



**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020





**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Túllio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-910-3

DOI 10.22533/at.ed.103201301

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Túllio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga. III. Série.

CDD 620.0072

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

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3” apresenta dezessete capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas em diversas áreas de engenharia, priorizando as áreas de ecologia, saneamento e saúde.

Nestes capítulos os autores utilizam a pesquisa científica para produzir conhecimento e inovação visando contribuir para bom uso de nossos recursos ambientais, cuidando da saúde de nosso planeta e dos que nele habitam.

A engenharia sendo usada para manejo de nossos mananciais, priorizando a exploração salutar de um de nossos maiores recursos naturais: a água.

A saúde da população sendo analisada pelo viés científico, a fim de orientar as políticas públicas na área.

Esperamos que o leitor faça bom uso das pesquisas aqui expostas e que estas possam embasar novos estudos na área. Boa Leitura!

Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A RELEVÂNCIA DA DISTÂNCIA FÍSICA DA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS NO SETOR JARDIM DAS PEROBEIRAS DE MINEIROS - GO	
Raffael de Carvalho Gonçalves Viviane Caldera Juliana Alves Burgo Godoi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
ANÁLISE DOS REGISTROS DE ACIDENTES DE TRABALHO NA PREVIDÊNCIA SOCIAL EM JUAZEIRO DO NORTE NO PERÍODO DE 2008 A 2018	
Esdras Alex Freire de Oliveira Thays Lorranny da Silva Januário José Gonçalves De Araújo Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	
Poliana Arruda Fajardo Nemésio Neves Batista Salvador	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAR A DISPONIBILIDADE DE UM RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO QUENTE NAS TERMAS DA AREOLA	
Pedro Jorge Coelho Ferreira Luis Manuel Ferreira Gomes Alcino Sousa Oliveira Rui Miguel Marques Moura José Martinho Lourenço	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
FERRAMENTAS DA GESTÃO NA QUALIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DOS SUÍNOS SOB SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUIS – MA	
Herlane de Olinda Vieira Barros Célia Maria da Silva Costa Viviane Correa Silva Coimbra Larissa Jaynne Sameneses de Oliveira Zaira de Jesus Barros Nascimento Michelle Lemos Vargens Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho Nathana Rodrigues Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013015</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ESTRATIFICADA POR TERRITÓRIOS DE DESENVOLVIMENTO EM MINAS GERAIS	
Denise Marília Bruschi Juliana Oliveira de Miranda Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>77</b>
LICENCIAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA DE COLETA, MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DADOS AMBIENTAIS APLICADOS A FERROVIA	
Patricia Ruth Ribeiro Stefani Gabrieli Age Renata Twardowsky Ramalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>87</b>
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE PROCESSOS DE CONTAMINAÇÃO EM MEIOS POROSOS	
Marcelo Lemos da Silva Grazione de Souza Boy	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>101</b>
MODELAGEM DE UM FERMENTADOR CILÍNDRICO PARA O CACAU	
Marcelo Bruno Chaves Franco Jorge Henrique de Oliveira Sales Rafaela Cristina Ferreira Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>115</b>
O NASCIMENTO DE UMA NOVA ÁGUA MINERAL PARA TERMALISMO E ASPETOS BÁSICOS PARA O ESTABELECIMENTO DE SUAS INDICAÇÕES TERAPÊUTICAS: O CASO DAS TERMAS DE SÃO MIGUEL EM PORTUGAL	
Luís Manuel Ferreira Gomes Luís José Andrade Pais Paulo Eduardo Maia de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>129</b>
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONSTITUINTES METÁLICOS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ECOSSISTEMA LÊNICO	
Maria da Graça Vasconcelos Hugo Gomes Amaral Arthur Dias Freitas Angélica Pereira da Cunha Bruna Fernanda Faria Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130111</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>140</b>
PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO EM ÁREAS DEGRADADAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS – ESECAE, DISTRITO FEDERAL	
<p>Maria Goreth Goncalves Nobrega  Henrique Cruvinel Borges Filho  Vladimir de Alcântara Puntel Ferreira</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>154</b>
PROPOSTA DE BANCO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA CILIAR EM TRECHO DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO.	
<p>Marcelo Bento Nascimento da Silva  Ives Simões Arnone  Hugo Portocarrero</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>167</b>
PURIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LACASES PRODUZIDAS POR <i>Pleurotus ostreatus</i> EM CULTIVO SÓLIDO	
<p>Juliana Cristina da Silveira Vieira  Verônica Távilla Ferreira Silva  Ezequiel Marcelino da Silva  Adriane Maria Ferreira Milagres</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>185</b>
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO DA CERÂMICA - CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE	
<p>Albertina Amélia Alberto Nhavoto António Guerner Dias  Daniel Agostinho  Nivaldo Alfredo José Zandamela</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>198</b>
RECOMENDAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA O MUNICÍPIO DE SINOP-MT	
<p>Emília Garcez da Luz  Cristiane Rossato Candido  Érika Fernanda Toledo Borges Leão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>212</b>
RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: COLETA E TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL	
<p>Marcela Avelina Bataghin Costa  Fernando Antonio Bataghin  Tatiane Fernandes Zambrano  Rita de Cássica Arruda Fajardo</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130117</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>226</b>
<b>USO DE GEOCÉLULA PEAD E GABIÃO TIPO COLCHÃO COMO REVESTIMENTOS DE CANAIS PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITO</b>	
Rafael Freitas Rodrigues	
Michel Moreira Morandini Fontes	
João Augusto de Souza Pinto	
Luiz Henrique Resende de Pádua	
Luany Maria de Oliveira	
Cristian Chacon Quispe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130118</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>237</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>238</b>

## A RELEVÂNCIA DA DISTÂNCIA FÍSICA DA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS NO SETOR JARDIM DAS PEROBEIRAS DE MINEIROS - GO

Data de aceite: 02/12/2019

### **Raffael de Carvalho Gonçalves**

Discente do curso de Medicina; e-mail: raffaelgoncalves.rcg@gmail.com,

### **Viviane Caldera**

Docente do Curso de Medicina no Centro Universitário de Mineiros – Unifimes; e-mail: vivicaldeiraenf@hotmail.com,

### **Juliana Alves Burgo Godoi**

Docente do Curso de Medicina no Centro Universitário de Mineiros – Unifimes e no Curso de Enfermagem Regional Jataí-UFG, e-mail: julianaalves@fimes.edu.br

**RESUMO:** O processo de territorialização é difícil e demorado, associado com a distância física, gera uma dificuldade no processo de atendimento e no processo de coleta de dados. O constante encaminhamento também gera desgastes e retarda o processo de territorialização das unidades de saúde recém instaladas, no entanto, com ajuda das agentes de saúde e da população tal processo pode ser revertido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Territorialização; Distância; Atenção Básica

### **INTRODUÇÃO**

O território determina o limite de

atuação do serviço e a população sob sua responsabilidade. Dessa forma a atenção primária cumpre seu papel de porta de entrada no Sistema Único de Saúde (SUS), pois o território definido determina os serviços prestados e a população a ser assistida. A atenção primária como porta de entrada, responsável pela continuidade, coordenação e pela integração das ações (STARFIELD, 2002), realiza-se com a definição do território de atuação dos seus serviços.

Portanto, o território definido propicia não apenas a realização das atividades de saúde das unidades como também proporciona uma maior organização para o recolhimento de informações, desenvolvimento de ações e planejamento. A Unidade Básica de Saúde tem como objetivo a busca por solucionar os problemas da população que a procura, assim como promover meios de prevenção e promoção da saúde.

Os princípios e diretrizes do SUS (Universalidade, Equidade, Integralidade, Regionalização e hierarquização) não apenas propõem como exigem a um território as proposições teóricas a respeito da separação territorial, sendo estas abrangentes e ricas. Contudo, os gestores da saúde nem sempre

estão familiarizados com a importância do uso do território, a prática acaba reduzindo-o geometricamente a uma linha traçada no mapa pode-se afirmar então que não existe equidade social de saúde sem que haja, antes, uma equidade territorial.

O direito à saúde em todas as suas dimensões envolve e supõe o direito ao território. Vale destacar que, como conceito, a saúde é um problema muito mais social do que médico e que o direito à saúde não se realiza sem que se efetivem outros direitos, entre os quais, o direito à vida com acesso aos alimentos, lazer, educação, entre outros. Do contrário, não seria um sistema de saúde, nem mesmo universal (único) e dificilmente equitativo.

## 1 | MATERIAL E METODOLOGIA

Trata-se de relato de experiência referente à prática realizada na Unidade Básica de Saúde Oswaldo José de Souza, as atividades foram realizadas no período de agosto a setembro de 2016. Um relato é um conhecimento que se transmite, geralmente de forma pormenorizada, sobre um determinado assunto. O conceito, com origem no latim *relātus*, diz respeito aos contos e às narrações não demasiado extensas.

As atividades aconteceram através de visitas domiciliares e atendimento à população na UBS através dos programas preconizados pelo Ministério da Saúde (MS). A visita domiciliar é um conjunto de ações de saúde voltadas para o atendimento, seja ele assistencial ou educativo. É uma dinâmica utilizada nos programas de atenção à saúde, visto que acontecem no domicílio da família (Mattos, 1995).

Portanto, através dessa estratégia é possível conhecer o ambiente familiar e as micro-áreas de moradia dos usuários do centro de saúde, ampliando o nível de informações e conhecimentos, ao uso dos recursos sociais, à ação política em saúde ou, ainda, como atitude complementar às ações de vigilância em saúde.

O setor Jardim das Perobeiras é considerado pela população local como sendo um dos setores mais carentes da cidade, não apresentando infraestrutura básica como: pavimentação, postes de iluminação e saneamento básico. O cultivo de hortaliças existe em praticamente todas as residências, essa prática ocorre principalmente diante das dificuldades no acesso aos alimentos.

No município de Mineiros-GO há grande concentração de estabelecimentos de saúde como hospitais, clínicas e Unidades Básicas de Saúde localizados na região central, onde ocorre grande fluxo de pessoas. Os moradores que tem dificuldades de acesso nestas unidades ou hospitais acabam não tendo acompanhamento integral à saúde, quebrando assim a possibilidade de planejamento e recolhimento de informações de forma eficaz, criando um sistema curativo e menos preventivo, tornando-se muitas vezes mais oneroso ao SUS. Os portadores de Hipertensão

Arterial Sistêmica (HAS) e de Diabetes Mellitus (DM) cadastrados na UBS atualmente eram encaminhados a outras unidades mais distantes de suas residências. Os mais interessados em cuidar da saúde realizavam coletas de preventivos e outros testes e exames nos intervalos do trabalho, pois distância de suas casas até a unidade mais próxima ou do hospital mais próximo, era muito grande. A população por vezes sentia-se excluída da sociedade por não ter acesso aos serviços de saúde que atendesse às suas necessidades.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 26/04/2016 foi inaugurado a Unidade Básica de Saúde Oswaldo José de Souza, conhecida como “Tote”, iniciou-se então um grande trabalho de imunização das crianças do bairro (a maioria das crianças apresentava a caderneta de vacinação com atraso na aplicação das doses).

Foi realizado um trabalho de conscientização e busca ativa focado na saúde da mulher, incentivando-as a participar dos exames preventivos periódicos, a participar do pré-natal. Sendo realizado também cadastro eficiente de toda a população que a unidade é responsável e um encaminhamento e cadastro dos hipertensos e diabéticos no programa de HAS e DM.

O programa hiperdia foi implantado recentemente por acadêmicos do Curso de Medicina do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, tem atraído cada vez mais pessoas às atividades desenvolvidas. Anteriormente, com a falta de atendimento próximo a população deste território que precisa de um cuidado mais frequente, foi instruída na época a procurarem outras unidades, criando uma acomodação e até empatia com a equipe de saúde que interfere na devida territorialização e instalação da saúde ativa na comunidade neste momento de transição.

Contudo, não há dúvida, a territorialização aponta a uma prática, um modo de fazer. Não é fácil definir limites para os serviços. Talvez seja por isso que seu uso tenha ganhado contornos políticos. A PNAB (Política Nacional de Atenção Básica) indica como primeira atribuição dos profissionais da atenção primária “participar do processo de territorialização e mapeamento da área de atuação da equipe, identificando grupos, famílias e indivíduos expostos a riscos e vulnerabilidades” (BRASIL, 2012, p. 43). Em tal exigência não há objeção, nem problema. Mas como territorializar os serviços? Em geral, a territorialização esteve associada ao cadastramento, à adscrição de clientela. Portanto, o ponto de partida para o desencadeamento da territorialização, é o próprio serviço conforme sua capacidade de oferta, sendo que o território da equipe, seus limites, vem posteriormente

## CONCLUSÃO

Concluimos que o eixo saúde-doença é influenciado pela distância física entre pacientes e trabalhadores do serviço de saúde contribuindo ainda mais para um sistema de saúde do tipo curativo em vez do sistema preventivo aumentando os gastos com a saúde onde um simples acompanhamento prévio bastaria. Outro fator influente neste eixo é a falta de vínculos com a unidade próxima da residência dos indivíduos, atrapalhando o processo de territorialização, coleta de dados e o planejamento eficiente voltado para as micro áreas que a unidade é responsável.

## REFERÊNCIAS

**A TERRITORIALIZAÇÃO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE NO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE E A CONTRUÇÃO DE UMA PERSPECTIVA DE ADEQUAÇÃO DOS SERVIÇOS AOS PERFIS DO TERRITÓRIO.** Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde: Hygeia, jun. 2013. Semestral. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>>. Acesso em: 28 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema Único de Saúde (SUS): princípios e conquistas.** Brasília: Ministério da Saúde, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. **Política Nacional de Atenção Básica.** 4. Ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. **Política Nacional de Atenção Básica.** Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

## ANÁLISE DOS REGISTROS DE ACIDENTES DE TRABALHO NA PREVIDÊNCIA SOCIAL EM JUAZEIRO DO NORTE NO PERÍODO DE 2008 A 2018

Data de aceite: 02/12/2019

**Esdras Alex Freire de Oliveira**  
**Thays Lorranny da Silva Januário**  
**José Gonçalves De Araújo Filho**

**RESUMO:** Os acidentes de trabalho constituem um grave problema de saúde pública, sendo que os danos produzidos não se restringem somente à saúde e integridade dos trabalhadores, mas também pode resultar em prejuízos econômicos para a empresa e cofres públicos. Nesse contexto, a presente pesquisa pretende abordar o panorama dos registros de acidentes de trabalho ocorridos em Juazeiro do Norte durante o período de 2008 a 2018, a partir da análise do banco de dados da Previdência Social. Os dados empíricos foram analisados através de uma abordagem quanti-qualitativa, que normalmente é caracterizada como uma metodologia descritiva combinada com técnicas estatísticas. Os resultados indicam que Juazeiro do Norte está entre os quatro municípios cearenses que apresentaram os maiores números de casos de acidentes laborais, havendo uma maior frequência no decorrer dos anos de 2014 e 2018 com média superior a 500 notificações/ano. As concessões de auxílios-doença obtiveram cerca de 95% dos benefícios concedidos no período, em especial, na classe

dos comerciários, apresentando como principais causas os problemas de saúde relacionados a dorsalgia e lombalgia. Espera-se que a referida pesquisa possa contribuir para alertar profissionais, instituições e empresas em geral sobre a importância da política de prevenção e notificação dos acidentes do trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acidentes de trabalho, Saúde do trabalhador, Previdência Social.

### ANALYSIS OF REGISTRY OF WORK ACCIDENTS AT SOCIAL SECURITY IN JUAZEIRO DO NORTE AT THE PERIOD OF 2008 THE 2018

**ABSTRACT:** The work accidents constitute a serious problem of public health, being that the harm produced no restrict themselves only the health and integrity of workers, but too afford to result in harm economic for the enterprise and public coffers. In this context, the present research intends broach the panorama of registry of work accidents occurred in Juazeiro do Norte during the period of 2008 the 2018, the as from the analyze at of database of the Social Security. The data empirical were analyzed through of an approach quantitative and qualitative, that normally is characterized as an methodology descriptive combined with statistical techniques. The results indicate that Juazeiro do Norte it is between the four municipalities of Ceará

that presented the bigger numbers of cases occupational accidents, having a bigger frequency at the elapse of years of 2014 and 2018 with average higher 500 notifications / year. The concessions of incapacity benefit obtained circa 95% of benefits grant in the period, in special, at class of merchant, presenting as principal causes the problems of health related the back pain and low back pain. Expected to that the referred research might contribute for alert professionals, institutions and enterprise in general on the importance at of prevention policy and notification of work accidents.

**KEYWORDS:** Occupational accidents, Occupational Health, Social Security.

## INTRODUÇÃO

Os acidentes de trabalho (AT) constituem um grave problema de saúde pública, que atinge milhares de pessoas em todo o mundo. Segundo a Organização Internacional do Trabalho - OIT a nível individual, requiere que se establezca la relación causal entre la enfermedad y la exposición del trabajador a determinados agentes peligrosos en el lugar de trabajo. Esta relación suele establecerse sobre la base de datos clínicos y patológicos, historial profesional (anamnesis, estima-se que em nível mundial cerca 2,34 milhões de pessoas morrem a cada ano em razão de acidente ou doenças relacionadas ao trabalho, sendo que os óbitos decorrentes de acidentes do trabalho correspondem a 14% das estimativas anuais, ou seja, são 321 mil mortes por ano e quase 880 casos de óbitos por dia.

Conforme o Anuário Estatístico da Previdência Social - AEPS (2017), durante o ano de 2017, foram registrados perante o INSS aproximadamente 549,4 mil acidentes do trabalho no Brasil. Do total de ocorrências acidentárias registrados no ano de 2017, conforme o referido anuário estatístico, cerca de 450,6 mil casos foram notificados por meio da CAT e quase 99 mil ocorrências não tiveram CAT emitida. O Brasil é considerado um recordista mundial de acidentes de trabalho, com três mortes a cada duas horas e três acidentes de trabalho não fatais a cada minuto (CAVALCANTE et al., 2015).

Entretanto os dados sobre acidentes do trabalho no Brasil ainda não refletem a real magnitude do problema, em virtude de algumas fontes de informações se limitarem somente a população que trabalha com carteira assinada, não abrangendo os servidores públicos submetidos ao regime estatutário e as pessoas que compõe a economia informal, dentre outros. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE , em 2017 a economia informal no Brasil alcançou o patamar de 37,3 milhões de pessoas, representando cerca de 40,8% da população ocupada. Segundo Miranda et al. (2019) a subnotificação dos dados sobre acidente ocupacional no território brasileiro, geralmente, ocorre quando a gravidade do acidente é de pouca relevância ou quando a sua notificação está estritamente relacionada a trabalhadores contribuinte do INSS.

Os acidentes de trabalho (AT) são aqueles que ocorrem no exercício da atividade laboral, ou no percurso de casa para o trabalho e vice-versa, podendo o trabalhador estar inserido tanto no mercado formal como no informal de trabalho (MALTA et al., 2017)4% (IC95% 4,6-5,6. Os sinistros ocupacionais, tendo como base a Lei 8.213 de 1991 (Brasil, 1991), podem ser definidos como infortúnios ou eventos traumáticos ocorridos no exercício do trabalho ou decorrente dele, que venha a ocasionar ao trabalhador lesão corporal, enfermidades ou perturbação funcional, resultando posteriormente, na perda ou na redução da capacidade de trabalho ou mesmo contribuindo para a morte do indivíduo.

As políticas governamentais para a saúde do trabalhador precisam determinar competências e atribuições das áreas compreendidas, como: comércio, indústria, ciência e tecnologia, políticas econômicas, agricultura, Previdência Social, educação, justiça e meio ambiente. No entanto, a utilização de um sistema de coleta de dados juntamente com a aplicação de ferramentas estatísticas pode oferecer subsídios necessários para auxiliar no processo de tomada de decisão sobre as políticas públicas na área de Saúde e Segurança do Trabalho (SST). E no caso específico da região do Cariri cearense, há falta de dados estatísticos detalhados sobre acidentes de trabalho, sendo que tais informações são fundamentais para a indicação, controle e aplicação de medidas preventivas.

É nesse contexto que o presente estudo pretende abordar o panorama da ocorrência de acidentes de trabalho no município de Juazeiro do Norte (CE) e os respectivos benefícios acidentários concedidos, a partir da análise do banco de dados da Previdência Social no período de 2008 a 2018. Sendo assim, essa pesquisa se propõe a uma discussão sobre dados relacionados a casos de acidentes de trabalho a partir de informações fornecidas pela Previdência Social do município de Juazeiro do Norte e indicar alguns possíveis caminhos na adoção das ações de prevenção e, assim, contribuir no planejamento de uma política nacional de SST em nível municipal e em outras esferas do governo.

Durante esse período houve mudança nas políticas públicas brasileiras e uma expansão das atividades industriais no município de Juazeiro do Norte, o que servirá para mostrar o comparativo dos números de acidentes de trabalho ocorridos nessa localidade. Nesse sentido, o presente estudo pretende oferecer subsídios no planejamento de ações que reduzam, neutralizem ou eliminem tais ocorrências acidentárias.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### De que morrem e adoecem os trabalhadores na atualidade?

É importante ressaltar que o termo “saúde do trabalhador” utilizado nesse estudo

está relacionado ao conjunto de aspectos tanto psicofisiológico como sociais do ser humano, não se referindo de forma única e exclusiva a ausência de doenças. Para Souza, Melo e Vasconcellos (2015) a expressão “saúde do trabalhador” corresponde a um questionamento sobre a saúde coletiva de trabalhadores, considerando-a como um processo social. Isso implica que a investigação sobre a saúde dos trabalhadores questione sobre a sua “essência” (sobre o que ela é em si) enquanto o norte da análise (SOUZA; MELO; VASCONCELLOS, 2015).

Nessa perspectiva, o processo histórico assume dentro desse questionamento a posição de condutor da análise do procedimento investigativo, não sendo considerado uma simples enumeração de fatos, mas um fenômeno detentor de uma abordagem dialética, ou seja, dotadas de concepções contraditórias. Sendo assim, a expressão saúde do trabalhador está baseada na relação antagonista entre capital e trabalho, sendo, portanto, um fenômeno puramente capitalista (SOUZA; MELO; VASCONCELLOS, 2015).

No atual contexto histórico em que se encontra a economia mundial, com a constante evolução dos meios tecnológicos atrelado a um sistema capitalista monopolista, o habitat laboral tem se tornado umas das principais fontes de agressão à saúde humana. Percebe-se, que no decorrer do tempo as empresas vêm almejando cada vez mais a lucratividade e a produtividade industrial com o quadro de trabalhadores cada vez menor, resultando na precarização das condições de trabalho. Portanto, esse é o contexto no qual, com a vitória do neoliberalismo no Brasil nos anos 1990, se desenvolve o processo de reestruturação produtiva (ANTUNES; PRAUN, 2015).

Ao longo do século XIX até a primeira metade do XX, no auge do período da industrialização, os modos de organização de trabalho eram baseados em dois modelos de produção distintos: taylorismo e o fordismo, que visavam a maximização da produção e dos lucros nos setores industriais, através da racionalização excessiva do trabalho operário. O surgimento dos modos de produção taylorista-fordista está relacionado a um padrão de acumulação do capital, tendo como princípios um sistema de gestão da força de trabalho, que marcaram uma época de controle, disciplinamento e autoritarismo no campo industrial (SANTOS, 2015).

O taylorismo se associou, ainda, à criação de uma estrutura organizacional extremamente rígida, hierarquizada, com especialistas de controle, normas burocráticas e conduta autoritária e arbitrária das chefias (RODRIGUES, 2012, p.59). O sistema de produção taylorista tinha como característica a padronização do trabalho, onde o operário realizava uma função específica no tempo necessário para a conclusão da atividade prescrita. Além disso, o operário não tinha pleno conhecimento do restante do processo produtivo, sendo que o trabalho era limitado somente a uma única função, que apesar de não exigir esforço físico intenso, a

atividade era extremamente repetitiva.

O fordismo consolidou um novo modelo de industrialização, caracterizado pela produção em massa e pelo consumo de massa, o que possibilitou ampliar mercados e um novo padrão de rendimentos para os trabalhadores (RODRIGUES, 2012, p.59). Esse modelo de produção teve como protagonista o engenheiro e empreendedor Henry Ford no ano de 1914, que desenvolveu uma engenhosa estratégia empresarial voltada para indústria automobilística. Esse sistema de produção era baseado em uma linha de montagem semimecanizada, onde a principal característica era a flexibilização do processo de trabalho, que possibilitou a produção industrial em larga escala e a redução significativa dos custos gerado pelo processo produtivo. Assim como o taylorismo, o fordismo era baseado no trabalho repetitivo e com alto fator de degradação da saúde humana.

Durante o período pós-guerra surgiu um novo modelo de produção denominado toyotismo. Esse sistema de produção se caracterizava por: empregar uma mão de obra qualificada e multifuncional; é considerado um sistema de produção enxuta, que produzia somente o necessário de acordo com a demanda de mercado; inseriu o sistema de qualidade total prezando pelo o mínimo de desperdício de matéria-prima; a filosofia kaban e o sistema just-in-time baseado no estoque zero de mercadorias como forma de diminuição dos custos de produção. A passagem do modelo fordista-taylorista para o toyotista não significou dizer que houve uma melhora para a saúde do trabalhador, nem tão pouco, a diminuição da exploração de sua força de trabalho (DOMINGOS; SANTOS, 2015).

A implantação de programas de qualidade total, dos sistemas just-in-time e kanban, além da introdução de ganhos salariais vinculados à lucratividade e à produtividade (de que é exemplo o programa de participação nos lucros e resultados — PLR), sob uma pragmática que se adequava fortemente aos desígnios neoliberais, possibilitou a expansão intensificada da reestruturação produtiva, tendo como consequências a flexibilização, a informalidade e a profunda precarização das condições de trabalho e vida da classe trabalhadora brasileira (ANTUNES; PRAUN, 2015).

Muitas mudanças ocorreram na história laborativa do ser humano, mas as consequências advindas do seu viver/ laborar /adoecer permanecem atuais e presentes (CORTEZ, 2001, p.1). A deterioração psicofisiológica da força de trabalho é considerado um fenômeno sócio histórico intrínseco ao sistema capitalista, que no decorrer dos séculos durante as constantes reestruturações dos modos de produção para ampliar os lucros e permanecer como um sistema dominante no mercado financeiro, originou inúmeras estratégias de mercado que potencializaram as formas de exploração e intensificação do trabalho (FERREIRA; AMARAL, 2014).

No decorrer do período fordista-taylorista ocorreu a propagação de diversas estratégias de trabalho voltadas para a produção industrial em larga escala, que

se mostraram cada vez mais agressiva a saúde dos trabalhadores. Os principais fatores que impactavam negativamente a saúde humana nesse período são: a repetitividade intensa das atividades, as condições ambientais desfavoráveis nos espaços laborais, a monotonia e as longas jornadas de trabalho. No modelo toyotista o trabalhador tornou-se polivalente e multifuncional, o que acabou exigindo do mesmo tanto esforço físico como uma intensa demanda intelectual. Os acidentes de trabalho e as manifestações de adoecimento com nexos laborais não são fenômenos novos, mas processos tão antigos quanto a submissão do trabalho às diferentes formas de exploração (ANTUNES; PRAUN, 2015).

Conforme Macambira e Teixeira (2017) as diversas transformações ocorridas no mundo do trabalho atualmente, tais como: as formas de precarização dos vínculos e das contratações; a degradação das condições de trabalho, a terceirização; o desemprego estrutural e o fechamento de postos de trabalho tem disseminado o medo do desemprego e obrigado os trabalhadores a se sujeitarem as mais variadas formas de exploração laboral, as longas jornadas de trabalho e ao recebimento de baixos salários. Essas constatações refletem a realidade vivenciada por muitos trabalhadores no mundo, principalmente nos países em subdesenvolvimento, e de uma certa forma tem contribuído para o aumento do número de doenças ocupacionais e das ocorrências de acidentes de trabalho.

Estamos imersos, atualmente, em uma “nova” configuração do trabalho gerada pelo pós-fordismo, na qual, se tem instalado um clima extremamente competitivo que tensiona as capacidades psicofisiológicas dos indivíduos (SILVA, 2019). Nesse sentido, os acidentes e as doenças ocupacionais são decorrentes dessas situações de trabalho integrado a esse sistema capitalista. Sendo assim, essa pesquisa parte desta constatação e estabelece uma relação entre violência e processo de trabalho, a partir dos registros oficiais de acidentes do trabalho no banco de dados do INSS.

### **Questões relacionadas a doenças e acidentes de trabalho**

No Brasil foi através do Decreto 3.724 (Brasil, 1919), sancionado em janeiro de 1919, que foram regularizadas as primeiras obrigações legais sobre o assunto referente aos acidentes do trabalho. Conforme o referido decreto, considera-se acidente do trabalho: a) as ocorrências produzidas por uma causa súbita, violenta, externa e involuntária no exercício do labor, determinando lesões físicas ou perturbações funcionais, que tenha constituído como causa exclusiva do óbito ou mesmo tenha resultado na perda total ou parcial, permanente ou temporária, da capacidade laborativa do trabalhador; b) a doença adquirida exclusivamente pelo exercício do trabalho e desde que determine a morte do trabalhador ou tenha interferido na capacidade de trabalho do operário na mesma forma do item anterior.

De acordo com o art. 19 da Lei 8.213 (Brasil, 1991), normativo jurídico que dispõe sobre os planos de benefícios da Previdência Social e dá outras providências, constitui acidente do trabalho (AT) os acontecimentos trágicos que ocorre em razão do pleno exercício do trabalho a serviço da empresa contratante ou do empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei (referente a atividade artesanal desenvolvida com matéria-prima produzida pelo respectivo grupo familiar), que venha a provocar lesão corporal ou perturbação funcional, dando causa a morte do acidentado ou a redução ou a perda, temporária ou permanente, da capacidade para o trabalho. Ainda conforme a Lei 8.213, considera-se também como acidente decorrendo do trabalho os acontecimentos ocorridos contra a saúde do trabalhador tanto no ambiente interno como no ambiente externo do recinto empresarial, desde que tal funcionário esteja prestando serviço em nome da empresa.

A Lei 8.213 reporta ainda que em casos excepcionais, as entidades mórbidas, não compreendidas como doença profissional ou doença do trabalho, e que tenha resultado das condições especiais em que o trabalho é executado e com ele se relaciona diretamente, deve ser considerado e reconhecido como caso de acidente laboral perante a Previdência social. Segundo Vianna (2017, p.23) para que uma doença seja equiparada como acidente do trabalho faz-se necessário que: o trabalho (ou as condições em que é desenvolvido) tenha sido a causa da doença; essa doença tenha ocasionado lesão corporal ou perturbação funcional ao trabalhador e a lesão ou perturbação tenha acarretado alguma incapacidade laborativa, ainda que temporária.

Para Cavalcante (2013, p.20) os acidentes decorrentes do trabalho podem ser classificados e divididos em algumas categorias, como: acidentes típicos, acidentes de trajeto e os acidentes devido a entidades mórbidas. Para o autor os acidentes típicos dizem respeito aos eventos danosos a saúde do homem que resultarem da característica da atividade profissional. Os acidentes de trajetos estão relacionados aos sinistros envolvendo o trabalhador durante o percurso tanto de ida como de vinda do local de trabalho. Ainda conforme esse autor, os acidentes originados a partir de patologias ocupacionais ou entidades mórbidas são aqueles ocasionados por qualquer tipo de doença, seja ela caracterizada como doença profissional ou do trabalho, peculiar a determinado ramo de atividade ocupacional registrado na tabela oficial da Previdência Social e elencadas na respectiva Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde - CID.

A ocorrência de todo acidente laboral decorrente do trabalho, com ou sem afastamento do acidentado, deve ser notificada a Previdência Social por meio de um formulário formalizado denominada Comunicação de Acidente de Trabalho - CAT, sendo que este documento pode ser preenchido tanto pelo empregador ou

represente legal ou ainda pela autoridade pública, pelo médico assistente, pelo próprio acidentado ou seus dependentes, podendo ainda ser comunicada através da internet. Cortez (2016, p.12) ressalta que é dever da empresa a responsabilidade pela comunicação do acidente de trabalho ao INSS ocorrido com os seus empregados, exceto as ocorrências que envolva o trabalhador doméstico ou o avulso, até o primeiro dia útil seguinte ao acidente e em caso de óbito, a comunicação deverá ser notificada de imediato a autoridade policial competente, sob pena de multa por omissão aplicada e cobrada na forma do art. 286 (Decreto n. 3.048/1999, art. 336).

É importante esclarecer que a notificação e a emissão do formulário CAT perante o órgão competente (INSS) são de fundamental importância para o trabalhador, no que diz respeito a garantia dos seus direitos, para que futuramente possa ser concedido os benefícios previdenciários ao mesmo, como: auxílio acidente, aposentadoria por invalidez, pensão por morte, dentre outros. Segundo Malta et al. (2017) 4% (IC95% 4,6-5,6 os acidentes de trabalho registrados no banco de dados do Ministério da Previdência Social abrangem somente eventos acidentários envolvendo trabalhadores que tenham vínculo empregatício com carteira assinada, que corresponde a cerca da metade do montante de trabalhadores do país e dessa forma não são registrados os acidentes envolvendo os trabalhadores da economia informal, os empregados sem carteira assinada e os de regime estatutário.

Os acidentes de trabalho são um dos maiores problemas de saúde pública em todo mundo e têm elevado ônus para toda a sociedade, sendo a sua redução um anseio de todos: governo, empresários e trabalhadores (GONÇALVES FILHO; RAMOS, 2015). Conforme esses autores, os acidentes de origem laboral além de incidir em graves prejuízos para a saúde do trabalhador ocasionando mortes e mutilações corporais, pode resultar em despesas como pagamentos de benefícios acidentários, sendo que tais recursos financeiros poderiam estar sendo aplicados para outras políticas sociais.

Segundo Santana et al. (2006) no território brasileiro uma parte considerável dos custos diretos com acidentes ocupacionais incide sobre o Ministério da Previdência Social que, por meio do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), tem a incumbência de garantir o direito à previdência social ao trabalhador. Sendo assim, tanto os custos como os desastres que repercute sobre a saúde de milhares de trabalhadores no mundo em razão de acidentes laborais, poderiam ser evitados ou minimizados, através da utilização de medidas preventivas eficientes, que assegurem o bem-estar físico e psicológico do trabalhador. Sampaio Filho (2015) ressalta que os acidentes ocupacionais não são obra do acaso, mas sim fenômenos previsíveis e evitáveis, uma vez que as circunstâncias que contribuíram para o acidente estavam presentes muito antes da sua ocorrência.

Em situações constatadas e reconhecidas perante a Previdência Social como

acidentes laborais, o trabalhador acidentado ou seus familiares poderá ter direito aos seguintes benefícios previdenciários: aposentadoria por invalidez (espécie B92), pensão por morte (espécie B93), auxílio-doença (espécie B91) e auxílio-acidente (espécie B94).

Conforme o Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS, 2017) o direito a aposentadoria por invalidez será concedido ao trabalhador, estando ele ou não em gozo de auxílio doença, seja considerado em perícia médica incapaz e insuscetível de reabilitação para o exercício de atividade que lhe garanta a subsistência. A pensão por morte é concebida aos dependentes do segurado que faleceu em razão das consequências advindas do sinistro laboral. Já o auxílio-doença é devido ao trabalhador que fica incapacitado por motivo de doença ou moléstia decorrente de acidente do trabalho.

O auxílio-acidente, espécie B94, é devido ao segurado acidentado que, após consolidação das lesões decorrentes do acidente do trabalho, apresentar seqüela que implique na redução de sua capacidade laborativa (AEPS, 2017). Na figura a seguir pode-se verificar a relação existente entre acidente laboral e os benefícios acidentários correspondentes.

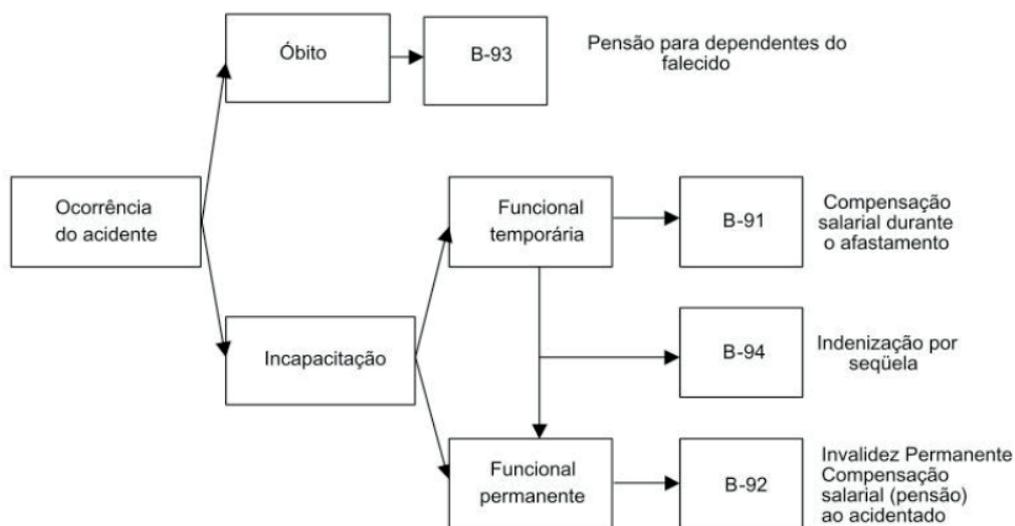


Figura 2 – Relação dos acidentes de trabalho e os benefícios correspondentes concebidos pelo INSS

Fonte: (SANTANA et al., 2006).

Conforme o Anuário Estatísticos da Previdência Social - AEPS durante os anos de 2017, 2016 e 2015 foram emitidos um total de 2.502.566 benefícios acidentários no Brasil. No ano de 2017 foram mais 210 mil aposentadoria por invalidez concedidas, 111,7 mil pensões por mortes, 326,3 mil auxílios acidentados e 123,3 mil auxílio doença. Os custos previdenciários nesse mesmo ano corresponderam a montante de R\$ 531,1 bilhões, sendo que 2,23% desse valor foram destinados a pagamentos de benefícios acidentários.

## MÉTODO DA PESQUISA

Essa pesquisa trata-se de um estudo descritivo de levantamento de dados secundários, com foco local, sobre os acidentes de trabalho (AT) ocorridos no município de Juazeiro do Norte/Ceará. As informações utilizadas na pesquisa foram coletadas no banco de dados da Previdência Social (Dataprev), onde serão investigados os acidentes ocupacionais que deram entrada aos respectivos benefícios acidentários durante o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2018. Será empregado uma metodologia mista de abordagem quanti-qualitativo, que segundo Gil (2017, p.148) é classificada como uma pesquisa descritiva, a qual combinará estatística descritiva e inferencial.

