias condições de operação. Este fármaco foi escolhido por ser considerado um contaminante emergente, com grande presença em águas residuais urbanas e industriais.

A cafeína é um composto químico, classificado como alcalóide, pertencente ao grupo das xantinas que atua sobre o sistema nervoso central. Trata-se de uma das drogas mais consumida no mundo, encontrada em uma grande quantidade de alimentos, como chocolate, café, guaraná, bebidas, cacau e chá-mate. É possível encontrá-la também em muitos analgésicos, inibidores de apetite e outros medicamentos. Em excesso, a cafeína pode ocasionar alguns sintomas como irritabilidade, agitação, ansiedade, dor de cabeça e insônia. Esta droga proporciona alguns efeitos devido aos estímulos relacionados como: aumento da atenção mental, aumento da concentração, melhoria do humor, diminuição da fadiga, etc. Segundo estudos dez gramas, em média, de cafeína é uma dose letal para o homem, e em uma xícara de café são encontrados cem miligramas de cafeína (GASPAR E RAMOS, 2016). Apesar de ser utilizada para solucionar problemas cardíacos, ajudar pessoas com depressão nervosa decorrente do uso de álcool e ópio, a cafeína é uma droga que causa dependência física e psicológica, uma vez que para estimular o cérebro utiliza os mesmos mecanismos das anfetaminas, cocaína e heroína. Os efeitos da cafeína são mais leves, porém manipula os mesmos canais do cérebro, uma das razões que pode levar as pessoas ao vício e que leva a preocupação do seu uso em excesso.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Adsorvente

O adsorvente usado foi carvão ativado comercial, produzido a partir da carbonização do endocarpo do coco, matéria prima presente em abundância na região litorânea do Nordeste do Brasil, e ativado com vapor de água. As amostras de carvão ativado foram caracterizadas por meio de diversas técnicas de caracterização de materiais porosos já consagradas, com destaque para análise granulométrica, determinação do pH no ponto de carga zero ( $\text{pH}_{\text{PZC}}$ ) e propriedades texturais utilizando a técnica de BET. A determinação destas características tem grande importância para a avaliação do desempenho do carvão ativado como adsorvente, pois interferem diretamente na afinidade adsorvato/adsorvente bem como nas condições de operação da coluna de adsorção.

### 2.2 Solução de Cafeína

A solução aquosa de cafeína foi produzida no laboratório, usando água destilada e cafeína pura, adquirida em uma farmácia de manipulação. Foram preparadas soluções para os ensaios de adsorção com concentração de cafeína de 30mg/L, sendo esta a concentração usada em todos os ensaios. A medida da concentração da cafeína foi feita através de análise de carbono total (TC), em um equipamento modelo TOC- $V_{\text{CSN}}$  da Shimadzu. A solução com o efluente líquido foi produzida na concentração de 30mg/L e com dois valores de pH, sendo o pH 4,5 o valor original da solução e o pH 3,0 um valor obtido com a adição de HCl. Estes valores foram definidos através de ensaios exploratórios e informações obtidas na literatura.

### 2.3 Ensaios de Adsorção

Após a caracterização do carvão ativado, o mesmo foi usado nos ensaios de adsorção. Os ensaios de adsorção foram realizados em uma coluna de leito fixo com diâmetro interno de 1,2cm e comprimento de 10cm, usando o leito de carvão ativado com três massas diferentes 1g, 1,5g e 2,0g. O efluente foi produzido através da dissolução da cafeína em água, com uma concentração de 30mg/L, e a solução foi alimentada na coluna com uma vazão de 10mL/min e temperatura de 25°C. Os ensaios tiveram duração máxima de 30horas em média, sendo recolhidas amostras em tempos pré-determinados da solução de saída para análise e determinação da concentração da cafeína na saída. As concentrações foram determinadas através da medida de CT (Carbono Total). A concentração do fármaco na solução inicial foi mantida constante e o pH da solução foi fixado em dois valores, sendo ensaios realizados com o pH original da solução produzida em torno de 4,5, e ensaios realizados com um pH corrigido com valor de 3,0. A Figura 1 mostra um esquema da unidade experimental usada nos ensaios de adsorção.

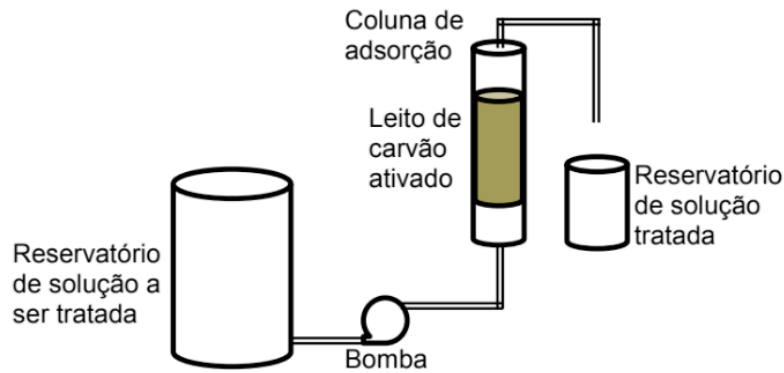


Figura 1 – Unidade experimental para ensaios de adsorção

Os ensaios de adsorção iniciavam com a montagem do leito na coluna de adsorção. Após a montagem do leito e da coluna, o efluente era alimentado na coluna e eram feitas medidas de concentração na entrada e saída da coluna em períodos de tempo fixos, até que a concentração na saída alcançasse o valor da concentração na entrada, configurando assim a saturação do leito. Os dados obtidos foram utilizados na construção das curvas de ruptura, que representa o comportamento do processo de adsorção. Com as curvas de adsorção foi determinada a capacidade de adsorção do leito, e a eficiência de remoção da cafeína. Estes cálculos foram realizados através da aplicação de um balanço de massa no leito de adsorção.

A massa adsorvida pelo leito fixo de carvão ativado esboçado na Figura 2 é calculada usando a seguinte equação:



Figura 2 – Esquema de um leito fixo de carvão para adsorção.

$$M_{ads} = M_E - M_S \quad (1)$$

na qual  $M_{ads}$  é a massa de cafeína adsorvida pelo de carvão ativado,  $M_E$  é a massa da cafeína que entra no leito de carvão ativado e  $M_S$  é a massa da cafeína que sai do leito de carvão ativado.

A massa da cafeína que entra no leito de carvão ativado pode ser representada pela equação:

$$M_E = Q_T \int_0^t C dt \quad (2)$$

Como na entrada a concentração é constante e igual a  $C_0$ , tem-se:

$$M_E = Q_T C_0 t \quad (3)$$

na qual  $Q_T$  é a vazão total da solução de cafeína,  $C_0$  é a concentração da cafeína na entrada da coluna e  $t$  é o tempo de adsorção.

A massa da cafeína que sai do leito de carvão ativado pode ser representada pela equação:

$$M_S = Q_T \int_0^t c dt \quad (4)$$

Multiplicando-se e dividindo-se a Equação 4 por  $C_0$ , tem-se:

$$M_S = Q_T C_0 \int_0^t \frac{c}{c_0} dt \quad (5)$$

Substituindo-se as Equações 3 e 5 na Equação 1, obtém-se a expressão para o cálculo da  $M_{ads}$ :

$$M_{ads} = Q_T C_0 \int_0^t \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dt \quad (6)$$

Com a massa adsorvida calculada a partir da Equação 6, pode-se determinar a capacidade de adsorção do leito de carvão ativado dividindo-se a massa adsorvida pela massa do leito de carvão ativado:

$$W = \frac{M_{ads}}{M_L} \quad (7)$$

na qual  $W$  é a capacidade de adsorção do leito de carvão ativado e  $M_L$  é a massa do leito de carvão ativado. A capacidade de adsorção foi determinada como sendo a máxima na condição de saturação.

Os valores das massas de cafeína na entrada e adsorvida foram usadas para calcular a eficiência de remoção da cafeína ( $\eta$ ) pelo leito de carvão ativado usando a equação 8:

$$\eta = \frac{M_{ads}}{M_E} \cdot 100 = \frac{Q_T C_0 \int_0^t \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dt}{Q_T C_0 t} \cdot 100 \quad (8)$$

A determinação da eficiência de remoção da cafeína foi realizada sempre na condição de saturação.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização do carvão ativado comercial teve início com uma classificação granulométrica, de modo a obter uma amostra de carvão com uma faixa granulométrica a mais restrita possível, de modo a possibilitar uma maior homogeneidade na formação do leito adsorvente. A fração separar o carvão ativado apresentou uma faixa de diâmetro de partícula entre 1,41mm e 1,80mm.

A caracterização química e textural foram realizadas com a amostra selecionada.

Os resultados indicam um teor de carbono fixo em torno de 53%, considerado mediano para este tipo de carvão. Este teor de carbono é típico para carvões ativados produzidos a partir do endocarpo do coco e ativados com vapor de água. Resultados semelhantes são encontrados na literatura, quando da produção de carvão ativado usando como precursor outros resíduos agrícolas como resíduos de chá, casca de



nozes e resíduos de fibras têxteis (YAGMUR ET AL., 2008; AYGUN et al., 2003; WILLIAMS E REED, 2004).

O teor de cinzas na amostra de carvão é um indicativo da quantidade de matéria inorgânica presente no carvão, pois é o resultado da queima do carvão ativado em temperaturas superiores a 900°C na presença do ar. O teor de cinzas é dependente da composição do precursor, podendo apresentar uma variação significativa para diferentes precursores. O resultado obtido para o teor de cinzas (6,8%) indica concordância com os valores encontrados na literatura (DABROWSKI ET AL., 2005). As condições de ativação podem ter alguma influência o valor final do teor de cinzas, contudo na amostra usada não foi possível avaliar estas influências, uma vez que estas amostras foram adquiridas de terceiros. O teor de cinzas pode ainda ser afetado de forma significativa pela presença de impurezas no precursor, principalmente impurezas de caráter inorgânico.

O valor de  $\text{pH}_{\text{PZC}}$  permite avaliar qualitativamente as características ácidas ou básicas da superfície dos carvões ativados. O resultado obtido de um  $\text{pH}_{\text{PZC}}$  igual a 8,2 mostra que o carvão utilizado apresenta característica básica. O conhecimento da característica ácida ou básica do carvão ativado é determinante para sua utilização como adsorvente. Esta característica interfere na capacidade que o carvão ativado tem de trocar íons durante o processo de adsorção em fase líquida, uma vez que as espécies iônicas têm na interação eletrostática o principal mecanismo de adsorção.

A determinação da área superficial específica do carvão ativado foi realizada com base nas isotermas de adsorção de nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) a -196°C. Estas isotermas foram obtidas em um equipamento ASAP 2020 da Micromeritics. A área superficial específica ( $A_{\text{BET}}$ ) foi calculada a partir do método proposto por Brunauer, Emmett e Teller, conhecido como método de BET, que forneceu o valor de 670m<sup>2</sup>/g. Este valor é típico para este tipo carvão ativado, quando comparados com valores encontrados na literatura. O valor da área superficial específica em um sólido adsorvente é uma característica importante, pois como a adsorção é um fenômeno de superfície, esta característica pode levar o adsorvente a ter um melhor desempenho quando usado.

Após a caracterização do carvão ativado, foram realizados os ensaios de adsorção. Nestes ensaios foram obtidas as curvas de adsorção para vários ensaios, que são apresentadas na Figura 3.

A Figura 3 mostra as curvas de ruptura para os ensaios realizados, tendo sido variado nestes ensaios à massa do leito de carvão ativado e o pH da solução.

As curvas de ruptura obtidas e mostradas na Figura 3 apresentam o formato típico de uma curva para a adsorção em leito fixo, com um perfil do tipo sigmoidal (formato de S). Este comportamento é caracterizado por um período inicial com concentração de cafeína muito baixa na saída, seguido de um aumento brusco da concentração da cafeína na saída, chamado de ponto de ruptura, após o qual a concentração da saída se aproxima da concentração na entrada, situação em que consideramos que o leito de carvão ativado alcançou a saturação. O formato do perfil em S pode ser afetado

por diversos parâmetros no processo de adsorção, como massa do leito, temperatura, pH, vazão da solução entre outros. A Figura 3 mostra que a variação do pH de 3,0 para 4,5 não provocou grandes mudanças na adsorção e consequentemente nas curvas de ruptura, indicando que nas condições usadas o pH teve pouca interferência na adsorção. O Outro parâmetro avaliado, a massa do leito de carvão, observa-se na Figura 4 que o aumento da massa interfere positivamente na capacidade de adsorção, pois o aumento da massa leva a um aumento do tempo de ruptura uma vez que existe uma maior disponibilidade de adsorvente para a retenção da cafeína. Este comportamento indica uma maior capacidade de adsorção do leito e consequentemente uma maior eficiência de remoção de cafeína.

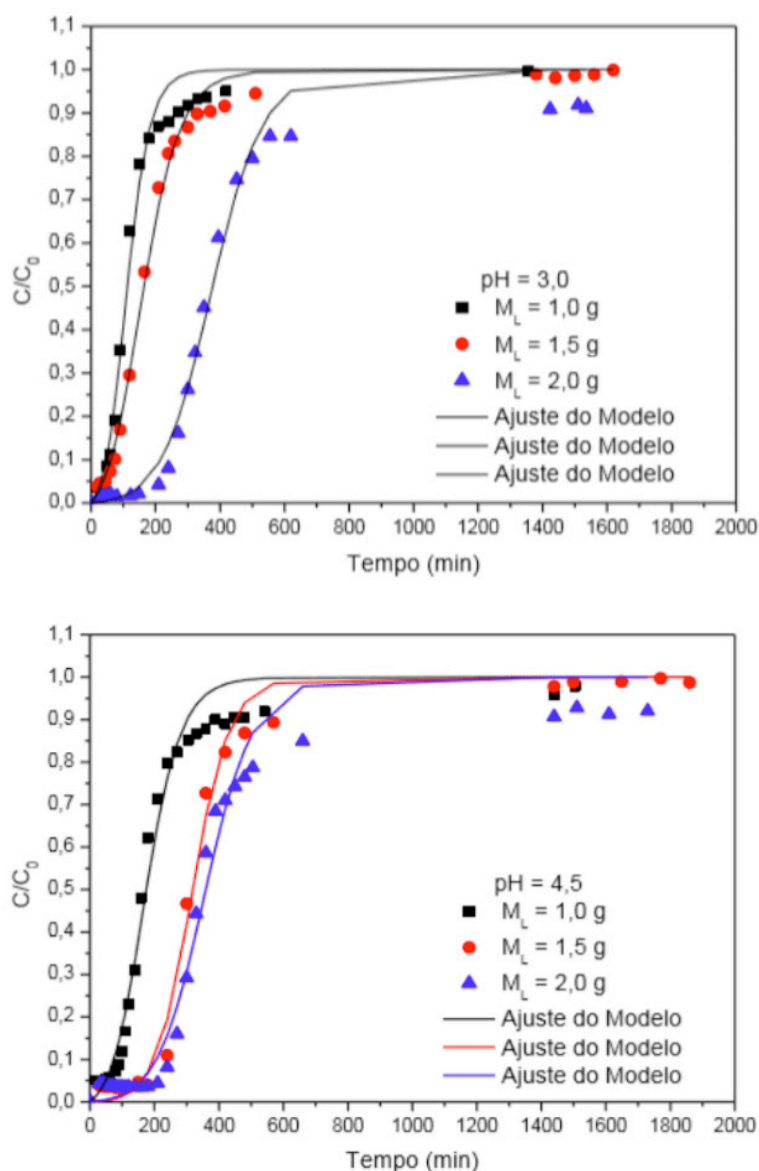


Figura 3- Curvas de ruptura e ajuste do modelo sigmoidal para ensaios de adsorção de cafeína em carvão ativado comercial com vazão de 10 mL/min e temperatura de 25°C.