De acordo com Gil (2017, p.27) as pesquisas descritivas visa descrever as características peculiar de determinado fenômeno, população ou mesmo o estabelecimento de relações entre variáveis. Para esse autor, a pesquisa descritiva busca descrever a complexidade de um problema específico, com o objetivo investigar a frequência que está ocorrendo, suas possíveis causas, a sua natureza, as características típicas e o modo de interação com fatores externos.

Esse estudo será caracterizado também como uma pesquisa de revisão bibliográfica, elaborado com base em material recentemente publicado na internet, como: artigos científicos disponibilizados por periódicos de acesso aberto, avaliados por pares e publicados no idioma português; trabalhos de conclusão de cursos (monografia, dissertação e tese), consulta aos Anuários Estatísticos da Previdência Social (AEPS) e em web sites que ofereça informações confiáveis sobre a temática dessa pesquisa. Serão consultados também livros especializados e a legislação nacional, que esteja relacionado ao tema sobre acidente do trabalho.

### Procedimentos de análise e coleta de dados

Serão analisados os dados sobre acidente do trabalho enquadrados nas seguintes espécies de benefícios acidentários: aposentadoria por invalidez (espécie B92), pensão por morte (espécie B93), auxílio-doença (espécie B91) e auxílio acidente (espécie B94). Considerou-se também como variáveis de estudo as formas de filiação: desempregado, empregado, trabalhador avulso, trabalhador doméstico e segurado especial. A consulta de dados referente aos benefícios concedidos em razão de acidentes do trabalho, foi realizada na Agência da Previdência Social de Juazeiro do Norte (APSJZN).

Em relação a perspectiva qualitativa, o estudo foi desenvolvido através de uma pesquisa de campo realizada na Agência da Previdência Social do município de Juazeiro do Norte, onde foram coletados os quantitativos referente aos benefícios concedidos durante o período de 2008 a 2018, a partir do Sistema Único de

Informações de Benefícios (SUIBE). Em conjunto a essa coleta de dados foram realizadas entrevistas com alguns servidores do INSS, com o intuito de obter um melhor conhecimento dos procedimentos e métodos utilizados nesse sistema de dados.

Em relação ao aspecto quantitativo, as informações coletadas através do sistema de dados da Previdência Social foram tabuladas em forma de planilha eletrônica e analisadas estatisticamente utilizando o programa Microsoft Excel, em sua versão 1906, referente ao ano de 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os municípios cearenses, Juazeiro do Norte tem ocupado a quarta posição no ano de 2017 a apresentar os maiores registros de acidentes do trabalho, ficando atrás somente da capital Fortaleza com 5.210 das notificações, Sobral com 700 notificações e Maracanaú com 662 casos registrados. Considerando os 5.570 municípios brasileiros, Juazeiro do Norte está na 200ª posição no ranking de acidentes do trabalho, conforme o Observatório Digital de SST.

Durante o período de 2008 a 2018 ocorreram em Juazeiro do Norte um total de 4.399 ocorrências de acidentes ocupacionais. As notificações acidentárias com a emissão da CAT totalizaram 57% (n=2.490) dos registros. As ocorrências de acidentes sem a emissão da CAT, alcançaram um percentual de 43% (n=1.909) das notificações.

Ao analisar o gráfico a seguir, podemos verificar que durante os anos de 2014 e 2018 ocorreram o maior número de acidentes ocupacionais no município de Juazeiro do norte, com mais de 500 registros anuais, o que representa em relação ao ano de 2008 um acréscimo em torno de 137% em 2018 e 127% em 2014. Em relação a notificação de acidentes com a emissão da CAT e sem a emissão da CAT, o ano de 2018 também tem apresentado o maior percentual de casos notificados com, respectivamente, 56% (n = 307) e 44% (n = 243) dos registros acidentários.

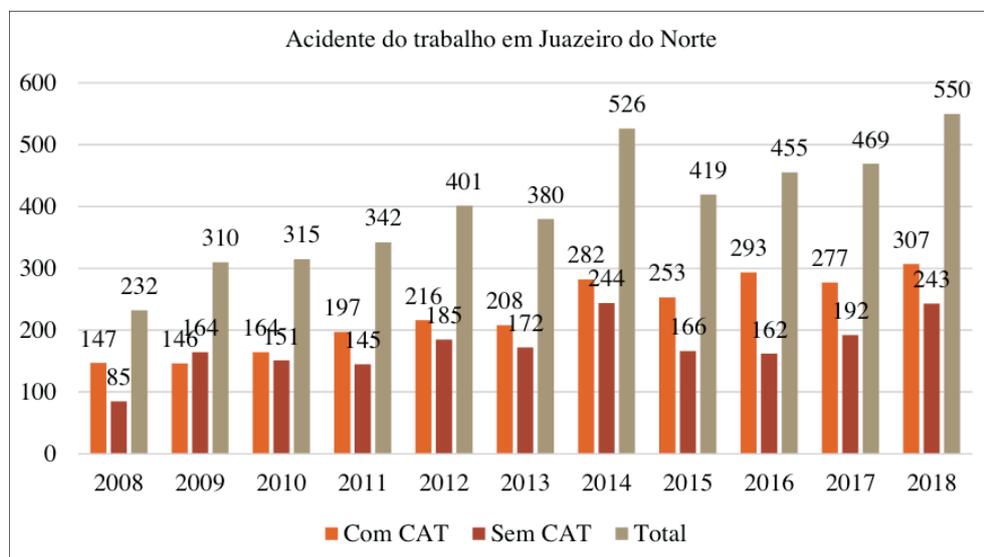


Gráfico 1 - Quantidade de acidentes ocupacionais ocorridos em Juazeiro do Norte (2008-2018)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da agência da Previdência Social

Durante o período de 2008 a 2018 foram registrados no município de Juazeiro do Norte um total de 18 casos de mortes por acidente de trabalho, apresentando o maior número de óbitos nos anos de 2008, 2012 e 2016 com, respectivamente, 4, 4 e 3 notificações. Segundo Cavalcante et al. (2015) o setor da construção civil e do transporte são considerados os ramos de atividades econômicas que tem apresentando o maior número de acidentes fatais no Brasil, sendo que a violência urbana tem ganhado uma certa relevância como um dos principais fatores desencadeante de óbitos em razão do trabalho.

No gráfico a seguir pode ser verificado a evolução dos acidentes do trabalho que resultaram em óbitos durante no decorrer do período de 2008 a 2018 no município de Juazeiro do Norte.

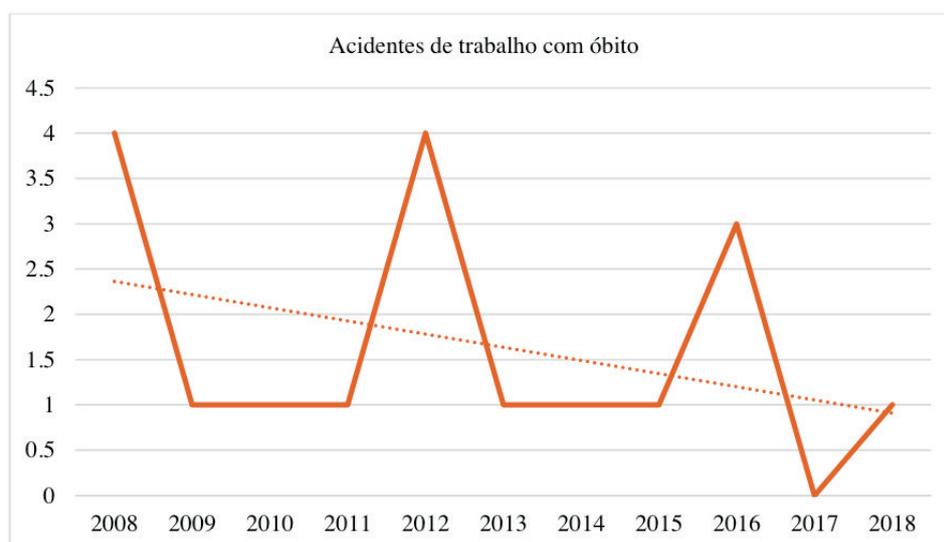


Gráfico 2 - Evolução dos óbitos em razão de acidentes de trabalho entre 2008 a 2018

Fonte: Elaborado com base nos dados do Observatório Digital de SST

Cortez et al. (2017) afirma que a principal base para compor as estatísticas de acidente do trabalho no Brasil é através da emissão da respectiva CAT, no entanto, somente são contabilizados os sinistros laborais dos trabalhadores que são regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, sendo que estes empregados compõem menos da metade da população economicamente ativa. Portanto, esses números, que fazem parte dos dados epidemiológicos da saúde do trabalhador, na realidade, são bem maiores, o que torna essa questão ainda mais preocupante (CORTEZ et al., 2017).

No município de Juazeiro do Norte a situação não é diferente dos demais entes federados do país, existindo de uma certa forma uma subnotificação ou um sub-registro do atual impacto dos acidentes ocupacionais sobre a saúde dos trabalhadores. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 a população economicamente ativa do município de Juazeiro do Norte, que estava ocupada, era composta por cerca de 107,3 mil indivíduos, sendo que apenas 39.503 (36,8%) dos trabalhadores possuía vínculo empregatício regular com carteira assinada, ou seja, 63,2% dos trabalhadores restantes era representada por indivíduos da economia informal, estatutários e demais formas de ocupação sem carteira assinada e que certamente não tem participação nas estatísticas sobre acidente do trabalho no Brasil.

### **Análise dos acidentes de trabalho segundo o tipo de ocorrência**

Durante o período de 2008 a 2017, os acidentes do trabalho típicos apresentaram um percentual equivalente 58% (n=1.265) dos dados registrados com CAT. Os acidentes de trajeto corresponderam a 40% (n=872) do total de notificações com CAT e os acidentes referentes a doenças profissionais apresentaram somente 2% (n=46) das ocorrências. No ano de 2018 as notificações com CAT no município de Juazeiro do Norte totalizaram em 307 casos notificados, porém, não foram encontrados dados sobre a quantidade de sinistros distribuídos conforme o tipo de ocorrência acidentária para esse ano.

Observando a Tabela 1 podemos verificar que os acidentes ocupacionais típicos corresponderam a 57,1% (n=84) do percentual de sinistro durante o ano de 2008, tendo um aumento de 29,7% (n=12) durante o ano de 2009. No decorrer do ano de 2010, os acidentes típicos tiveram uma redução quase irrelevante em relação ao ano anterior, porém, no ano posterior teve um aumento de 28 notificações. Durante o ano de 2012, os registros de sinistralidade do tipo típico apresentaram um crescimento bem mais significativo em relação aos anos anteriores, sendo que em comparação a 2010 o aumento foi de cerca 61% nas notificações acidentárias. No ano de 2014, o município de Juazeiro do Norte apresentou a maior quantidade de acidentes típicos

em relação ao período analisado, tendo um aumento de 105% em comparação com o ano de 2008. Nos anos seguintes os casos notificados tiveram um decréscimo de 35 sinistros em 2015, permanecendo numericamente estável em 2016 e 2017, em uma média de 155 ocorrências notificadas.

Em relação aos acidentes de trajeto, em 2008 as notificações apontaram 60 casos ocorridos durante o ano, apresentando um decréscimo em 2009 e um aumento de 13 ocorrências em 2010. Durante os anos de 2011, 2012 e 2013, os acidentes de trajetos permaneceram praticamente estáveis em uma média de 76 acidentes anuais, sendo que a partir de 2014 esse tipo de sinistro aumento mais significativamente, chegando a mais de 100 notificações por ano. Em 2016 os acidentes de trajeto apresentaram o maior números de casos registrados, com cerca de 120% de acréscimo em relação ao ano de 2008 e 164% em relação a 2009. No ano de 2017 esse tipo de acidente ocupacional teve uma redução significativa em comparação ao ano de 2016, em torno de 20 notificações.

Ano	Tipo de acidente do trabalho							
	Típico		Trajeto		Doença profissional		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
2008	84	57,1%	60	40,8%	3	2,0%	147	100%
2009	96	65,8%	50	34,2%	0	0,0%	146	100%
2010	86	52,4%	73	44,5%	5	3,0%	164	100%
2011	114	57,9%	76	38,6%	7	3,6%	197	100%
2012	138	63,9%	76	35,2%	2	0,9%	216	100%
2013	126	60,6%	78	37,5%	4	1,9%	208	100%
2014	172	61,0%	106	37,6%	4	1,4%	282	100%
2015	137	54,2%	109	43,1%	7	2,8%	253	100%
2016	155	52,9%	132	45,1%	6	2,0%	293	100%
2017	157	56,7%	112	40,4%	8	2,9%	277	100%

Tabela 1 - Acidente do trabalho ocorrido em Juazeiro do Norte/Ceará

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Previdência Social.

As doenças profissionais tiveram os menores números de notificações durante todo o período analisado, com menos de 10 ocorrências anuais. Observando a tabela anteriormente apresentada, podemos verificar que o maior números de casos notificados foram nos anos de 2011, 2015 e 2017, sendo que durante o ano de 2017 ocorreu o maior número de casos de acidentes por doença profissional (8 notificações). As notificações envolvendo casos de óbitos por acidente do trabalho durante o período de 2008 a 2017, também não apresentaram valores numéricos significativos, porém, são os casos de acidentes laborais com maior nível de

importância.

### **Análise dos benefícios concedidos pela previdência social**

Os benefícios acidentários concedidos durante o período de 2008 a 2018 em Juazeiro do Norte corresponderam a um total absoluto de 2.973 concessões pecuniárias. Do montante de benefícios concedidos, 95% (n=2.818) das concessões se referiram a auxílio-doença por acidente do trabalho, 3% (n=83) dos benefícios corresponderam aposentadoria por invalidez, 2% (n=71) se referiram a auxílio-acidente e 0,03% (n=1) a pensão por morte concedidos aos familiares do acidentado. Percebe-se que durante o período analisado, o município de Juazeiro do Norte apresentou 18 óbitos por acidente de trabalho, o que apresenta uma certa divergência de dados ao confrontar com o total de pensão por mortes concedidos durante o mesmo período.

Em relação as formas de filiação, os dados quantitativos referente ao montante de benefícios concedidos durante o período mencionado anteriormente, apresentaram uma maior concentração de concessões para a categoria empregado na espécie B91 e B92 com, respectivamente, 87% (n=2.447) e 70% (n=58) dos benefícios concedidos. Para esse período só foram concedidos uma concessão referente a espécie B93 (pensão por morte), também na categoria empregado. As filiações na forma de desempregado e segurado especial apresentaram um maior número de concessões na espécie de benefício B91 (auxílio doença), que juntos correspondem a menos de 15% dos benefícios concedidos, como pode ser verificado na tabela abaixo.

Forma de filiação	Auxílio Doença		Aposentadoria por Invalidez		Pensão por Morte		Auxílio Acidente		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Desempregado	117	4%	12	14%	0	0%	5	7%	134	5%
Empregado	2447	87%	58	70%	1	100%	55	77%	2561	86%
Doméstico	2	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	0%
Segurado Especial	252	9%	13	16%	0	0%	11	15%	276	9%
Total	2818	100%	83	100%	1	100%	71	100%	2973	100%

Tabela 2 – Benefícios concedidos por forma de filiação

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Previdência Social.

Considerando os ramos de atividades profissionais, os comerciários apresentaram o maior percentual de benefícios concedidos durante o período de 2008 a 2018, com 91% (2.693) das concessões na espécie B91 (auxílio doença). Os dados estatísticos apurados também apontam que essa classe profissional tiveram

o maior número de aposentadorias por invalidez (espécie B92), com 68 benefícios. Além disso, foi o único ramo de atividade profissional a receber benefício na espécie B93 (pensão por morte) com uma concessão durante o período. Os trabalhadores que atuam no campo também tiveram destaque durante o período no total de benefícios concedidos, com cerca de 9% (n=252) dos auxílios-doença (B91), 16% (n=13) das aposentadorias por lesão permanente (B92) e 15% (n=11) dos auxílios-acidente (B94). Os atuantes na indústria e no setor bancário tiveram os menores valores absolutos de concessões acidentárias concedidos durante todo o período estudado, conforme pode ser verificado na tabela abaixo.

Ramo atividade	Auxílio Doença		Aposentadoria por Invalidez		Pensão por Morte		Auxílio Acidente		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Bancário	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	1	0%
Comerciário	2565	91%	68	82%	1	100%	59	83%	2693	91%
Transportes e carga	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%
Ferrovário	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%	1	0%
Industriário	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	1	0%
Rural	252	9%	13	16%	0	0%	11	15%	276	9%
Total	2818	100%	83	100%	1	100%	71	100%	2973	100%

Tabela 3 – Quantidade de benefícios por ramo de atividade profissional

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Previdência Social.

### Auxílio-doença em razão de acidente no trabalho

Durante o período histórico considerado nesse estudo, os quantitativos referente aos auxílios-doença por acidente do trabalho foram bastantes expressivos, em termos numéricos. No ano de 2008 foram concedidas um total de 160 concessões, sendo que em relação ao ano de 2009 o acréscimo no número de concessões desse benefício foi em mais de 30%. No ano de 2010 o total de concessões teve um aumento em cerca de 25 auxílio doenças, apresentando no ano seguinte de 2011 um decréscimo de quase 13%. No ano posterior de 2012 tornou-se novamente a aumentar em cerca 61 concessões.

Em 2013 o acréscimo na quantidade de auxílios-doença foi irrelevante em relação ao ano de 2012, porém, no ano de 2014 o município apresentou o maior número de concessões nessa espécie de benefício acidentário com 356 auxílios concedidos, o que representa um acréscimo em torno de 123% em relação a 2008. No ano 2015 o total de auxílio-doença teve um decréscimo bastante significativo em relação ao ano anterior, com cerca de 161 concessões. Em 2016 e 2017 as quantidades concedidas de auxílios doenças fecharam em mais de 260 concessões

pecuniários por ano. Já no ano seguinte de 2018 os auxílios concedidos chegaram a um total de 341 benefícios, o que equivale a quase 98% do total de concessões condidas durante o ano. Em relação ao total de auxílios-doença por acidente ocupacional concedidos em todo o estado do Ceará (n=5.319) no ano de 2017, o município de Juazeiro do Norte apresentou um valor percentual de 5,4% do montante de auxílios-doença concedidos.

Em relação a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID), os dados quantitativos sobre auxílios-doença tiveram uma maior representatividade durante o período de 2008 a 2018, nos casos envolvendo fratura ao nível do punho e da mão (CID S62) com cerca de 3,83% (n=108) das concessões e nos casos envolvendo dorsalgias (CID M54) com 3,58% (n=101) das ocorrências. Os demais casos lesivos que apresentaram um maior número de ocorrências foram: os casos de fratura acometidas na clavícula (CID S42.0) com 3,34% (n=94) das concessões; dor lombar baixa (CID 545) com 3,02% (n=85); fratura na região das pernas e tornozelos (CID S82) com 2,91% (n=82); fraturas de outros dedos com 2,56% (n=72) e fraturas envolvendo a região da extremidade discal do rádio com 2,52% (n=71).

### **Aposentadoria por invalidez em razão de acidente no trabalho**

As concessões concedidas nessa espécie de benefício não apresentaram dados numéricos significativos durante os dez anos analisados, estando apenas com 3 pontos percentuais do montante de benefícios. No entanto, em relação a natureza das lesões repercutidas sobre a saúde do trabalhador, as mesmas são extremamente graves.

Durante o período de 2008 a 2018 foram concedidos no município de Juazeiro do Norte um total de 83 concessões de aposentadoria por invalidez (espécie B93). No ano de 2008 o percentual de benefícios concedidos totalizou em 6,02% (n=5), já no ano seguinte ocorreu um decréscimo em torno de 20%. No ano de 2010 o município apresentou o maior número de concessões de aposentadoria com 18,07% (n=15), representando um acréscimo de 200% em relação ao ano de 2008 e de quase 280% em relação ao ano de 2009. Nos anos seguintes, o número de benefícios de aposentadorias concedidos apresentou uma queda bem significativa com menos de 11 concessões por ano. Em 2011 o número de concessões diminuiu em cerca de 33 pontos percentuais em relação ao ano de 2010. Já no ano de 2009 e 2012, o total de benefícios concedidos alcançou o menor valor percentual durante todo o período analisado com 4,82% (n=4).

Durante os anos de 2013 e 2014 as quantidades de benefícios concedidos apresentaram valores numericamente estáveis com 7 aposentadorias por ano. Nos

anos seguintes de 2015 e 2016 ocorreu um acréscimo em termos percentuais de 28,5% em relação ao ano 2014, voltando a diminuir nos anos posteriores em torno de duas concessões.

Em relação a classificação das aposentadorias por invalidez conforme o CID, durante o período de 2008 a 2018, as fraturas acometidas na região das pernas e tornozelos (CID S82) apresentaram 6,02% (n=5) das concessões. Outras patologias e lesões corpórea que tiveram um maior número de aposentadorias concedidas foram as referente ao CID M545 (dor lombar baixa) e CID S06 (traumatismo intracraniano) apresentando um valor percentual de 4,82% (n=4) durante todo o período analisado.

Os problemas relacionados a saúde que tiveram entre 3 e 2 concessões da espécie de benefício B93 foram: os transtornos de discos lombares e de outros discos intervertebrais com radiculopatia (CID M511) apresentando 3,61% do total de aposentadorias; outras neoplasias malignas da pele (CID C44) com 2,41% das concessões; doença pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV) (CID B24) não especificada com 2,41% das concessões; radiculopatia (CID M541) com 2,41% das concessões; lumbago com ciática (CID M544) com 2,41% das concessões; esquizofrenia (CID F20) com 2,41% das concessões; e as lesões envolvendo fratura no antebraço (CID S52) e no pescoço (CID S12) que também apresentaram 2,41% das concessões de aposentadorias. Os demais casos de problemas relacionados a saúde tiveram menos de 2 concessões dessa espécie de benefício concedidas.

### **Auxílio-acidente em razão acidente no trabalho**

No decorrer do período de 2008 a 2018, o município de Juazeiro do Norte não apresentou dados significativos referente a essa espécie de benefício, sendo que do total de concessões para todas as espécies de benefícios acidentários concedidos durante o período analisado, os auxílios-acidente apresentaram um valor percentual inferior a 2,5% (n=71) das concessões.

Podemos verificar que ao longo do ano de 2008 os auxílios-acidente apresentaram um valor percentual em torno de 12,7% (n=9) das concessões, sendo que nos anos seguintes ocorreu um decréscimo de 33,3% em 2009 e de aproximadamente 11% no ano de 2010. No ano de 2011 o percentual de benefícios concedidos alcançou a marca de 14,1% do total de concessões, sendo que no ano seguinte de 2012 ocorreu uma redução bastante significativa de cerca de 60%, em comparação com o ano anterior. Já no de 2013 o percentual de auxílios-acidente alcançou o maior valor durante todo o período analisado com 16,9% (n=12) das concessões concedidas.

Nos anos seguintes de 2014 e 2015 as concessões de auxílios-acidente voltou a apresentar redução no número de benefícios concedidos em comparação com

os anos anteriores, mantendo o mesmo valor percentual de 5,6% (n=4) durante esse biênio. Nos anos posteriores ocorreu novamente um acréscimo no número de concessões, fechando o ano com 7 (9,86%) benefícios concedidos em 2016 e 6 (8,45%) concessões no ano de 2017. Já no ano de 2018 o número de concessões apresentou o menor valor durante todo o período analisado com somente 1,41% (n=1) do montante de benefícios concedidos.

Considerando o percentual de concessões de auxílio-acidente por CID, podemos aferir que amputação traumática de dois ou mais dedos (CID S68.2) apresentaram 12,68% (n=9) do total de benefícios concedidos no período de 2008 a 2018. Outras repercussões a saúde que tiveram destaque nas concessões de auxílios-acidente foram os casos envolvendo amputação traumática ao nível do punho e da mão (CID S68) com 4,23% (n=3), ferimentos do punho e da mão (CID S61) com 4,23% (n=3) e traumatismo do olho e da órbita (CID S05.9) apresentando também 4,23% (n=3) do total de benéficos concedidos durante esse período.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a presente pesquisa realizada no município de Juazeiro do Norte/Ceará, foi possível fazer um levantamento e uma explanação dos dados relacionados a acidentes do trabalho ocorridos nessa municipalidade durante o período de 2008 a 2018. Desta forma, foram analisados de forma detalhada dados secundários de grande relevância sobre acidentes ocupacionais e benefícios acidentários ocorridos nesse município, através de uma abordagem estatística. No entanto, é importante ressaltar que os dados estatísticos sobre acidentes e benefícios acidentários analisados nesse estudo abrangem somente episódios registrados junto ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), o que possivelmente não reflete a real magnitude do problema, sendo que tais valores numéricos poderão ser ainda maiores.

De acordo com os dados obtidos nesse estudo durante o período de 2008 a 2018, podemos concluir que apesar de existir subnotificação ou um sub-registro dos dados relacionados a acidente do trabalho em Juazeiro do Norte, esse município tem apresentado ainda valores numéricos bem expressivos. O município de Juazeiro do Norte está entre os quatros municípios cearenses que apresentaram os maiores números de casos de acidentes do trabalho registrado durante o ano de 2018, ficando atrás somente da capital Fortaleza e dos municípios de Maracanaú e Sobral. Durante os 10 anos analisados, o município de Juazeiro do Norte teve o maior número de ocorrências acidentárias com CAT e sem CAT registrada entre os anos de 2014 e 2018, apresentando média aritmética superior a 500 notificações por ano.

O número de casos de acidentes do trabalho que resultaram em óbitos totalizaram em 18 ocorrências durante todo o período analisado de 2008 a 2018, apresentando

média aritmética inferior a duas notificações por ano. Considerando o período de 2008 a 2017, os acidentes típicos tiveram o maior número de ocorrências registradas com CAT, com quase 59% do total de casos notificados. Os acidentes de trajeto obtiveram a segunda posição no ranking estatístico sobre acidente ocupacional no município de Juazeiro do Norte com cerca de 40% dos sinistros, já os infortúnios laborais em razão de doença profissional apresentaram valor percentual inferior a 3% dos casos notificados.

Em relação aos benéficos acidentários concedidos pela Previdência Social de Juazeiro do Norte, os auxílios-doença tiveram o maior número de concessões durante o período de 2008-2018 com cerca de 95% do total de benefícios, sendo que os demais benefícios acidentários representaram somente 5% das concessões. Constatou-se também durante esse período, que a classe de trabalhadores composta pelos comerciários foram as que mais perceberam concessões de auxílios-doença (B91), aposentadoria por invalidez (B92) e auxílio-acidente (B94) com, respectivamente, 91, 82 e 83% do total de benefícios. Além disso, os comerciários foram a única classe de trabalhadores a perceber concessão de benefício na espécie B93 (pensão por morte).

Considerando a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados a Saúde (CID), os casos relacionados a lombalgia, dorsalgia, fratura na clavícula e no nível do punho e da mão foram as causas mais citadas na concessão de auxílios-doença por acidente de trabalho nesse município. Já nas concessões de aposentadorias por invalidez, os principais problemas de saúde que deram causa ao benefício foram os relacionados a traumatismos intracraniano, lombalgia e casos de fraturas envolvendo a perna e tornozelo. Em relação as concessões de auxílios-acidente, o problema de saúde mais citado foi o caso de amputação traumáticas na região dos dedos.

Percebeu-se com a elaboração desse estudo, que os principais motivos condicionantes que favorecem e desencadeiam as ocorrências dos acidentes ocupacionais estão estritamente relacionados a maneira como está organizado tecnologicamente o processo do trabalho. Nesse sentido, espera-se que o crescente número de casos de doenças e acidentes ocupacionais que são registrados em Juazeiro do Norte e em todo o Brasil a cada ano, sirva de alerta para que os governantes desse país possa dar uma maior atenção a essa problemática e promova políticas públicas mais efetivas voltadas para a saúde do trabalhador. Em relação aos resultados almejados, espera-se também que a presente pesquisa possa contribuir para despertar o sentimento de alerta de profissionais, instituições e empresas em geral sobre a importância da política de prevenção e notificação dos acidentes de trabalho.

## REFERÊNCIAS

AEPS. Anuário Estatístico da Previdência Social. **Ministério da Fazenda, Secretaria de Previdência, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência** –, v. 24, p. 1–908, 2017.

ANTUNES, R.; PRAUN, L. A sociedade dos adoecimentos no trabalho. **Serviço Social & Sociedade**, n. 123, p. 407–427, 2015.

BRASIL. **Decreto 3.724: regula as obrigações resultantes dos acidentes no trabalho**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1910-1919/decreto-3724-15-janeiro-1919-571001-publicacaooriginal-94096-pl.html>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **LEI Nº 8.213: Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8213cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2019.

CAVALCANTE, C. A. A. et al. Análise crítica dos acidentes de trabalho no Brasil. **Rev. de Atenção à Saúde**, v. 13, n. 44, p. 100–109, 2015.

CAVALCANTE, R. R. **Acidentes de trabalho: uma análise do acidente de trabalho na construção civil na Região Nordeste para o ano de 2011**. Fortaleza - CE: Dissertação (mestrado profissional) – Programa de Pós Graduação em Economia, CAEN, Universidade Federal do Ceará, 2013.

CORTEZ, E. A. et al. Análise da mortalidade por acidentes de trabalho no Brasil: revisão integrativa. **Rev. enferm. UFPE on line**, v. 11, p. 429–437, 2017.

CORTEZ, J. C. **Efeitos do acidente do trabalho no contrato de emprego**. 2ª ed. São Paulo - SP: LTr, 2016.

CORTEZ, S. A. E. **Acidente do trabalho: ainda uma realidade a ser desvendada**. Ribeirão Preto - SP: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2001.

DOMINGOS, M. J. L.; SANTOS, C. S. DOS. A relação entre a precarização das relações de trabalho e a saúde do trabalhador. **Seminário nacional de serviço social, trabalho e política social**, p. 1–7, 2015.

FERREIRA, A. M. DE A.; AMARAL, A. S. DO. A saúde do trabalhador e a (des)proteção social no capitalismo contemporâneo. **Revista Katálysis**, v. 17, n. 2, p. 176–184, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo - SP: Atlas, 2017.

GONÇALVES FILHO, A. P.; RAMOS, M. F. Acidente de trabalho em sistemas de produção: abordagem e prevenção. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, p. 431–442, 2015.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2018**. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.]. v. 39

MACAMBIRA, D. D. C. B.; TEIXEIRA, S. M. A saúde mental do trabalhador na era do capitalismo monopolista. **VIII Jornada Internacional políticas públicas**, p. 12, 2017.

MALTA, D. C. et al. Acidentes de trabalho autorreferidos pela população adulta brasileira, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 1, p. 169–178, 2017.

**Observatório Digital de SST**. Disponível em: <[www.observatoriosst.mpt.mp.br](http://www.observatoriosst.mpt.mp.br)>. Acesso em: 24 jul.

2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. La Prevención de enfermedades profesionales. **Oficina Internacional Del Trabajo**, v. 13, p. 47–51, 2013.

RODRIGUES, P. F. V. **O trabalhador e as repercussões do adoecimento e acidente de trabalho na sua vida**. Porto Alegre-RS: Programa de Pós-Graduação doutorado em Serviço Social, 2012.

SAMPAIO FILHO, A. P. DE. **Acidentes de trabalho: culpa ou vulnerabilidade do trabalhador?** São Paulo - SP: Fundacentro, 2015.

SANTANA, V. S. et al. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. **Rev Saúde Pública**, v. 40, n. 6, p. 1004–1012, 2006.

SANTOS, C. P. DOS. Trabalho, controle e subordinação: o taylorismo-fordismo como modo de organização da autoridade do capital no século XX. **Revista Eletrônica de Ciências Sociais**, v. 19, n. 8, p. 106–120, 2015.

SILVA, G. DE N. E. (Re)Conhecendo o Estresse no Trabalho: uma visão crítica. **Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 12, n. 1, p. 51–61, 2019.

SOUZA, D. D. O.; MELO, A. I. S. C. DE; VASCONCELLOS, L. C. F. DE. A saúde dos trabalhadores em “questão”: anotações para uma abordagem histórico-ontológica. **O Social em Questão**, v. 34, p. 107–136, 2015.

VIANNA, C. S. V. **Acidente do trabalho : abordagem completa e atualizada**. 2ª ed. São Paulo - SP: LTr, 2017.

## CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Data de aceite: 02/12/2019

### **Poliana Arruda Fajardo**

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Urbana  
São Carlos - SP

### **Nemésio Neves Batista Salvador**

Universidade de Araraquara - Uniara, Programa  
de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial  
e Meio Ambiente  
Araraquara - SP

**RESUMO:** As Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs) devem, dependendo do seu porte, ser submetidas ao processo de Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em função do seu potencial de gerar significativos impactos ambientais. O monitoramento destes impactos na fase operacional das ETEs é, portanto, fundamental, pois se não realizado, contradiz um dos objetivos principais de um estudo de impacto ambiental. Contudo, pesquisas acadêmicas nacionais e internacionais têm identificado dificuldades em relação a esse monitoramento. O objetivo deste trabalho é abordar e discutir aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação de ETEs, tendo como estudo de caso uma ETE do interior de São Paulo, para

cuja implantação foi elaborado um Relatório Ambiental Preliminar (RAP), que consiste num estudo de impacto ambiental menos detalhado. Para tanto, foram realizadas visitas à estação, visando o registro de observações das etapas de tratamento e de material fotográfico como auxílio à coleta, interpretação e análise dos dados. O RAP da ETE apresenta cinco parâmetros de valoração dos impactos ambientais potenciais, identificados nas fases de planejamento e licenciamento ambiental, construção e operação e monitoramento, entre os quais a abrangência (local, regional e global - esta considerada inexistente pelo RAP). Entretanto, as observações realizadas neste trabalho permitiram a identificação de significativos impactos ambientais potenciais, tanto locais quanto de abrangência global, não abordados no RAP. Considera-se que os resultados obtidos podem subsidiar a elaboração de outros estudos de impacto ambiental de ETEs em relação à utilização e aprimoramento dos seus planos de monitoramento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento ambiental. Impactos ambientais. Avaliação de Impacto Ambiental. Licenciamento Ambiental. Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

CONTRIBUTION TO THE ENVIRONMENTAL IMPACTS MONITORING PROCESS IN THE

**ABSTRACT:** Wastewater Treatment Plants (WWTPs), depending on its size, must be submitted to the Environmental Licensing process with Environmental Impact Assessment (EIA), due to its potential in generating significant environmental impacts. Then, the post implementation monitoring in the operational stage is fundamental, since that if not performed it contradicts one of the main objectives of an environmental impact study. However, national and international academic studies have identified difficulties regarding the post implementation monitoring. The objective of this work is to approach and discuss some aspects of the WWTP post implementation monitoring, having as a case study a WWTP in the São Paulo State, which was subjected to a Preliminary Environmental Report (PER), a less detailed environmental impact study. In this way, visits were made to the WWTP in order to register observations of the treatment stages, as well as getting photographic material to aid in the collection, interpretation and analysis of data. The PER of the WWTP presents five valuation parameters of the potential environmental impacts, identified in the phases of planning and environmental licensing, construction and operation and monitoring, among which the scope (local, regional and global – this one considered absent by the PER). However, the observations carried out in this study allowed the identification of significant potential environmental impacts, both local and global, not addressed in the PER. It's considered that the results obtained can support the elaboration of other environmental impact studies of WWTPs, regarding the use and improvement of its monitoring plans.

**KEYWORDS:** Environmental Monitoring. Environmental Impacts. Environmental Impact Assessment. Environmental Licensing. Wastewater Treatment Plant.

### 1 | INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs) devem ser submetidas ao processo de Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em função do seu potencial de gerar significativos impactos ambientais negativos.

No processo de AIA, a etapa de monitoramento pós-implantação de empreendimentos como as ETEs é importante para a efetivação do estudos de impacto ambiental, pois não há sentido em se realizar estes estudos para previsão de impactos ambientais se esse não for utilizado posteriormente para mitigar ou evitar os impactos ambientais negativos e intensificar os positivos.

Além disso, impactos ambientais negativos não previstos nos estudos de impacto ambiental podem surgir e é necessário que os empreendimentos adotem ações adequadas de mitigação, o que reforça a importância das atividades de monitoramento. Contudo, trabalhos acadêmicos nacionais e internacionais, como Barker e Wood (1999), Glasson e Salvador (2000), Dias (2001), Gallardo (2004), Ramjeawon e Beedassy (2004), Munno (2005), Noble e Storey (2005), Ahammed e Nixon (2006), Nadeem e Hameed (2008), Santos (2011), Pölönen, Hokkanen e

Jalava (2011) e Panigrahi e Amirapu (2012), têm identificado dificuldades em relação ao monitoramento pós-implantação.

No caso das ETEs, embora ainda haja no Brasil uma grande lacuna entre o esgoto sanitário coletado e o que efetivamente é tratado, muitas cidades já possuem estações de médio ou grande porte que podem causar, sobretudo, impactos ambientais negativos à população, sejam de origem operacional ou advindos dos resíduos e rejeitos gerados nos processos de tratamento.

Neste sentido, mesmo os impactos ambientais negativos das ETEs que causam danos diretos ao meio físico e à sua biota atingem indiretamente a população com frequência, como por exemplo, a possível contaminação de águas subterrâneas e, conseqüentemente, de poços de abastecimento, bem como os incômodos causados pela emissão de gases com odor ofensivo.

O monitoramento pós-implantação em ETEs, tendo em vista as informações contidas em um estudo de impacto ambiental - como o Plano de Monitoramento e os impactos previstos - é, portanto, fundamental para que se evitem ou minimizem os impactos ambientais causados pelas estações.

Assim, neste trabalho são apresentados e discutidos aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação em uma ETE do interior do estado de São Paulo, objeto de um Relatório Ambiental Preliminar (RAP). O foco estabeleceu-se na abrangência dos impactos (local, regional e global), um dos cinco parâmetros de valoração dos impactos ambientais potenciais da estação, que foram identificados em suas fases de planejamento e licenciamento ambiental, construção e operação e monitoramento.

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é abordar aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação de ETEs, tendo como estudo de caso uma ETE do interior do estado de São Paulo.

## 3 | MÉTODO

Foram realizadas visitas à ETE estudada para o registro de observações nas etapas de tratamento, bem como de material fotográfico como auxílio à coleta, interpretação e análise dos dados. A sistematização dos dados foi realizada em um quadro, elaborado com base na Tabela A.1 da NBR ISO 14004:2005 (ABNT, 2005), a partir do qual é possível que se comparem os impactos observados *in loco* com os impactos ambientais previstos no RAP.