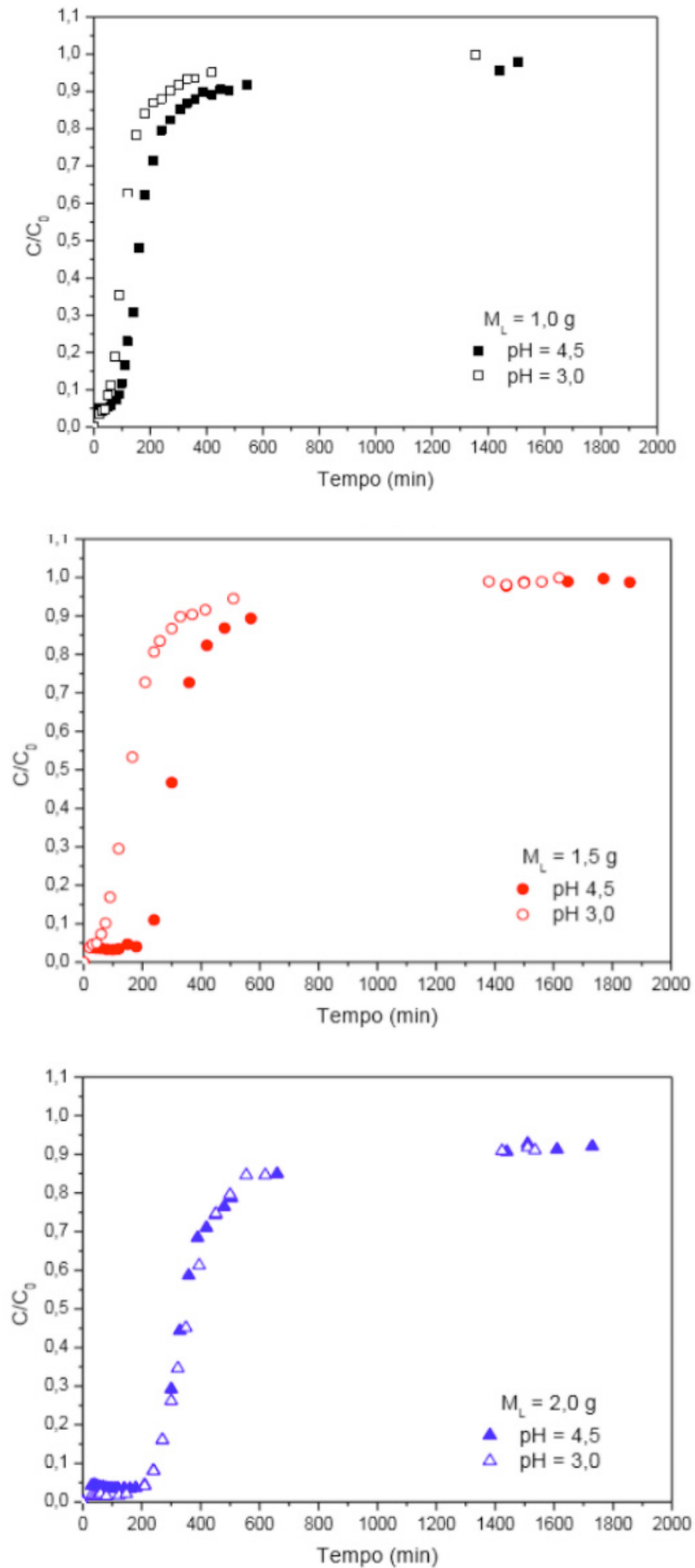


Figura 4 - Curvas de ruptura para ensaios de adsorção de cafeína em carvão ativado comercial com vazão de 10 mL/min e temperatura de 25°C.

As curvas de ruptura também foram utilizadas para o cálculo da capacidade de adsorção do leito e eficiência de remoção da cafeína. McCABE et al. (1993) apresentam uma maneira de calcular a capacidade de adsorção do leito (massa do adsorvato por massa do adsorvente) usando a curva de ruptura e um balanço de massa, como apresentado anteriormente.

A Tabela 1 apresenta os resultados calculados a partir dos dados experimentais obtidos nas curvas de ruptura. Os resultados mostram que a eficiência de remoção da cafeína ficou entre 17% a 36%, valor que pode ser considerado baixo para um processo de tratamento primário. Contudo, mudança dos parâmetros do processo pode levar a uma melhora nesta eficiência de remoção, como vazão de alimentação da solução e características do carvão.

pH	$M_L$ (g)	$C_0$ (mg/L)	$M_E$ (mg)	$M_{ads}$ (mg)	$\eta$ (%)	$W$ (mg/g)
4,5	1,0	29,1	419,5	74,8	17,8	74,8
	1,5	27,9	401,6	107,6	26,8	71,8
	2,0	30,2	522,8	151,6	29,0	75,8
3,0	1,0	29,6	124,4	39,2	31,5	39,2
	1,5	29,6	151,1	54,9	36,3	36,6
	2,0	29,7	456,8	147,1	32,2	73,6

Tabela 1 – Massa adsorvida, capacidade de adsorção e eficiência de remoção da cafeína nos ensaios de adsorção.

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 1 mostram que de uma forma geral, o desempenho do processo apresenta uma potencialidade para ser usado no tratamento de soluções contaminadas com o fármaco cafeína. Observa-se ainda, que a variação do pH não provocou grandes variações nos resultados da eficiência de remoção e capacidade de adsorção. Este comportamento indica que o uso do pH original da solução é o mais adequado, pois evita a necessidade de uma etapa a mais no processo que é a correção do pH.

#### 4 | CONCLUSÕES

- Os métodos sugeridos para o desenvolvimento do trabalho foram adequados, pois foi possível alcançar os objetivos propostos;
- A caracterização do carvão usado indica que o mesmo apresenta características básicas, com  $pH_{PZC}$  em torno de 8,50;
- A caracterização textural do carvão ativado usado mostra que o mesmo tem uma área superficial ( $A_{BET}$ ) mediana, com valor em torno de 670 m<sup>2</sup>/g;

- As curvas de ruptura apresentaram o comportamento característico para adsorção em leito fixo, podendo ser representadas por um modelo matemático do tipo sigmoidal que apresentou coeficientes de correlação ( $R^2$ ) acima de 0,97 para todos os ensaios;
- O carvão usado apresentou capacidades máximas de adsorção de cafeína entre 35mg/g e 75mg/g, e eficiências de remoção de cafeína entre 17% e 36%. Estes valores podem ser considerados medianos quando comparados com resultados encontrados na literatura;
- Os resultados mostraram uma influência direta do aumento da massa do leito adsorvente no desempenho da adsorção, indicando um melhor desempenho para um aumento da massa. Contudo o efeito do pH no desempenho da adsorção não ficou claro, indicando a necessidade de novos ensaios para melhor avaliar a influência deste parâmetro;
- Os resultados mostram que de uma forma geral, a adsorção em leito fixo com o tipo de carvão ativado testado tem potencialidade para ser usado no tratamento de soluções contaminadas com cafeína.

## REFERÊNCIAS

- AYGUN A, YENISOY-KARAKAS\_ S, DUMAN I. **Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties.** *Micropore and Mesopore Materials* 66, p. 189–95, 2003.
- Bila, D. M.; Dezotti, M.. *Fármacos no Meio Ambiente*. Quím. Nova 26 (4): 523-530, 2003.
- DABROWSKI, A., PODKOSCIELNY, P., HUBICKI, Z., BARCZAK, M. **Adsorption of phenolic compounds by activated carbon—a critical review.** *Chemosphere*, 58, p. 1049–1070, 2005.
- Delaune, R.; Lindau, C.; Jugsujinda, A.. **Effectiveness of “Nochar” Solidifier Polymer in Removing Oil from Open Water in Coastal Wetlands.** *Spill Science & Technology Bulletin* 5, 357-359, 1999.
- GASPAR, S.; RAMOS, F. **Caffeine: Consumption and health effects.** *Encyclopedia of Food and Health*, p. 573-578, 2016.
- Hines, A. L.; Maddox, R. N.. *Mass Transfer: Fundamentals and Applications*. New Jersey: PrenticeHall PTR, 542 p., 1985.
- Jones, O.A.; Lester, J.N.; Voulvoulis, N.. **Pharmaceuticals: a Treat to Drinking Water? Trends in Biotechnology.** 23 (4), 163-167, 2005.
- Mccabe, W. L.; Smith, J. C.; Harriott, P.. *Unit Operations of Chemical Engineering*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1993.
- SERVAIS, P.; BILLEN, G.; BOUILLOT, P.; BENEZET, M. **A pilot study of biological GAC filtration in drinking-water treatment.** *Journal of Water Supply, Research and Technology – AQUA*, v. 41, n. 3, p.163-168, 1992.
- Treybal, R. E.. *Mass-Transfer Operations*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1980.



WILLIAMS, P.T, REED, A.R. **High grade activated carbon matting derived from the chemical activation and pyrolysis of natural fibre textile waste.** J Anal Appl Pyrol 71, p. 971–986, 2004.

YAGMUR E, OZMAK M, AKTAS Z. **A novel method for production of activated carbon from waste tea by chemical activation with microwave energy.** Fuel 87, p. 3278–3285, 2008.

## TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

### **Marconi Lucas da Silva**

Graduando em Engenharia Civil  
UNIAN, Niterói, RJ

### **Leandro Vahia Pontual**

Professor Mestre da Engenharia Civil  
UNIAN, Niterói, RJ

**RESUMO:** Dada a crescente demanda populacional e a conseqüente degradação de áreas naturais a partir do desmatamento irregular, surge uma técnica de fácil aplicação para preservação das características biológicas com matérias inertes. Esta utiliza a própria vegetação aparente, evitando a erosão superficial e estabilizando o solo, garantindo uma atuação simplificada e com pouca demanda de recursos capital. O manejo sustentável e a exploração racional, se torna de extrema importância para a população do seu entorno, reduzindo os riscos à vida e aumentando em sua qualidade, a aplicação adequada pode ser um fator determinante no sucesso da preservação dessas características biológicas e na sua preservação. No caso das áreas em aclives e declives e densas regiões populacionais, a falta dessas técnicas têm efeito prejudicial sobre a região, com perdas irreparáveis para população e impactando negativamente no município em um todo. No modelo a ser utilizado, os métodos de aplicação dependem de características

locais como: clima, solo, vegetação, pouca disponibilidade econômica e de mão de obra. Objetivou-se avaliar qual método mais eficaz para mitigar essas áreas degradadas, não só no estado do Rio de Janeiro. O estudo foi realizado com o auxílio de conhecimentos em programas computacionais, visitas de campo e na montagem de um experimento em tipos de ambientes distintos, simulando as técnicas com os diferentes métodos de estabilização de taludes. As regiões a serem aplicadas essas técnicas não necessitam de recursos economicamente altos por se tratar de aplicação com métodos naturais, com a própria vegetação ou combinados com recicláveis. **PALAVRAS-CHAVE:** Estabilização, Taludes, Sustentabilidade.

**ABSTRACT:** Given the increasing population demand and the consequent degradation of natural areas from irregular deforestation, a technique of easy application for the preservation of biological characteristics with inert matter emerges. It uses the apparent vegetation itself, avoiding superficial erosion and stabilizing the soil, guaranteeing a simplified performance and with little demand for capital resources. Sustainable management and rational exploration become extremely important for the population of the surrounding area, reducing risks to life and increasing its quality, adequate

application can be a determining factor in the success of preserving these biological characteristics and preserving them. In the case of areas in slopes and slopes and dense population regions, the lack of these techniques have detrimental effect on the region, with irreparable losses for population and negatively impacting the municipality as a whole. In the model to be used, the application methods depend on local characteristics such as: climate, soil, vegetation, low economic availability and labor. The objective was to evaluate the most effective method to mitigate these degraded areas, not only in the state of Rio de Janeiro. The study was carried out with the aid of knowledge in computer programs, field visits and the assembly of an experiment in different types of environments, simulating the techniques with the different methods of slope stabilization. The regions to apply these techniques do not need economically high resources because they are applied with natural methods, with the vegetation itself or combined with recyclables.

**KEYWORDS:** Stabilization, Slopes, Sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Objetivando a preservação das características biológicas com materiais inertes, devido à crescente demanda populacional e a degradação de áreas naturais a partir do desmatamento irregular; surge uma técnica de fácil aplicação para preservação de forma sustentável, impactando positivamente visando, assim, mitigar essas áreas degradadas. Esta utiliza a própria vegetação aparente, evitando a erosão superficial e estabilizando o solo, garantindo uma atuação simplificada e pouca demanda de recursos capital.

As forças externas, por seu turno, agem na superfície, através de erosões, transporte e disposição de materiais intemperizados, por meio de agentes como a água, o vento, a gravidade, os animais e o homem. (JOSITA et *al.*, 2009).

## 2 | OBJETIVO

Ser uma diretriz nos projetos de execução, proteção e revestimento vegetal nos taludes de forma sustentável, melhorando as características ambientais e técnicas, evitando os deslizamentos das áreas de influência, por meio de intervenções; Identificando, conceituando e descrevendo os processos e os fenômenos erosivos de instabilidade geotécnica das encostas, desse modo propor técnicas baseadas em conceitos de engenharia natural para mitigar, corrigir e prevenir tais processos.

### 3 | METODOLOGIA E MATERIAIS

São utilizados os métodos de investigações geológica direta para identificar as causas de escorregamento, onde as sondagens podem identificar a profundidade com a rocha.

- Investigação geológica com levantamentos topográficos, consistindo na descrição dos solos e das rochas, incluindo a morfologia da área;
- Análise do ângulo do declive que favorece o colapso e a instabilidade;
- Análise dos dados de precipitação pluviométrica atípicas.

Os materiais inertes são por vegetação natural, considerando as características locais como: clima, solo, vegetação, pouca disponibilidade econômica e de mão de obra ou por materiais recicláveis.

### 4 | RESULTADOS ESPERADOS

Este resultado foi gerado em referência a dados obtidos considerados os seguintes parâmetros:

**Para o método sustentável, foi considerado:**

Muro de contenção de terras de superfície curva, sustentável, com materiais inertes, até 3 m de altura, classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, quantidade 22 kg/m<sup>3</sup>, sem incluir fôrmas.

**Para o muro à flexão, foi considerado:**

Muro de contenção de terras de superfície curva, sem ponteira, de concreto armado, até 3 m de altura, realizado com concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 1, consistência S100 dosado em central, e concretagem com bomba, e aço CA-50 com corte, dobra e montagem da armadura em seu lugar definitivo de colocação em obra, quantidade 22 kg/m<sup>3</sup>, sem incluir fôrmas.

Espécie de Bambu	Método Sustentável	Muro à Flexão	Método Sustentável
	R\$ / m <sup>2</sup>	R\$ / m <sup>2</sup>	Redução (%)
Bambu Cana da Índia	25,18	475,96	94,70
Bambu Guadua	25,18	475,96	94,70
Bambu Imperial	25,18	475,96	94,70
Bambu Mosso	31,42	475,96	93,39

Tabela 1 - Variação de espécies de bambu para contenção de erosão.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalto que as técnicas a serem empregadas para estabilização de taludes em sua especificidade de projeto sustentável, deve ser primeiro analisado a causa em sua determinada região, para posterior resolução do problema, visto que de uma região para outra há variação de sua morfologia.

Para o custo ser acessível demandará estudo prévio in loco, visto os parâmetros estabelecidos.

## REFERÊNCIAS

ABNT/CB-002 **Construção Civil.**

ABNT NBR 11682:2009; **Estabilidade de Encostas.**

CYPECAD ENGENHEIROS – Software para cálculo estrutural e pesquisa de preços.

CANEPELLE, Tiago. BRINGHENTI, Italomir. DECEZARE, Juciê. **Projeto e estabilização de taludes.**

DNIT, **Tratamento Ambiental de Taludes e Encostas por Intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos.**

SITIO DA MATA – <http://www.sitiodamata.com.br>

SUTILI, F. J. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil.**



## EFEITO DA BIOCIMENTAÇÃO EM SOLO ARENOSO EM RELAÇÃO A DENSIDADE, COMPRESSÃO SIMPLES E HETEROGENEIDADE

**Vinicius Luiz Pacheco**

Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul

**Igor Decol**

Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul

**Antonio Thomé**

Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A questão climática é assunto de grande pauta em relação a emissão de gases causadores do efeito estufa; na engenharia civil, o consumo exacerbado de cimento traz por consequência a emissão de  $\text{CO}_2$ , oriundo do processo de fabricação do mesmo. Na engenharia geotécnica, subárea da engenharia civil, convencionalmente faz-se uso de cimento e técnicas tradicionais de compactação de solo visando o melhoramento de propriedades mecânicas do mesmo. Particularmente nesse trabalho, foi utilizada uma solução biocimentante para aprimorar características geomecânicas da areia de Osório de forma *in situ*. A presente técnica chama-se MICP (Microbially Induced Calcite Precipitation), na qual fornece alimento e condições de biocimentação para as bactérias presentes no solo ou implantadas artificialmente através da bioaumentação. As bactérias nativas

na areia de Osório e usualmente utilizadas na técnica MICP são da espécie *Bacillus Pasteurii*, às quais por processo enzimático da urease formam como produto final da biocimentação a calcite. Em última análise, a experimentação realizada aperfeiçoou a rigidez do solo, através do acréscimo de densidade do mesmo, identificando também que a aplicação da solução através da percolação se propaga ao longo do corpo de prova de forma heterogênea, promovendo maior biocimentação nas camadas superiores e aperfeiçoando propriedades geomecânicas, tais quais a densidade e a rigidez do maciço arenoso. A resistência a compressão simples máxima foi de 417,20 kPa; também sendo realizado um ensaio de ultrassom para quantificar a velocidade das ondas de compressão e de cisalhamento e a consequente correlação com os resultados obtidos na compressão simples.

**PALAVRAS-CHAVE:** biocimentação, densidade, compressão simples, propriedades geomecânicas, areia de Osório.

**ABSTRACT:** The climatic issue is well concerned nowadays, considering the greenhouse gas emissions; into the civil engineering the exacerbate consumption of cement causes the emission of  $\text{CO}_2$  in the process of fabricating it. Specifically, about the geotechnical engineering, usually the cement and others traditional

techniques are used in order to improve the *in situ* geomechanical properties of the soil. This work aimed to improve the geomechanical properties of Osório Sand by using biocement solution. The technique is called MICP (Microbially Induced Calcite Precipitation), that provides food and biochemical conditions for the native microorganisms or implanted ones in the soil to produce calcite. The native bacteria and the most common used in biocementation process is *Bacillus pasteurii*, that forms the calcite as a final product of the biocementation along the enzymatic process. This work investigated the experimentation that improved the soil stiffness by increasing the density of the soil, also identifying that the application of the biocement solution through the percolation method propagates along the specimen in a heterogenous way, promoting greater levels of biocementation in upper layers. This method brings to the soil the capability of improving geomechanical properties such as increasing the stiffness and density of the sandy soil. The unconfined compression test reached 417,20 kPa; and an ultrasound test was also carried out to quantify the velocity of the compression and shear waves and the consequent correlation with the results obtained in the unconfined compression test.

**KEYWORDS:** biocementation, density, unconfined compression test, geomechanical properties, Osório sand.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo de biocimentação é estudado em solos arenosos devido a correção de problemas como erosão, aperfeiçoamento de propriedades geomecânicas e liquefação, bem como pelas especificidades apresentadas por esse solo, como a distribuição granulométrica e ambiente propício ao desenvolvimento dos microrganismos (Gomez et al., 2017; Jiang et al., 2016; Krajewska, 2017; van Paassen et al., 2010), nas quais permitem o desenvolvimento da técnica de biocimentação. Assim como aplicações diversas na área de biorremediação de solos contaminados e materiais alternativos na construção civil também fazem uso da técnica (Achal et al., 2012; Choi et al., 2017).