## 4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

A ETE pesquisada apresenta as seguintes etapas de tratamento: tratamento preliminar (gradeamentos grosseiro e fino, desarenação e reator para degradação/remoção de gorduras e óleos); tratamento primário (digestão anaeróbia por reatores de manta de lodo e fluxo ascendente - UASB); tratamento secundário (flotação por ar dissolvido); tratamento terciário (desinfecção do efluente final com radiação ultravioleta - UV); pós- aeração dos esgotos tratados em escada hidráulica e desidratação dos lodos por meio de centrifugação. Além disso, o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido pelas reações anaeróbias dos reatores UASB é direcionado para queimadores do tipo flare (Figura 1).

No processo de Licenciamento com AIA da ETE foi elaborado um RAP, que utilizou como instrumento de identificação e avaliação dos impactos ambientais a Matriz de Leopold modificada (SENDER, 2004). Foram consideradas na matriz três fases de implantação: 1) planejamento e licenciamento ambiental; 2) construção; e 3) operação e monitoramento. Para estas três fases foram previstas 13 intervenções antrópicas que causariam 40 impactos ambientais potenciais sobre 24 componentes ambientais - estes distribuídos entre os meios físico, biótico e antrópico.





Figura 1 - Etapas de tratamento da ETE pesquisada.

Fonte: Autora (2017).

Nota: A -Tratamento preliminar; B -Reatores UASB; C -Flotadores; D -Calha Parshall de saída do efluente final para o corpo receptor; E -ETA de serviço; F -Casa de desidratação de lodo; G -Centrífugas; H -caçambas com lodo desidratado.

Para a fase de operação e de monitoramento, objeto de estudo deste trabalho, foram consideradas quatro intervenções antrópicas e 11 principais impactos ambientais potenciais (Quadro 1).

OPERAÇÃO E MONITORAMENTO	Intervenção do empreendimento	Principal impacto ambiental potencial
	Funcionamento do sistema de tratamento dos efluentes urbanos da cidade	Melhoria da qualidade de vida da população e de todos os índices sanitários relacionados a doenças de veiculação hídrica. / Melhoria da qualidade dos recursos hídricos que drenam o município.
		Possibilidade de aproveitamento do biogás produzido na ETE, para a geração de energia elétrica.
		Emissão de gases ofensivos.
	Monitoramento rotineiro da operação da ETE	Dota o sistema de tratamento de maior confiabilidade. / Aumenta a vida útil dos equipamentos e a confiabilidade em relação à disponibilidade de equipamentos essenciais.
		Elaboração de análises periódicas dos parâmetros que demonstram o atendimento às exigências legais relativas ao padrão de emissão de efluentes e padrão de qualidade de corpos receptores.
Controle da poluição das águas subterrâneas. / Controle sobre eventuais vazamentos na tubulação enterrada.		
Geração de resíduos sólidos (lodo da ETE)	Busca de soluções relacionadas à destinação adequada dos lodos.	
Plano de procedimentos emergenciais para a operação da ETE	Suporte de segurança para os funcionários da ETE, para o sistema de tratamento e para o controle da poluição dos componentes ambientais da área.	

Quadro 1 - Intervenções antrópicas e principais impactos ambientais potenciais previstos na matriz de impactos da ETE.

Fonte: Modificado de Sender (2004). Em branco: impacto ambiental para cuja análise não houve dados suficientes. Em verde: intervenção/impactos previstos pelo RAP da ETE que ocorreram. Em laranja: intervenção/ impactos previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram.

Foram apresentadas também na matriz a quantificação dos impactos ambientais qualificados e as medidas mitigadoras que deveriam ser adotadas caso os impactos ocorressem. A qualificação dos impactos foi realizada por meio dos seguintes critérios:

- Caráter: positivo, negativo, adverso ou ausência de impactos;
- Ordem: direta, indireta ou difusa;
- Magnitude: leve, mediana ou alta;
- Abrangência: local, regional ou global;
- Duração: curto, médio ou longo prazo.

Assim, o cruzamento entre os impactos ambientais potenciais com os componentes ambientais dos meios físico, biótico e antrópico da matriz gerou como o resultado 279 impactos potenciais qualificados, sendo 154 positivos e 125 negativos (Tabela 1).

Ordem			Magnitude			Abrangência			Duração		
Direta	Indireta	Difusa	Leve	Mediana	Alta	Local	Regional	Global	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
38	105	11	97	36	21	115	39	0	22	14	118
69	54	2	62	45	18	93	32	0	53	9	63
<b>107</b>	<b>159</b>	<b>13</b>	<b>159</b>	<b>81</b>	<b>39</b>	<b>208</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>23</b>	<b>181</b>

Tabela 1 - Impactos ambientais previstos pelo RAP da ETE, distribuídos pelos critérios de qualificação.

Fonte: Modificado de Sender (2004). Em verde: impactos ambientais positivos (total: 154); Em amarelo: impactos ambientais negativos (total: 125); Em rosa: totais de cada parâmetro (total de impactos: 279).

Dos 279 impactos apresentados na Tabela 1, 87 (nove negativos e 78 positivos) foram previstos nas fases de planejamento e de licenciamento ambiental; 128 para a fase de construção (96 negativos e 32 positivos) e 64 para a fase de operação e de monitoramento (20 negativos e 44 positivos). Assim, a fase de construção, de acordo com o RAP, foi considerada como a possível maior responsável pelos impactos negativos da ETE.

Observações realizadas na ETE mostram, entretanto, que outros impactos poderiam ter sido considerados pelo RAP. Essas observações mostraram também a ocorrência de alguns impactos previstos e outros não constantes na matriz do RAP (Quadro 2).

Etapas	Aspectos operacionais	Impactos ambientais
Gradeamento	Geração e armazenamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Doenças causadas pela atração de vetores
	Geração de odores ofensivos	Incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Disposição de resíduos sólidos	Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Transbordamento de esgoto afluyente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
	Presença de metais pesados	Danos à saúde humana, poluição de águas de superfície, solo e lençóis
Abertura do <i>bypass</i>	Poluição de águas de superfície	
Limpeza das grades	Uso da água de reuso	Conservação de recursos naturais não renováveis

Desarenação	Geração e armazenamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Doenças causadas pela atração de vetores
	Geração de odores ofensivos	Incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Disposição de resíduos sólidos	Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Transbordamento de esgoto afluyente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
	Presença de metais pesados	Danos à saúde humana, poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
Emissão de aerossóis	Doenças causadas pela presença de patógenos no ar	
Limpeza dos desarenadores	Uso da água de reuso	Conservação de recursos naturais não renováveis
Degradação de gorduras e óleos	Geração de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Digestão anaeróbia (UASB)	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de esgoto efluente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Emissão de gás metano (CH <sub>4</sub> )	Poluição do ar, contribuição para o aquecimento global e risco de explosão	
Emissão de gás sulfídrico e mercaptanas	Poluição do ar, incômodos aos trabalhadores e população em geral	
Queimadores "Flare"	Emissão de gás carbônico	Poluição do ar, aquecimento global e incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Consumo de combustível (GLP)	Esgotamento de combustíveis fósseis renováveis

Flotação por ar dissolvido	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de efluente	Poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
Presença de patógenos		
Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis	
Casa de saturação	Geração de ruídos	Danos à saúde humana
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
Centrifugação	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Derramamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Geração de ruídos	Desconforto humano e à fauna local	
Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis	
Desinfecção	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis

Quadro 2 - Aspectos operacionais e impactos ambientais potenciais para a ETE.

Fonte: Autores (2017), baseado em Fajardo (2014) e em observações na ETE. Em verde: aspectos operacionais/ impactos previstos pelo RAP que ocorreram. Em amarelo: aspectos operacionais/ impactos não previstos pelo RAP que ocorreram. Em lilás: impactos não previstos pelo RAP que não ocorreram.

Ressalta-se que as definições de aspectos operacionais e impactos ambientais utilizadas no Quadro 2 estão em concordância com as definições de aspectos e impactos ambientais da NBR ISO 14001:2004. Assim, embora as intervenções do Quadro 1 possam ser entendidas como de função semelhante aos aspectos operacionais do Quadro 2, em alguns casos os impactos ambientais constantes no Quadro 1 aparecem como aspectos operacionais no Quadro 2, não como impactos ambientais, como no caso da “geração de odores ofensivos”.

Tendo em vista essas questões, comparando-se os Quadros 1 e 2, tem-se, portanto, os seguintes resultados em relação aos impactos ambientais da fase operacional da ETE:

- impactos previstos pelo RAP da ETE e que ocorreram (em verde);
- impactos previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram (em laranja);
- impactos não previstos pelo RAP da ETE e que ocorreram (em amarelo);
- impactos não previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram (em lilás).

Entre as intervenções/impactos previstos pelo RAP da ETE que ocorreram, destacam-se: a geração de odores ofensivos (gás sulfídrico e mercaptanas); geração de lodo - este classificado no RAP como intervenção; a busca de soluções para a destinação adequada dos lodos - relacionada, sobretudo a trabalhos científicos de universidades na estação; e o suporte de segurança para os funcionários da ETE, embora este fato não esteja diretamente vinculado a um plano de procedimentos emergenciais para a operação da estação, mas sim à sua rotina operacional.

Em relação às intervenções/impactos previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram à época da coleta de dados deste trabalho, esses são: o plano de procedimentos emergenciais para a operação das ETEs (intervenção) e a possibilidade de aproveitamento do biogás produzido na ETE para a geração de energia elétrica.

Analisando-se os impactos não previstos pelo RAP da ETE que ocorreram (Quadro 2), chama a atenção o fato de que todos, à exceção dos impactos referentes ao transbordamento de esgoto afluyente no gradeamento e à emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ), são impactos ambientais que poderiam ter sido considerados pelo RAP, uma vez que estão diretamente vinculados ao funcionamento adequado do processo de tratamento de esgotos sanitários adotado. Além disso, todos têm abrangência local.

Pode-se verificar ainda, conforme a Tabela 1, que o RAP da ETE não considera a possibilidade de ocorrência de nenhum impacto de abrangência global. Entretanto, a estação possui em seu tratamento queimadores do gás metano proveniente dos reatores UASB, que emitem constantemente gás carbônico para a atmosfera, o que contribui para o aquecimento global. Este impacto de abrangência global poderia, portanto, ter sido considerado pelo RAP da ETE.

A emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) pelos reatores UASB da ETE, que causa poluição do ar e apresenta risco de explosão, também contribui para a intensificação do efeito estufa (Figura 2). Este impacto, porém, não foi previsto pelo RAP da ETE e somente ocorreu devido a problemas na estrutura dos reatores, que permitiram seu escape. O mesmo pode ser dito a respeito do transbordamento de esgoto afluyente ao gradeamento, pois em condições normais de funcionamento da ETE este fato não aconteceria.

Sendo assim, estes dois aspectos operacionais e seus respectivos impactos caracterizam-se como situações anômalas e mostram a importância do monitoramento ambiental durante a operação de ETEs para a identificação de impactos não previstos por estudos de impacto ambiental, como o RAP em questão.



Figura 2 - Reator UASB da ETE pesquisada com fissuras (setas).

Fonte: Autora (2018).

No que se refere aos impactos não previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram, percebe-se que todos se caracterizam como situações de emergência e abrangência local, apresentando possibilidades de ocorrer e, portanto, se relacionam à intervenção prevista pelo RAP “Plano de Procedimentos Emergenciais para a Operação da ETE”.

Este fato mostra a importância de um planejamento para situações emergenciais, como previa o RAP da estação, pois para esses impactos torna-se mais difícil a implementação de medidas mitigadoras previstas nos estudos de impacto ambiental, já que se relacionam a problemas operacionais e não ao funcionamento normal de uma estação. Além disso, a possibilidade de ocorrência desses impactos mostra a importância também do monitoramento ambiental pós-implantação das ETEs, por meio do qual se podem constatar essas situações.

## 5 | CONCLUSÃO

Como afirma Sánchez (2013), os impactos ambientais previstos por um estudo de impacto ambiental são hipóteses, que somente podem ser comprovadas se os empreendimentos forem efetivamente implantados. Assim, um plano de monitoramento de um estudo de impacto ambiental assume grande importância, pois como afirma Dias (2001), deve ser capaz de verificar o acerto das previsões, comparando os impactos ocorridos com os previstos e a eficiência das medidas mitigadoras, além de

contemplar mecanismos de intervenção quando os impactos reais superarem certos limites. A utilização, portanto, desses planos de monitoramento e a realização de atividades de monitoramento pós-implantação das ETEs é fundamental.

Neste sentido, os resultados deste trabalho mostram que o monitoramento ambiental pós-implantação das ETEs é importante por permitir a identificação da ocorrência de impactos ambientais, previstos ou não, e o consequente planejamento para sua mitigação ou resolução. Além disso, permite identificar outros impactos que não ocorreram, mas que podem surgir - em decorrência de falhas no tratamento, por exemplo, - o que também é relevante para se evitar sua ocorrência ou para viabilizar uma mitigação adequada.

Outra questão fundamental, demonstrada por este trabalho, é que o monitoramento ambiental pós-implantação de empreendimentos, o que inclui as ETEs, pode servir de *feedback* e aprimoramento dos próprios planos de monitoramento constantes nos estudos de impacto ambiental, bem como para subsidiar a elaboração de novos estudos, no que se refere à elaboração e utilização dos planos de monitoramento.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14004**: Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. 2005. Rio de Janeiro, 2005. 45 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

AHAMMED, A. K. M. R.; NIXON, B. M. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 26, p. 426–447, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592550500123X>>. Acesso em: 8 dez. 2016.

BARKER, A; WOOD, C. An evaluation of EIA system performance in eight EU countries. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 19, p. 387–404, 1999.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo**: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FAJARDO, P. A. **Proposta de instrumentos para a realização de Análise Ambiental Inicial em**

**ETEs à luz da NBR ISO 14001:2004:** o caso da ETE Monjolinho, São Carlos-SP. 231 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP, 2014.

GALLARDO, A. L. C. F. **Análise das práticas de gestão ambiental da construção da pista descendente da Rodovia dos Imigrantes.** 2004. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GLASSON, J.; SALVADOR, N. N. B. EIA in Brazil: a procedures–practice gap. A comparative study with reference to the European Union, and especially the UK. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, p. 191-225, 2000.

MUNNO, C. M. **Análise do monitoramento pós estudo de impacto ambiental no Estado de São Paulo.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

NADEEM, O.; HAMEED, R. **Evaluation of environmental impact assessment system in Pakistan.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, p. 562–571, 2008.

NOBLE, B.; STOREY, K. Towards increasing the utility of follow-up in Canadian. **Environmental Management**, v. 25, p. 163–180, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925504000770>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

PANIGRAHI, J. K.; AMIRAPU, S. An assessment of EIA system in India. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 35, p. 23-36, 2012.

PÖLÖNEN, I.; HOKKANEN, P.; JALAVA, K. The effectiveness of the Finnish EIA system - What works, what doesn't, and what could be improved? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, p. 120-128, 2011.

RAMJEAWON, T.; BEEDASSY, R. Evaluation of the EIA system on the Island of Mauritius and development of an environmental monitoring plan framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, p. 537-549, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592550400006X>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 583 p.

SENDER CONSULTORIA. **Relatório Ambiental Preliminar** - Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, São Paulo, 2004.

SANTOS, J. O. **A etapa de acompanhamento na AIA:** análise das barreiras e desafios à sua implementação no Estado da Bahia. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2011.

## ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAR A DISPONIBILIDADE DE UM RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO QUENTE NAS TERMAS DA AREOLA

Data de aceite: 02/12/2019

### **Pedro Jorge Coelho Ferreira**

Município de Meda

Meda – Portugal

### **Luis Manuel Ferreira Gomes**

Universidade da Beira Interior

Covilhã – Portugal

### **Alcino Sousa Oliveira**

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real – Portugal

### **Rui Miguel Marques Moura**

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Porto – Portugal

### **José Martinho Lourenço**

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real – Portugal

**RESUMO:** Atualmente as Termas da Areola encontram-se ao abandono e esquecidas no tempo, imersas num ambiente paradisíaco da ribeira Teja, afluente do rio Douro, onde a flora, a fauna e a arquitetura vernacular, enquadrados numa orografia única, se dispõem em harmonia, definindo todo um potencial para desenvolver um projeto de turismo de natureza sustentado num balneário termal moderno. O presente artigo visa contribuir para uma estratégia científica que avalie e ponha em evidência as potencialidades de um recurso

que hoje se encontra desaproveitado e que outrora foi muito importante ao nível medicinal para as comunidades locais. Com este estudo pretende-se dar mais um passo para um maior conhecimento sobre as águas especiais, do tipo sulfúreas, que emergem neste território e que se entende que possam contribuir para o desenvolvimento económico-social desta região. Assim, no presente trabalho, após a apresentação de um enquadramento histórico, direcionado para o conhecimento existente sobre o recurso e o seu aproveitamento ao longo do tempo, pretende-se evidenciar os aspetos mais relevantes ao nível geográfico, geomorfológico, geológico e hidrogeológico, destacando de seguida a metodologia adotada e os respetivos resultados dos trabalhos de levantamento da fraturação e de prospeção geofísica. Por fim, tecem-se algumas considerações finais sobre o potencial termal e geotérmico do recurso, bem como da localização de novas captações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Termas da Areola; Sistema aquífero profundo; Águas sulfúreas quentes; Meda.

### HYDROGEOLOGICAL STUDIES TO ASSESS THE AVAILABILITY OF A HOT UNDERGROUND WATER RESOURCE IN AREOLA MEDICAL SPA

**ABSTRACT:** The Areola medical spa is

currently abandoned and forgotten in time. Immersed in a paradisiacal environment of the Teja riverside, a tributary of the Douro River, where the flora, fauna and vernacular architecture, framed in a unique orography, are arranged in harmony, defining the potential to develop a sustainable tourism project based on a modern medical spa. This article aims to contribute to a scientific strategy that evaluates and highlights the potential of a resource that is currently underused and was once very important at a medicinal level for local communities. This study intends to take one more step towards a better knowledge about the special sulphurous waters that emerge in this territory, which are believed to contribute to the economic and social development of this region. Therefore, in the present work, after presenting a historical framework, directed to the existing knowledge about the resource and its use over time, it is intended to highlight the most relevant aspects of geographical, geomorphological, geological and hydrogeological level, evidencing the adopted methodology and the results of the fracture and geophysical survey. Finally, some final considerations are made about the thermal and geothermal resource potential, as well as the location of new wells.

**KEYWORDS:** Areola Medical Spa; Deep aquifer system; Hot sulphurous water; Meda

## 1 | ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL

As antigas Termas da Areola encontram-se atualmente ao abandono, no entanto, o seu conhecimento vem de há muito tempo. Já Fonseca Henriques (1726) no Aquilégio Medicinal, o primeiro inventário de águas minerais naturais em Portugal, faz uma referência às termas em estudo, designando-as por Caldas de Ranhados, com uma água sulfúrea usada em banhos e com admiráveis efeitos favoráveis à saúde. Mais tarde, aparecem referenciadas num Boletim da *Estação Chimico-Agrícola da Região Agronomica* com uma análise físico-química às águas da Areola datado de 1895. Merece também referência o registo do médico João Maria de Lacérda, em 22 de outubro de 1895 (Oliva, 1913), em relação aos banhos da Areola: “aquecia-se a água em caldeira de cobre e panelas de barro e lançava-se e temperava-se em toscas banheiras de madeira, tomando o banho ao abrigo de uma tosca cabana ou uns casebres mal reparados” (Lacérda, 1895, in Oliva, 1913). O Alvará foi, entretanto, concedido pelo Estado Português em 1912. Em 1913, pelo constatado numa brochura sobre as termas da Areola, já existia no local um belo edifício, com uma arquitetura interna e equipamento muito avançado para a época: além do sistema de captação e adução, casa das máquinas com reservatório, caldeira e bomba, havia um quarto para consultório, sala de espera, 6 quartos com banhos de imersão e um quarto com banho de chuva (provável género de banho turco) (Figura 1a e 1b). Ainda nessa publicação encontra-se um mapa topográfico da região balnear (Figura 1c). Em 1975, as Termas da Areola aparecem referenciadas no Inventário Hidrológico de Portugal de Almeida e Almeida (1975), onde foi publicada

uma análise química da água da Areola. Entretanto, com a importância das praias em Portugal, com o despovoamento da região provocado em especial pela emigração, as termas deixaram de ser usadas, situação que aliada ao facto de nunca ter existido um bom acesso ao local, terá contribuído para o seu total abandono. Deste modo, é necessário mostrar elementos que evidenciem que no século XXI existe ali potencial para, no mínimo, resultarem umas termas especiais com um recurso naturalmente quente, de modo a contribuir em aproveitamentos geotérmicos, nomeadamente para o aquecimento do balneário na época de inverno.

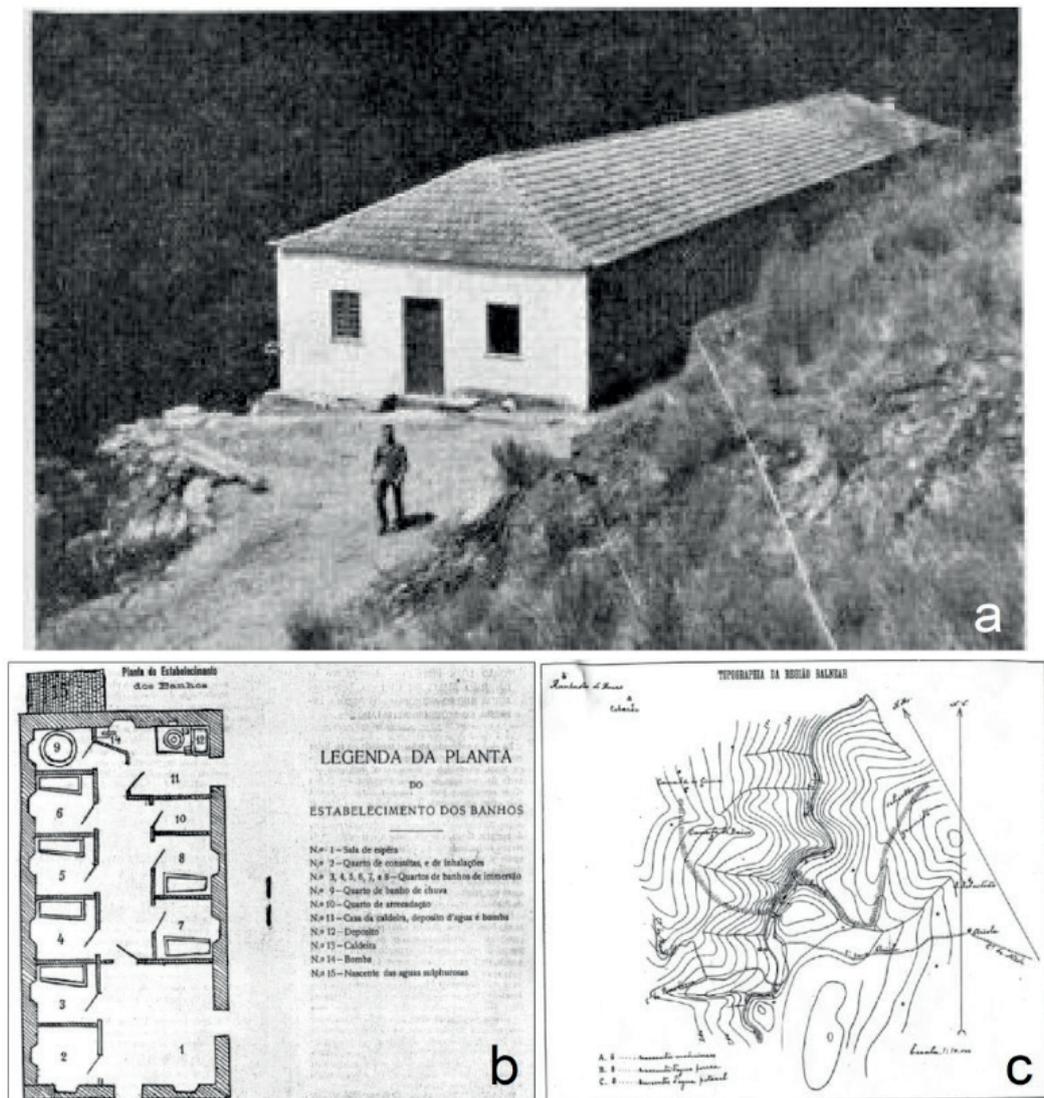


Figura 1 - Balneário das antigas Termas da Areola (a); Planta do Balneário Termal (b) e Planta topográfica da região balnear (c) (Oliva, 1913).

## 2 | ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO, GEOMORFOLÓGICO E GEOLÓGICO

Em termos geográficos, as “Termas da Areola” localizam-se na proximidade da antiga aldeia da Areola, concelho de Meda e distrito da Guarda (Figura 2). Situam-se a escassos 4,3km do centro da cidade de Meda, com acessos excelentes em estradas com betuminoso até à Areola. Desta localidade até ao lugar das termas

existem apenas caminhos de terra batida e atualmente um carro tem de ficar a cerca 300m do balneário das Termas da Areola.

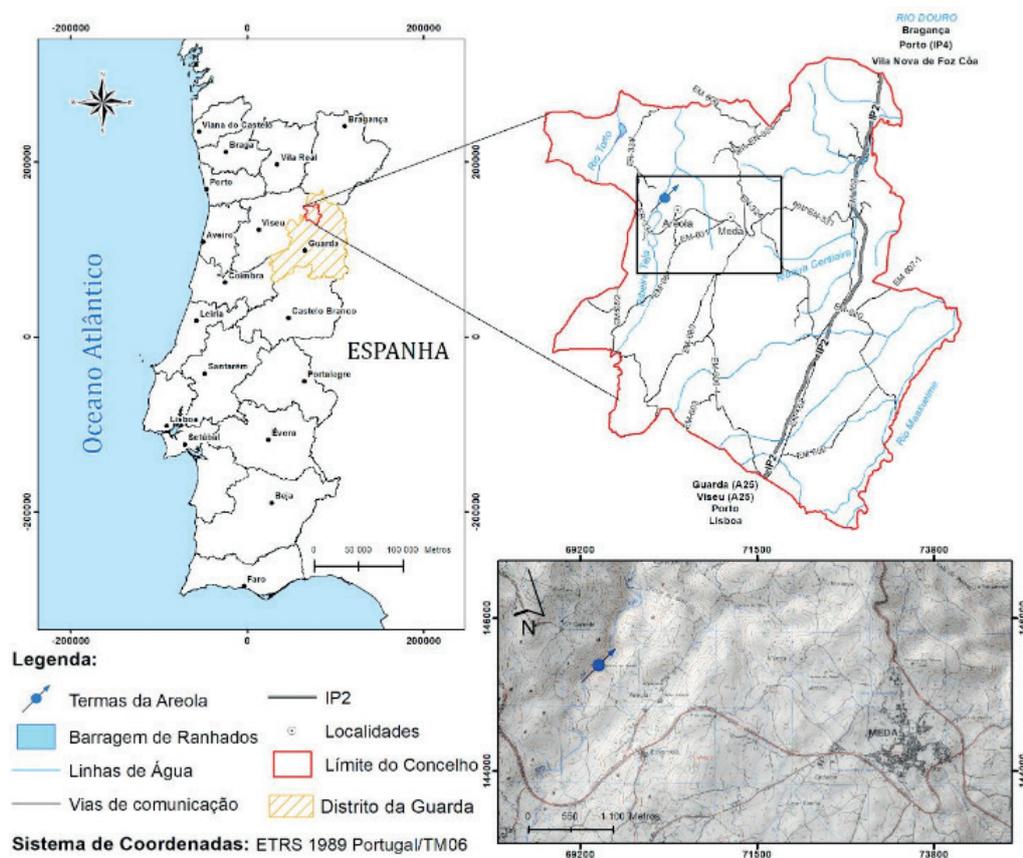


Figura 2 - Localização geográfica das Termas da Areola e a sua posição relativa à cidade de Meda. Extrato da Carta Militar n.º 150, à escala 1:25000, dos Serviços Geográficos do Exército (adaptado de Coelho Ferreira, 2019).

No que diz respeito à geomorfologia, estas termas localizam-se na bordadura da margem direita da ribeira Teja, com direção local NE-SW, onde as suas águas emergem a uma altitude de 527m. Localmente, o vale é muito encaixado e apresenta assimetria morfológica das margens; a encosta da margem direita é menos declivosa, embora atinja altitudes de 574m. Essa suavidade aparente poderá ser explicada devido à ocorrência de uma pequena linha de água que conflui com a ribeira Teja, com direção NW-SE, na proximidade da emergência da água mineral. Por sua vez a margem esquerda é de elevado declive, atingindo altitudes na ordem dos 639m junto da localidade de Canada.

A ribeira Teja é um afluente da margem esquerda do rio Douro, correndo de Sul para Norte, numa direção global de NNE-SSW, aflui ao rio Douro a cerca de 19km para NNE da zona das Termas (Figura 3). A direção preferencial deste curso de água tem influência tectónica, sendo a mesma direção do alinhamento do grande acidente tectónico da falha ativa da Vilariça, que localmente atinge o seu maior impacto geomorfológico no graben de Longroiva (Coelho Ferreira *et al.*, 2015).

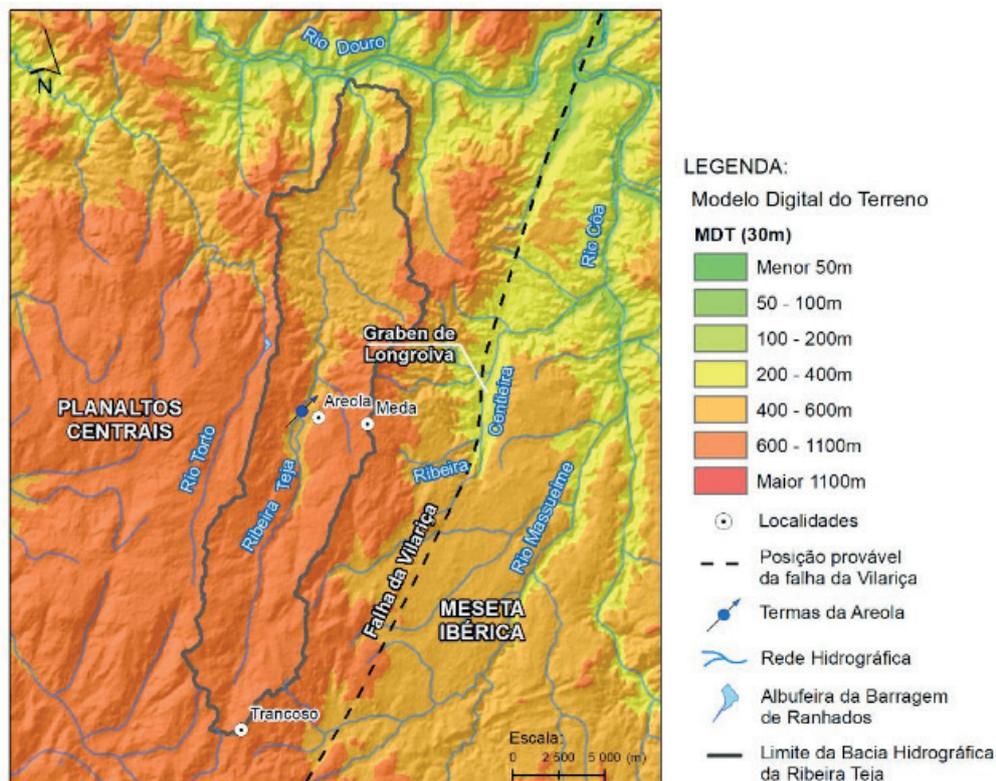


Figura 3 – Enquadramento geomorfológico da área das Termas da Areola (adaptado de Coelho Ferreira, 2019).

Ao nível geológico as formações mais antigas na área em estudo são os metassedimentos ante-Ordovícicos do Grupo do Douro, mais conhecidos como Complexo Xisto-Grauváquico; estes afloram maioritariamente na parte norte da região, enquanto na parte sul ocorrem os granitoides que intruíram o Complexo Xisto-Grauváquico no eixo do antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão, durante a terceira fase da deformação Hercínica (D3). Estão representados na área em estudo, com maior relevância, os granitos de duas micas, sin-D3 (Granitos de Meda) e granitos porfiroides, pós-D3 (Granito de Alto Rio Torto). Ao longo do período tardi e pós-Hercínico ocorreu a instalação de um cortejo filoniano que intruiu os metassedimentos e os granitoides através de fraturas do tipo distensivas; as estruturas filoneanas presentes são do tipo pórfiros graníticos/riolíticos, microgabros, basaltos alcalinos, massas pegmatíticas ou aplito-pegmatíticas e de quartzo; a cobrir todo este conjunto ocorrem, principalmente no vale da ribeira Teja, formações de cobertura do Cenozóico (Silva e Ribeiro, 1991). Localmente, a nascente das Termas da Areola encontra-se em rochas graníticas, nomeadamente na formação dos granitos de Meda, mas na proximidade, para norte, ocorrem as rochas metamórficas da formação Rio Pinhão, constituída por metaquartzovaques e filitos. O esboço geológico com algum detalhe da zona das Termas apresenta-se na Figura 4, sendo de salientar que se interpreta que a nascente da Areola é o resultado de interseção em profundidade de uma extensa falha NE-SW, sub-vertical, com uma falha de menor extensão de direção

NW-SE, que se admite que inclina para SW; entende-se que esta falha fará o contacto entre as formações graníticas a sul, com as xistentas a norte.

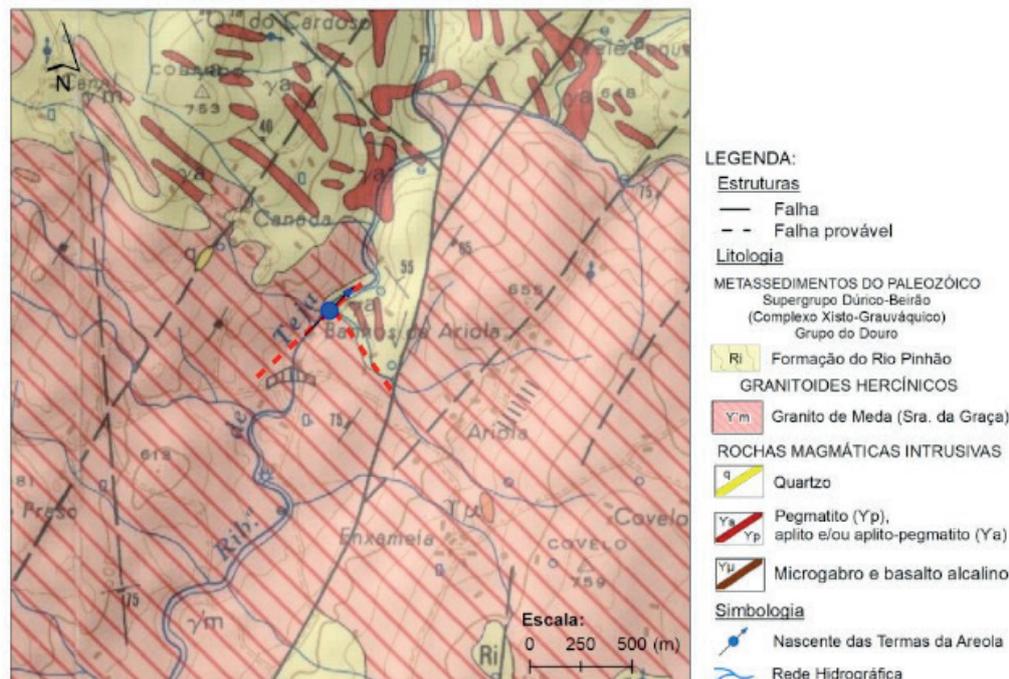


Figura 4 - Enquadramento geológico, a partir da carta geológica de Portugal (Silva e Ribeiro, 1991).

### 3 I ASPETOS HIDROGEOLÓGICOS

Com o intuito de caracterizar a área em estudo no que diz respeito aos aspetos hidrogeológicos, inicialmente foi dada especial atenção aos elementos hidrológicos, apresentando os resultados do cálculo do balanço hidrológico (Figura 5), de modo a perceber o volume de água anual disponível para o processo de infiltração e consequente recarga aquífera. Ao analisar os resultados destacam-se os valores dos excedentes hídricos anuais (SH) de 284,3 L/m<sup>2</sup>. Considerando como área de recarga a área da bacia hidrográfica da ribeira Teja a montante da nascente das Termas da Areola, que apresenta no geral declives pouco acentuados, onde afloram maciços graníticos e metassedimentares muito alterados e geralmente muito fraturados e ainda tendo em consideração uma frequente cobertura vegetal de floresta e matos, antevê-se uma parcela significativa de excedente hídrico (SH) a infiltrar-se para recarregar os aquíferos da região. Assim, tendo em conta que o excedente hídrico (SH) é igual ao somatório do escoamento superficial (R) e do escoamento subterrâneo (G) (Lencastre e Franco, 2010), e considerando para as várias formações geológicas as seguintes relações: Granitóides: “G/SH” = 35%; Metassedimentos: “G/SH” = 10%, obtêm-se taxas anuais de recarga em profundidade de acordo com as apresentadas na Tabela 1, que estendidas às respetivas áreas resultam as ordens de grandeza de reservas anuais de acordo com o apresentado na mesma tabela.

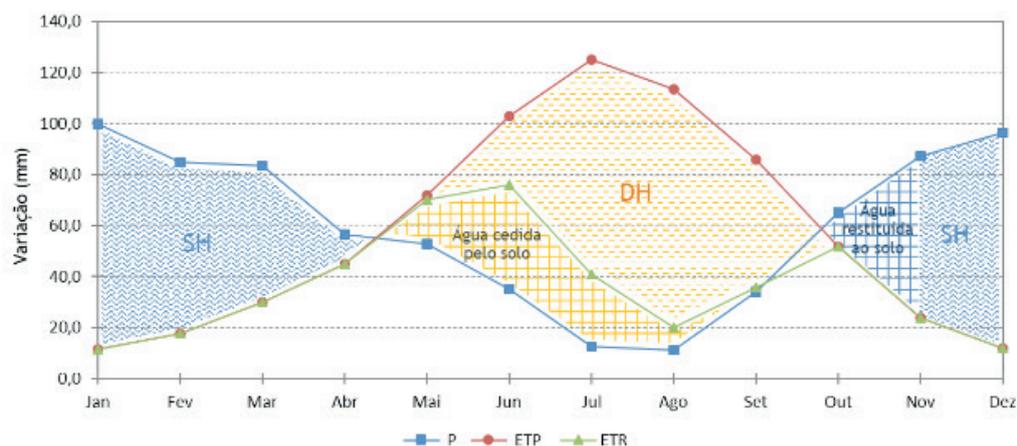


Figura 5 - Representação gráfica dos resultados do balanço hidrológico sequencial mensal.

Formações Geológicas	Granitoides	Complexo Xisto-Grauváquico
Área (km <sup>2</sup> )	90,80	10,94
G (mm)	99,51	28,43
G (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	9,04	0,31

Tabela 1 – Ordem de grandeza da recarga subterrânea anual (G) para as unidades hidrogeológicas da Região das Termas da Areola.