O método MICP (Microbially Induced Calcite Precipitation), é responsável no processo bioquímico da biocimentação, sendo fator principal a atividade enzimática produtora da urease pelas bactérias e a consequente hidrólise da ureia, que posteriormente formam ligações com a fonte de cálcio fornecida pela solução biocimentante para a produção final da calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) (ACHAL e PAN, 2014; QABANY *et al.*, 2012, RITA, 2012) O produto final da biocimentação é capaz de fazer a ligação entre as partículas e proporcionar ganho de resistência ao solo. No processo bioquímico da biocimentação, as bactérias presentes no solo, se alimentam com a ureia e produzem  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $2\text{NH}_4^+$  (Equação 1) (Mortensen et al., 2011; NG et al., 2012; Stocks-Fischer et al., 1999):



Após a primeira etapa da reação concluída, os íons de carbonato reagem com os íons de cálcio provenientes do cloreto de cálcio (Equação 2), sendo essa última etapa formadora da calcite, na qual garantirá coesão maior ao solo, fazendo-o assim mais resistente e menos permeável, em última análise aperfeiçoando as propriedades geomecânicas (ANBU *et al.*, 2016; STOCKS-FISCHER *et al.*, 1999) *we discuss microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP).*



O trabalho em questão, estudou a variação de propriedades específicas do solo, tais quais: a densidade e a heterogeneidade ao longo da profundidade.

A pesquisa em questão foi desenvolvida na modalidade de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade de Passo Fundo (UPF), nas dependências do Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura (CETEC) e ocorreu entre os meses de setembro a dezembro de 2016.

## 2 | MATERIAIS

Os materiais utilizados no trabalho foram: areia de Osório, com densidade relativa de 50%; Solução biocimentante.

### 2.1 Areia de Osório

Os índices físicos e a distribuição granulométrica da areia de Osório, foram baseados em estudos realizados por Cruz (2008). Na qual a análise granulométrica é apresentada na Tabela 1.

Ainda, os índices físicos necessários para os cálculos desenvolvidos no trabalho, foram obtidos de acordo com a Tabela 2.

A escolha do material se deu pela questão logística, uma vez que o estudo foi realizado no estado do Rio Grande do Sul e o município de Osório faz parte do referente estado. Além, a existência da bactéria *Bacillus pasteurii* e sua capacidade ureolítica no mesmo tipo de solo foram determinantes para a escolha do material. Sobretudo, a possibilidade de comparação com estudos paralelos com solos de semelhantes características físicas e microbiológicas.

Abertura da peneira (mm)	% passante
0,60	100,00
0,425	99,97
0,30	99,47
0,15	38,50
0,075	1,55
0,0534	0

Tabela 1. Granulometria da areia de Osório

Fonte: CRUZ (2008)

Índices Físicos	Areia de Osório
Massa específica real dos grãos	2,65 g/
Coeficiente de uniformidade, $C_u$	2,11
Coeficiente de curvatura, $C_c$	1,15
Diâmetro médio, $D_{10}$	0,09 mm
Diâmetro médio, $D_{50}$	0,17 mm
Índice de vazios mínimo, $e_{min}$	0,60
Índice de vazios máximo, $e_{max}$	0,85

Tabela 2. Índices físicos da areia de Osório

Fonte: CRUZ (2008)

## 2.1 Solução biocimentante

A solução biocimentante foi uma adaptação feita por Garbin (2016), dos estudos de Mortensen *et al.*, (2011) e Amarakoon e Kawasaki (2016), conforme Tabela 3.

Os principais reagentes biocimentantes são os que apresentam concentrações mais elevadas: Ureia e Cloreto de Cálcio, essenciais no processo de biocimentação conforme evidenciado nas Equações 1 e 2. Os outros reagentes funcionam como fontes de nutrientes para o estímulo dos microrganismos nativos do solo, com o intuito de que os mesmos passem pela fase de crescimento exponencial microbiológico e utilizem os reagentes fornecidos pela solução para tal processo.

Reagentes	Concentração (g/L)
Peptona	2
Extrato de Levedura	1
Cloreto de Amônia	10
Bicarbonato de Sódio	2,12
Ureia	30
Cloreto de Cálcio	56

Tabela 3. Composição da solução biocimentante

Fonte: Garbin (2016)

## 3 | MÉTODOS

A metodologia aplicada no estudo em questão busca avaliar a variação da densidade e heterogeneidade ao longo do corpo de prova após a aplicação da solução biocimentante. Para tanto, foi moldado um corpo de prova, denominado CP\_ Biocimentado, com a areia de Osório em camadas de 5 centímetros, totalizando uma altura total de 30 centímetros (Figura 1). Sendo a aplicação da técnica de biocimentação aplicada durante 28 dias e as injeções intervaladas entre 48 horas com 2 vezes o

volume de vazios (70 litros) do corpo de prova por injeção, com densidade relativa da areia de 50% e umidade inicial da areia de 10%. As injeções dos 70 litros foram feitas com o auxílio de um regador (sendo regadores separados para a aplicação da solução biocimentante e da água), buscando uma abrangência de toda a superfície e redução no impacto entre a solução e a camada superficial da areia.

O corpo de prova possuía diâmetro ( $\phi$ ) de 56 centímetros e altura total das camadas com 30 centímetros (Figura 1). Na parte inferior do corpo de prova foi disposta uma camada drenante formada por brita e pedrisco, para conduzir o efluente da solução biocimentante pelo orifício disposto no corpo de prova.

Foram retirados corpos de prova a cada 5 centímetros de forma cúbica de dimensões variáveis de acordo com a conforme Figura 2, resultando em um total de 6 corpos de prova, correspondentes a altura de 30 centímetros. Dessa forma, após o término do tratamento de biocimentação, foi possível avaliar a densidade úmida e seca do material, tendo por base a densidade inicial úmida de  $1,54 \text{ g/cm}^3$ .



Figura 1. Corpo de prova CP\_Biocimentado

Em relação a biocimentação ao longo do corpo de prova, foi possível uma identificação tátil-visual, bem como correlação com as densidades encontradas.





Figura 2. Amostras para verificação da densidade

Para os ensaios de ultrassom no qual objetivavam a mensuração da velocidade das ondas de compressão e cisalhante, foram moldados manualmente 10 corpos de prova com diâmetro ( $\phi$ ) de aproximadamente 5 centímetros e altura aproximada de 10 centímetros, sendo esta altura correspondente às camadas superiores do CP\_Biocimentado, pois as mesmas possuem maior nível de biocimentação. Dessa forma, ressalta-se que todas amostras foram retiradas da parte superior do CP\_Biocimentado, ou seja, nas camadas mais superficiais, às quais em tese sofrem de forma mais acentuada o processo de biocimentação. Os resultados do ensaio de ultrassom serviram para eventuais descartes de corpos de prova cujas variações de resultados ultrapassassem a magnitude de 20% na velocidade de propagação da onda. As dimensões dos 10 corpos de prova objetivados para tais fins são apresentadas na Tabela 4

	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )
<b>CP_1</b>	51,00	106,40	217356,11
<b>CP_2</b>	51,27	111,53	230231,49
<b>CP_3</b>	53,46	110,40	247767,68
<b>CP_4</b>	53,40	107,80	241429,96
<b>CP_5</b>	50,73	115,27	233013,14
<b>CP_6</b>	52,60	106,20	230773,47
<b>CP_7</b>	53,76	106,93	242688,78
<b>CP_8</b>	55,38	107,73	259484,26
<b>CP_9</b>	57,97	109,47	288887,29
<b>CP_10</b>	53,68	109,33	247418,13

Tabela 4. Composição da solução biocimentante

Nota-se que ocorreram variações em relação as dimensões apresentadas na Tabela 4, isso se deve ao processo manual de moldagem dos corpos de prova (Figura 3).

Todos os 10 corpos de prova listados na Tabela 4 foram submetidos ao ensaio de ultrassom, por esse um ensaio não destrutivo, habilitando os mesmos corpos de prova para os posteriores testes de compressão. Para os ensaios de compressão simples foram selecionados 7 corpos de prova dentre os listados na Tabela 4, de forma aleatorizada, tendo como corpos de prova selecionados: CP\_1, CP\_2, CP\_5, CP\_6, CP\_8, CP\_9 e CP\_10.

Após o procedimento de sorteio, os corpos de prova destinados ao ensaio de compressão simples foram submetidos ao capeamento com nata de cimento de acordo com a Figura 4.



Figura 3. Moldagem dos corpos de prova para o ensaio de ultrassom e posterior compressão simples

O procedimento de capeamento se estendeu por 24 horas, após iniciou-se o processo de saturação das amostras, mantendo as mesmas submersas por mais 24 horas. Durante este último procedimento foi identificada pequenas perdas de solo nas regiões de menor nível de biocimentação dos corpos de prova.



Figura 4. Processo de capeamento dos corpos de prova

O ensaio de ultrassom além de ser não destrutivo, identifica a existência de fissuras internas dos corpos de prova por variabilidades identificadas nos comprimentos das ondas. Outrossim, o ensaio de ultrassom possibilita que correlações sejam feitas como por exemplo para a determinação do módulo de cisalhamento, definido pela Equação 3:

$$G = n * V \quad (3)$$

Em que:

G: Módulo de cisalhamento (Pa);

$\gamma_n$ : Densidade natural do solo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

V: Velocidade da onda de cisalhamento (m/s).

## 4 | RESULTADOS

Os resultados esperados para o presente trabalho foram: densidade úmida e seca, velocidade das ondas de compressão e de cisalhamento, resistência a compressão simples, bem como uma perspectiva da biocimentação ao longo do corpo de prova e avaliação da consequente heterogeneidade da biocimentação ao longo do CP\_Biocimentado.

### 4.1 Densidade úmida do CP\_Biocimentado

A variação da densidade úmida ao longo das camadas do CP\_Biocimentado foi identificada após a exumação dos corpos de prova e os resultados são apresentados na Figura 4.

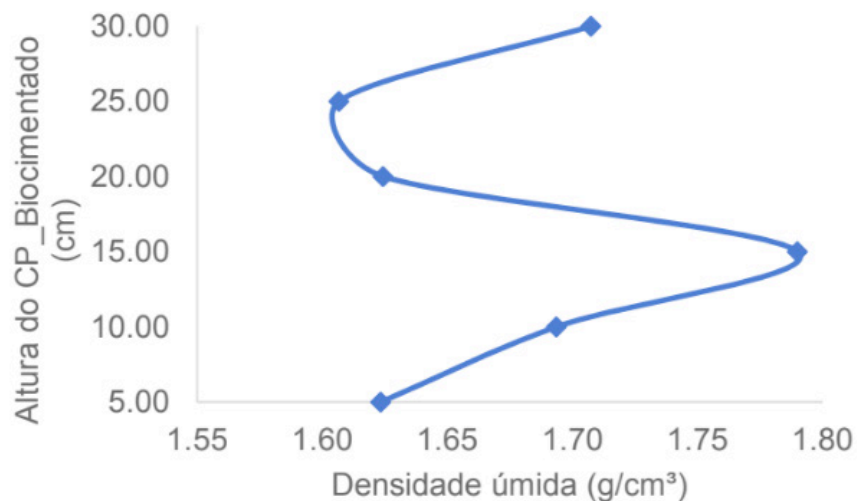


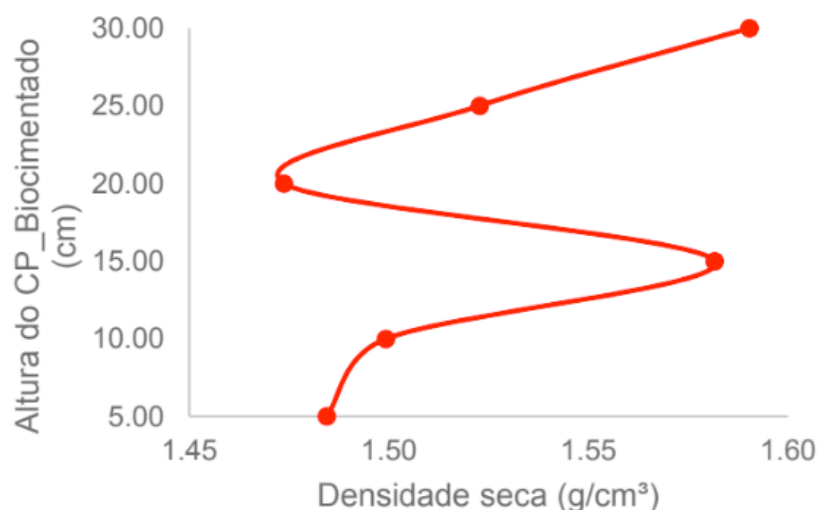
Figura 4. Densidade úmida ao longo do CP\_Biocimentado

Observa-se que para a densidade úmida a camada mediana do corpo de prova apresentou a maior densidade, sendo essa na altura de 15 cm com densidade de 1,79 g/cm<sup>3</sup>. Esse conjunto de dados evidenciam de forma prévia a heterogeneidade do processo de biocimentação através do método da percolação.

#### 4.2 Densidade seca do CP\_Biocimentado

Para a densidade seca, tem-se os resultados apresentados na Figura 5. Nota-se que a densidade mais elevada ficou localizada no topo do corpo de prova, com magnitude de 1,59 g/cm<sup>3</sup>. Comprovando dessa forma a heterogeneidade no processo de biocimentação ao longo do corpo de prova.

Observa-se um comportamento semelhante ao da Figura 4, no qual sugere que a retenção de água segue um padrão ao longo do CP\_Biocimentado. Porém, a densidade seca máxima foi encontrada na camada superior, a qual apresentou maior grau de biocimentação através da técnica de percolação da solução biocimentante, ficando concentrada a atividade ureolítica próxima a superfície de contato e funcionando como forma de retenção da solução no decorrer da aplicação das soluções.



### 4.3 Comparação das densidades

A comparação entre as densidades é apresentada na Figura 6. Para efeito visual foi plotada a densidade inicial, na qual também é útil para mensurar o efeito da técnica de melhoramento de solo promovido pela biocimentação do solo arenoso.

Através da Figura 6 avalia-se o efeito da biocimentação no ganho de densidade das camadas do CP\_Biocimentado, consequentemente implicando no melhoramento de propriedades geomecânicas.

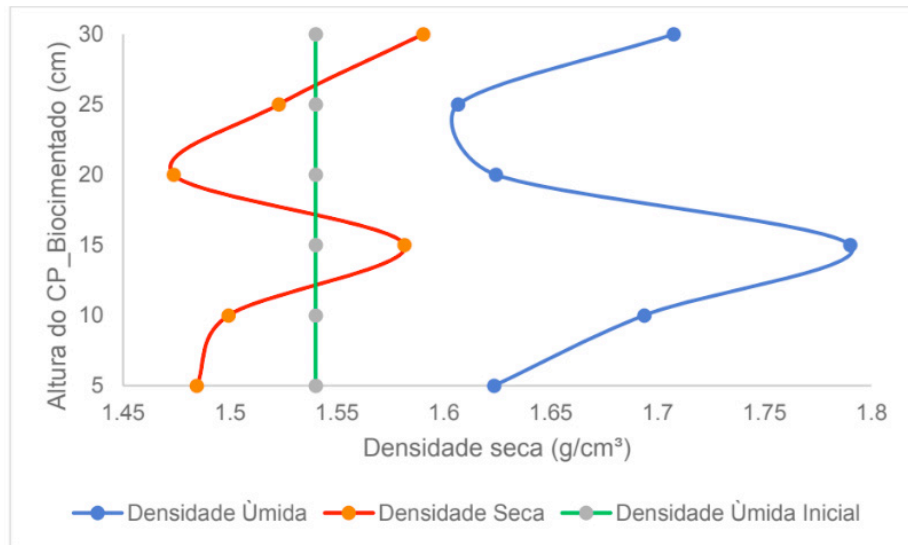


Figura 6. Comparação das densidades

Evidencia-se também a questão heterogênea e não linear da aplicação da solução biocimentante através da percolação da mesma. Sugere-se em estudos futuros o aperfeiçoamento da forma de aplicação da solução, visando mitigar possíveis variações e obter um resultado aperfeiçoado quanto ao grau de biocimentação.

### 4.4 Velocidade das ondas de compressão e de cisalhamento

Os resultados obtidos pelos ensaios para as ondas de compressão são demonstrados na Figura 7. Dentre os 10 corpos de prova analisados a velocidade média da onda de compressão foi de 2189,67 m/s, com um desvio padrão de 159,45 m/s e o coeficiente de variação de 7%, no qual permite inferir que os corpos de prova não obtiveram imperfeições, dentro do limite máximo de variação proposto pela metodologia de 20%.

Os resultados para a velocidade de ondas de cisalhamento são apresentados na Figura 8. A média das velocidades de cisalhamento foi de 1354,84 m/s, com desvio padrão de 176,59 m/s e coeficiente de variação de 13% (enquadrado dentro do limite de 20%).



O ensaio de ultrassom permitiu quantificar a velocidade das ondas e qualificar os corpos de prova induzindo a verificação de conformidade dos espécimes analisados, dentro do rigor estabelecido para o coeficiente de variação. Ainda, induz-se que a variabilidade das ondas encontradas seja oriunda do processo heterogêneo da biocimentação através da percolação, uma vez que a solução busca caminhos “preferenciais” para suas redes de fluxo.