As águas das antigas Termas da Areola emergem junto ao antigo edifício termal, numa pequena nascente com um caudal de 0,20L/s, apresentando segundo registos atuais uma temperatura de 20°C, pH de 8,2 e condutividade de 407,4μS/cm. De acordo com as análises físico-químicas realizadas a estas águas por Almeida e Almeida (1975), as mesmas podem ser classificadas como sulfúreas, fluoretadas, fracamente mineralizadas, bicarbonatadas-sódicas e alcalinas, com temperaturas superiores às das águas correntes da região. No sentido de clarificar a situação hidrogeológica desta área geográfica, foi realizado um inventário de pontos de água com o intuito de identificar águas com características similares à água do aquífero mineral profundo. Registaram-se 64 pontos em toda a área (Figura 6). Os pontos inventariados são constituídos essencialmente por nascentes naturais, fontanários, poços, charcas e furos. Inicialmente, foram registadas as suas localizações com GPS, o seu caudal, e ainda alguns parâmetros físico-químicos com o equipamento de medição multiparamétrico portátil da Eutech Instruments (modelo PC650), nomeadamente: temperatura, pH, Eh, condutividade elétrica, resistividade elétrica e Total de Sólidos Dissolvidos (TDS).

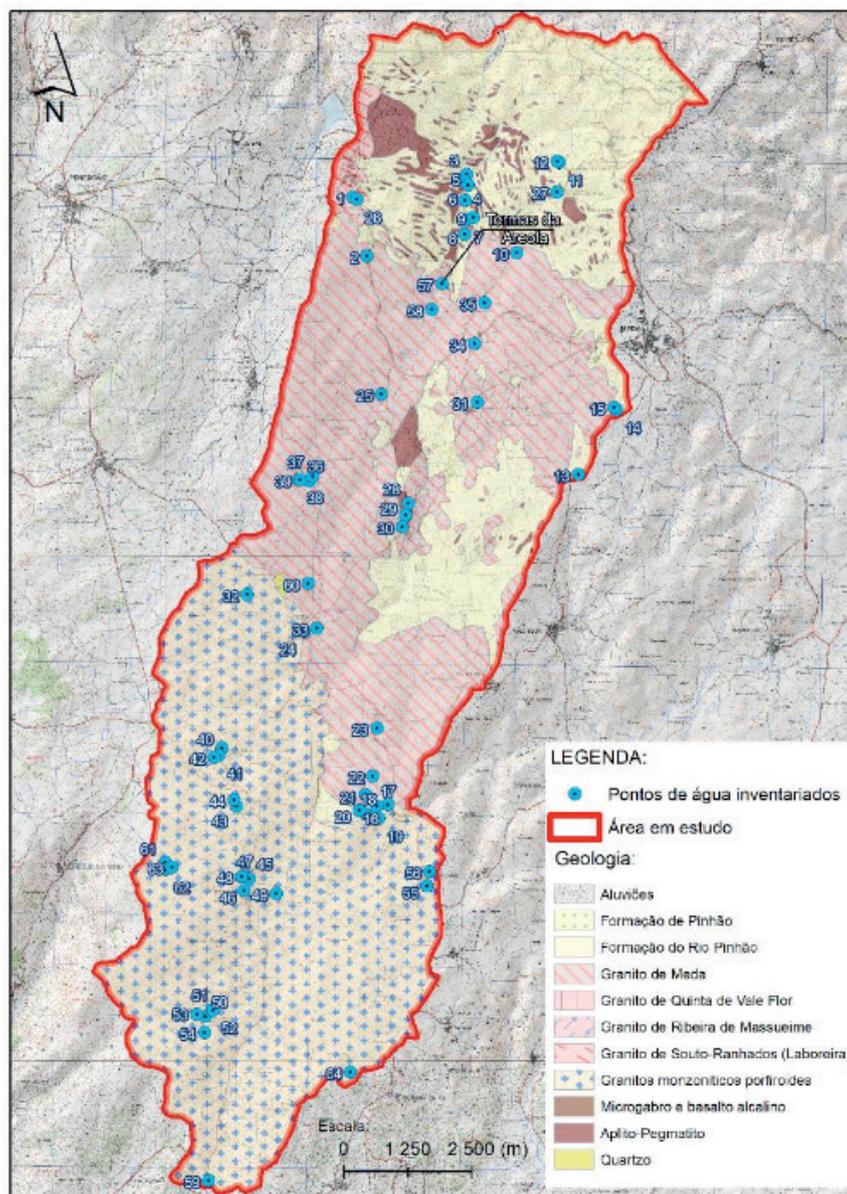


Figura 6 – Inventário dos pontos de água. Extrato da Carta Militar n.º 139, 140, 149, 150, 159, 160, 169 e 170 à escala 1:25000, dos Serviços Geográficos do Exército (adaptado de Coelho Ferreira, 2019)

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados obtidos para os vários sistemas aquíferos da região. Ao analisar os resultados obtidos verifica-se que a água das Termas da Areola destaca-se pelas suas características particulares, pH alcalino (superior a 8,0); Eh muito negativo; CE superior a  $400 \mu\text{s}/\text{cm}$  e TDS superior a  $350 \text{ mg}/\text{L}$ , sendo a única representante do aquífero granítico profundo. De referir ainda o pH maioritariamente ácido e o TDS inferior a  $200 \text{ mg}/\text{L}$  das águas do aquífero granítico de superfície e no caso do aquífero do CXG a existência de uma maior variação nas características físico-químicas da água.

Relativamente à singular água sulfúrea das Termas da Areola, é de referir que segundo Coelho Ferreira *et al.* (2015) os geotermómetros de sílica e Na/K apontam para valores de temperatura de reservatório da ordem dos  $84,2^\circ\text{C}$  e profundidade do reservatório, através do modelo de Rybach (1990) da ordem dos 2200m.

Sistemas Aquíferos	G <sub>Sup</sub>	G <sub>Prof</sub>	CXG
N.º de amostras	50	1	9
T (°C)	9,3 - 23,9	20,0	11,4 – 21,0
CE (µs/cm)	18,0 - 189,5	407,4	94,7 – 340,6
pH	4,7 – 7,1	8,2	3,6 – 7,0
Eh	-14,6 – 57,4	-128,6	-60,5 – 136,4
TDS (mg/L)	16,6 – 176,2	376,4	87,1 – 313,4
RE (kΩ)	2,83 – 30,11	1,34	1,60 – 5,73

Tabela 3 – Valores dos parâmetros físico-químicos medidos no campo

T – temperatura; CE – condutividade elétrica; TDS – total de sólidos dissolvidos; RE – resistividade elétrica

Assim, função dos principais estudos desenvolvidos, incluindo levantamentos litológicos de campo, cruzamento com os dados anteriormente apresentados em termos geomorfológicos e geológicos, inventário de pontos de água e a sua caracterização físico-química, desde já se organizam os principais sistemas aquíferos da região em estudo, do seguinte modo:

- Unidade 1 – A1: aquíferos aluvionares, do tipo intersticial, livre, e associados à rede de drenagem, em especial na ribeira Teja, com espessura máxima da ordem de 8m.

- Unidade 2.1 – Gsup: sistemas aquíferos graníticos superficiais; são associados às rochas graníticas, ocorrem como redes de aquíferos descontínuos, do tipo freático e de pouca profundidade, nos cerca de 100 m mais superficiais. Estes são essencialmente do tipo fissural, no entanto, nas zonas onde o granito apresenta maior grau de alteração comportam-se como aquíferos intersticiais à superfície e fissurais em profundidade. No geral apresentam produtividade baixa, embora, por vezes, constituam interessantes massas de água que localmente são aproveitadas para uso agrícola e pontualmente para consumo humano, através de poços tradicionais, presas, minas, tanques, e nas últimas décadas, alguns furos verticais.

- Unidade 2.2 – Gprof: sistemas aquíferos graníticos profundos; são associados às rochas graníticas, estas águas atingem grandes profundidades, geralmente superiores a 1 km, os seus percursos são muito extensos, acabando por emergir em contextos geológico-estruturais muito específicos. Estes sistemas aquíferos são do tipo fissural, com características de semi-confinados a confinados e as suas águas apresentam um quimismo especial e temperatura superior à das águas comuns da região.

- Unidade 3 – CXG: sistemas aquíferos xistentos; são associados às rochas do Complexo Xisto-Grauváquico, sendo fissurais e essencialmente do tipo freático, esta unidade tem baixa produtividade, no entanto, existem captações associadas a

nascentes e a furos verticais por vezes com mais de 100m de profundidade.

Na Figura 7 apresenta-se o modelo conceptual das águas sulfúreas da Areola. A área em estudo encontra-se fortemente condicionada pela tectónica regional da Falha da Vilariça, que desenvolveu uma fraturação paralela para ambos os lados, com direcção preferencial NNE-SSW, que compartimentou toda esta área em blocos. A água resultante da precipitação vai infiltrar-se no maciço granítico, uma vez que este se encontra muito alterado e fraturado. Numa primeira fase, nos circuitos menos extensos e mais superficiais, a água vai percolar em profundidade em direcção aos talwegues, emergindo em algumas nascentes resultantes de armadilhas geológicas e formando pequenos aquíferos pontuais dependentes da alteração e fraturação do maciço rochoso, que no geral não ultrapassam os cem metros de profundidade. Parte dessa água, no seu percurso subterrâneo, vai ser intercetada pelas falhas regionais de direcção NNE-SSW, que são muito difíceis de atravessar e que apresentam grande extensão e profundidade. Assim, como corredores de circulação essas águas percolam através dessas falhas de sul para norte. Depois de percorrerem um circuito subterrâneo extenso e profundo, onde ocorreram alterações químicas, decorrentes de processos de interação água-rocha-gases e eventualmente ainda com contributo microbiológico, que as tornaram com características únicas e especiais, estas águas emergem junto do contacto dos granitoides com as formações metassedimentares, que se entende ter um papel de barreira à sua percolação. Esta emergência é ainda promovida por cargas hidráulicas desenvolvidas no sistema aquífero e pela temperatura atingida em profundidade.

De modo a melhorar este modelo e definir possíveis localizações para novas captações, serão efetuados estudos geológico-estruturais junto à área de descarga do aquífero profundo, bem como estudos geofísicos que se apresentam a seguir.

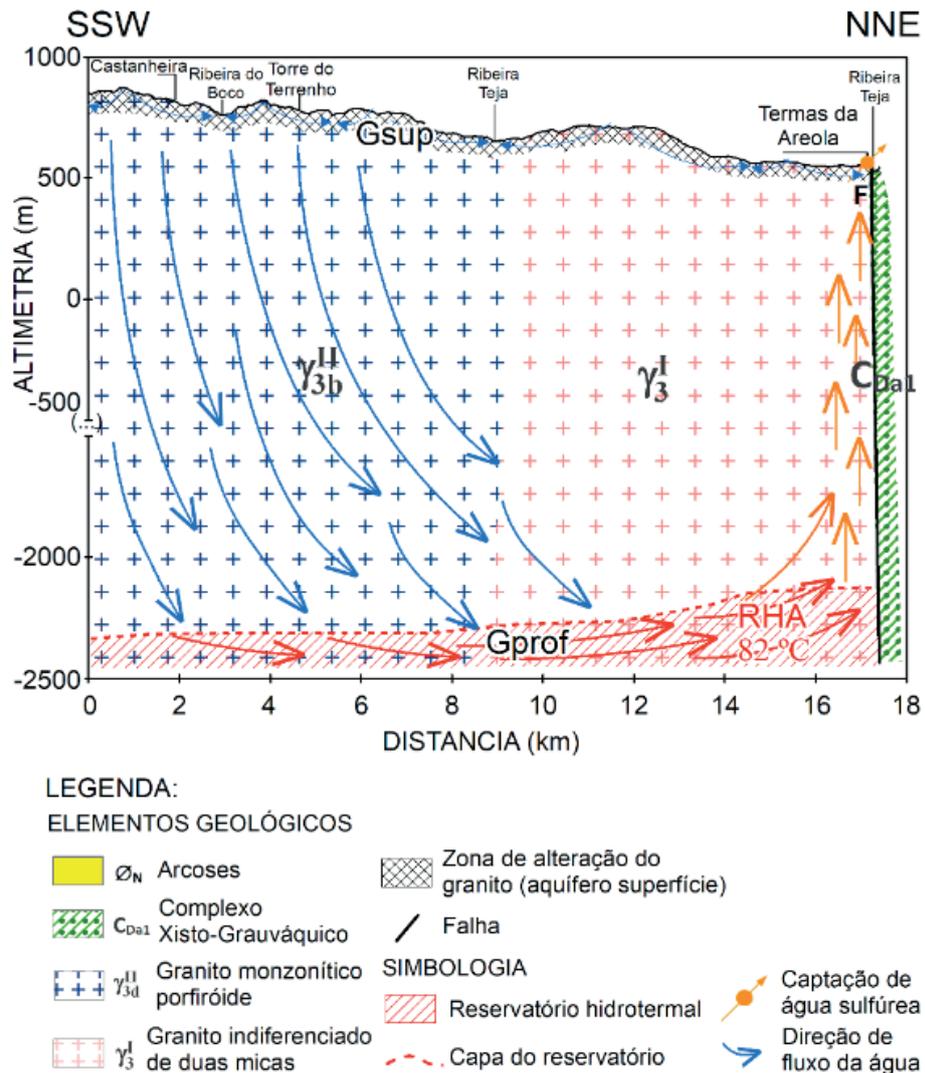


Figura 7 – Modelo Conceptual das águas da Areola (Coelho Ferreira, 2019).

#### 4 | ELEMENTOS GEOLÓGICO-ESTRUTURAIS LOCAIS

Efetua-se o levantamento estrutural da zona das Termas da Areola e envolventes (Figura 8); ao analisar a rede de fraturas dessa área verifica-se a existência de quatro famílias de fraturas bem definidas, a saber: ENE-WSW a E-W; NNE-SSW; NW-SE a NNW-SSE e N-S. As Termas da Areola encontram-se junto a uma falha de desligamento esquerdo, com direção global NNE-SSW, designada em Silva e Ribeiro (1991) por Falha de Murça, provavelmente singenética da Falha da Vilariça.

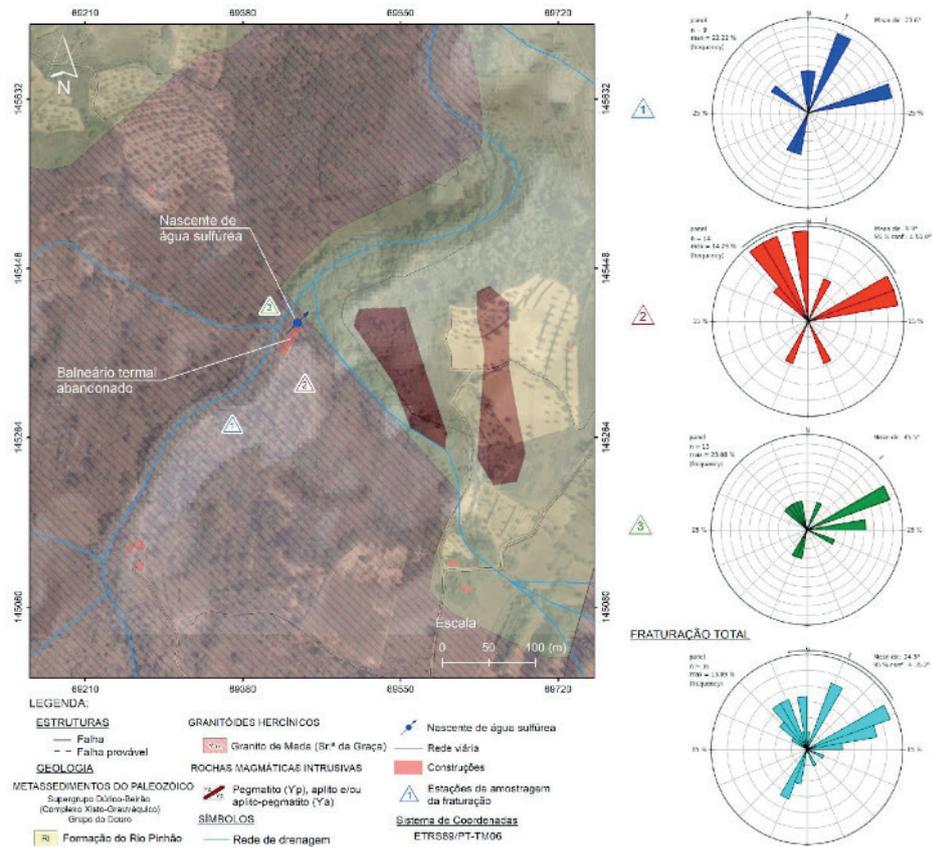


Figura 8 – Resultados obtidos no estudo da fraturação junto às Termas da Areola (adaptado de Coelho Ferreira, 2019).

## 5 | ESTUDOS GEOFÍSICOS

De modo a complementar o estudo da fraturação e com o intuito de localizar novas captações, foram realizados ensaios geofísicos, geolétricos do tipo polo-dipolo, com um elétrodo de corrente localizado perpendicularmente ao alinhamento do dispositivo, a uma distância superior a dez vezes o maior espaçamento entre elétrodos de potencial. Para anular o efeito de assimetria do dispositivo realizaram-se medições duplas em sentido direto e inverso, que resultaram em três secções com a implantação no terreno de acordo com o apresentado na Figura 9a. Como resultado principal salienta-se que claramente foram definidas zonas anómalas com potencial de se obter água sulfúrea em profundidade; os locais com mais potencial apresentam-se evidenciados na Figura 9b, sendo esses pontos, A, B e C, aqueles onde se propõe realizar sondagens de prospecção e pesquisa de modo a comprovar estes modelos.

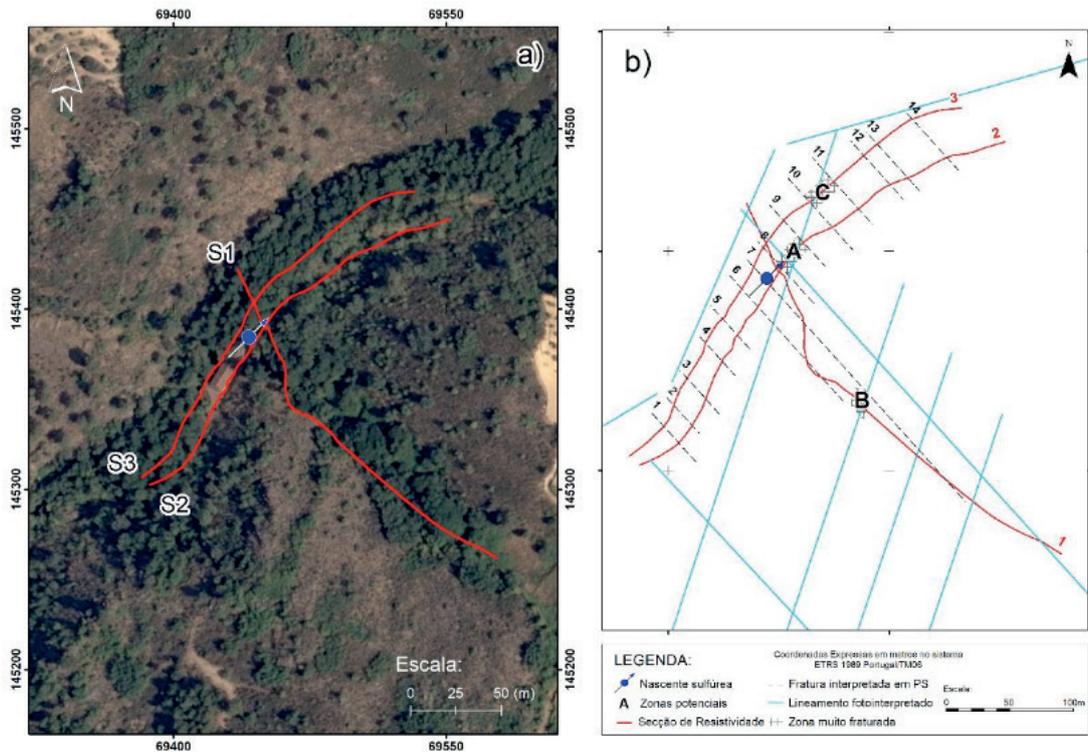


Figura 9 - Resultados obtidos: a) localização das secções de resistividade; b) principais fraturas interpretadas e locais potenciais de prospeção mecânica A, B e C.

Na Figura 10 apresentam-se as secções de resistividade com a interpretação e identificação das anomalias. Nas três secções verifica-se, de uma forma geral, a existência de duas unidades com comportamentos geoelectricos diferenciados. A mais profunda, com valores de resistividade aparente muito elevados, superiores a 3000 Ohm.m, deverá corresponder a granito ou metassedimentos sem qualquer produtividade aquifera. Acima desta, com espessura variável entre cerca de 15 m e 30 m, desenvolve-se uma outra unidade caracterizada por resistividades aparentes inferiores às anteriores, compatíveis com a presença de rochas graníticas ou metassedimentares alteradas, no seio das quais se admite circular água sulfúrea. As estruturas aí evidenciadas, enraizadas em profundidade, deverão traduzir a presença de uma zona intensamente fraturada, cujos valores de resistividade aparente mais baixos, inferiores a 30 Ohm.m, são compatíveis com a presença dessas águas, entendendo-se por estes motivos que corresponde a uma zona de ascensão de água sulfúrea quente.

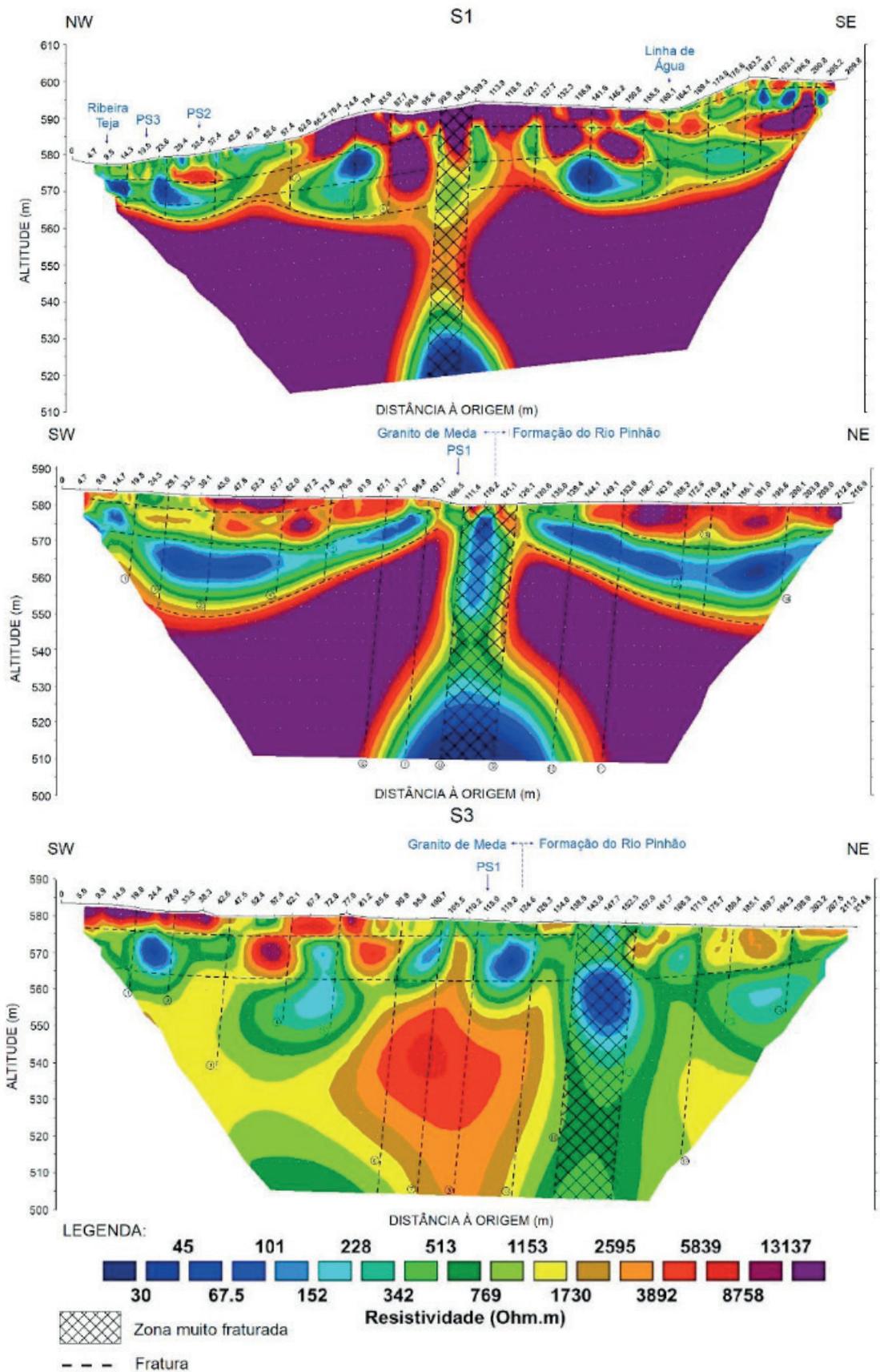


Figura 10 - Secções de resistividade e estruturas interpretadas.

## 6 I NOTAS FINAIS

De acordo com o apresentado no presente trabalho destaca-se o seguinte:

- i) O local das Termas da Areola situa-se a escassos 4,3 km do centro da cidade de Meda;
- ii) As Termas da Areola foram das primeiras unidades termais de Portugal a ter Alvará, sendo de salientar que foi obtido em 1912, tendo sido publicado no Diário do Governo nº115 de 17 de maio de 1912;
- iii) A água das Termas da Areola pertence ao grupo das águas sulfúreas;
- iv) O caudal atual é modesto, pois nasce no fundo de um tanque de pedra de granito, pelo seu artesianismo natural, de modo a debitar cerca de 0,72 m<sup>3</sup>/h;
- v) A localização de uma nova captação deve ter em atenção as três zonas anómalas, por ordem de potencial, identificadas pelos estudos da fraturação e do ensaio geofísico, sinalizadas como A, B e C na Figura 9;
- vi) Se for efetuada uma captação nova do tipo furo sub-vertical, com cerca de 500m, aquele caudal admite-se que se poderá incrementar para cerca 5L/s, em artesianismo repuxante e a temperatura a obter pode ir para a grandeza de 39°C; enfatiza-se que a temperatura teórica de reservatório à profundidade de 2200m é de 84°C.

## REFERÊNCIAS

Almeida, A. e Almeida J. D. (1975). **Inventário Hidrológico de Portugal**. Edição Instituto de Hidrologia de Lisboa. Lisboa. pp. 88-111

Coelho Ferreira, P. J; Ferreira Gomes, L. M; Oliveira, A S.; Carvalho, P.E.M. (2015). **Contribution to the knowledge of the geothermal potential of the Municipality of Meda (Portugal)**. Proceedings World Geothermal Congress 2015; AUS-NZL 19-24 April. Ed. Horne, R and Boyd, T., paper 16012, 12p.

Coelho Ferreira, P. J. (2019). **Modelação de Sistemas Geohidráulicos Profundos Associados a Fraturas Extensas da Região da Meda**. Tese de Doutoramento. Universidade da Beira Interior. Covilhã (no prelo).

Fonseca Henriques, F. (1726). **Aquilégio Medicinal**. Edição Fac-similada e, 1998 Instituto Geológico Mineiro.

Lencastre A. e Franco F. M. (2010). **Lições de Hidrologia**. Fundação Armando Lencastre, 3.<sup>a</sup> Edição. Lisboa. 451 p.

Oliva, L.S. (1913). **Águas Minero-Medicinaes da Areóla no Concelho da Mêda**. Pap. Luso-Brazileira, Lisboa, 12p.

Rybach, L. (1990). **Determination of termal water circulation depth, with examples from the Valaisan Alps**, Switzerland. Memoires of the 22<sup>nd</sup> Congress of IAH, Vol. XXII. Lusanne, 608-615.

Silva, A.F. e Ribeiro, M.L. (1991). **Notícia Explicativa e Carta Geológica de Portugal**. Escala 1/50000. Folha 15-A, Vila Nova de Foz Côa. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.

## FERRAMENTAS DA GESTÃO NA QUALIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DOS SUÍNOS SOB SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA

Data de aceite: 02/12/2019

**Nathana Rodrigues Lima**

Mestra - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/0165387780177280>

**Herlane de Olinda Vieira Barros**

Doutoranda - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/8281333471408426>

**Célia Maria da Silva Costa**

Mestra - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/1214766477296763>

**Viviane Correa Silva Coimbra**

Profª Drª Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/5735297692590207>

**Larissa Jayne Sameneses de Oliveira**

Mestra - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/3673022321192791>

**Zaira de Jesus Barros Nascimento**

Mestra - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/4578589466336808>

**Michelle Lemos Vargens**

Mestra - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/0113620762250524>

**Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho**

Mestre - Universidade Estadual do Maranhão

São Luís – Ma

<http://lattes.cnpq.br/6401455359967103>

**RESUMO:** Objetivou-se apresentar as BPFs adotadas no matadouro de suínos no município de São Luís Maranhão, sob inspeção municipal. No decorrer do estudo, e nos dados da Agência de Defesa Agropecuária do Maranhão- AGED verificou-se que o Maranhão é o segundo maior produtor de suínos da região Nordeste, porém apenas 0,48% da carne suína abatida são inspecionadas, as demais de origem clandestina. O município de São Luís, Capital do Estado do Maranhão, possui apenas 01 estabelecimento registrado para abastecer toda a cidade, estabelecimento esse alvo do nosso trabalho e encontra-se localizada na porção leste da ilha de São Luís – zona rural. O trabalho evidencia que na cadeia produtiva da carne suína sob inspeção Municipal no estado do Maranhão, existe um grande leque de ferramentas gerenciais com informações técnicas e gerenciais, que influenciam na qualidade da carne suína produzida, oferecendo oportunidades de melhoria para satisfazer o consumidor final com um alimento íntegro e nutricional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clandestino. Suíno. Inspeção.

# TOOLS OF THE QUALITY MANAGEMENT OF THE PRODUCTION CHAIN OF SWINE UNDER INSTITUTIONAL INSTITUTION OF THE MUNICIPALITY OF SÃO LUIS - MA

**ABSTRACT:** The objective was to present the GMP adopted in the pig slaughterhouse in São Louis Maranhão, under municipal inspection. In the course of the study, and the data from the Agricultural Defense Agency of Maranhão - AGED it was found that Maranhão is the second largest producer of pigs in the Northeast, but only 0.48% of slaughtered pork are inspected, the others of clandestine origin. The municipality of São Louis, Capital of the State of Maranhão, has only 01 establishment registered to supply the entire city, establishment this target of our work and is located in the eastern portion of the island of São Louis - rural area. The work shows that in the pork production chain under Municipal inspection in the state of Maranhão, there is a wide range of management tools with technical and managerial information, which influence the quality of the pork produced, offering opportunities for improvement to satisfy the end consumer. a healthy and nutritional food.

**KEYWORDS:** Clandestine. Swine. Inspection.

## 1 | INTRODUÇÃO

O abate de suínos, assim como de outras espécies animais, é realizado para obtenção de carne e de seus derivados, destinados ao consumo humano. No modelo de suíno atual é desafiado ajustar satisfatoriamente qualidade e quantidade de carne, com o objetivo de garantir a viabilidade econômica da indústria cárnea (EDINGTON. 2012).

As empresas processadoras de carne in natura ou derivados, atualmente, têm como objetivo principal oferecer produtos seguros e com altos padrões de qualidade ao consumidor. Para o alcance desse objetivo, as indústrias vêm aderindo à implantação de Programas de Gestão da Qualidade como, por exemplo, o Sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) (BOMFIM, 2010).

O conceito de qualidade da carne suína e seus derivados envolvem vários aspectos inter-relacionados e dependentes de todas as etapas da cadeia produtiva desde o nascimento do animal até o preparo e consumo do produto final (SARCINELLI et al. 2007).

Segundo Franco e Landgraf (2005), apontam que as matérias-primas de origem animal, em particular a carne suína é facilmente contaminada antes, durante e após o abate. Etapas como sangria, esfolagem, evisceração e armazenamento favorecem a colonização de microrganismos deteriorantes e patogênicos, os quais podem causar alterações no valor nutricional, e nas características sensoriais do produto final (cor, odor, sabor e textura), causando prejuízos econômicos e de qualidade do produto.

A suinocultura é uma das atividades mais importantes do complexo agropecuário

brasileiro, por ser predominantemente desenvolvida em pequenas propriedades rurais e em áreas com limitações topográficas para o estabelecimento de lavouras extensivas. Além de gerar alimento e emprego, a suinocultura constitui-se num excelente instrumento de fixação do homem ao campo (STEFANO, 2008).

De acordo com dados da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Estado do Maranhão (AGED) o estado possui 27.492 produtores com tipo de organização independente e um efetivo 1.668.326 de suínos, estando sob abate inspecionado 17.440 animais com o total de quatro abatedouros e apenas um registrado e com inspeção municipal. O Maranhão é o segundo maior produtor de suínos perdendo apenas para a Bahia (MARANHÃO, 2016).

A falta de higiene nas unidades de produção representa risco para os consumidores. A implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) em indústrias de alimentos é obrigatória por Legislação e fundamental para a garantia da segurança dos alimentos comercializados no país e Segundo Kvenberget et. al. (2000), o APPCC é reconhecido internacionalmente como o melhor método de garantia de segurança de produtos alimentícios, que permite identificar riscos específicos e medidas preventivas para seu controle.

O programa de qualidade de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é um plano sistemático para identificação e controle de perigos nas diferentes fases do processo industrial que tem como pré-requisitos as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (PPHO) (CNI, SENAI/SEBRAE, 1999).

O presente trabalho objetiva apresentar as BPFs adotadas no matadouro de suínos do município de São Luís Maranhão, sob inspeção municipal.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

No decorrer do estudo observou-se e acompanhou-se todas as atividades realizadas no matadouro de suínos sob inspeção municipal para implantação dos programas de qualidade desde a chegada dos animais nas baias de abate até sua distribuição ao mercado.

Durante o ano 2016, acompanhou-se a aplicação de ferramentas, métodos e princípios do APPCC, por meio de observação in loco, análise de documentos, coletas de temperaturas da câmara e da carcaça suína e a realização de treinamentos para que todos os funcionários compreendessem o que é o sistema.

Os treinamentos Incluíram os seguintes temas: apresentação do programa de qualidade (APPCC) e Boas Práticas de Fabricação.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Amaral (2006) é fundamental destacar a necessidade de buscar e analisar informações acerca do estabelecimento suinícola, bem como do ambiente no qual ele se insere, sobretudo das suas relações com o restante da cadeia produtiva (fornecedores, agroindústrias e consumidores).

De acordo com as informações prestadas pela técnica responsável pelo controle de qualidade da empresa, os programas de gestão para a qualidade aplicada ao matadouro são todos terceirizados. O SENAI – Serviço Nacional de Apoio a Indústria é o consultor das Boas Práticas de Manipulação implantadas no estabelecimento. Quanto ao controle de pragas e roedores, possuem contrato com empresa especializada e registrada que implantou o plano de controle e iscas móveis de plástico espalhadas pela empresa. As lagoas são monitoradas também por outra empresa, onde se usam produtos para tratamento dos resíduos sólidos e líquidos depositados na lagoa. Segundo Costa e colaboradores (2013) o tratamento de resíduos é extremamente importante dentro de um estabelecimento de abate principalmente no que se refere à contaminação ambiental por ter encontrado em matadouros clandestinos fatos alarmantes, até de contato de crianças com resíduos.

Nos dias do abate há o acompanhamento do veterinário oficial da Prefeitura de São Luís, (SIM-Serviço de Inspeção Municipal), a qual faz a inspeção das carcaças de suíno, onde os animais são abatidos e posteriormente comercializados, este procedimento tem como objetivo garantir a qualidade do produto não oferecendo risco à saúde do consumidor. De acordo com Brito (2013) todo estabelecimento que não possui registro em órgão oficial e não tenha acompanhamento permanente de um veterinário oficial é considerado clandestino.

Na programação de gestão de qualidade, feita por uma técnica específica, diariamente são verificados e registrados em planilhas de controle de limites críticos como: pH e cloro da água, temperatura das câmaras, temperatura do tanque de escaldagem, tempo de sangria, tempo de permanência dos animais no tanque de escaldagem, entre outros. Segundo Lemos em 2015 verificou que o tempo de sangria ineficaz acarretou na má qualidade do produto visto que se observaram pontos hemorrágicos na carcaça de suínos decorrentes de um atordoamento e sangria inadequada.

E feita também, o acompanhamento de todo processo de abate que inclui: chegada dos animais que permanecem nas baias de abate apenas em jejum hídrico, onde também é feita a limpeza por banho de aspersão com objetivo de diminuir a contaminação e promover o bem estar animal, após o descanso hídrico os animais são insensibilizados com eletronarcose (4ampares, 300v por 4 segundos) e são pendurados onde são sangrados. O sangue é coletado no tubo inox visto

que o mesmo é precozido pra ser comercializado. Após a sangria os animais são escaldados e depilados, evicesrados, serrados, inspecionados, feita a toalete, lavagem das carcaças e então são colocados na camara onde permanecem por um tempo aproximado de doze horas para serem transportados em bau frigorificados para os locais de comercialização. As vísceras brancas e vermelhas antes de serem armazenadas passam por processo de pre cozido. Todas as etapas do matadouro atendem as legislações principalmente ao Regulamento de Inspeção industrial de produtos de origem animais – RIISPOA.

Como embasamento legal no tocante ao abate, o país dispõe da Instrução Normativa nº 3, de 17/01/2000, que estabelece, padroniza e moderniza os métodos humanitários de insensibilização dos animais de açougue para o abate, através de diretrizes técnicas e científicas que garantam o bem-estar dos animais desde a recepção até a operação de sangria, assim como o manejo destes nas instalações dos estabelecimentos aprovados para esta finalidade. Moura e Barros (2013) que para se obter o abate humanitário deverá o estabelecimento adotar procedimentos técnicos e operacionais que vão desde a chegada dos animais ao estabelecimento ate a operação de sangria.

A implantação das BPFs devem seguir as recomendações legais da Resolução RDC nº 216 - ANVISA, de 15 de setembro de 2004, que estabelece que o Manual de Boas Práticas (MANUAL de BPF). A empresa dispõe de requisitos que primam pela qualidade do alimento explorado na realização de suas etapas, contudo atenção permanente dispensada aos colaboradores é um requisito fundamental na perpetuação de tais práticas. Um padrão de higiene adequado tem como objetivo assegurar a transmissão de doenças tanto do animal para o trabalhador ou vice versa (Zoonoses).