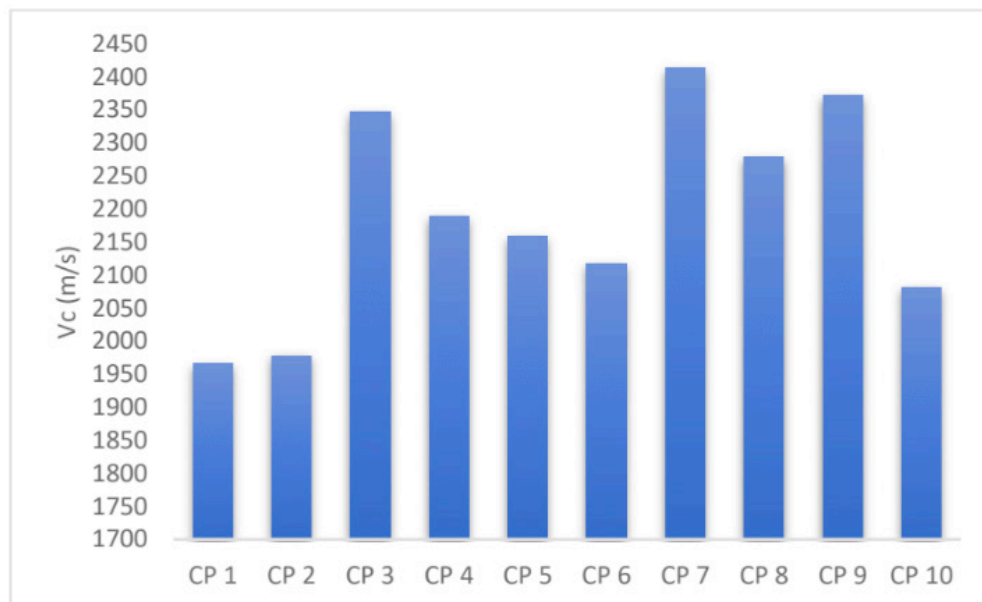


Figura 7. Velocidade das ondas de compressão

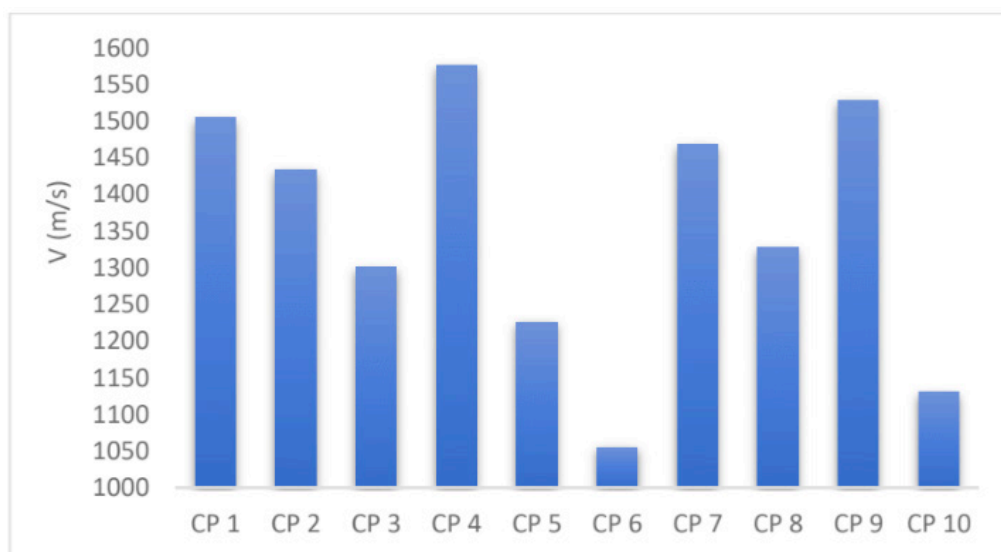


Figura 8. Velocidade das ondas de cisalhamento

A Figura 9 exibe a relação entre a velocidade das ondas de cisalhamento e do módulo de cisalhamento calculado. Percebe-se a adequação do coeficiente de determinação  $R^2$  com o modelo proposto, explicando 94% dos resultados obtidos dentro do espaço amostral. Outrossim, avalia-se que o módulo cisalhante é proporcional ao aumento da velocidade das ondas de cisalhamento, às quais são diretamente ligadas ao nível de biocimentação obtido. O valor máximo obtido para o módulo cisalhante

foi de 4,51 GPa para o CP\_9, indicando a efetividade da técnica em relação ao aperfeiçoamento de propriedades geomecânicas do solo.

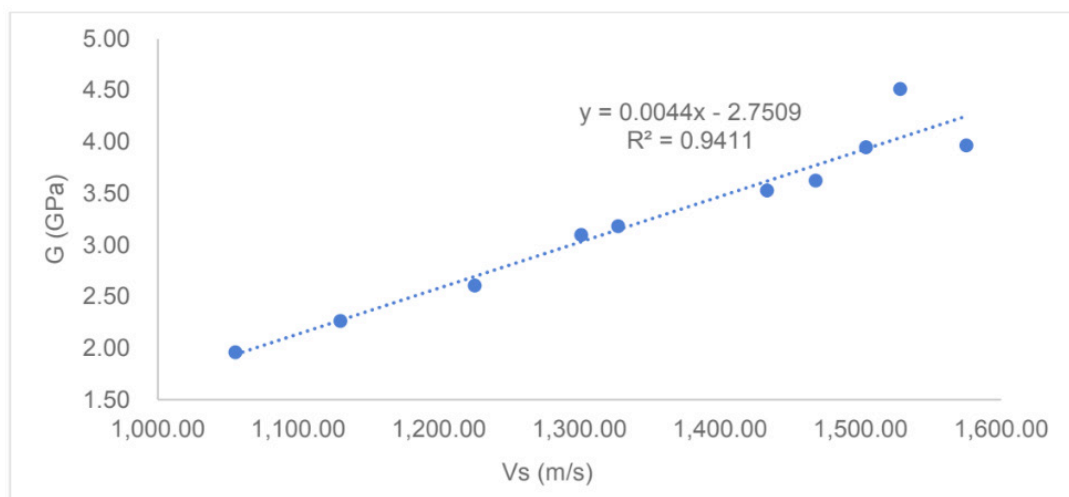


Figura 9. Velocidade das ondas de cisalhamento vs Módulo de Cisalhamento

#### 4.5 Compressão simples

Em relação a compressão simples para os 7 corpos de prova propostos os resultados em kPa são exibidos na Figura 10. Dentre os espécimes analisados a média do resultado de compressão simples foi de 236,43 kPa, com desvio padrão de 122,09 kPa e coeficiente de variação de 51%. Logo, observou-se uma variabilidade significativa em relação aos resultados, esta atribuída a heterogeneidade no processo de biocimentação.

Ainda, foi possível observar uma correlação entre a velocidade das ondas de compressão e a resistência a compressão simples (Figura 11). Em que o coeficiente de determinação  $R^2$  indicou a explicação de 84% dos resultados obtidos dos espécimes analisados. Esta informação é importante para estimar a resistência a compressão simples sem a necessidade de ensaios destrutivos, ou para a questão de monitoramento do processo de biocimentação.

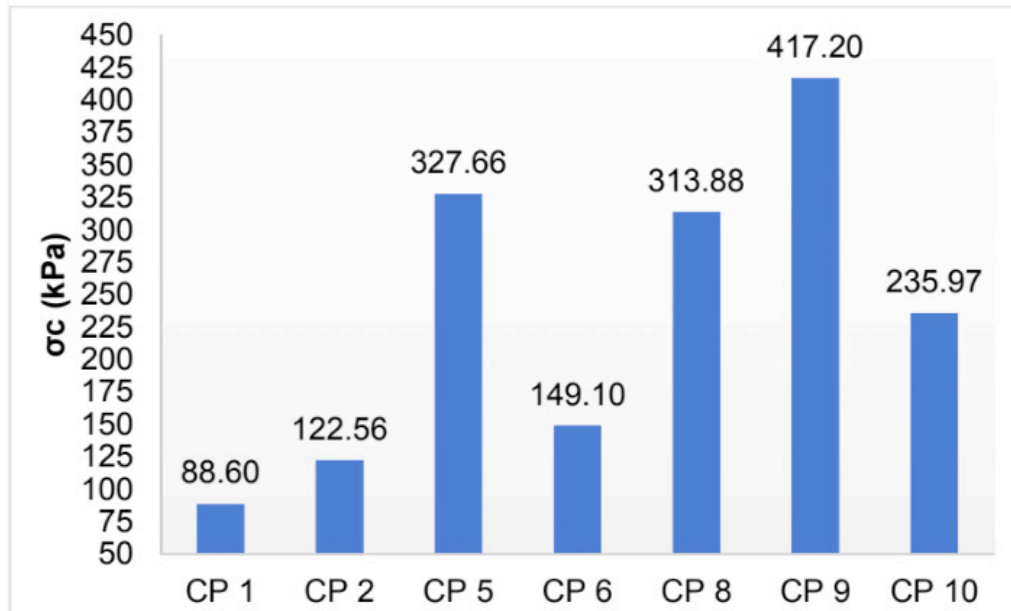


Figura 10. Velocidade das ondas de cisalhamento vs Módulo de Cisalhamento

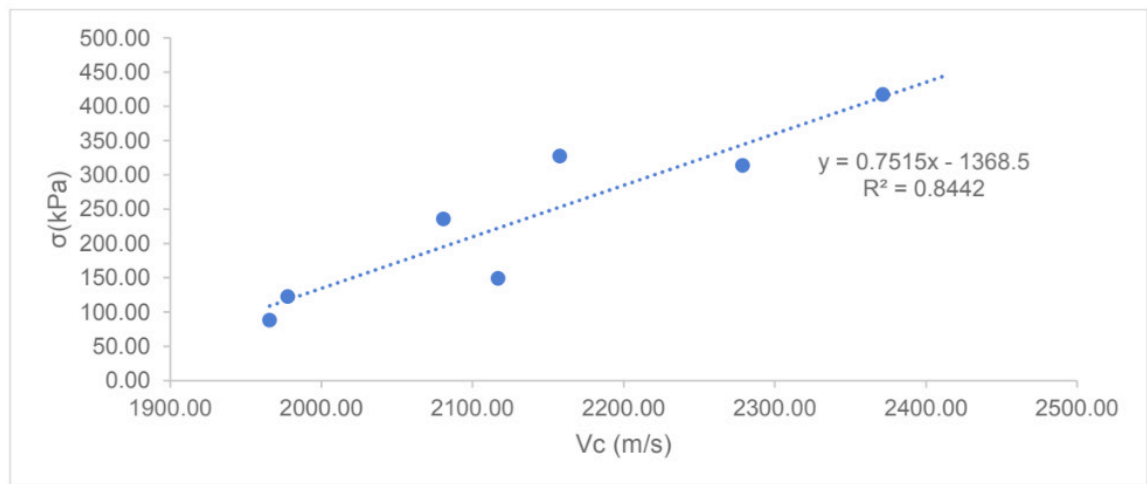


Figura 11. Velocidade das ondas de compressão vs Tensão de ruptura

O ensaio destrutivo para a determinação da compressão simples também foi fundamental para determinar os tipos de rupturas ocorridos nos corpos de prova. Os mesmos apresentaram características comuns a materiais com baixo nível de cimentação, sendo as rupturas identificadas nas camadas com menor índice de biocimentação. Com o vislumbre da Figura 12 é possível identificar que a ruptura ocorre da base até próximo ao centro dos corpos de prova CP\_9 e CP\_11 respectivamente; pois é nessa região em que o grau de compactação passa a aumentar significativamente, em última análise provocando a ruptura na camada inferior onde a biocimentação é defasada.



Figura 12. Ruptura dos corpos de prova CP\_9 e CP11 respectivamente

#### 4.6 Heterogeneidade

Esse item trata de um dos objetivos iniciais do trabalho, no qual evidencia a importância da biocimentação ao longo do corpo de prova e variando devido a sua profundidade e percolação com a profundidade (CHENG e CORD-RUWISCH, 2014). Após a exumação do corpo de prova, foi possível identificar a biocimentação com a profundidade (Figura 13) e correlacionar esse efeito com as densidades encontradas nos itens 4.1, 4.2 e 4.3, bem como com os resultados obtidos através do ensaio de ultrassom no item 4.4 e a resistência a compressão simples do item 4.5.

Logo, observa-se que a biocimentação ocorreu de forma mais acentuada nas camadas superiores, criando um forte estado de biocimentação, e consequente aumento de densidade e resistência das camadas adjacentes à superfície.



Figura 13. Exumação do CP\_Biocimentado

## 5 | CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados expostos pode-se concluir que houve um acréscimo de densidade através da técnica de biocimentação, possibilitando maior magnitude de rigidez ao solo arenoso estudado e por consequência contribuindo com as propriedades geomecânicas do maciço arenoso estudado. Ainda, através da exumação do CP\_Biocimentado foi possível identificar a heterogeneidade da biocimentação com a profundidade, apresentando índices superiores de biocimentação nas camadas superficiais e evidenciando que essa heterogeneidade da técnica deve ser levada em consideração quando aplicada a presente técnica de melhoramento de solo.

Sugere-se estudos nos quais avaliem a capacidade e eficácia da técnica MICP em solos com profundidades de maior magnitude e a performance de diferentes tipos de aplicação da técnica, tais quais a solução submetida a um fluxo constante com pressão pré-determinada, considerando o tratamento *in situ*.

O uso do ensaio de ultrassom é eficiente para estimar a resistência a compressão simples, bem como o módulo de cisalhamento. O mesmo ensaio é eficiente para detectar efeitos de heterogeneidade ao longo dos corpos de prova, bem como para o monitoramento do grau

Por fim, a aplicação da técnica por percolação da solução biocimentante traz o efeito de heterogeneidade através da técnica de aplicação na qual usufrui da percolação da solução biocimentante ao passo que contribui positivamente para o aumento da densidade em solo arenoso, trazendo por consequência melhoramento de rigidez, permeabilidade e erosão do solo.



## REFERÊNCIAS

- ACHAL, V.; PAN, X. **Influence of calcium sources on microbially induced calcium carbonate precipitation by *Bacillus sp. CR2***. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 173, n. 1, p. 307–317, 2014.
- ACHAL, V.; PAN, X.; FU, Q.; ZHANG, D. **Biomining based remediation of As(III) contaminated soil by *Sporosarcina ginsengisoli***. Journal of Hazardous Materials, v. 201–202, p. 178–184, 2012.
- AMARAKOON, G. G. N. N.; KAWASAKI, S. **Factors Affecting Improvement of Sand Properties Treated with Microbially Induced Calcite Precipitation**. In: Congress GeoChicago: Sustainability, Energy and the Geoenvironment, 2016. In Press.
- ANBU, P.; KANG, C. H.; SHIN, Y. J.; SO, J. S. **Formations of calcium carbonate minerals by bacteria and its multiple applications**. SpringerPlus, v. 5, n. 1, p. 1–26, 2016.
- ANDREUCCI, R.; **Ensaio por Ultrassom: Aplicação industrial**. Ed: Julho/2016, ABRENDI/SP, 2016.
- CHENG, L.; CORD-RUWISCH, R. **Upscaling Effects of Soil Improvement by Microbially Induced Calcite Precipitation by Surface Percolation**. Geomicrobiology Journal, v. 31, n. 5, p. 396–406, 2014.
- CHOI, S. G.; WANG, K.; WEN, Z.; CHU, J. **Mortar crack repair using microbial induced calcite precipitation method**. Cement and Concrete Composites, v. 83, p. 209–221, 2017.
- CRUZ, R. C. **Influência de parâmetros fundamentais na rigidez, resistência e dilatância de uma areia artificialmente cimentada**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 218p. 2008.
- DALLA ROSA, F. **Efeito do Estado de Tensões de Cura no Comportamento de Uma Areia Artificialmente Cimentada**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre.
- GARBIN, R. G. **Avaliação de biocimentação em solo arenoso**. UPF. 2016. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.
- GOMEZ, M. G.; ANDERSON, C. M.; GRADY, C. M. R.; DEJONG, J. T.; NELSON, D. C.; GINN, T. R. **Large-Scale Comparison of Bioaugmentation and Biostimulation Approaches for Biocementation of Sands**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 143, n. 5, p. 04016124, 2017.
- JIANG, N. J.; YOSHIOKA, H.; YAMAMOTO, K.; SOGA, K. **Ureolytic activities of a urease-producing bacterium and purified urease enzyme in the anoxic condition: Implication for subseafloor sand production control by microbially induced carbonate precipitation (MICP)**. Ecological Engineering, v. 90, p. 96–104, 2016.
- KRAJEWSKA, B. **Urease-aided calcium carbonate mineralization for engineering applications: A review**. Journal of Advanced Research, 2017.
- MORTENSEN, B. M.; HABER, M. J.; DEJONG, J. T.; CASLAKE, L. F.; NELSON, D. C. **Effects of environmental factors on microbial induced calcium carbonate precipitation**. Journal of Applied Microbiology, v. 111, n. 2, p. 338–349, 2011.
- NG, W.; LEE, M.; HUI, S. **An overview of the factors affecting microbial-induced calcite precipitation and its potential application in soil improvement**. World Academy of Science, Engineering and Technology, v. 62, n. 2, p. 723–729, 2012.

van PAASSEN, L. A.; GHOSE, R.; LINDEN, T. J. M. VAN DER; STAR, W. R. L. VAN DER; LOOSDRECHT, M. C. M. VAN. **Quantifying Biomediated Ground Improvement by Ureolysis: Large-Scale Biogrout Experiment.** *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 136, n. 12, p. 1721–1728, 2010.

QABANY, A. AL; SOGA, K.; SANTAMARINA, C. Factors Affecting Efficiency of Microbially Induced Calcite Precipitation. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 138, n. 8, p. 992–1001, 2012.

RITA, R. P.; Bio – **Cimentação de Solos Arenosos para Melhoramento das suas Características Hidro – Mecânicas. Tese (Mestrado em Engenharia)** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, IST, Lisboa. 2014.

STOCKS-FISCHER, S.; GALINAT, J. K.; BANG, S. S. **Microbiological precipitation of CaCO<sub>3</sub>.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 31, p. 1563–1571, 1999.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Luís Fernando Paulista Cotian**, atualmente é professor magistério superior substituto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR câmpus Guarapuava. Formado em Engenharia de Produção pela Universidade de Franca – SP. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, linha de pesquisa Engenharia Organizacional e Redes de Empresas - EORE. Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, linha de pesquisa Otimização e Tomada de Decisão, com previsão de conclusão 2021.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-088-9



9 788572 470889