#### **4 | CONCLUSÃO**

A percepção sobre as variadas etapas da cadeia produtiva da carne suína determinam a sua qualidade e assegura a saúde do consumidor. No matadouro são aplicadas medidas de boas práticas desde a entrada do animal até a última etapa que é o transporte do produto final.

No entanto, melhorias devem ser efetuadas principalmente no que se refere à conscientização dos atores envolvidos (sublinhando os manipuladores nos processos de produção). O trabalho evidencia que na cadeia produtiva da carne suína sob inspeção municipal no estado do Maranhão (granja na cidade de São Luís), existe um grande leque de ferramentas gerenciais com informações técnicas e gerenciais, que influenciam na qualidade da carne suína produzida, oferecendo oportunidades de melhoria para satisfazer o consumidor final com um alimento íntegro e nutricional.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, C.A.A. et al. **Metodologia para Avaliação das Boas Práticas de Fabricação em Indústrias de Pão de Queijo**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP: vol. 25, n. 1, p. 115-120, jan-mar, 2005.
- BOMFIM, G. F. **Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) Aplicável em Alimentos de Origem Animal**. 2010. (Monografia de Especialização) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 que dispõe sobre o Regulamento Técnico de método de sensibilização para abate humanitário de animais de açougue**. Brasília, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Resolução nº. 216 de 15 de Setembro de 2004 que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. Brasília, 2004.
- CNI; SENAI; SEBRAE. **Guia para Elaboração do Plano APPCC**. Brasília: SENAI, 1999. 317 p. Série Qualidade e Segurança Alimentar, projeto APPCC, Guia Geral.
- EDINGTON, Lucia Novis. **Abate de suínos: implicações técnicas e econômicas**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Bahia: Cruz das Almas, 2012.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.
- KVENBERG, J.; STOLFA, P.; STRINGFELLOW, D.; GARRETT, E. S. **HACCP development and regulatory assessment in the United States of America**. Food Control, n. 11, p. 387-401, 2000
- LEMOS, G.M. **Implantação do sistema APPCC integrado ao controle estatístico de processo no abatedouro industrial Agrolusa - São Luís/Ma**. 2015. (Monografia de Graduação) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís - MA. MARANHÃO. Agência de Defesa Agropecuária do Maranhão.
- SARCINELLI, M.F, VENTURINE, K.S, SILVA, L.C. **Características da carne suína**. Boletim Técnico: Universidade Federal de Espírito Santo – UFES, 2007.

## GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ESTRATIFICADA POR TERRITÓRIOS DE DESENVOLVIMENTO EM MINAS GERAIS

Data de aceite: 02/12/2019

Data de submissão: 14/10/2019

### Denise Marília Bruschi

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/8059831687054893>

### Juliana Oliveira de Miranda Pacheco

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3387236156509303>

**RESUMO:** A gestão ambiental adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Minas Gerais é considerada estratégica para o desenvolvimento econômico sustentável do Estado, que vem sendo desenvolvida por meio de iniciativas que estimulam a atuação dos municípios no sentido de otimizá-la. Objetivando adequar a gestão municipal dos RSU às premissas legais estabelecidas, o cenário da destinação dos RSU em Minas Gerais passou por significativa evolução. Em 2001, apenas 30 municípios se encontravam em situação regularizada, representando 27,2% da população urbana do Estado; já em dezembro de 2018, foram contabilizados 391 municípios regularizados, que abrigavam 61,87% da população urbana. Até junho de 2019, 392 municípios se encontram em

situação regularizada, representando 62,13% da população urbana do Estado. O objetivo deste artigo é apresentar a situação, verificada até dezembro de 2018, estratificada pelos 17 Territórios de Desenvolvimento de Minas Gerais, quanto aos sistemas de destinação dos RSU adotados pelos municípios mineiros, citando, ainda, as alterações deste cenário ocorridas até junho de 2019, constituindo-se em ferramenta de acompanhamento e avaliação de resultados, em apoio ao aprimoramento de ações de Estado para o fomento às práticas de adequação da gestão ambientalmente sustentável dos RSU e, dessa forma, promovendo a melhoria da qualidade ambiental em Minas Gerais. Com base nesse desempenho, o Estado tem definido estratégias diferenciadas junto aos territórios, impulsionando a implementação de soluções adequadas às realidades locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Territórios de Desenvolvimento. Política de Resíduos Sólidos. Minas Gerais. Destinação de Resíduos.

### ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE STRATIFIED BY DEVELOPMENT TERRITORIES IN MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** The appropriate environmental management of Urban Solid Waste in Minas Gerais is considered strategic for the

sustainable economic development of the State, which has been developed by initiatives that stimulate the action of the counties in sense of optimizing it. Looking for adapt the municipal management of Urban Solid Waste to the legal premises established, the scenery for the desposition of Urban Solid Waste in Minas Gerais got through a significant evolution. In 2001, only 30 municipalities were in a regularized situation, representing 27.2% of the urban population of the state; already in December 2018, were 391 regularized municipalities, which housed 61.87% of the urban population. Up until June 2019, 392 municipalities are in a regularized situation, representing 62.13% of the urban population of the state. The purpose of this article is to present the situation, verified until December 2018, stratified by the 17 Territories of Development of Minas Gerais, regarding the disposal systems adopted by the municipalities of Minas Gerais, also mentioning changes in this scenario occurred until June 2019, constituting a tool for monitoring and evaluation of results, in support of the improvement of state actions fostering the adaptation practices of environmentally sustainable management of Urban Solid Waste and thereby promoting the improvement of environmental quality in Minas Gerais. Based on this performance, the State has defined different strategies within the territories, driving the implementation of solutions appropriate to local realities and considering the economic and social weaknesses of each region.

**KEYWORDS:** Urban Solid Waste Management. Territories of Development. Solid Waste Politic. Minas Gerais. Waste Disposal.

## 1 | INTRODUÇÃO

A gestão ambiental adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Minas Gerais é considerada estratégica para o desenvolvimento econômico sustentável do Estado.

Desde 1995, com a criação do critério Meio Ambiente para distribuição aos municípios do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) – o ICMS Ecológico, e mais intensamente a partir de 2001, com a publicação da Deliberação Normativa (DN) - DN nº 52 do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e criação do Programa Minas Sem Lixões, o Governo do Estado desenvolve ações com o objetivo de direcionar a atuação dos municípios quanto aos RSU.

Publicada em 12 de janeiro de 2009, a Lei nº 18.031, que instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos, consolidou e direcionou as ações já em desenvolvimento pelo Estado nessa área, estabelecendo princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos para a implementação da gestão e gerenciamento adequado dos RSU em todas as suas etapas, desde a não geração, passando pela prevenção e redução da geração, reutilização, reciclagem, tratamento, destinação final ambientalmente adequada e valorização dos resíduos sólidos.

Em seguida, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, ratificou as diretrizes da lei estadual publicada no

ano anterior e determinou, em seu Artigo 54, que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deveria ser implantada em até quatro anos após a data de sua publicação. Dessa forma, os municípios que ainda se encontravam em situação irregular tiveram prazo até agosto de 2014 para iniciar a disposição final de rejeitos em sistemas regularizados.

Nesse contexto, no âmbito do Programa Minas Sem Lixões e dos programas e projetos subsequentes, objetivando adequar a gestão municipal dos RSU às premissas estabelecidas na legislação e cumprir a determinação de encerramento dos lixões prevista em lei, o cenário da destinação dos RSU em Minas Gerais passou por significativa evolução. Em 2001, apenas 30 municípios se encontravam em situação regularizada, representando 27,2% da população urbana do Estado. Já em dezembro de 2018, foram contabilizados 391 municípios regularizados, alcançando 61,87% da população urbana de Minas Gerais e, até junho de 2019, passaram a ser 392 municípios regularizados, representando 62,13% da população urbana do Estado.

O objetivo deste artigo é apresentar a situação, verificada até dezembro de 2018, dos 17 Territórios de Desenvolvimento de Minas Gerais quanto à regularização ambiental dos sistemas de destinação dos RSU adotados pelos municípios, citando, ainda, as alterações mais recentes deste cenário, ocorridas até junho de 2019.

A elaboração deste artigo fundamentou-se em pesquisa bibliográfica e documental, em especial o Relatório de Progresso - Panorama da Destinação dos RSU no Estado de Minas Gerais em 2017, publicado no sítio eletrônico da Feam, tendo sido atualizadas as informações referentes às regularizações ambientais obtidas pelos municípios até dezembro de 2018 com base no cadastro do ICMS Ecológico – RSU referente ao 4º trimestre daquele ano, e em fiscalizações e visitas técnicas orientativas realizadas no período. As alterações significativas do cenário ocorridas entre dezembro de 2018 e junho de 2019 foram citadas neste artigo com base no cadastro do ICMS Ecológico – RSU referente ao 2º trimestre de 2019. Todos os dados populacionais referem-se à contagem populacional publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 2017.

A demonstração dos dados de forma territorial visa apresentar a situação e a representatividade de cada Território de Desenvolvimento no panorama do Estado. Cabe destacar que uma análise comparativa mais aprofundada desses dados deve considerar também o percentual de municípios e de população urbana do Estado enquadrados em cada classificação, em relação ao número total de municípios e população urbana total dos Território de Desenvolvimento.

## **2 | DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS**

A distribuição dos municípios mineiros estratificada por Território de Desenvolvimento, o somatório de população urbana de cada Território e a representatividade percentual de atendimento por destinação regularizada dos RSU

dessa população em relação à população urbana total de Minas Gerais e em relação à população urbana do próprio Território, até dezembro de 2018, são apresentados na **Tabela 1**.

Verifica-se que mais de um terço (33,2%) da população urbana de Minas Gerais está concentrada no Território de Desenvolvimento Metropolitano, onde se localiza a capital. Com relação ao atendimento por destinação regularizada dos RSU, ao final de 2018, esse Território também é o que abrange o maior percentual da população urbana, correspondente a 28,28% do total de 61,87% do Estado. Até junho de 2019, esse percentual reduziu para 27,87%, mas o Território de Desenvolvimento Metropolitano permanece sendo o que possui maior percentual de atendimento dentre os demais territórios, do total de 62,13% de população urbana regularizada do Estado. Em relação aos demais territórios, é o segundo em percentual de atendimento à população que abriga, correspondendo a 85,2%, ao final de 2018, sendo superado apenas pelo Território de Desenvolvimento Mata. Até junho de 2019, esse percentual reduziu para 84%, e o Território Metropolitano passou a ocupar a terceira posição quanto ao percentual de atendimento da população urbana do próprio território, uma vez que os Territórios Triângulo Sul e Mata passaram a ocupar a primeira e segunda posições, contando com 94% e 91% de atendimento, respectivamente, em relação à população urbana dos próprios territórios.

Território de Desenvolvimento	Nº de municípios	População Urbana (IBGE 2017)	% de população urbana em relação à população urbana total de MG	% de população urbana atendida adequadamente em relação à população urbana total de MG	% de população urbana atendida adequadamente em relação à população urbana do Território
Mata	93	1.491.441	8,1	7,35	91,3
Metropolitano	90	6.147.940	33,2	28,28	85,2
Triângulo Sul	27	724.954	3,9	3,20	81,8
Vertentes	50	655.928	3,5	2,49	70,5
Triângulo Norte	30	1.228.395	6,6	4,67	70,4
Sul	119	1.865.025	10,1	6,70	66,6
Norte	86	1.249.193	6,7	2,96	43,9
Caparaó	55	511.020	2,8	1,13	40,9
Noroeste	30	576.238	3,1	1,06	34,2
Central	17	227.297	1,2	0,40	32,5
Sudoeste	34	516.243	2,8	0,83	29,9
Oeste	56	1.185.679	6,4	1,36	21,2
Vale do Aço	33	745.999	4,0	0,61	15,1
Vale do Rio Doce	49	549.842	3,0	0,41	13,7
Mucuri	29	320.568	1,7	0,18	10,4
Médio e Baixo Jequitinhonha	31	315.316	1,7	0,15	8,5
Alto Jequitinhonha	24	211.382	1,1	0,09	7,7
<b>Total (Minas Gerais)</b>	<b>853</b>	<b>18.522.460</b>	<b>100</b>	<b>61,87</b>	

Tabela 1: Territórios de Desenvolvimento de Minas Gerais e atendimento da população urbana por destinação regularizada dos RSU – dezembro/2018. Adaptado de FEAM, 2018.

O Território de Desenvolvimento Alto Jequitinhonha abriga o menor percentual de população de Minas Gerais que habita em área urbana - 1,1%. Esse Território

também apresenta, ao final de 2018, a pior situação de atendimento da população urbana no que se refere tanto à população total do Estado quanto à do próprio Território, sendo 0,09% e 7,7% de atendimento, respectivamente. Até junho de 2019, o Território Médio e Baixo Jequitinhonha passou de 8,5% para 6,3% de atendimento, em relação à população urbana do próprio território, passando a ser o território em pior situação. Com relação à população urbana regularizada do Estado, o Território Alto Jequitinhonha permaneceu em pior situação, mantendo 0,09% de atendimento, em relação ao total de 62,13% de atendimento do Estado.

Na **Figura 1** são apresentadas as tipologias de destinação dos RSU adotadas pelos 853 municípios e a delimitação dos 17 Territórios de Desenvolvimento de Minas Gerais.

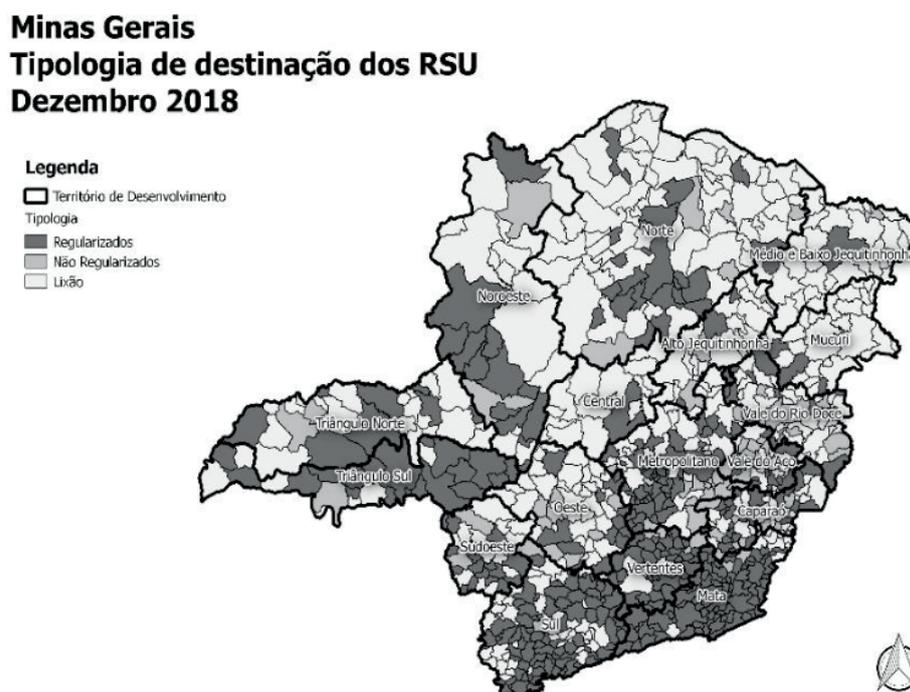


Figura 1: Tipologia de destinação dos RSU em Minas Gerais – 2018. FEAM, 2018.

Para a apresentação de cada Território de Desenvolvimento, as tipologias de destinação dos RSU apresentadas na Figura 1 foram agrupadas em três classificações quanto à regularização ambiental, sendo:

- ✓ “Regularizados”: Englobam os municípios com destinação dos RSU a aterros sanitários (AS) ou Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) regularizados, ou seja, empreendimentos que dispõem de regularização ambiental em vigor, seja Licença de Operação (LO), Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) ou outra modalidade de licença definida pela DN COPAM nº 217/2017. Os municípios que realizam a destinação dos RSU a empreendimentos regularizados localizados fora do Estado de Minas Gerais também se enquadram nessa classificação.
- ✓ “Não Regularizados”: Englobam os municípios com destinação dos RSU

a aterros sanitários ou UTC que não possuem LO ou AAF vigentes. Esses empreendimentos, em sua maioria, operam mediante assinatura de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) junto à Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) a qual se vinculam e, na maioria dos casos, encontram-se com processo de licenciamento corretivo em análise junto ao Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA).

- ✓ “Irregulares”: Municípios que ainda se utilizam de lixões ou aterros controlados para a destinação dos RSU. Cabe ratificar que lixões e aterros controlados são alternativas de destinação dos RSU consideradas não passíveis de licenciamento ambiental e que, desde que findo o prazo para encerramento dos lixões em agosto de 2014, os aterros controlados, da mesma forma que os lixões, configuram igualmente como irregulares.

Ressalta-se, ainda, que a AAF era modalidade de regularização ambiental prevista pela DN COPAM nº 74/2004, revogada com a publicação da DN COPAM nº 217/2017, que poderia ser emitida a empreendimentos causadores de menor impacto ambiental. Essa alternativa foi substituída por processo simplificado de licenciamento ambiental, a partir de março de 2018.

No entanto, essa modalidade de regularização ambiental ainda será sem alteração durante alguns anos, devido a duas situações. Uma delas diz respeito ao fato de que aos processos de regularização que se desenvolviam mediante AAF, quando da publicação da nova normativa, foi facultado concluí-lo no âmbito das regras que o regiam ou reorientá-lo de modo a se adequar às novas regras instituídas pela DN COPAM nº 217/2017. Muitos desses optaram pela conclusão do processo ainda por meio da AAF. A segunda situação abarca as AAF que se encontram dentro do prazo de vigência e somente deverão ser submetidas às novas regras de licenciamento depois de findo esse prazo.

A análise das informações quanto à regularização ambiental das tipologias de destinação dos RSU e sua estratificação pelos Territórios de Desenvolvimento está representada no **Gráfico 1**, que aponta o Território Mata com o melhor percentual de população urbana atendida por destinação regularizada, seguido pelos Territórios Metropolitano e Triângulo Sul, com 91%, 85% e 82% de atendimento, respectivamente, ao final de 2018. Em 2016 e 2017, o Território Mata também apresentou o maior percentual de população urbana atendida e, em 2015, a melhor classificação cabia ao Território Vale do Aço. Considerando dados até junho de 2019, o Território Triângulo Sul contabiliza 94% de atendimento, seguido pelos Territórios Mata e Metropolitano, com 91% e 84% de atendimento, respectivamente.

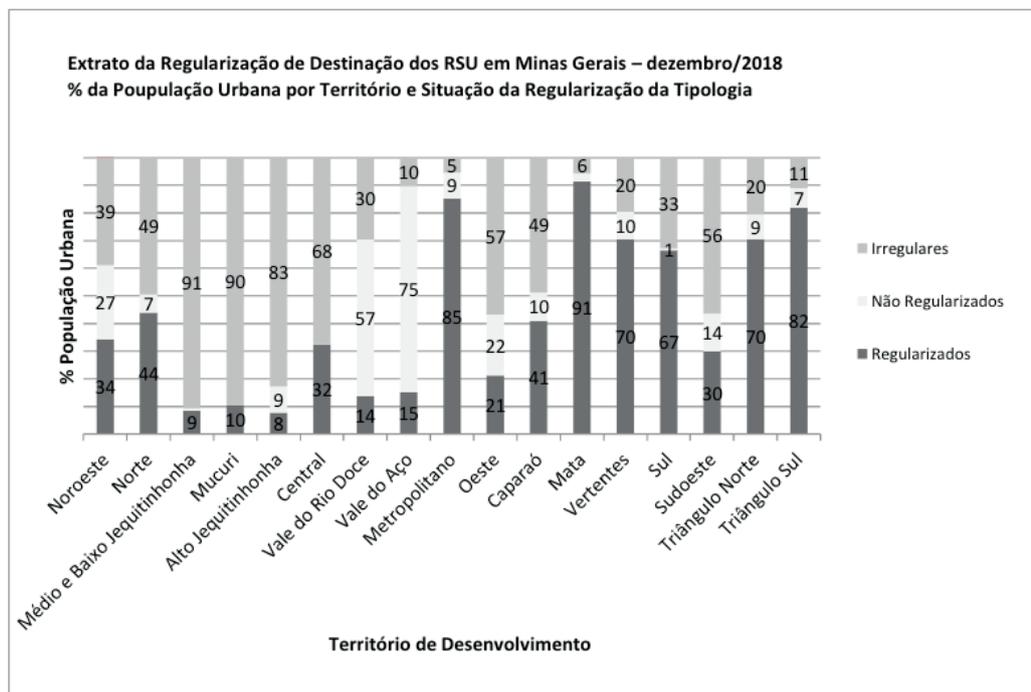


Gráfico1: Porcentagem da População Urbana por Situação de Regularização da Destinação dos RSU, por Território de Desenvolvimento - 2018. FEAM, 2018.

Os piores resultados, que envolvem os menores percentuais de população urbana com acesso a sistemas regularizados para destinação dos RSU, ainda utilizando como alternativa para a maioria dos municípios os lixões, foram verificados nos Territórios Alto Jequitinhonha, Médio e Baixo Jequitinhonha e Mucuri, todos com índices inferiores ou igual a 10% de atendimento, ao final de 2018. Esses resultados ratificaram os resultados registrados em 2015 e 2016, que apontaram os mesmos territórios como os piores também naqueles anos. Indicador esse que determina urgente revisão ou intensificação da estratégia de atuação até então adotada. Considerando dados até junho de 2019, os três territórios - Médio e Baixo Jequitinhonha, Alto Jequitinhonha e Mucuri – permaneceram apresentando os menores percentuais, correspondentes a 6,3%, 7,7% e 10,4% de atendimento, respectivamente. Soma-se a esses o Território Vale do Rio Doce, que apresentou percentual de 8,4% de atendimento, considerando dados até junho de 2019.

Quando se analisa o número de municípios quanto à regularização ambiental das tipologias de destinação dos RSU, também estratificado por Território de Desenvolvimento, obtém-se o resultado representado **Gráfico 2**.

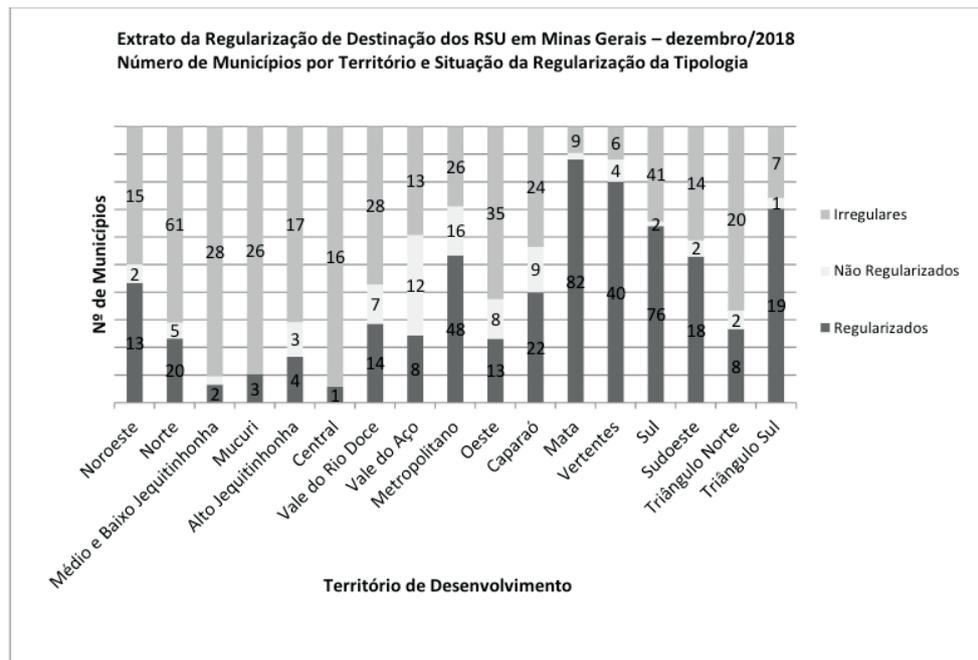


Gráfico 2: Número de Municípios por Situação de Regularização da Destinação dos RSU, por Território de Desenvolvimento - março/2018. FEAM, 2018.

Dessa análise, percebe-se que o melhor resultado, que envolve o maior número de municípios com destinação regularizada dos RSU, também foi obtido no Território Mata, com 82 municípios regularizados. Por sua vez, o Território Norte, com 61 dos 86 municípios do Território dispondo os RSU em sistemas irregulares, apresentou o pior resultado. Esses resultados ratificaram os anos de 2017, 2016 e 2015. Este cenário se repete se considerados dados até junho de 2019 - o Território Mata apresentando o melhor resultado, contando com 81 municípios regularizados, e o Território Norte, o pior resultado, com 60 municípios irregulares.

Na **Figura 2** são apresentadas as situações de cada Território de Desenvolvimento de Minas Gerais quanto à destinação ambiental dos RSU, ao final de 2018. Na sequência são descritos os principais pontos de cada Território quanto à gestão de RSU e detalhados os territórios que alcançaram os melhores resultados – Território Mata e Território Metropolitano, e os que obtiveram os piores resultados – Território Alto Jequitinhonha e Território Médio e Baixo Jequitinhonha, ao final de 2018.



Figura 2: Situação quanto à destinação ambiental dos RSU referente a cada Território de Desenvolvimento de Minas Gerais - dezembro/2018. FEAM, 2018.

O **Território de Desenvolvimento Mata**, que apresenta a melhor situação quanto à gestão dos RSU, é formado por 93 municípios e 1.491.441 habitantes. Ao final de 2018, esse Território possuía 82 municípios regularizados, correspondendo a 91% da população urbana do Território, 9 municípios irregulares e 2 em regularização correspondendo, respectivamente, a 3% e 6% da população urbana dessa região, conforme apresentado no **Gráfico 3** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 81 municípios regularizados e 10 irregulares, mantendo-se 2 municípios em regularização. Os percentuais se mantiveram semelhantes. Neste Território estão localizados 03 aterros sanitários privados que operam de forma compartilhada com outros municípios da região. Esses empreendimentos estão localizados nos municípios de Além Paraíba, Juiz de Fora e Leopoldina. Além disso, 03 municípios deste Território – Arantina, Passa-Vinte e Santa Rita de Jacutinga - encaminham seus RSU para aterro sanitário localizado fora do Estado de Minas Gerais, em Barra Mansa, no Rio de Janeiro.

O **Território de Desenvolvimento Metropolitano**, segundo classificado, ao final de 2018, dentre os Territórios quanto ao indicador de atendimento da população urbana por destinação regularizada dos RSU, é formado por 90 municípios e 6.147.940 habitantes. Ao final de 2018, esse Território possuía 48 municípios regularizados, correspondendo a 85,2% da população urbana do Território, 16 municípios não regularizados, correspondendo a 9% e 26 municípios irregulares, correspondendo a 6% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 4** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 45 municípios regularizados, 21 não regularizados e 24 irregulares, correspondendo a 84%, 11% e 5% de população urbana atendida, respectivamente. Neste Território estão localizados 04 aterros sanitários que operam de forma compartilhada com outros municípios da região. Esses empreendimentos estão localizados nos municípios de Betim, Sabará, João Monlevade e Itabirito.

O Território de Desenvolvimento Triângulo Sul, classificado como o terceiro melhor gerenciado quanto à destinação de RSU em Minas Gerais ao final de 2018, é formado por 27 municípios e 724.954 habitantes residindo em suas áreas urbanas. Esse Território possuía, ao final de 2018, 19 municípios regularizados, correspondendo a 81,8% da população urbana do Território, apenas 01 município não regularizado, correspondendo a 7,2% e 07 municípios irregulares, correspondendo a 11% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 5** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 22 municípios regularizados e 05 irregulares, correspondendo a 94% e 6% da população urbana. Não foi contabilizado nenhum município não regularizado.

O **Território de Desenvolvimento Vertentes** é formado por 50 municípios e 655.928 habitantes residindo em suas áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território

possuía 40 municípios regularizados, correspondendo a 70% da população urbana do Território, 04 municípios não regularizados e 06 irregulares, correspondendo a 10% e 20% da população urbana do Território, respectivamente, conforme apresentado no **Gráfico 6** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 37 municípios regularizados, 09 não regularizados e 04 irregulares, correspondendo a 72%, 12% e 16% de atendimento da população urbana do território, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Triângulo Norte** é formado por 30 municípios com 1.228.395 habitantes residindo em suas áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 08 municípios regularizados, correspondendo a 71% da população urbana do Território, 02 municípios não regularizados e 20 irregulares, correspondendo a 9% e 20% da população urbana do Território, respectivamente, conforme apresentado no **Gráfico 7** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 07 municípios regularizados, 03 não regularizados e 20 irregulares, correspondendo a 62%, 18% e 20% de atendimento da população urbana, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Sul** é formado por 119 municípios e 1.865.025 habitantes residindo em suas áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 76 municípios regularizados, correspondendo a 66% da população urbana do Território, apenas 02 municípios não regularizados, e 41 municípios irregulares, correspondendo a 1% e 33% da população urbana do Território, respectivamente, conforme apresentado no **Gráfico 8** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 80 municípios regularizados, 02 não regularizados e 37 irregulares, correspondendo a 70%, 1% e 29% de atendimento da população urbana do território, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Norte** é formado por 86 municípios e 1.249.193 habitantes em suas áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 20 municípios regularizados, correspondendo a 44% da população urbana e 05 municípios não regularizados, que abrigam 7,0% da população urbana do Território. Verifica-se que mais da metade desse território, ou seja, 61 municípios dispõem de forma irregular seus RSU, correspondendo a 49% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 9** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 22 municípios regularizados, 04 não regularizados e 60 irregulares, correspondendo a 45%, 6% e 49% de atendimento da população urbana do território, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Caparaó** é formado por 55 municípios com 511.020 habitantes nas áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 22 municípios regularizados, correspondendo a 41% da população urbana do Território, 09 municípios não regularizados, correspondendo a 10%, e 24 municípios irregulares, correspondendo a 49% da população urbana do Território, conforme apresentado

no **Gráfico 10** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 21 municípios regularizados, 12 não regularizados e 22 irregulares, correspondendo a 36%, 16% e 48% de atendimento da população urbana do território, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Noroeste** é formado por 30 municípios e 576.238 habitantes em áreas urbanas no Território. Ao final de 2018, esse Território possuía 13 municípios regularizados, correspondendo a 34% da população urbana do Território, apenas 02 municípios não regularizados, correspondendo a 27%, e 15 municípios irregulares, correspondendo a 39% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 11** da **Figura 2**. Até junho de 2019, não ocorreram alterações no quantitativo de municípios, mas apenas nos percentuais de atendimento, que passaram a ser de 36% e 25% de população urbana atendida por destinação dos RSU regularizada e não regularizada, respectivamente. Foram mantidos 39% de população urbana com destinação irregular.

O **Território de Desenvolvimento Central** é formado por 17 municípios e 227.296 habitantes nas áreas urbanas. Nesse Território, apenas o município de Curvelo possui destinação regularizada para os RSU gerados por esses 32% da população urbana do Território e atendida pelo aterro sanitário pertencente ao Consórcio Regional de Saneamento Básico Central de Minas - CORESAB CENTRAL DE MINAS, no entanto, apenas Curvelo utiliza o empreendimento do consórcio. A destinação irregular é realizada pelos demais 16 municípios, que abrigam os outros 68% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 12** da **Figura 2**. O cenário permanece o mesmo até junho de 2019.

O **Território de Desenvolvimento Sudoeste** é formado por 34 municípios e 516.244 habitantes urbanos. Ao final de 2018, esse Território possuía 18 municípios regularizados, correspondendo a 30% da população urbana do Território, 02 municípios não regularizados, correspondendo a 14%, e 14 municípios irregulares, cerca de 56% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 13** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 16 municípios regularizados, 03 não regularizados e 15 irregulares, correspondendo a 27%, 16% e 57% de atendimento da população urbana do território, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Oeste** é formado por 56 municípios e 1.185.679 habitantes em áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 13 municípios regularizados, correspondendo a 21% da população urbana do Território, 08 municípios não regularizados, correspondendo a 22%, e 35 municípios irregulares, correspondendo a 57% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 14** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 18 municípios regularizados, 06 não regularizados e 32 irregulares, correspondendo a 32%, 14% e 54% de atendimento da população urbana, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Vale do Aço** é formado por 33 municípios e

745.998 habitantes urbanos. Ao final de 2018, esse Território possuía 08 municípios regularizados, correspondendo a 15% da população urbana do Território, 12 municípios não regularizados, correspondendo a 75%, e 13 municípios irregulares, correspondendo a 10% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 15** da **Figura 2**. Até junho de 2019, não ocorreram alterações significativas nos percentuais de atendimento, mas apenas nos quantitativos de municípios, passando a 13 municípios não regularizados e 12 irregulares. Foram mantidos 8 municípios regularizados.

O **Território de Desenvolvimento Vale do Rio Doce** é formado por 49 municípios e 549.842 habitantes em áreas urbanas. Ao final de 2018, esse Território possuía 14 municípios regularizados, correspondendo a 14% da população urbana do Território, 07 municípios não regularizados, correspondendo a 56% da população urbana e 28 municípios irregulares, correspondendo a 30% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 16** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 13 municípios regularizados, 09 **não regularizados** e 27 irregulares, correspondendo a 9%, 62% e 29% de atendimento da população urbana, respectivamente.

O **Território de Desenvolvimento Mucuri** ocupa a penúltima posição quanto à gestão dos RSU dentre os Territórios mineiros e é formado por 29 municípios e 320.568 habitantes nas áreas urbanas. Esse Território possui 03 municípios regularizados, correspondendo a 10% da população urbana do Território. Os 26 municípios irregulares completam a população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 17** da **Figura 2**, não existindo nenhum município não regularizado. O cenário permanece o mesmo até junho de 2019.

O **Território de Desenvolvimento Médio e Baixo Jequitinhonha** é formado por 31 municípios e 315.316 habitantes urbanos. Ao final de 2018, esse Território possuía 02 municípios regularizados, correspondendo a 8% da população urbana do Território, 01 município não regularizado, correspondente a 1% da população urbana e 28 municípios irregulares, correspondendo a 91% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 18** da **Figura 2**. Até junho de 2019, foram contabilizados 01 município regularizado e 02 não regularizados, correspondendo a 6% e 3%, respectivamente. Não houve alteração quanto aos municípios irregulares. Os municípios regularizados correspondiam a Coronel Murta e Jequitinhonha, que possuíam UTC para destinação dos RSU. O município de Coronel Murta, no entanto, teve a regularização ambiental de sua UTC cancelada. Dentre os municípios irregulares, Almenara é o município mais representativo com disposição final dos RSU em lixão, com 35.373 habitantes urbanos.

O **Território de Desenvolvimento Alto Jequitinhonha** é formado por 24 municípios e 211.382 habitantes em áreas urbanas. Esse Território apresenta a

pior situação de destinação final de RSU do Estado, com apenas 04 municípios regularizados, correspondendo a 8% da população urbana do Território e 03 municípios não regularizados, correspondendo a 9%. A destinação irregular nesse território é bastante expressiva. Dos 17 municípios irregulares, que abrigam cerca de 83% da população urbana do Território, conforme apresentado no **Gráfico 19** da **Figura 2**, destaca-se o município de Diamantina, com população urbana mais expressiva, igual a 42.926 habitantes. Carbonita, Coluna, Presidente Kubitschek e Leme do Prado são os municípios regularizados. Os 03 municípios não regularizados são Jenipapo de Minas, Senador Modestino Gonçalves e Serro, que operam UTC sem licenciamento ambiental vigente. O cenário permanece o mesmo até junho de 2019.

### 3 | CONCLUSÃO

O panorama da destinação dos RSU em Minas Gerais passou por significativa evolução. Em 2001, quando iniciada pelo COPAM a convocação dos municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de destinação de RSU, apenas 30 municípios, onde residiam menos de 30% da população urbana do Estado, encontravam-se em situação regularizada. Já em dezembro de 2018, 391 municípios se encontravam nessa situação, cerca de 61,87% da população urbana mineira. Até junho de 2019, foram contabilizados no total 392 municípios regularizados, representando 62,13% da população urbana do Estado.

No entanto, após mais de quatro anos de vencido o prazo estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Minas Gerais, ao final de 2018, possuía 386 municípios utilizando-se de lixões ou aterros controlados para esse fim. Outros 76 municípios destinavam seus RSU a empreendimentos passíveis de regularização ambiental que, no entanto, não possuem licenças ou autorizações vigentes. Até junho de 2019, o número de municípios irregulares reduziu para 370 e, com relação à destinação dos RSU a empreendimentos passíveis de regularização ambiental, porém sem licenças ou autorizações vigentes, foram contabilizados 91 municípios.

Os Territórios de Desenvolvimento do Estado se encontram em diferentes estágios de evolução, notadamente quanto aos indicadores de número de municípios com destinação regularizada dos RSU e percentual de população urbana atendida por essa destinação. No que se refere a esse último indicador, em relação à população urbana do próprio Território de Desenvolvimento, os territórios Mata, Metropolitano, Triângulo Sul, Vertentes, Triângulo Norte e Sul apresentam os melhores resultados, superiores a 60% de atendimento da população urbana, enquanto os territórios Médio e Baixo Jequitinhonha, Mucuri, Alto Jequitinhonha, Vale do Aço e Vale do Rio Doce apresentam os piores resultados, abaixo de 20%. Em estágio intermediário estão

os territórios Norte, Caparaó, Noroeste, Central, Sudoeste e Oeste, com percentual de atendimento da população urbana variando entre 20% e 50%, em relação à população urbana do próprio território.

Diante desse quadro, faz-se necessária a adoção de estratégias governamentais diferenciadas junto aos territórios que apresentam baixos resultados, em especial o Território Médio e Baixo Jequitinhonha - que possui o menor percentual de atendimento da população urbana por destinação regularizada dos RSU, de forma a impulsionar a implementação de soluções adequadas às realidades locais e considerando as fragilidades econômicas e sociais dessas regiões. Os municípios de menor porte, com população urbana inferior a 20.000 habitantes, também necessitam de atuação diferenciada, tendo em vista a capacidade operacional de suas administrações locais.

Nesse sentido, a gestão compartilhada dos RSU apresenta-se como boa opção, tendo em vista que tal forma de gestão pode trazer otimização do uso de áreas e equipamentos para viabilização de sistemas adequados de destinação dos RSU, além propiciar redução dos custos de implantação e operação, em função de ganho de escala.

Essa gestão deve buscar alternativas para agregação de valor às frações de recicláveis ou passíveis de tratamento que compõem esses RSU, de forma a promover seu retorno à cadeia produtiva, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e estimulando a sua valorização como fonte de energia. Além disso, o estímulo à redução da geração, da melhor segregação na fonte, da inserção social de catadores de materiais recicláveis e atração de indústrias que se interessem pelo processamento de tais resíduos, poderá mudar o panorama, embora crescente, muito instável de soluções alcançadas e consolidadas até o momento.

Cabe destacar a importância do planejamento, em especial por meio da elaboração dos Planos Municipais ou Regionais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, ou mesmo de Saneamento, que promovam o envolvimento da população, como instrumento essencial para a obtenção de resultados duradouros, a partir do estabelecimento de objetivos e metas, implementação de ações integradas e adequadas às realidades locais, abrangendo todas as etapas da gestão dos resíduos sólidos, desde a não geração até a disposição final.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.305, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRUSCHI, D. M. **Análise do Programa Minas sem Lixões: Contribuição à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais, 2003-2010.** Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2011.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação Normativa COPAM 52, de 14 de dezembro de 2001.** Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dá outras providências.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação Normativa COPAM 74, de 9 de setembro de 2004.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental e determina as normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação Normativa COPAM 217, de 06 de dezembro de 2017.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2017.** Belo Horizonte: FEAM, 2018. 135 p.

FEAM. **Minas sem Lixões.** Disponível em <http://www.feam.br/minas-semlixoes/publicacoes>. Acesso em 21 de maio de 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros.** Disponível em [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa\\_dou.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm). Acesso em 05 de junho de 2018.

MINAS GERAIS. **Lei nº 12.040, de 28 de dezembro de 1995.** Dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do artigo 158 da Constituição Federal, e dá outras providências (atualmente revogada).

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009.** Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA DE COLETA, MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DADOS AMBIENTAIS APLICADOS A FERROVIA

*Data de aceite: 02/12/2019*

### **Patricia Ruth Ribeiro**

Rumo Logística S.A, Gerência de Meio Ambiente  
Curitiba – Paraná

### **Stefani Gabrieli Age**

Rumo Logística S.A, Gerência de Meio Ambiente  
Curitiba – Paraná

### **Renata Twardowsky Ramalho**

Rumo Logística S.A, Gerência de Meio Ambiente  
Curitiba – Paraná

**RESUMO:** A licença de operação (LO), pertencente a um dos estágios do licenciamento ambiental no Brasil, é a etapa mais importante para garantir uma gestão ambiental eficiente de empreendimentos considerados potencialmente poluidores. Através dela são determinadas as condicionantes e programas para controle e mitigação de possíveis impactos ambientais e socioambientais. A metodologia desses programas é apresentada no PBA - Plano Básico Ambiental e entre eles, estão àqueles relacionados ao meio físico, biótico e relações sociais. Para registro e monitoramento dos dados ambientais, visando agilidade e assertividade em campo, gerenciamento da informação, análise de dados e apresentação da informação junto a órgãos ambientais e internamente dentro da companhia, a Rumo

desenvolveu sistema de coleta de dados, que permitisse a formação de um banco de dados geográficos, integrando mapeamento portátil e SIG – Sistema de Informações Geográficas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Licenciamento, georreferenciamento e análise ambiental.

### ENVIRONMENTAL LICENSING – SYSTEM OF COLLECTION, MONITORING AND ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DATA APPLIED TO RAILWAY

**ABSTRACT:** The operating license (LO), which belongs to one of the stages of environmental licensing in Brazil, is the most important step to ensure efficient environmental management of potentially polluting enterprises. Through it are determined the conditions and programs for control and mitigation of possible environmental and socio-environmental impacts. The methodology of these programs is presented in the PBA - Basic Environmental Plan and among them, are those related to the physical environment, biotic and social relations. For the recording and monitoring of environmental data, aiming at agility and assertiveness in the field, information management, data analysis and presentation of information to environmental agencies and internally within the company, Rumo developed data collection system that would allow the formation of a geographic

database, integrating portable mapping and GIS - Geographic Information System.

**KEYWORDS:** Licensing, georeferencing and environmental analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário de cargas, um dos meios mecanizados de transporte precursores na movimentação de carga no mundo, ainda desempenha um papel fundamental na logística mundial. As principais economias do mundo têm a ferrovia como um dos básicos meios de transporte de cargas.

Desde que as ferrovias foram concedidas à iniciativa privada, processo iniciado a partir de 1996, o transporte ferroviário de carga tem sofrido uma profunda transformação e buscam continuamente o aperfeiçoamento de suas atividades (ANTF, 2019).

A Rumo é a empresa resultante da fusão entre a Rumo Logística Operadora Multimodal S.A e a América Latina Logística (ALL), oficializada em fevereiro de 2015. Operando aproximadamente 12,9 mil quilômetros de malha ferroviária. A companhia atua no transporte de grãos (soja e milho), açúcar, cítricos, celulose, fertilizantes, manufaturados e combustíveis. Além de ser a principal escoadora de grãos entre a região Centro-Oeste e o porto de Santos, a empresa atua na operação de terminais de armazenagem e em projetos logísticos intermodais.

A companhia assume o serviço público de transporte ferroviário de cargas nas malhas Sul (PR, SC, RS), Oeste (MS) e Paulista (SP) da extinta Rede Ferroviária Federal (RFFSA), que desde 1999 era prestado pela ALL. Detém também a concessão para operação da chamada Malha Norte, no trecho que compreende de Aparecida do Taboado (MT) até Rondonópolis (MT), onde está localizado o maior terminal intermodal da América Latina. Sua estrutura operacional compreende terminais e complexos operacionais, com postos de manutenção de vagões e locomotivas e postos de abastecimento em seis estados — Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Essas unidades interligam o equivalente a 45% de toda a malha ferroviária brasileira.

Para a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, é necessário o licenciamento ambiental, conforme Política Nacional do Meio Ambiente, que foi estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e Resolução CONAMA nº 237/97.

A Rumo possui uma licença operacional para cada malha ferroviária, de acordo com seus contratos de concessão. Para cada licença operacional são exigidas condicionantes e programas específicos para controle e mitigação de possíveis impactos ambientais e socioambientais. Esses programas são apresentados no PBA

- Plano Básico Ambiental e entre eles, estão àqueles relacionados ao meio físico, biótico e relações sociais.

Desta forma, baseado no diagnóstico a ser apresentado, este trabalho teve como objetivo viabilizar um Sistema de Coleta e Monitoramento de Dados Ambientais para o atendimento as condicionantes ambientais previstas nas Licenças Operacionais concedidas a concessionária RUMO, vigentes em 2016. O sistema deveria permitir, em campo, a automatização e otimização dos processos de coleta, monitoramento dos dados, padronização das informações, registro fotográfico, anotação de característica e localização geográfica com precisão. Além disso, em escritório, permitir que os arquivos fossem facilmente exportados para tabulação e em formatos espaciais para armazenamento na base de dados SIG - Sistema de Informação Geográfica para visualização e análise dos dados.

## 2 | METODOLOGIA

Inicialmente a metodologia dos programas ambientais foram elaboradas e executadas por empresa terceirizada. Em 2015 a Rumo internalizou esse trabalho, visando melhorias e intercâmbio de informações com as demais áreas da empresa. A primeira medida foi a revisão do PBA – Plano Básico Ambiental, pois se viu a necessidade de reajustar os parâmetros, métodos de coleta de campo e análises para melhor atender as demandas da Companhia e Órgão Ambiental. A revisão foi protocolada no IBAMA em 2016 e contemplou os seguintes aspectos:

- Coleta de dados com equipamento especializado para mapeamento que permite registro georreferenciado, padronização dos atributos, registro fotográfico e o monitoramento dos pontos;
- Classificação padronizada em relação a tipologia dos fenômenos mapeados em campo, como Processos Erosivos e drenagem, Obras, Vazamento de Granéis, Atropelamento de Fauna, Invasões, Resíduos e Passagens em Nível;
- Análise dos pontos utilizando ferramentas de geoprocessamento para cruzamento com o histórico de dados e mapeamentos oficiais disponibilizados por órgãos governamentais;
- Compartilhamento das informações e análises realizadas pela equipe de meio ambiente com outros setores da companhia responsáveis por medidas de prevenção e controle da via permanente.

O monitoramento desses dados foi realizado a uma velocidade máxima de

40km/h via veículo ferroviário, denominado auto-de-linha (figura 1), no qual técnicos especializados coletavam os dados periodicamente, variando conforme o programa ambiental que o dado coletado daria subsídio. Nos pontos críticos, os técnicos paravam para realizar uma vistoria mais detalhada.



Figura 1 - Veículo Ferroviário Auto-de-Linha

Anteriormente ao método a ser apresentado, a coleta de dados era realizada por anotação das informações em papel, localização da coordenada geografia com GPS Garmin e registro fotográfico com câmera fotográfica. Para execução deste processo eram necessárias pelo menos duas pessoas, uma realizando o registro fotográfico e a outra batendo o ponto no GPS e escrevendo os diversos atributos do ponto, sem perder a sincronia dos três processos. Após o processo de campo, essas anotações tinham que ser repassadas manualmente para planilhas eletrônicas. As principais falhas neste método eram a perda na confiabilidade dos dados devido a não padronização das anotações, rasuras no papel, letras ilegíveis e erros na sincronização dessas três informações (registro fotográfico, anotações e posição GPS). Além disso, o método antigo não permitia o monitoramento das informações, porque não se tinha acesso rápido às informações coletadas no último monitoramento em campo.

## 2.1 Escolha das ferramentas para o novo sistema de coleta

Para criar uma metodologia de coleta de dados, inicialmente, buscou-se um sistema de coleta que atendesse os objetivos do projeto. Foram testados dois aplicativos que atendiam os objetivos, eles seriam instalados em smartphones ou tablets. Quando testados em campo, foram identificados alguns problemas e falhas as quais inviabilizavam o projeto, como por exemplo:

- a) O GPS utilizado pelo aplicativo era o mesmo do aparelho e muitas vezes ficava sem sinal, ou com uma precisão muito abaixo do esperado;

- b) O acesso aos dados era realizado via sincronia, quando ultrapassavam 150 pontos, os aplicativos travavam. Outro ponto relevante é a qualidade da rede de internet que limitava e dificultava o acesso aos dados para manipulação em softwares de SIG;
- c) Algumas empresas vendem a solução do aplicativo, mas não é possível alterar as opções de atributos de forma simples e rápida.

Também foram estudadas soluções de mapeamento móvel, acopladas no veículo ferroviário, porém essa solução não possuía mobilidade para retirada de fotografias nos ângulos exigidos na coleta de dados.

Como terceira opção, foram testados em campo, simulando uma campanha de coleta de dados, modelos de coletores de dados geográficos, equipamentos robustos que integram um pacote: GPS de alta sensibilidade, sistema operacional Windows e câmera 8 MP (figura 2). Esses coletores utilizam softwares específicos que permitem a anotação e atualização de características/pontos. Entre custos e benefícios optou-se pelos coletores modelo Juno da Trimble, com o software Terra Sync para coleta de dados e o Path Finder Office, para tratamento e exportação.

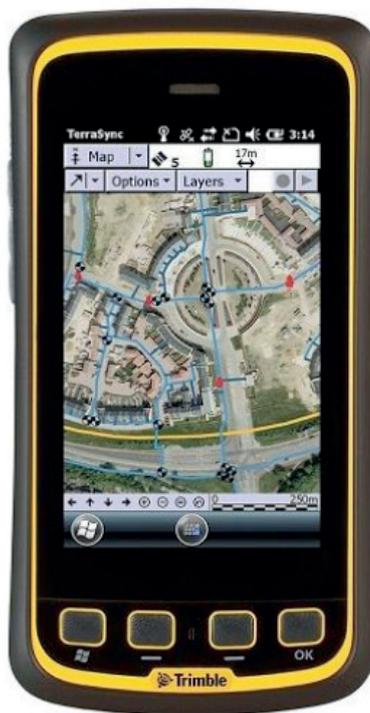


Figura 2 - Coletor de dados modelo Juno 5B

Para melhorar a precisão das coordenadas também foram adquiridas antenas, que são conectadas na parte externa do auto de linha.

## 2.2 Novo Sistema de coleta

Adotou-se como metodologia a criação de dicionários de dados padrões por meio do software Path Finder Office que abordassem todos os atributos necessários para

descrever características/pontos coletados em campo com simbologia padronizada. Dicionário compatível com o software Terra Sync, instalado nos coletores de dados Juno, permitindo a agilidade na hora da coleta de dados, através da seleção de característica em listas suspensas, botões de seleção e valores padrões selecionados automaticamente, dependendo dos primeiros atributos escolhidos.

Na próxima figura é possível observar como são visualizadas, no coletor, as opções de características/pontos criados no dicionário de dados padrão. Ao selecionar uma característica (à esquerda na figura 3) o ponto GPS é registrado automaticamente e então se abre as opções de atributos a serem marcados para o tipo de ponto que foi selecionado (à direita na figura 3).

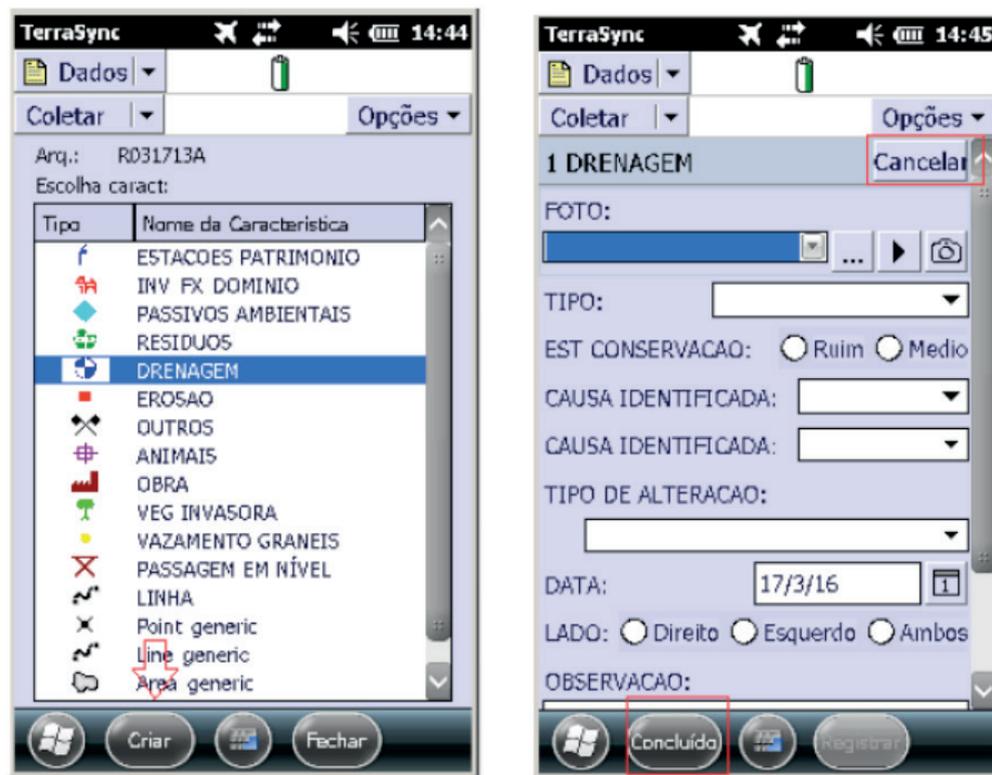


Figura 3 - Marcação dos pontos em campo a partir do dicionário de dados padrão

Os pontos coletados e o trajeto percorrido podem ser visualizados em uma janela mapa (figura 4), com ou sem plano de fundo.

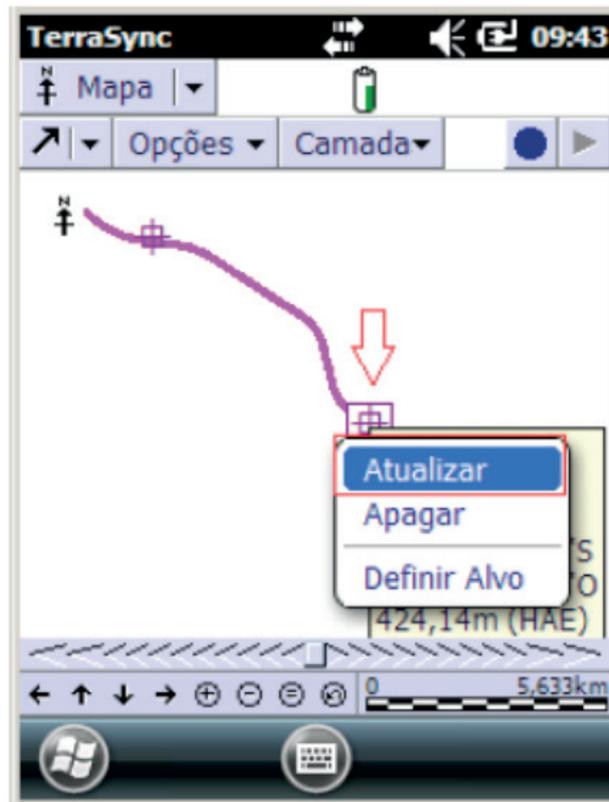


Figura 4 - Janela de visualização mapa

Os dados registrados são baixados via cabo e exportados para formato espacial Shapefile, compatível com a base de dados SIG e em formato de tabela para manipulação em Excel.

A partir dos equipamentos e softwares adquiridos, juntamente com ferramentas SIG foi possível criar um sistema de coleta, atualização, monitoramento e gestão de dados ambientais.

O fluxo desse sistema pode ser visualizado na figura 5:



Figura 5 - Fluxo do Sistema de Coleta e Monitoramento de Dados

A partir da coleta dos dados, esses pontos são tratados em escritório e em seguida baixados em formato de planilha para análises quantitativas e em formato Shapefile para cruzamento e análises em ambiente SIG com dados socioambientais, tais como Área de Preservação Permanente, terras indígenas, Unidades de Conservação, geologia, pedologia, hidrologia, pluviosidade e geomorfologia entre outros que compõe a base de dados secundários.

Essas análises permitem a identificação de trechos e pontos críticos, direcionando as ações de mitigação, preventivas e corretivas, dependendo do caso, a serem realizadas pela companhia visando a preservação da operação ferroviária, a comunidade lindeira, os bens patrimoniais e o meio ambiente.

Esses dados são recarregados no coletor de dados, para uma próxima campanha de monitoramento e o ciclo reinicia.

### 3 | RESULTADO

Esse sistema foi implantado em 2015, sendo possível avaliar como principais resultados:

- a) A agilidade no campo e no tratamento dos dados em escritório;
- b) Padronização dos atributos e simbologias;
- c) Maior visibilidade da evolução dos processos e problemas ambientais identificados;

- d) Maior confiabilidade e acurácia nos dados gerados;
- e) Formação de um banco de dados geográficos padronizado.

Dentre os principais produtos gerados a partir dos dados coletados em campo encontram-se memoriais de pontos específicos e mapas (figura 6).

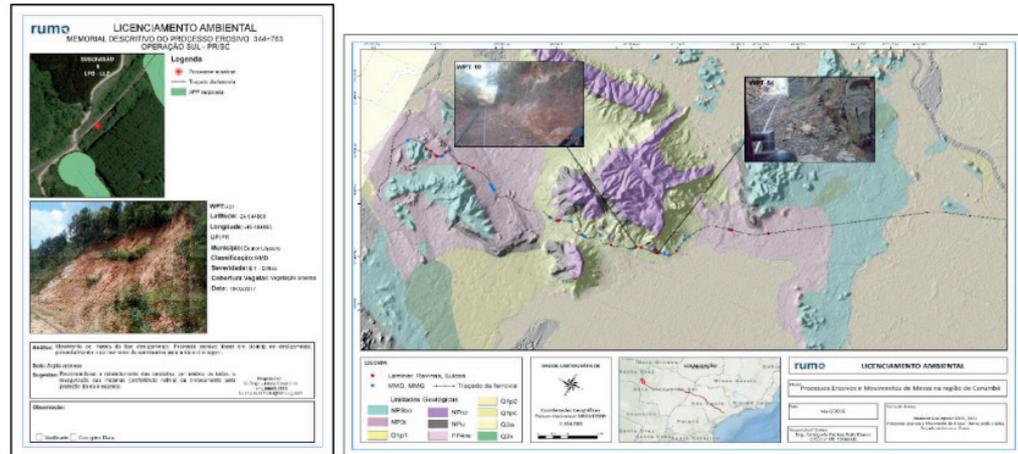


Figura 6 – Do lado esquerdo memorial descritivo referente a processo erosivo e do lado direito mapas gerados evidenciados pontos críticos de drenagem.

Também são gerados gráficos, planilhas e arquivos Google Earth com foto para compartilhar os dados dentro da companhia e órgãos ambientais (figura 7).

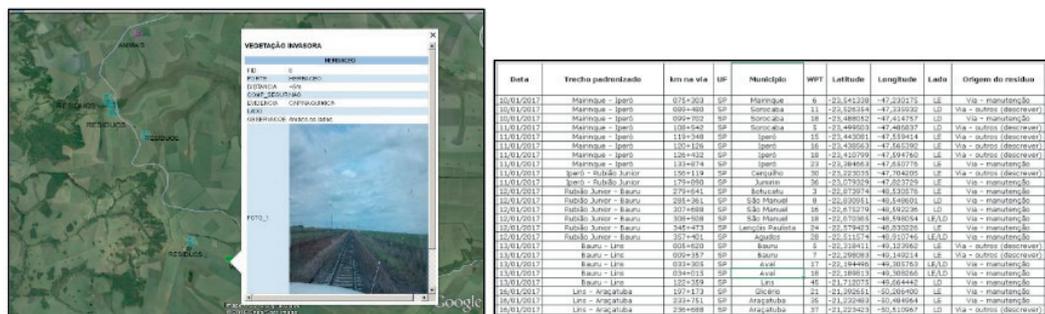


Figura 7 - Arquivo Google Earth com Foto e Planilha de Dados

## 4 | CONCLUSÕES

O Sistema de Coleta e Monitoramento de Dados Ambientais se mostrou nesse período de execução eficiente em relação aos objetivos iniciais, principalmente pelo fato da coleta e monitoramento estarem atrelados a dados espaciais e as três informações (espacial, fotográfica e descritiva) estarem relacionadas em um único sistema, facilitando a dinâmica em campo. A facilidade no acesso aos dados coletados e o cruzamento com a base de dados espaciais em ambiente SIG, permitiu agilidade na análise do entorno e nas tomadas de decisões. Com a formação do banco de dados, as análises realizadas, foi possível verificar padrões

de comportamento, pontos críticos e desvios, para uma atuação mais assertiva. Dessa forma, a metodologia dos programas está em constante aprimoramento a fim de proporcionar que a operação ferroviária possa ocorrer da forma mais harmoniosa possível com o meio ao qual está inserido. Os dados reportados neste trabalho são referentes ao ano de 2016.

## REFERÊNCIAS

**O setor ferroviário de cargas brasileiro. ANTF.** Disponível em: < <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 04 out. 2019.

## MODELAGEM COMPUTACIONAL DE PROCESSOS DE CONTAMINAÇÃO EM MEIOS POROSOS

*Data de aceite: 02/12/2019*

### **Marcelo Lemos da Silva**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado  
do Rio de Janeiro  
Nova Friburgo, Rio de Janeiro

### **Grazione de Souza Boy**

Instituto Politécnico, Universidade do Estado  
do Rio de Janeiro  
Nova Friburgo, Rio de Janeiro

**RESUMO:** A água é um recurso fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, e no caso dos seres humanos a sua relação é ainda mais proeminente, devido às suas aplicações que envolvem, por exemplo, irrigação, processos industriais, transporte, energia e higiene. Infelizmente, também é verdade que os recursos hídricos são atingidos pela poluição. Nos aquíferos, formações rochosas subterrâneas onde há água armazenada, processos de contaminação podem inviabilizar a utilização e levar a necessidade de técnicas de remediação. Em tal contexto, a simulação numérica de escoamentos em meios porosos pode ser aplicada no entendimento da dinâmica dos processos de contaminação e na proposição de mecanismos de contenção e/ou remediação. Este capítulo é dedicado a aplicação de simulação numérica ao problema

de contaminação em um aquífero. O material possui caráter introdutório, de forma que o leitor que não conhece o tema seja apresentado aos fundamentos do assunto e possa posteriormente avançar em maiores detalhes.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquíferos, contaminação, simulação numérica, Método de Diferenças Finitas.

### COMPUTATIONAL MODELING OF CONTAMINATION PROCESS IN POROUS MEDIA

**ABSTRACT:** Water is a fundamental resource for the survival of living beings, and in the case of human beings its relationship is even more prominent due to its applications involving, for example, irrigation, industrial processes, transport, energy and hygiene. Unfortunately, it is also true that water resources are affected by the pollution. In the case of aquifers, underground rock formations where there is stored water, contamination processes can make their use unfeasible and lead to the need for remediation techniques. In this context, numerical simulation of porous media flow can be applied to understand the dynamics of contamination processes and to propose containment and/or remediation mechanisms. This chapter is dedicated to the application of numerical simulation to the problem of

contamination in an aquifer. The text has an introductory character, so that the reader who does not know the theme is presented to fundamental concepts and can later advance in more detail.

**KEYWORDS:** aquifers, contamination, numerical simulation, Finite Difference Method.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um aquífero é uma formação rochosa subterrânea onde há água armazenada. Trata-se de um meio poroso, ou seja, formado por uma matriz sólida constituída de rocha e de poros, que formam os espaços preenchidos por fluido, sendo uma fonte de água doce para os seres humanos. Eles são responsáveis por estocar aproximadamente 10,5 milhões de km<sup>3</sup> de água doce em estado líquido, o que representa 30,1% da água doce disponível na Terra (PERLMAN, 2016). Diferentemente do que ocorre com as águas superficiais, a poluição de aquíferos é um processo silencioso e difícil de monitorar, já que não é possível fazer uso de uma inspeção visual direta. O controle do nível dos aquíferos e da poluição dos mesmos é custoso, sendo muitas vezes o resultado da poluição despercebido, fazendo com que atividades industriais e agrícolas usem reservas contaminadas. Isto acarreta em prejuízos às populações que fazem uso de aquíferos, muitas vezes surpreendidas pela contaminação. Na virada dos século XX para XXI, os aquíferos forneciam 33% do consumo humano e eram a fonte principal de água doce para o consumo de cerca de dois bilhões de pessoas (SAMPAT, 2000). De fato, os aquíferos são muito utilizados pelo agronegócio, sendo que cerca de 43% da água utilizada para irrigação anualmente vem dos aquíferos (SIEBERT et al., 2010).

Denomina-se a porosidade como a relação entre o volume de poros dividido pelo volume total do meio poroso (BEAR, 1972). Chama-se de porosidade efetiva àquela que contabiliza apenas os poros conectados, que contribuem para o transporte de fluido. Neste texto daqui em diante ao se falar de porosidade estará se considerando a efetiva. Outra propriedade do meio poroso é permeabilidade absoluta, definida como a capacidade do meio transportar fluidos. A permeabilidade absoluta é medida para meio poroso totalmente saturado e com uma única fase líquida. Em geral, aquíferos são heterogêneos em termos de permeabilidade e de porosidade (LIN et al., 2010).

A modelagem do escoamento em meios porosos baseia-se na solução de equações diferenciais parciais (EDPs) para a conservação de magnitudes físicas e no uso de correlações para as propriedades de fluido e de rocha (BEAR, 1972). Como exemplo de EDPs, tem-se a da conservação da massa e a de conservação da quantidade de movimento como equações utilizadas no estudo do escoamento monofásico isotérmico em meio poroso. Em geral, no escoamento em meios porosos,

na equação da conservação da massa há uma velocidade aparente de escoamento. Esta é dada pela equação para o balanço da quantidade de movimento, sendo a lei de Darcy a mais conhecida. Tal lei foi obtida primeiro empiricamente e depois derivada matematicamente, e é válida para um conjunto de hipóteses, dentre as quais o escoamento a baixas velocidades (BEAR, 1972; WANG; ANDERSON, 1982).

A substituição da lei de Darcy na equação da conservação da massa, para a fase fluida considerada, permite a obtenção de uma EDP para a variável pressão. Para um caso de escoamento monofásico isotérmico, correlações para a determinação das propriedades de rocha e de fluido e condições inicial e de contorno completam o modelo de escoamento. Contudo, considerando a contaminação de um aquífero, é necessária a equação da conservação da massa em termos da concentração do contaminante, levando assim a um sistema de EDPs não-lineares acopladas. Isto ocorre pois a velocidade está presente na conservação da massa para o componente, sendo ela dependente da pressão. Assim, tem-se um caso de solução de EDPs para a pressão da água e da concentração do contaminante.

## 2 | CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS

A contaminação de cursos de água e de aquíferos traz impactos tais como a redução no abastecimento de comunidades, proliferação de doenças e prejuízos para as indústrias. Mesmo quando possível o tratamento para se obter água potável, existem custos envolvidos proporcionais a má qualidade da água captada. No caso dos aquíferos tem-se intensificado nas últimas décadas o empenho de pesquisadores tendo em vista elaborar soluções para evitar a contaminação dos recursos hídricos (KONIKOW, 1981; BENNER; MOHTAR; LEE, 2002; DATTA; CHAKRA-BARTY; DHAR, 2009). Trabalha-se, também, para que uma vez iniciado o processo de poluição, tenha-se medidas para contê-la e/ou remediá-la (WANG; BOOKER; CARTER, 1999; ZHONG et al., 2008; MCLAREN R.G.; ILLMAN, 2012).

Em um aquífero real, as propriedades da rocha podem variar com a posição (LIN et al., 2010) e a geometria é irregular, o que torna difícil a obtenção de soluções analíticas de EDPs, sendo possível obtê-las apenas em casos específicos (ZHAN et al., 2009). Tal cenário leva ao uso de soluções numéricas para a dinâmica do escoamento em aquíferos. Tal metodologia também é necessária pelo fato das EDPs, utilizadas na modelagem de escoamentos em meios porosos, em geral serem não-lineares.

Em função da porosidade e da permeabilidade, os aquíferos são classificados em porosos ou fraturados (fissurados). De acordo com a classificação quanto à pressão da água, há os não confinados, chamados também de freáticos ou livres. Este tipo é o que mais apresenta problemas de poluição e contaminação, pois é amplamente

usado pela população civil, indústrias e agricultura (BEAR, 1972). Infelizmente a contaminação de aquíferos é um problema muito frequente, existindo muitas áreas habitadas sem que haja um planejamento prévio de saneamento básico, indústrias que depositam dejetos sem fiscalização ou até mesmo contaminação por acidentes naturais. Na Figura 1 observa-se uma ilustração do processo de contaminação de um aquífero. Muitas vezes, mesmo que a fonte de contaminação seja eliminada, os contaminantes presentes no aquífero continuam a migrar e a se espalhar pelo mesmo. Para evitar maiores danos, o contaminante deve ser imobilizado, neutralizado ou removido. A contaminação pode começar em uma pequena área e se espalhar por uma grande extensão, dependendo da natureza do aquífero (KONIKOW, 1981).

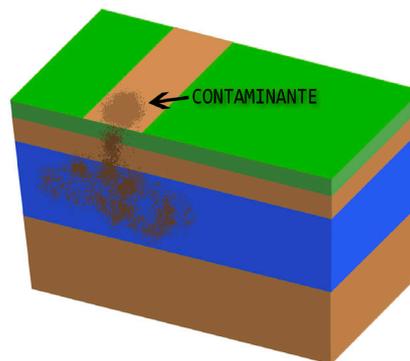


Figura 1: Ilustração de um processo de contaminação (em azul tem-se o aquífero).

Quando tem-se uma contaminação por resíduos nucleares ou do tipo biológico, tem-se a disseminação de doenças. Resíduos nucleares são altamente prejudiciais à saúde, trazendo muitos riscos para a área afetada e arredores (BREITENECKER et al., 2014). O mesmo ocorre para contaminações biológicas, que apresentam comportamentos distintos e de difícil estudo dependendo do elemento contaminante. Neste contexto, as substâncias orgânicas são decompostas por microrganismos (principalmente bactérias aeróbicas) em substâncias mais simples, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{NH}_4$ , por exemplo, devido a biodegradação (ZHENG; WANG, 1999). Por outro lado, muitos componentes líquidos ou gasosos tendem a se acumular aderidos em superfícies sólidas, fenômeno chamado de adsorção (CLASS, 2007). Na modelagem da contaminação de aquíferos é possível incorporar o decaimento/biodegradação para os contaminantes dissolvido e adsorvido.

### 3 | MODELAGEM FÍSICO-MATEMÁTICA

Para a discussão de um problema modelo, simplificado, as seguintes hipóteses são adotadas: escoamento unidimensional na direção  $x$ , sem efeitos gravitacionais; fluido incompressível; escoamento monofásico; regime transiente; meio poroso homogêneo quanto à permeabilidade; viscosidade constante; validade

da lei de Darcy; efeitos de advecção e de difusão no transporte do poluente e rocha ligeiramente compressível. De posse das hipóteses e das relações que determinam as propriedades físicas de fluido e rocha, obtém-se as EDPs para as variáveis pressão da água e concentração do contaminante. A substituição da lei de Darcy (WANG; ANDERSON, 1982) na conservação da massa para a fase fluida leva a uma EDP para a variável pressão, reescrevendo-se também o termo de acúmulo. Para o caso de escoamento monofásico em meios porosos, a lei de Darcy é expressa, por

$$\mathbf{v} = -(\mathbf{k} / \mu)(\nabla p - \rho g \nabla Z) \quad (1)$$

onde  $\mathbf{v}$  é a velocidade de Darcy, uma velocidade aparente de escoamento,  $\mathbf{k}$  é o tensor de permeabilidade absoluta,  $\mu$  é a viscosidade,  $p$  é a pressão,  $\rho$  é a massa específica da água,  $g$  a magnitude da aceleração da gravidade e  $Z$  representa a profundidade. Simplificando para o escoamento unidimensional na direção  $x$ , desconsiderando efeitos hidrostáticos,

$$v_x = -(k / \mu)(\partial p / \partial x) \quad (2)$$

Para a equação de conservação da massa da fase fluida, tem-se

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi \rho) = -\nabla \cdot [\rho \mathbf{v}] + q \quad (3)$$

onde  $\phi$  é a porosidade e  $q$  é um termo fonte. Substituindo a Eq. (2) na Eq. (3) para o caso unidimensional em  $x$ , desconsiderando o termo fonte,

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi \rho) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \rho \frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) \quad (4)$$

e, se a massa específica, a viscosidade e a permeabilidade forem consideradas constantes,

$$\frac{\partial}{\partial t}(\phi) = \frac{k}{\mu} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \quad (5)$$

sendo ainda é possível escrever,

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{d\phi}{dp} \frac{\partial p}{\partial t} \quad (6)$$

e, para a compressibilidade da rocha pequena e constante, é possível utilizar

$$\phi = \phi_0 \left[ 1 + c_\phi (p - p_0) \right] \quad (7)$$

onde  $c_\phi$  é a compressibilidade da rocha e  $\phi_0$  é a porosidade de referência medida na pressão de referência  $p_0$ . Reescreve-se, então, a Eq. (5) como

$$c_{\phi}\phi^0 \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{k}{\mu} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \quad (8)$$

ou ainda,

$$\frac{c_{\phi}\phi^0 \mu}{k} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \quad (9)$$

Para a equação de transporte do contaminante, no caso unidimensional, na direção  $x$ , considerando-se apenas um poluente (ZHENG; WANG, 1999),

$$\frac{\partial(\phi C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (\phi v C) + q C_s + R \quad (10)$$

onde  $C$  é a concentração da espécie química dissolvida,  $D$  o coeficiente de dispersão hidrodinâmica,  $C_s$  é a concentração relacionada à fonte  $q$  e  $R$  é a fonte associada a reações químicas. A partir do lado esquerdo da Eq. (10),

$$(\partial(\phi C) / \partial t) = \phi(\partial C / \partial t) + C(\partial \phi / \partial t) \quad (11)$$

O termo de reação na Eq. (10) pode ser usado para incluir efeitos bioquímicas e geoquímicas. Considerando-se apenas dois tipos básicos de reações químicas, o sólido aquoso em reação superficial (adsorção) e a reação de taxa de primeira ordem (ZHENG; WANG, 1999), tem-se

$$R = -\rho_b(\partial \bar{C} / \partial t) - \lambda_1 \phi C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \quad (12)$$

onde  $\rho_b$  é a massa específica da rocha,  $C$  é a concentração da espécie química adsorvida na superfície sólida,  $\lambda_1$  é a taxa de reação de primeira ordem para a fase dissolvida e  $\lambda_2$  é a taxa de reação de primeira ordem para a fase adsorvida no sólido. Substituindo as Eqs. (11) e (12) na Eq. (10), desconsiderando a existência do termo fonte  $q$ , é possível escrever

$$\phi \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial \phi}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (\phi v C) - \lambda_1 \phi C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \quad (13)$$

onde considera-se aqui o equilíbrio local para todos os processos de adsorção, de forma que ele é suficientemente rápido em comparação com a escala de tempo de transporte do contaminante (advecção e difusão). No contexto dos resíduos nucleares e biológicos  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  são, nesta ordem, a taxa de reação de primeira ordem para a fase dissolvida e a taxa de reação de primeira ordem para a fase sólida. Eles representam as perdas de massa, e em geral, ao se considerar a meia-vida de elementos químicos (ZHENG; WANG, 1999),

$$\lambda = (\ln 2) / t_{1/2} \quad (14)$$

onde  $t_{1/2}$  é o tempo de meia-vida dos materiais radioativos. No caso de agentes biológicos, o tempo de meia-vida é o necessário para a concentração diminuir para a metade do seu valor original.

A dispersão em meios porosos representa o espalhamento dos contaminantes ao longo de uma região (WANG; ANDERSON, 1982). A difusão molecular é, em geral, secundária e desprezível, se comparada aos efeitos da dispersão mecânica, e só se torna importante quando a velocidade da água for muito baixa. A soma da dispersão mecânica e da difusão molecular é denominada dispersão hidrodinâmica, ou dispersão. No caso bidimensional  $xy$ , por ilustração, as componentes do tensor diagonal de dispersão hidrodinâmico  $\mathbf{D}$ , para um meio poroso isotrópico, são dadas por (BEAR, 1972)

$$D_{xx} = \alpha_L (v_x^2 / |v|) + \alpha_T (v_y^2 / |v|) + D^* \quad (15)$$

e

$$D_{yy} = \alpha_L (v_y^2 / |v|) + \alpha_T (v_x^2 / |v|) + D^* \quad (16)$$

onde  $D_{xx}$  e  $D_{yy}$  são as componentes principais do tensor dispersão,  $\alpha_L$  é a dispersividade longitudinal,  $\alpha_T$  é a dispersividade transversal,  $D^*$  é o coeficiente de difusão molecular efetivo,  $v_x$  e  $v_y$  são as componentes do vetor velocidade ao longo dos eixos  $x$  e  $y$ , respectivamente, e  $|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  é a magnitude do vetor velocidade. No caso unidimensional em  $x$ ,

$$D_{xx} = D = \alpha_L (v_x^2 / |v|) + D^* \quad (17)$$

No caso da adsorção, em geral é assumido que as condições de equilíbrio existem entre as concentrações das fases aquosa e sólida e que a reação de adsorção ocorre em uma escala de tempo suficiente mais rápida que a escala associada ao transporte advectivo da água no aquífero, de modo que a adsorção pode ser considerada como instantânea. As isotermas de adsorção são geralmente incorporadas ao modelo de transporte. Por exemplo, para uma isoterma linear, assume-se que a concentração adsorvida é diretamente proporcional à concentração dissolvida (ZHENG; WANG, 1999), ou seja,

$$\bar{C} = K_d C \quad (18)$$

onde  $K_d$  é o coeficiente de distribuição. Outros modelos de isotermas podem ser encontrados em Zheng e Wang (1999).

Para completar o modelo resta a definição das condições iniciais e de contorno. Como condição inicial tem-se os valores iniciais da pressão e da concentração em todo o domínio. Quanto às pressões nas fronteiras, impõe-se pressões prescritas. Para as concentrações, adota-se uma concentração prescrita em  $x = 0$  e a sua

derivada em relação a  $x$  nula em  $x = Lx$ , onde  $Lx$  é o comprimento total do meio.

#### 4 | MÉTODOS NUMÉRICOS

O método de diferenças finitas (*Finite Difference Method*) pode ser adotado para a discretização do domínio de solução e das EDPs governantes, considerando-se uma malha numérica. Na configuração adotada, o subscrito inteiro  $i$  indica o centro da célula onde são calculadas pressão e concentração, enquanto os índices fracionários  $i \pm 1/2$  indicam as faces das células, onde calcula-se as velocidades. Em geral as células podem ter espaçamentos  $\Delta x_i$  não uniformes. Para células uniformes

$$\Delta x = L_x / n_x \quad (19)$$

onde  $Lx$  é o comprimento do aquífero e  $n_x$  é o número de células da malha computacional. Com relação ao tempo, um passo de tempo  $\Delta t$  é adotado na forma

$$\Delta t = t_{\max} / n_t \quad (20)$$

onde  $t_{\max}$  é o tempo máximo e  $nt$  é o número de passos de tempo. Baseando se, então, nas ideias apresentadas, passa-se à discretização das EDPs. Devido às hipóteses adotadas, a discretização para a EDP da pressão será muito favorecida, pois tem-se uma EDP linear.

Considera-se como referência para a aproximação da EDP a posição  $i$  e o tempo  $n + 1$ , onde se desconhece a pressão. Escreve-se, a partir da Eq.(9),

$$\left\{ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right\}_i^{n+1} = \left\{ \frac{c_\phi \phi^0 \mu}{k} \frac{\partial p}{\partial t} \right\}_i^{n+1} \quad (21)$$

e levando em conta o fato de o coeficiente da derivada no tempo ser constante,

$$\left\{ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right\}_i^{n+1} = \Gamma \left\{ \frac{\partial p}{\partial t} \right\}_i^{n+1} \quad (22)$$

onde

$$\Gamma = (c_\phi \phi^0 \mu) / k \quad (23)$$

Aproxima-se a derivada espacial utilizando-se um esquema do tipo diferença centrada

$$\left\{ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right\}_i^{n+1} \approx \frac{p_{i+1}^{n+1} - 2p_i^{n+1} + p_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2} \quad (24)$$

enquanto que para a derivada temporal utiliza-se uma diferença recuada (ERTEKIN; ABOU-KASSEM; KING, 2001),

$$\left\{ \frac{\partial p}{\partial t} \right\}_i^{n+1} \approx \frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\Delta t} \quad (25)$$

Substituindo-se as aproximações dadas pelas Eqs.(24) e (25) na Eq. (23),

$$(p_{i+1}^{n+1} - 2p_i^{n+1} + p_{i-1}^{n+1})\Delta x^2 = \Gamma((p_i^{n+1} - p_i^n) / \Delta t) \quad (26)$$

utilizando-se o sinal de igualdade tendo-se devido a implementação computacional. Na Eq. (26) tem-se uma formulação totalmente implícita, que pode ser reescrita como

$$-p_{i-1}^{n+1} + (\alpha + 2)p_i^{n+1} - p_{i+1}^{n+1} = \alpha p_i^n \quad (27)$$

onde

$$\alpha = \Gamma(\Delta x^2 / \Delta t) \quad (28)$$

A Eq. (27), escrita para todas as células da malha, leva a um sistema de equações algébricas, que quando resolvido, conduz as pressões nos pontos  $i$  e no tempo  $n + 1$ . Da lei da Darcy calcula-se as velocidades em  $i \pm 1/2$ , necessárias na solução da equação da concentração.

No caso da equação da concentração, considera-se a sua discretização a determinação da solução nos pontos  $i$  e no tempo  $n + 1$ , de forma que

$$\left\{ \phi \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial \phi}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} \right\}_i^{n+1} = \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (\phi v C) - \lambda_1 \phi C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \right\}_i^{n+1} \quad (29)$$

ou, aplicando-se o modelo linear para adsorção,

$$\left\{ \phi \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial \phi}{\partial t} + \rho_b K_d \frac{\partial C}{\partial t} \right\}_i^{n+1} = \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (\phi v C) - \lambda_1 \phi C - \lambda_2 \rho_b K_d C \right\}_i^{n+1} \quad (30)$$

Para as derivadas temporais utiliza-se aproximações recuadas,

$$\left\{ \frac{\partial C}{\partial t} \right\}_i^{n+1} \approx \frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\Delta t} \quad (31)$$

enquanto que para aproximações do tipo diferenças centradas são empregadas para o termo de difusão

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \right\}_i^{n+1} \approx \frac{1}{\Delta x} \left\{ \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{i+1/2}^{n+1} - \left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{i-1/2}^{n+1} \right\} \quad (32)$$

$$\left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{i+1/2}^{n+1} \approx \frac{1}{\Delta x} (\phi D)_{i+1/2}^{n+1} \frac{C_{i+1}^{n+1} - C_i^{n+1}}{\Delta x} \quad (33)$$

e

$$\left( \phi D \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{i-1/2}^{n+1} \approx \frac{1}{\Delta x} (\phi D)_{i-1/2}^{n+1} \frac{C_i^{n+1} - C_{i-1}^{n+1}}{\Delta x} \quad (34)$$

No caso do termo com derivada de  $\phi$  em relação ao tempo ela é aproximada utilizando-se diferenças recuadas,

$$\left\{ \frac{\partial \phi}{\partial t} \right\}_i^{n+1} \approx c_\phi \phi^0 \frac{P_i^{n+1} - P_i^n}{\Delta t} \quad (35)$$

Diferenças centradas também são empregadas no caso do termo de advecção,

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial x} (\phi v C) \right\}_i^{n+1} \approx \frac{1}{\Delta x} \left\{ (\phi v C)_{i+1/2}^{n+1} - (\phi v C)_{i-1/2}^{n+1} \right\} \quad (36)$$

de forma que para as velocidades, elas devem ser conhecidas nas fronteiras das células. Contudo, o valor de concentração é conhecido nos centros das células. Para contornar tal situação, usa-se um esquema do tipo *upwind* de primeira ordem (ERTEKIN; ABOU-KASSEM; KING, 2001). Considera-se aqui que a velocidade é sempre positiva,

$$C_{i+1/2}^{n+1} \approx C_i^{n+1} \quad (37)$$

e

$$C_{i-1/2}^{n+1} \approx C_{i-1}^{n+1} \quad (38)$$

A forma final discretizada da equação da concentração é dada por

$$\begin{aligned} & -\left( D'_{i-1/2}{}^{n+1} + V'_{i-1/2}{}^{n+1} \right) C_{i-1}^{n+1} + \left\{ c_\phi \phi^0 \frac{P_i^{n+1} - P_i^n}{\Delta t} + \lambda_1 \phi_i^{n+1} + \lambda_2 \rho_b K_d \right. \\ & \left. + \frac{\phi_i^n + \rho_b K_d}{\Delta t} + D'_{i-1/2}{}^{n+1} + V'_{i-1/2}{}^{n+1} + V'_{i+1/2}{}^{n+1} \right\} - D'_{i+1/2}{}^{n+1} C_{i+1}^{n+1} = \left\{ \frac{\phi_i^n + \rho_b K_d}{\Delta t} \right\} C_i^n \end{aligned} \quad (39)$$

onde os termos com ' contém a porosidade ( $\phi$ ) e o espaçamento da malha espacial ( $\Delta x$ ). Obtém-se, assim, uma formulação totalmente implícita para a concentração. Assim, é possível utilizar a Eq. (20), pois não há restrições devido a estabilidade relacionadas a critérios CFL (ZHENG; WANG, 1999), mas com passos de tempo que não sejam altos o bastante para comprometer a a estratégia de decomposição de operadores (VENNEMO, 2016) aplicada. Após a obtenção das pressões a partir da solução da Eq. (27), as velocidades são calculadas e usadas quando da determinação da concentração via Eq. (39). No caso geral de dois subsistemas não lineares, ocorreria um processo iterativo de níveis: dois internos

para a solução dos subsistemas de equações algébricas e um externo para a atualização dos coeficientes.

O conjunto de equações algébricas para a pressão e a concentração podem ser escritos em uma forma compacta  $\mathbf{Ax}=\mathbf{b}$ , onde  $\mathbf{A}$  representa a matriz dos coeficientes,  $\mathbf{x}$  é o vetor de incógnitas, no caso a pressão da água e a concentração do contaminante (avaliadas no tempo  $n+1$ ), e  $\mathbf{b}$  é o vetor que contém os termos conhecidos (pressões e concentrações no tempo  $n$ , para cada subsistema). Em geral, métodos iterativos são aplicados nestes casos, sendo que eles necessitam de uma estimativa do valor inicial da solução no início das iterações, que prosseguem até que ocorra a convergência dos valores para a solução do sistema de equações. As iterações são interrompidas e considera-se obtida a solução do sistema, quando um critério de interrupção adotado é alcançado (SAAD, 2003). Dentre as opções disponíveis na literatura, para problemas simples há o método de Gauss-Seidel, devido a sua facilidade de implementação quando comparada a de outros métodos mais robustos, tais como o método dos gradientes conjugados ou o do gradiente biconjugado (SAAD, 2003). Ele pode ser aplicado tanto para matrizes de coeficientes simétricas (caso do subsistema para a pressão) e para não simétricas (caso do subsistema para a concentração). Casos mais realísticos, tais como na presença de heterogeneidades fortes, podem exigir outros métodos.

Finalmente, cabe comentar que para medir a importância relativa dos efeitos de advecção e difusão, o número de Péclet é usado,

$$P_e = (|v| L) / D \quad (40)$$

onde  $L$  é um comprimento característico, considerado geralmente como sendo a dimensão da célula e  $D$  é o coeficiente de dispersão (ZHENG; WANG, 1999).

## 5 | ALGUMAS APLICAÇÕES

Para encerrar, apresenta-se aqui, em caráter ilustrativo, alguns resultados obtidos por Silva (2019) para problemas de escoamento em aquíferos nos quais há contaminação, nas Figuras 2-5. No caso da aplicação da aproximação *upwind* de primeira ordem, como esperado, houve observação de difusão numérica, a qual foi reduzida via refinamento de malha. Esta questão é relevante, pois apesar de se amenizar a difusão numérica isso foi alcançado como maior esforço computacional. Isto justifica a busca, na prática das simulações numéricas de escoamentos, por estratégias de *software* e/ou *hardware* que reduzam os custos de processamento e de memória. Na escala dos problemas aqui reproduzidos as simulações mais demoradas levaram alguns minutos, no entanto em problemas mais realísticos e de maior escala espacial, dimensional e temporal, reduzir difusão numérica via

refinamento de malha poderia ser proibitivo.

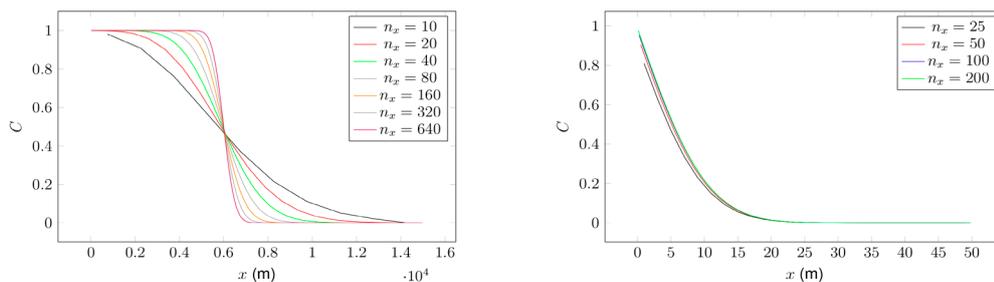


Figura 2: Refinamento de malha para caso de velocidade constante: (a) apenas advecção e (b) apenas difusão.

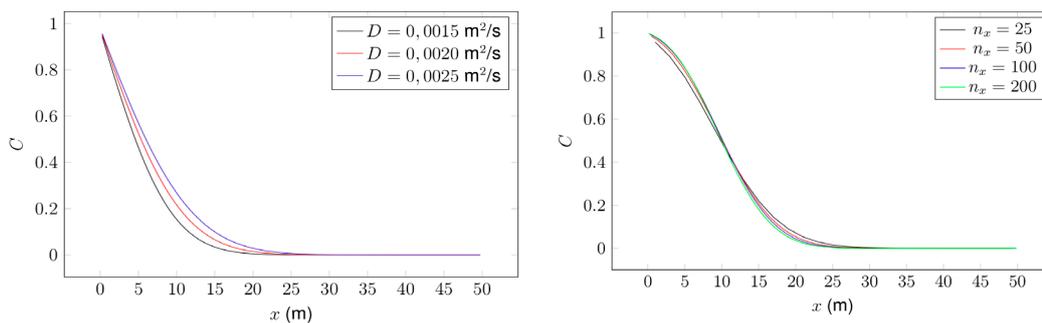


Figura 3: Caso de velocidade constante: (a) variação do coeficiente  $D$  para o caso difusivo e (b) refinamento de malha para o caso advectivo-difusivo.

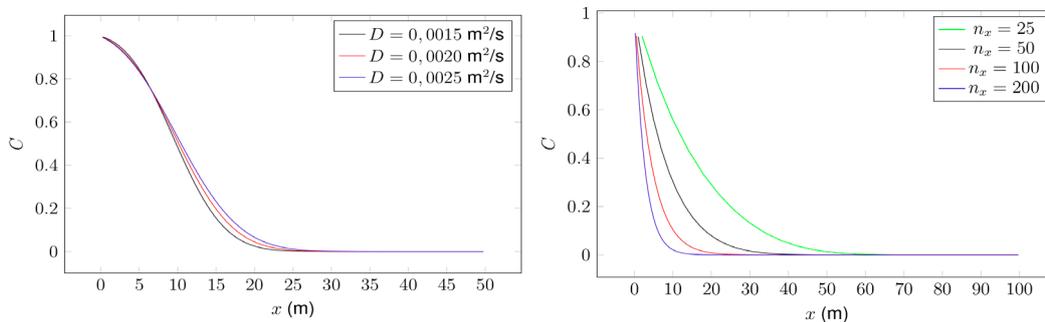


Figura 4: (a) Variação do coeficiente  $D$  para o caso advectivo-difusivo, velocidade constante e (b) refinamento de malha para o caso advectivo-difusivo com adsorção e decaimento (velocidade calculada).

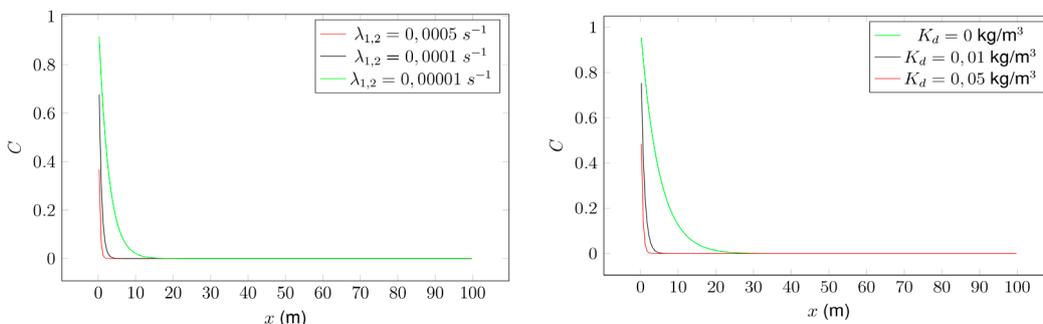


Figura 5: Caso advectivo-difusivo com adsorção e decaimento e velocidade calculada: (a) variação do coeficiente de decaimento e (b) variação do coeficiente de distribuição.

## REFERÊNCIAS

- BEAR, J. Dynamics of Fluids in Porous Media. New York, USA: American Elsevier Company, 1972.
- BENNER, M.; MOHTAR, R.; LEE, L. Factors affecting air sparging remediation systems using field data and numerical simulations. *Journal of Hazardous Materials*, v. 95, p. 305–329, 2002.
- BREITENECKER, F. et al. Comparative mathematical modelling of groundwater pollution. In: . [S.l.: s.n.], 2014.
- CLASS, H. Models for Non-Isothermal Compositional Gas-Liquid Flow and Transport in Porous Media. Stuttgart, Germany: Fakultat fur Bauund Umweltingenieurwissenschaften der Universitat Stuttgart, 2007.
- SILVA, M. L. Simulação numérica de processos de adsorção em processos de contaminação de aquíferos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, Brasil, 2019.
- DATTA, B.; CHAKRABARTY, D.; DHAR, A. Simultaneous identification of unknown groundwater pollution sources and estimation of aquifer parameters. *Journal of Hydrology*, v. 376, p. 48-57, 2009.
- ERTEKIN, T.; ABOU-KASSEM, J.; KING, G. Basic Applied Reservoir Simulation. Richardson, USA: Society of Petroleum Engineers, 2001.
- KONIKOW, L. Role of numerical simulation in analysis of ground-water quality problems. *Science of the Total Environment*, v. 398, p. 299-312, 1981.
- LIN, H.-T. et al. Estimation of effective hydrogeological parameters in heterogeneous and anisotropic aquifers. *Journal of Hydrology*, v. 389, p. 57-68, 2010.
- MCLAREN R.G., S. E. P. Y.-J.; ILLMAN, W. Numerical simulation of dnapi emissions and remediation in a fractured dolomitic aquifer. *Journal of Contaminant Hydrology*, v. 136-137, p. 56-71, 2012.
- MILLER, C. et al. Numerical simulation of water resources problems: Models, methods, and trends, advances in water resources. *Advances in Water Resources*, v. 51, p. 405-437, 2013.
- NEUKUM, C.; AZZAM, R. Quantitative assessment of intrinsic groundwater vulnerability to contamination using numerical simulations. *Science of the Total Environment*, v. 408, p. 245–254, 2009.
- NICK, H. M. et al. Reactive dispersive contaminant transport in coastal aquifers: Numerical simulation of a reactive Henry problem. *Journal of Contaminant Hydrology*, v. 145, p. 90-104, 2013.
- PERLMAN, H. The World's Water: "Water, Water, Everywhere....". 2016. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>>.
- SAAD, Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems. 2. ed. Philadelphia: SIAM, 2003.
- SAMPAT, P. Deep trouble: the hidden threat of groundwater pollution. Washington D.C., USA: Worldwatch Institute, 2000.
- SCHIJVEN, J.; HASSANIZADEH S.M., d. A. Vulnerability of unconfined aquifers to virus contamination. *Water Research*, v. 44, p. 1170-1181, 2010.
- SIEBERT, S. et al. Groundwater use for irrigation - a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 14, n. 10, p. 1863-1880, 2010.

VENNEMO, S. B. Multiscale Simulation of Thermal Flow in Porous Media. Dissertação (Mestrado). Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2016.

WANG, H.; ANDERSON, M. Introduction to Groundwater Modeling, Finite Difference and Finite Element Methods. San Diego, USA: Academic Press, 1982.

WANG, J.; BOOKER, J.; CARTER, J. Analysis of the remediation of a contaminated aquifer by a multi-well system. Computers and Geotechnics, v. 25, p. 171-189, 1999.

ZHAN, H. et al. Analytical solution of two-dimensional solute transport in an aquifer-aquitard system. Journal of Contaminant Hydrology, v. 107, p. 162-174, 2009.

ZHENG, C.; WANG, P. MT3DMS: A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater Systems; Documentation and User's Guide. [S.I.], 1999.

ZHONG, L. et al. Enhanced remedial amendment delivery through fluid viscosity modifications: experiments and numerical simulations. Journal of Contaminant Hydrology, v. 101, p. 29-41, 2008.

## MODELAGEM DE UM FERMENTADOR CILÍNDRICO PARA O CACAU

*Data de aceite: 02/12/2019*

### **Marcelo Bruno Chaves Franco**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia

### **Jorge Henrique de Oliveira Sales**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia

### **Rafaela Cristina Ferreira Brito**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus – Bahia

**RESUMO:** O processo de fermentação das sementes de cacau ocorre a partir da sua deposição em cochos de madeira, que se localizam nas Casas de Fermentação. Assim, são necessários em média, 6 dias para o término deste processo, cujo o manuseio da massa de cacau é efetuado por trabalhadores rurais em tempos predeterminados. Este processo tradicional, é ineficiente devido à distribuição de temperatura não uniforme na massa de cacau, necessitando, assim, de intervenção externa para uniformizar a temperatura. Conseqüentemente, estas ações externas podem possibilitar possíveis contaminações. Desta forma, o objetivo deste artigo é apresentar um método mais eficiente quanto a uniformização da temperatura gerada no processo de fermentação do cacau. As principais ferramentas

para execução do trabalho são, softwares de Computer Assisted Design (CAD) e Computer Assisted Engineering (CAE). A partir das simulações executadas em um software CAE, investigaram-se as respectivas distribuições de temperatura no interior de cada três modelos de fermentadores, averiguando a ocorrência ou não de uniformidade da temperatura na massa de cacau. Assim, os resultados das simulações indicam o fermentador rotativo como o mais eficiente, com relação aos outros modelos analisados, pois apresentou uma melhor dispersão do calor contido inicialmente na fonte localizada no centro da massa de cacau, o que implica em um aumento da probabilidade de ocorrer uma distribuição uniforme neste processo fermentativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem Computacional. Transferência de Calor. Fermentador. Cacau.

### MODELING A CYLINDRICAL FERMENTER FOR COCOA

**ABSTRACT:** The fermentation process of cocoa beans occurs from their deposition in wooden troughs, which are located in Fermentation Houses. Thus, it takes an average of 6 days to complete this process, whose handling of cocoa mass is performed by rural workers at predetermined times. This traditional process

is inefficient due to the non-uniform temperature distribution in the cocoa mass, thus requiring external intervention to standardize the temperature. Consequently, these external actions may enable possible contamination. Thus, the aim of this paper is to present a more efficient method regarding the uniformity of the temperature generated in the cocoa fermentation process. The main tools to perform the work are Computer Assisted Design (CAD) and Computer Assisted Engineering (CAE) software. From the simulations performed in a CAE software, the respective temperature distributions within each three fermenter models were investigated, investigating the occurrence or not of temperature uniformity in the cocoa mass. Thus, the results of the simulations indicate that the rotary fermenter is the most efficient in relation to the other models analyzed, since it presented a better dispersion of heat initially contained in the source located in the center of the cocoa mass, which implies an increased probability of even distribution occurs in this fermentation process.

**KEYWORDS:** Computational modeling. Heat transfer. Fermenter. Cocoa.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo de beneficiamento do cacau é subdividido em 5 etapas, sendo: colheita, quebra, fermentação, secagem e armazenamento, assim estas etapas podem ser responsáveis por até 50% das características organolépticas (principalmente sobre o sabor e o aroma) dos produtos derivados do cacau. Assim, o diferencial em cada uma dessas etapas que fornece as características do cacau fino em relação aos demais tipos de cacau presentes no mercado, por ser um produto que exige um processamento diferenciado, seja pelo componente ambiental, por meio do “sistema cabruca”, ou pelo componente “tecnológico local”, já que muitas empresas adaptaram e desenvolveram seus próprios métodos, equipamentos e controles específicos de temperatura que desencadearam aprimoramentos no processo de fermentação e secagem, e conseqüentemente, na obtenção de amêndoas de qualidade (LIMA e SALES, 2015). A fermentação é umas das etapas mais importantes, devido a inicialização da formação dos precursores do sabor, cor e aroma, sendo desenvolvido por meio de reações bioquímicas envolvendo polifenóis, proteínas e açúcares. Assim, o tempo médio de fermentação varia entre 5 a 7 dias, não sendo recomendável que o tempo de fermentação esteja fora desta faixa de variação. O primeiro revolvimento da massa de cacau é feito após 48 horas com relação à configuração inicial da etapa, com auxílio de intervenção humana (trabalhador rural), promovendo assim, uma aeração e uniformização da massa. Desta forma, os demais revolvimentos são efetuados em sequência para os seguintes tempos: 72, 96, 120, 144 e 168 horas, até que a etapa de fermentação seja concluída (SALES e CANDIDA, 2016).

Tendo isto vista, este artigo apresenta 3 possíveis modelos alternativos para a etapa de fermentação, cujo o controle é automatizado, visando o mínimo de

intervenção humana e uma maior eficiência com relação a distribuição de temperatura no interior da massa de cacau, já que a temperatura influencia diretamente nas reações bioquímicas e, conseqüentemente, nas características organolépticas da massa do cacau.

## 2 | METODOLOGIA

Com base nas teorias atuais, a condução de calor em materiais ocorre basicamente por meio de dois mecanismos: migração dos elétrons livres e vibração dos átomos livres no retículo cristalino. Sendo que a taxa de transferência de calor por condução devido aos efeitos da movimentação dos elétrons é mais significativa do que com relação à vibração dos átomos livres (KREITH e BOHN, 2003). Assim, o fenômeno de transferência de calor por condução pode ser analisado apenas como a migração de energia de partículas com maior nível de energia para partículas menos energizadas (INCROPERA et al., 2008).

Assim, a partir da Equação da difusão de calor, obtida com base em conceitos interligados ao volume de controle, conservação de energia e lei de Fourier, é largamente utilizada para a obtenção de campos de temperaturas considerando este fenômeno térmico. Com isso, utilizou-se basicamente a Eq. (1), configurada para coordenadas cilíndricas, com os seguintes parâmetros ( $r$ ,  $\phi$ ,  $z$ ), pois esta é a geometria do sistema adotada para os 3 modelos de fermentadores.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

onde  $T$  é o campo de temperatura,  $q$  a taxa de geração de energia,  $\rho$  a massa específica,  $c_p$  é o calor específico a pressão constante e  $t$  o tempo. Além das variáveis independentes  $r$ ,  $z$  e  $\phi$ .

Inicialmente, por meio de um software CAD, efetuou-se esboços por meio de modelos 3D dos três tipos de fermentadores, sendo eles denominados Estático, Rotativo e com Hélices, no qual estão apresentados a seguir por meio das Figuras 1 e 2.

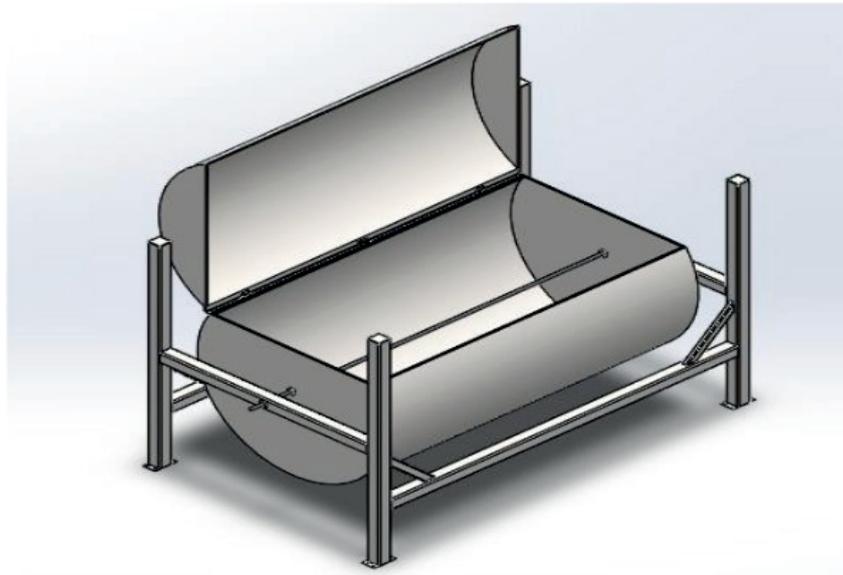


Figura 1. Vista Isométrica do Fermentador Estático e Rotativo.

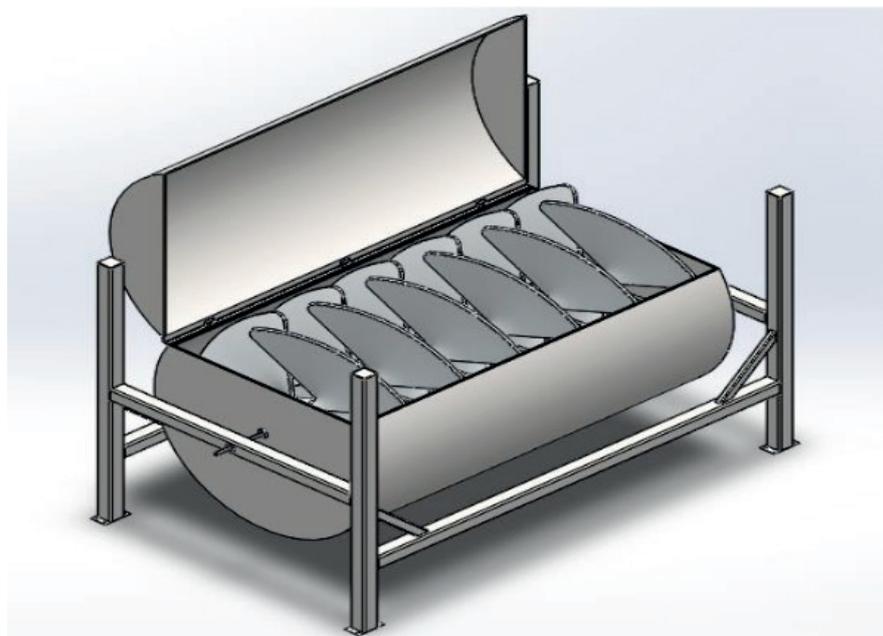


Figura 2. Vista Isométrica do Fermentador com Hélices.

Em seguida, foi desenhado a geometria de 3 modelos diferentes de fermentador, sendo criado apenas em duas dimensões e com dimensões 100 vezes menores com relação ao modelo real, assim essas adaptações têm a finalidade de otimizar o sistema, a fim de minimizar a capacidade computacional exigida pelo computador utilizado. Sendo assim, uma circunferência de raio igual à 0,6 mm, foi dividida em dois domínios iguais, domínio superior e inferior, representando 50% de massa de ar e 50% de massa de cacau, respectivamente. No domínio da massa de cacau há uma outra circunferência localizada em seu centro, com raio de 0,2 mm, que representa uma região que possui uma concentração de calor, no qual é responsável pelo aquecimento da massa de cacau no processo de fermentação, sendo denominada

fonte. O primeiro modelo chamado de Fermentador Estático (Fig. 3), aplicou-se para o caso em que a massa de cacau se encontra estática no interior do fermentador. Já o segundo modelo possui as mesmas configurações do fermentados estático, exceto por haver uma frequência rotacional de 1/1800 Hz, no sentido horário, que equivale a um revolvimento de 360° em um período de 30 minutos, desta forma, por apresentar esta característica este modelo foi denominado de Fermentador Rotativo, e por fim, o terceiro modelo, que possui uma configuração distinta, por conter centralizado no sentido do seu eixo axial um conjunto de hélices, que desta vez serão responsáveis por realizar o revolvimento da massa de cacau para a mesma frequência de rotação citada anteriormente, sendo chamado de fermentador com hélices rotativas (Fig. 4).

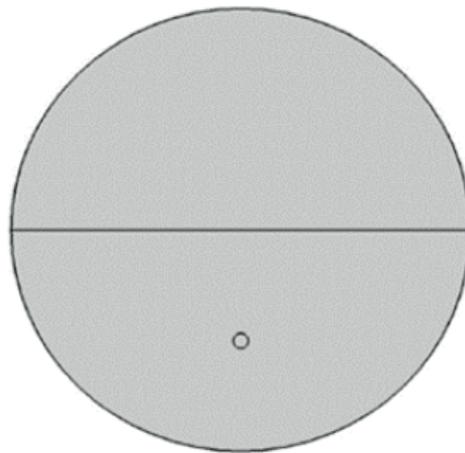


Figura 3. Modelo do Fermentador Estático e Rotativo (Próprio Autor)

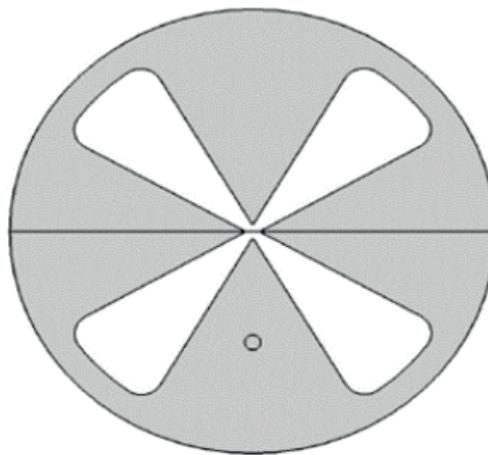


Figura 4. Modelo do Fermentador com Hélices (Próprio Autor)

Em seguida, a malha para cada modelo foi gerada, no qual o Fermentador Estático e Rotativo possui 1308 elementos com geometria triangular, possuindo 680 nós, já o fermentador com hélices possui 2381 elementos, com as mesmas geometrias, contendo 1347 nós. Cujo os modelos com a malha definida são apresentados na Fig. 5 e 6, respectivamente.

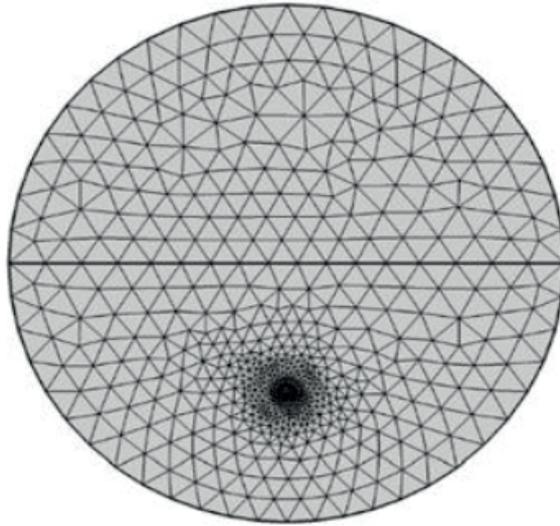


Figura 5. Malha para o Fermentador Estático e Rotativo (Próprio Autor)

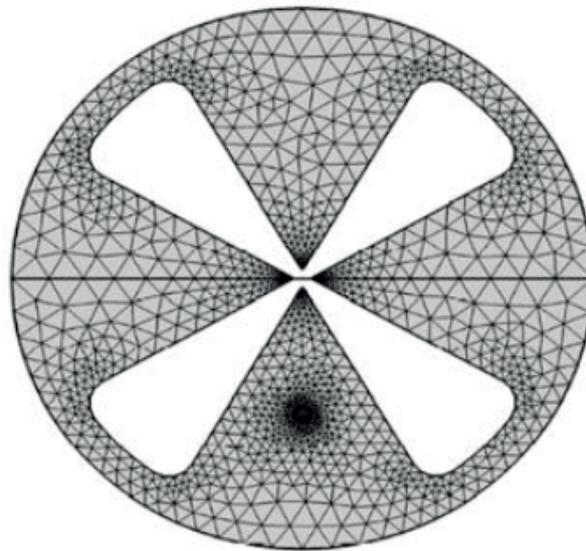


Figura 6. Malha para o Fermentador com Hélices (Próprio Autor)

Em seguida, o software CAE foi alimentado com os dados relacionados as propriedades físicas e as condições iniciais, de massa de ar e de cacau. No qual os valores estão apresentados na tabela a seguir:

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\eta$ (Pa.s)	$k$ (W/m.K)	$C_p$ (KJ/kg.K)	T (°C)	$\alpha$ (mm <sup>2</sup> /s)
Ar	1,3	$18,5 \cdot 10^{-6}$	0,03	1,01	25	16
Cacau	1106,4	0,096	0,535	3,6	25	0,14

Tabela 1. Propriedades e Condições Iniciais para a massa de Ar e de Cacau (Próprio Autor)

onde  $\rho$  é a massa específica,  $\eta$  é a viscosidade dinâmica,  $k$  é a condutividade térmica,  $C_p$  é o calor específico a pressão constante, T é a temperatura inicial na massa de ar e de cacau e  $\alpha$  é a difusividade térmica. Vale ressaltar que os dados

apresentados para o ar são tabelados, já os valores para o cacau foram obtidos a partir de trabalho de Sales (SALES e LIMA, 2018) e (AMIGO et al. 2017).

Para a fonte centralizada na massa de cacau foi atribuído uma temperatura inicial de 32 °C, no qual tem o intuito de representar o início do processo de fermentação, que ocorre por meio da concentração de temperatura de forma pontual em diversos locais contidos na massa de cacau. Após a definição de todos estes parâmetros e condições, a simulação foi executada, onde analisou-se a distribuição de temperatura nos 3 modelos em um período de 30 minutos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As configurações dos 3 modelos de fermentadores foram analisados nos seguintes tempos: 0,10 e 30 minutos. Assim, por questões de organização, os resultados para o fermentador estático, rotativo e com hélices rotativas serão apresentados em sequência.

#### 3.1 Fermentador Estático

A Figura 7 mostra a distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador, no instante inicial  $t = 0$  minutos. Assim, observa-se que há uma concentração de calor localizada no centro da massa de cacau, exatamente na posição em que a fonte se encontra, que foi escolhida neste determinado local por conveniência, para os três modelos de fermentador.

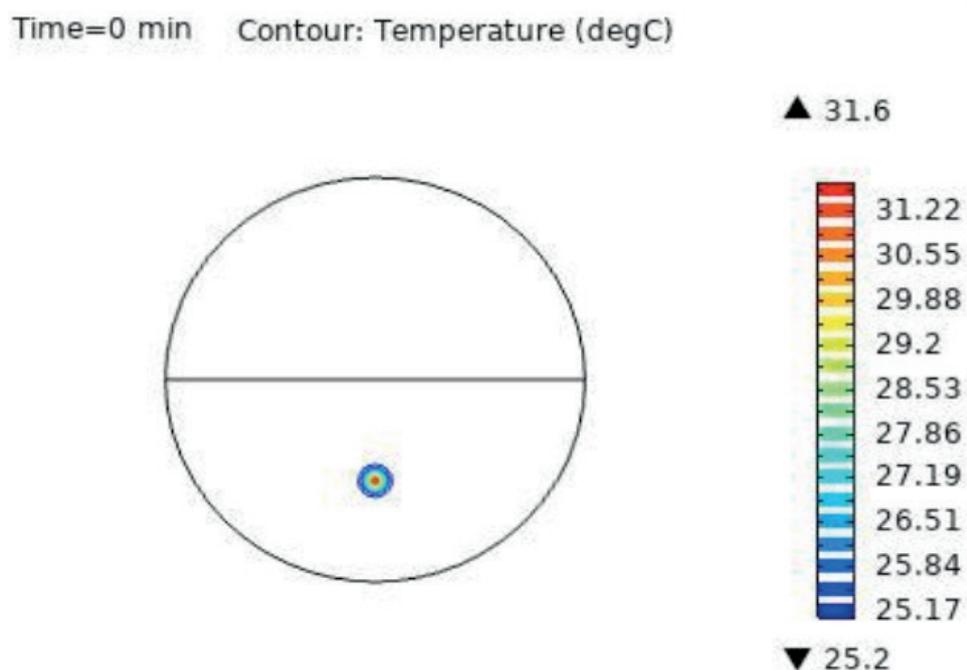


Figura 7. Fermentador Estático no instante inicial da fermentação (Próprio Autor)

Observando a Fig. 7 pode-se averiguar que o processo de transferências de

calor da fonte para o restante da massa de cacau ao seu redor está começando, assim as regiões que apresentam coloração mais próxima do vermelho estão com uma temperatura mais elevada com relação às regiões com coloração mais próximas do azul. Os valores de máximo e mínimo presentes neste instante de tempo são 31,6 °C e 25,2 °C.

A Figura 8 mostra as curvas isotérmicas de temperatura após um período de tempo de 10 minutos de fermentação. Assim, é evidente que o processo de propagação de calor da fonte para as regiões circunvizinhas não está ocorrendo de forma homogênea.

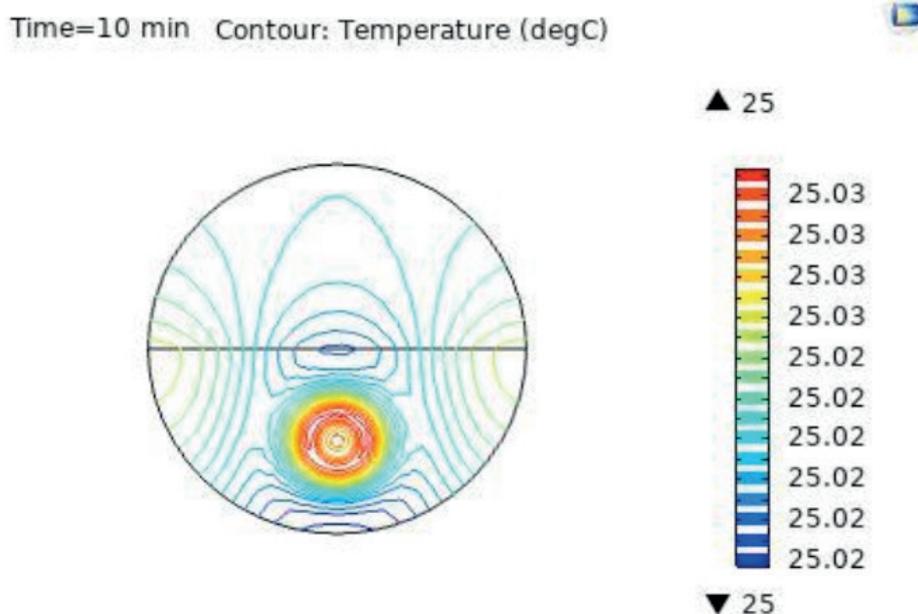


Figura 8. Fermentador Estático nos instantes de tempo de 10 min (Próprio Autor)

Assim, com base na Fig.8, observa-se que a temperatura das curvas isotérmicas abaixou consideravelmente, fato que é explicado pela diferença de massa entre a fonte e o restante da massa de cacau em que ela se encontra, com isso a diferença de temperatura entre as curvas de temperaturas mais elevadas com relação às de menores temperaturas é ínfima, variando na escala dos centésimos. Mas mesmo assim, verifica-se que o calor é transferido da fonte para as regiões circunvizinhas de forma não uniforme, ainda havendo uma concentração de calor contida na fonte.

A Figura 9 apresenta a distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador, no instante inicial  $t = 30$  minutos. Ainda assim, nota-se a não uniformização da distribuição de temperatura no interior do fermentados, além de observar o processo de resfriamento da fonte, que dissipou todo o calor contido nela para as outras regiões do fermentador.

Time=30 min Contour: Temperature (degC)

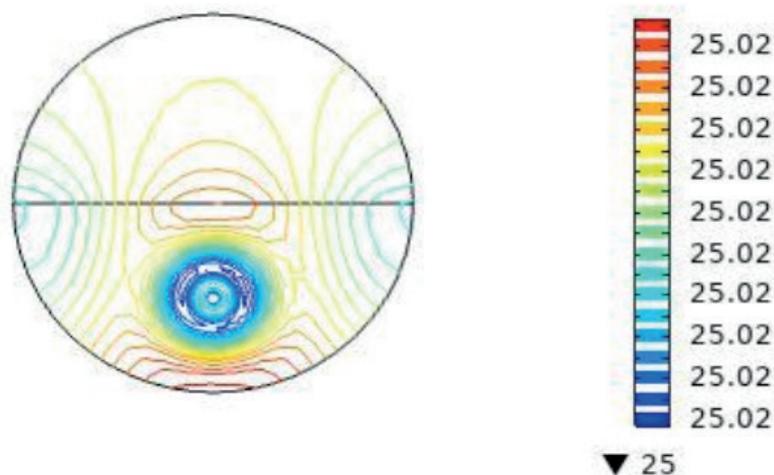


Figura 9. Fermentador Estático no instante de tempo  $t = 30$  minutos (Próprio autor)

### 3.2 Fermentador Rotativo

A Figura 10 apresenta os resultados para a distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador rotativo no instante de tempo inicial, sendo que foram adotadas as mesmas configurações do fermentador estático, com exceção da presença de uma frequência de rotação constante de 1/1800 Hz, ou seja, após 30 minutos a massa de cacau é totalmente revolvida.

Time=0 min Contour: Temperature (degC)

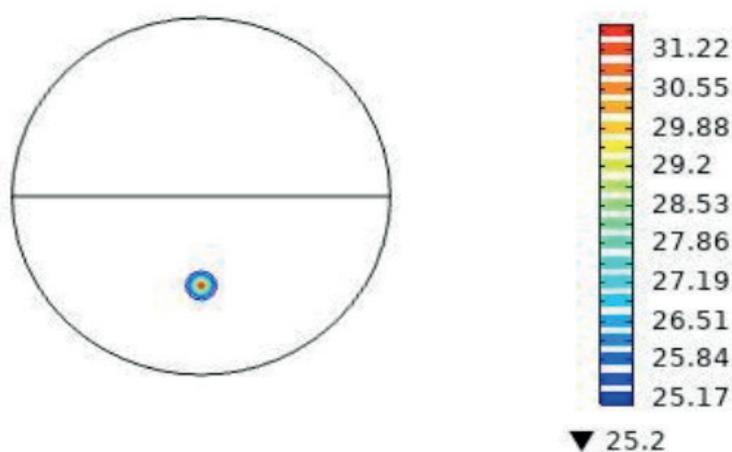


Figura 10. Fermentador Rotativo no instante de tempo  $t = 0$  min (Próprio Autor)

Pode-se observar que os resultados para o fermentador rotativo são iguais aos do fermentador estático no início do processo, já que no momento inicial não há a rotação do cilindro.

Em seguida, temos a Fig. 11, que apresenta o comportamento da distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador rotativo no instante de tempo  $t = 10$  min.

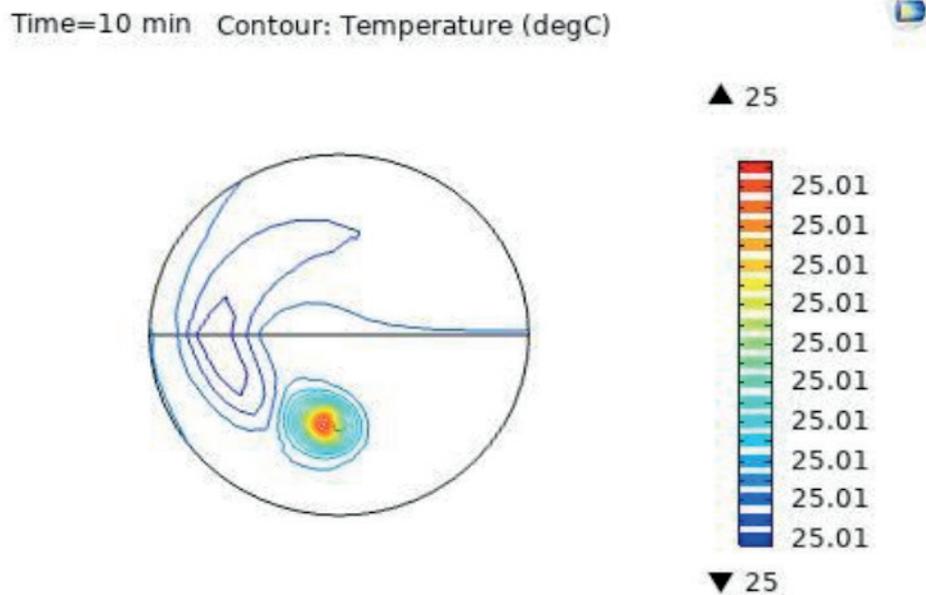


Figura 11. Fermentador Rotativo para um período de tempo de  $t = 10$  min (Próprio Autor)

Neste instante de tempo, o processo de transferência de calor entre a fonte e a região circunvizinha tende para a extremidade esquerda do cilindro. Esta movimentação é favorecida pela rotação do cilindro no sentido horário, que para  $t = 10$  min se encontra há um terço de completar o revolvimento ( $360^\circ$ ), ou seja, o fermentador se encontra com uma angulação de  $120^\circ$  com relação ao posicionamento inicial. Assim, as curvas isotérmicas estão tendendo a acompanhar a movimentação do fermentador.

Já a Fig. 12 apresenta a distribuição das curvas isotérmicas após 30 minutos do processo de fermentação, exatamente no momento em que a massa é totalmente revolvida, devido à finalização do movimento rotacional de  $360^\circ$ , em um período de tempo de 30 minutos.

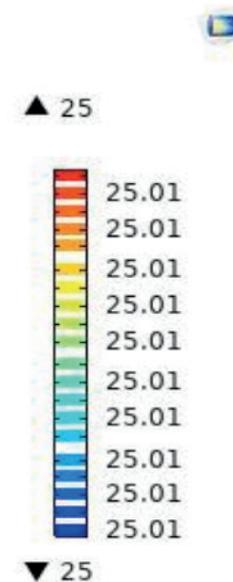


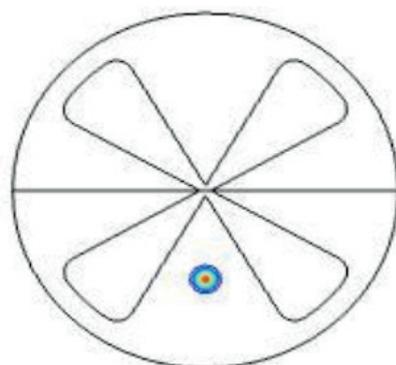
Figura 12. Fermentador Rotativo para o instante de tempo de  $t = 30$  min (Próprio Autor)

No instante final do processo de revolvimento para este modelo de fermentador, pode-se analisar que ocorreu um decréscimo significativo da temperatura, devido aos processos físicos convectivos e condutivos de transferência de calor no interior do fermentador. Nota-se também que apesar das diferenças de temperaturas serem pequenas, de modo que a escala em graus Celsius a direita não consegue captar, exibindo apenas uma temperatura constante de 25,01 °C nas curvas isotérmicas, há uma distribuição de temperaturas relativamente homogênea, não apresentando regiões isoladas com temperaturas mais elevadas. Também se observa que há uma dispersão significativa no calor concentrado inicialmente na fonte, o que equivale a uma multiplicação da fonte, com isso a probabilidade de uma distribuição uniforme de temperatura aumenta significativamente, pois há mais regiões pontuais com concentrações de temperatura, favorecendo assim, a troca de calor. Implicando na obtenção de um equilíbrio térmico de forma mais rápida.

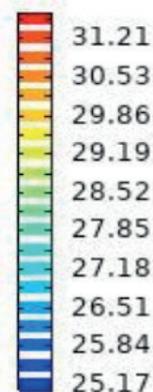
### 3.3 Fermentador com Hélices Rotativas

A Figura 13 contém os resultados relacionados ao comportamento da distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador com hélices rotativas no início do processo fermentativo, possuindo as mesmas configurações do fermentador rotativo, exceto pela presença de 4 hélices que serão responsáveis por revolver a massa de cacau.

Time=0 min Contour: Temperature (degC)



▲ 31.5



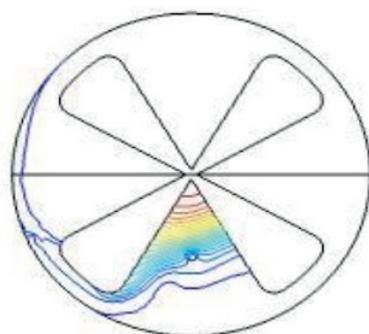
▼ 25.2

Figura 13. Fermentador com Hélices Rotativas no instante de tempo  $t = 0$  min (Próprio Autor)

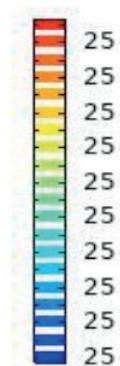
Nota-se a partir da figura acima, que o comportamento das curvas isotérmicas para o início do processo neste modelo de fermentador é semelhante aos outros dois apresentados anteriormente, já que neste instante o fermentador está estático.

Posteriormente, encontra-se a Fig. 14, que possui os resultados para a distribuição das curvas isotérmicas no interior do fermentador com hélices rotativas no instante de tempo  $t = 10$  min.

Time=10 min Contour: Temperature (degC)



▲ 25



▼ 25

Figura 14. Fermentador com Hélices Rotativas em um instante de tempo  $t = 10$  min (Próprio Autor)

Com base na análise da Figura exposta acima, pode-se notar que a distribuição das curvas isotérmicas tende a acompanhar o movimento de rotação no sentido horário das hélices, além de haver um declínio gradual da temperatura de acordo com a aproximação das extremidades das hélices. Vale ressaltar que a escala de

temperatura exposta a direita do modelo apresenta uma temperatura constante de  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , porém ocorre uma variação na coloração, onde o vermelho equivale as curvas mais quente e o azul as curvas mais frias. Assim, como a diferença destas temperaturas é muito pequena não se consegue expressar por meio da escala, já que o modelo foi reduzido com relação ao seu tamanho original.

A Figura 15 expõe os resultados do comportamento da distribuição das curvas isotérmicas após 30 minutos do processo de fermentação, no momento em que a massa é totalmente revolvida, devido à finalização do movimento rotacional das hélices que realizam um giro de  $360^{\circ}$ , em um de tempo de 30 minutos.

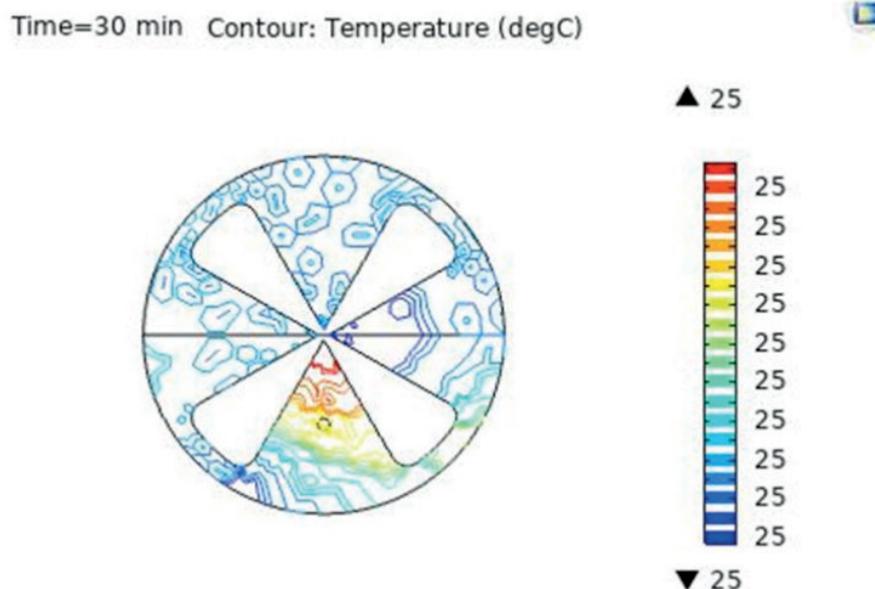


Figura 15. Fermentador com Hélices Rotativas no instante de tempo  $t = 30$  min (Próprio Autor)

Analisando a Figura apresentada acima, pode-se observar que ainda há uma região de concentração de temperatura localizada entre as duas hélices inferiores, cuja a temperatura aumenta de acordo com a aproximação do centro do eixo axial das hélices. Além disso, avalia-se que ocorreu uma dissipação do calor da fonte para o restante da massa de cacau de maneira relativamente uniforme.

#### 4 | CONCLUSÕES

A partir dos três modelos de fermentador apresentados neste artigo, evidenciou-se que o fermentador rotativo é o mais eficiente, pois a distribuição do calor concentrado na fonte ocorre de forma mais dispersa do que com relação aos outros dois tipos de fermentador analisados, assim essa dispersão implica em um aumento da probabilidade da massa de cacau atingir uma distribuição de temperatura uniforme já que ocorre uma “multiplicação” dos pontos com concentração de temperatura,

consequentemente mais regiões estarão predispostas a troca de calor e isto implicará em uma obtenção de um equilíbrio térmico de forma mais rápida. Com isso, não ocorrerá concentrações de temperatura em determinadas regiões por um tempo suficiente para que possa ocorrer uma modificação nas propriedades físicas da amêndoa, assim ao finalizar o processo fermentativo as chances de amêndoas com propriedades semelhantes aumenta drasticamente, quando comparamos com os outros dois tipos de fermentadores que não apresentam estas características na distribuição de calor em seu interior.

## 5 | AGRADECIMENTOS

J.H.S agradece a Fapesb-PIE0013-2016, CAPES e ao CNPq-315519/2018-5.  
M.B.C.F. agradece ao CNPq- 800339/2018-5.

## REFERÊNCIAS

- AMIGO, Fernanda Vargas; LIMA, Geovana Pires; SALES, Jorge Henrique; ESTIVAL, Katiannny Gomes. **Inovação Tecnológica na Secagem do Cacau: Um Estudo de Viabilidade Econômica e Barreira de Entrada**. Caderno de Prospecção, v. 10, p. 706, 2017.
- EFRAIM, P. et al. **Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.30 ,supl.1, p 142-150, 2010.
- INCROPERA, DeWitt, Berganan, Lavine; **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2008.
- LIMA, G. P. A.; SALES, J. H.. **Sistema alternativo para secagem de cacau e geração de energia**. Revista GEINTEC: gestão, inovação e tecnologias, v. 5, p. 1703-1715, 2015.
- SALES, J. H.; CANDIDA, T.. **Efeito da Temperatura Sobre a Amêndoa de Cacau: Secador Vertical**. Revista GEINTEC, v. 6, p. 3437-3446, 2016.
- KREITH, F. BOHN, M. **Princípio de Transferência de Calor**. 6ed. São Paulo: Thomson, 2003.

## O NASCIMENTO DE UMA NOVA ÁGUA MINERAL PARA TERMALISMO E ASPETOS BÁSICOS PARA O ESTABELECIMENTO DE SUAS INDICAÇÕES TERAPÊUTICAS: O CASO DAS TERMAS DE SÃO MIGUEL EM PORTUGAL

Data de aceite: 02/12/2019

### **Luís Manuel Ferreira Gomes**

Universidade da Beira Interior  
Covilhã – Portugal

### **Luís José Andrade Pais**

Universidade da Beira Interior  
Covilhã – Portugal

### **Paulo Eduardo Maia de Carvalho**

Universidade da Beira Interior  
Covilhã – Portugal

**RESUMO:** As águas minerais naturais são recursos hídricos subterrâneos de alta qualidade e cada vez mais escassos. De acordo com a legislação portuguesa, este recurso está integrado no campo dos recursos geológicos e pode ter duas aplicações: águas engarrafadas e águas termais. Existem alguns casos em que a mesma água, devido às suas particularidades, pode ser usada em ambas as aplicações. Uma água subterrânea a ser considerada mineral natural deve obedecer a requisitos técnicos muito exigentes e, somente após um conjunto considerável de estudos e procedimentos burocráticos, pode ser proposto superiormente ao Estado para reconhecer esse recurso como água mineral natural, e se tiver potencial para ser usado no termalismo, deverá ser submetido a um estudo médico-hidrologico

de responsabilidade de um médico, a fim de pesquisar e comprovar suas indicações terapêuticas. O presente trabalho corresponde a uma água mineral natural, com aplicação em termalismo, e após seu licenciamento pelo Ministério vinculado aos recursos geológicos, foi denominada "Termas de São Miguel", em Fornos de Algodres, distrito de Guarda (Portugal). Depois disso, foram criadas as instalações necessárias para um médico, em caráter experimental, por dois anos, usar esse espaço como Termas Experimentais, com seus utilizadores a fazer tratamentos termais, mas, portanto, com caráter experimental. Assim, este artigo apresenta os principais aspetos que levaram ao licenciamento da nova água mineral natural e também os principais aspetos que permitiram a legalização das indicações terapêuticas deste novo recurso.

**PALAVRAS-CHAVE:** água mineral natural, recurso hídrico, Termas de São Miguel, Fornos de Algodres.

THE BIRTH OF A NEW MINERAL  
WATER FOR TERMALISM AND BASIC  
ASPECTS FOR ESTABLISHING YOUR  
THERAPEUTICAL INDICATIONS: THE CASE  
OF MEDICAL SPA OF THE SAO MIGUEL IN  
PORTUGAL

**ABSTRACT:** Natural mineral waters are an

underground water resource with high quality and increasingly scarce. According to Portuguese legislation, this resource is integrated in the field of geological resources and can have two applications: bottling waters and thermal water. There are some cases in which the same water due to its particularities can be used in both applications. A groundwater to be considered natural mineral has to obey to very demanding technical requirements and, only after a considerable set of studies and bureaucratic procedures, it can be proposed superiorly, to the state, to recognize such resource as mineral water and if it has potential to be used in thermalism, will have to be subjected to a medical-hydrological study of the responsibility of a medical doctor, in order to research and prove its therapeutic indications. The present work corresponds to a natural mineral water, with application in thermalism, and after its licensing by the Ministry linked to the Geological resources, it was named "Termas de São Miguel", in Fornos de Algodres, in the district of Guarda (Portugal). After that, the necessary facilities were created for a medical doctor, on an experimental basis, for two years, to use that space as a spa, with its users doing the thermal treatments, but therefore, on an experimental basis. Thus, this paper presents the main aspects that led to the licensing of the new thermal mineral water and also the main aspects that allowed the legalisation of the therapeutic indications of this new resource.

**KEYWORDS:** Natural mineral water, water resource, São Miguel Medical Spa, Fornos de Algodres.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos realizados com intuito de realizar uma unidade termal em Fornos de Algodres (Figura 1) foram efetuados por Ferreira Gomes (2010), dos quais resultou uma proposta de localização de vários furos de prospeção e pesquisa hidrogeológica. No seguimento, vários estudos foram efetuados, merecendo referência o trabalho de CR e Rute Mainho (2014), intitulado "Relatório Final sobre Prospeção e Pesquisa de Águas Minerais Naturais - Sistema Aquífero de Fornos de Algodres", realizado no âmbito de contrato de prospeção e pesquisa de águas minerais naturais do Sistema Aquífero de Fornos de Algodres, no qual, de entre outros, apresenta as características de um Furo, designado por F2, com alguns resultados iniciais da qualidade do seu recurso, e que viria a ser a captação a sustentar a classificação da nova água mineral.

Com base no relatório "Estudo hidrogeológico para atribuição direta de concessão como Água Mineral em Atividade Termal" (Ferreira Gomes, 2014), obteve-se o Contrato de Exploração com o Estado Português, cujo extrato do mesmo foi publicado em Diário da República de outubro de 2015 (DR 194, 2015).

No seguimento e por imposições vertidas no referido contrato, foi definido o Perímetro de Proteção das Termas de São Miguel (Ferreira Gomes, 2017a) e ainda estabelecido o respetivo Plano de Exploração (Ferreira Gomes, 2017b), ambos

aprovados superiormente pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) como representante do estado Português.

Sendo a nova água mineral prevista para aplicações em termalismo, foi a mesma sujeita a estudos de hidrologia médica (Teixeira, 2015) e que culminaram com a publicação em Diário da República de 9 de março de 2017 (DR 49,2017), das indicações terapêuticas para as Termas de São Miguel em doenças do aparelho respiratório, doenças reumáticas e músculo-esqueléticas.

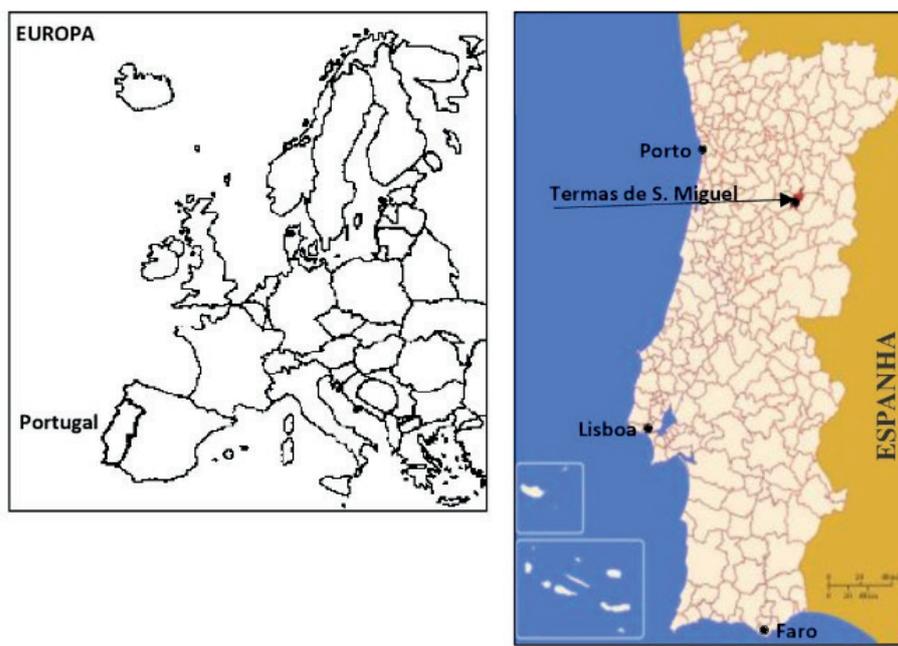


Figura 1 - .Localização/ enquadramento geográfico das Termas de São Miguel, na Vila de Fornos de Algodres, Distrito de Guarda (Ferreira Gomes *et al.*,2019).

Salienta-se que o presente estudo corresponde a um caso onde nunca antes existiram Termas, nem banhos de qualquer tipo, nem dos gregos, nem dos romanos, nem da idade média, como é comum em Portugal, em que havendo pré-existências, é relativamente fácil retomar, melhorando e adequando à atualidade. Portugal, é um país que está a ter uma procura turística do mundo inteiro, e que apesar de ser um país territorialmente muito pequeno, tem uma diversidade não só paisagística, como cultural, de património vernacular, de entre outras, e o turismo de saúde associado ao termalismo em conjunto com as várias valências regionais, permite ao turista ter experiências de excelência e em ambientes sustentáveis. Naquele sentido, tal como já em trabalhos anteriores (Ferreira Gomes *et al.*, 2018, 2019), o presente artigo, insere-se na dinâmica de divulgação dos vários aspetos técnico-científicos e até burocráticos, que estão na base do lançamento destes novos empreendimentos, que se acredita serem importantes não só para as populações locais, como para outras regiões do resto do mundo no sentido de serem exemplos a seguir.

## 2 | ASPETOS GEOMORFOLÓGICOS E GEOLÓGICOS

A captação de água mineral (Furo F2) localiza-se à cota de 641m aproximadamente, numa pequena sub-bacia, muito aplanada, designada por o Ribeiro das Ínfias, que por sua vez faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Mondego. Aquela zona é uma área relativamente suave, de planalto. A sub-bacia do Ribeiro das Ínfias, apresenta forma elíptica em planta (Figura 2), com eixo maior de 2,2km aproximadamente segundo a direção NE-SW, e com o eixo menor de apenas cerca de 0,43km, descarregando seus fluxos superficiais diretamente para o Rio Mondego.

As unidades geológicas que ocorrem na área de maior proximidade à captação F2, de idade mais antiga para a mais recente, segundo Gonçalves *et al.*(1990), são as seguintes: i) Complexo Xisto-Grauváquico (XSa) do Câmbrico; ii) Granitóides de idade Hercínica, nomeadamente: a) Granito de grão fino a médio, essencialmente biotítico com anfíbola ( $\gamma'f$ ); b) Granito de grão médio de duas micas com megacristais ( $\gamma\pi'm_{\downarrow}$ ); c) Granito porfiróide de grão médio, essencialmente biotítico ( $\gamma\pi\pi$ ); d) Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico com massas e filões aplito-pegmatitos ( $\gamma\pi\eta$ ); e) Aplogranito de grão fino a médio, essencialmente moscovítico ( $\gamma\alpha\rho$ ); e iii) Aluviões do Holocénico (a).

Salienta-se que é a unidade  $\gamma\pi\eta$ , constituída por granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico, que faz parte com exclusividade da sub-bacia das Ínfias, que é a bacia da captação de água mineral (Figura 2). Merece ainda referencia a particularidade da ocorrência de uma falha praticamente na zona central da sub-bacia das Ínfias, podendo ser esta estrutura que permite relacionar a água captada no Furo F2 com o sistema aquífero de profundidade. Um corte geológico da zona apresenta-se na Figura 3, que mostra a proximidade da falha com o Furo F2, orientando para que a água captada esteja necessariamente relacionada com a mesma.

## 3 | ASPETOS HIDROGEOLÓGICOS

Antes de se desenvolverem os aspetos hidrogeológicos propriamente ditos, estudaram-se alguns elementos climatológicos no sentido de se calcular o balanço hidrológico sequencial mensal, e se ter uma noção das potenciais recargas hídricas em profundidade.

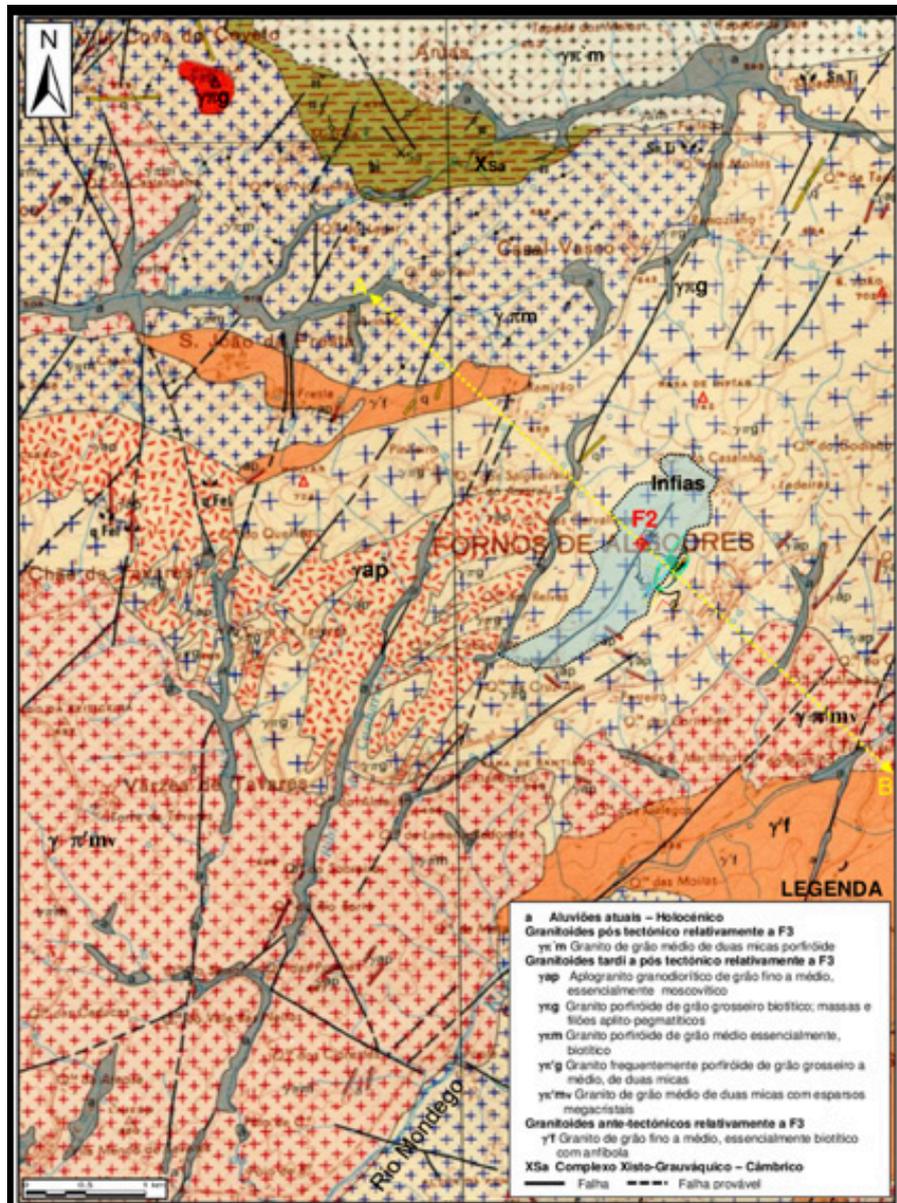


Figura 2 - Enquadramento geológico da área da sub-bacia das Infias, na Carta Geológica de Portugal à escala 1/50000 (a partir de Gonçalves *et al.*, 1990).

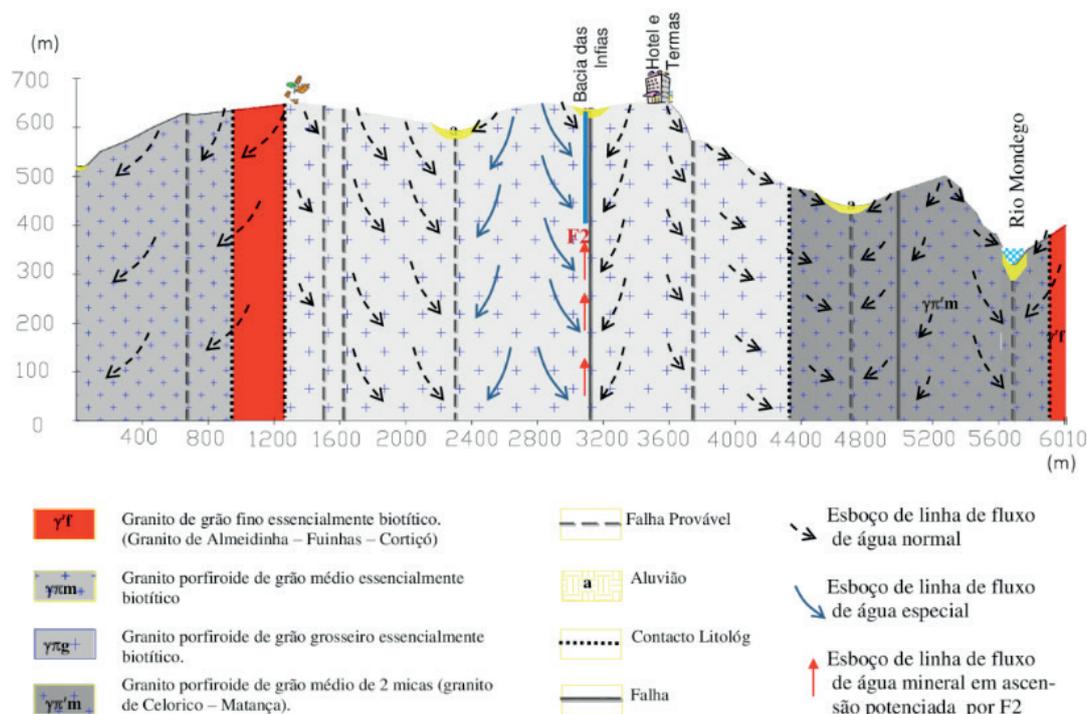


Figura 3 - Esboço sobre o modelo hidrogeológico concetual da região de Fornos de Algodres (Ferreira Gomes, 2014, *in* Ferreira Gomes *et al.*, 2018).

No cálculo do balanço hidrológico utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1957, *in* Lencastre e Franco, 1984). Os resultados principais apresentam-se na Tabela 1. Daqueles podem tirar-se as seguintes conclusões: i) constata-se a ocorrência de um período seco e um período húmido; o primeiro é traduzido pelo défice hídrico (DH), que vai de junho a setembro, enquanto o período húmido, é traduzido pelo superavit hídrico (SH) que vai de outubro a maio; ii) o DH atinge o valor máximo em agosto; iii) o SH atinge o valor máximo em janeiro. O valor total de SH (409,2 mm) é que contribui para a recarga de águas subterrâneas na zona em estudo.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
P	123,9	100,7	90,5	73,9	67,7	36,0	12,8	14,4	39,8	84,8	102,5	124,1	871,1
ETP	14,2	18,8	30,9	45,2	64,1	96,1	113,9	107,2	81,0	49,7	26,3	15,1	662,3
ETR	14,2	18,8	30,9	45,2	64,1	81,2	47,7	26,5	42,5	49,7	26,3	15,1	461,9
DH	-	-	-	-	-	14,9	66,2	80,7	38,5	-	-	-	200,4
SH	109,7	81,9	59,6	28,7	3,7	-	-	-	-	0,0	16,6	109,0	409,2

Tabela 1 - Resultados do balanço hidrológico sequencial mensal, para a região de Fornos de Algodres (a partir de Ferreira Gomes, 2014).

P- precipitação; ETP - evapotranspiração potencial; ETR - evapotranspiração real, DH - défice hídrico; SH - superavit hídrico. <sup>(\*)</sup> admite-se que capacidade utilizável pelas plantas ( $nu=100\text{mm}$ ), se encontra completa no início do período seco (junho).

No sentido de identificar a situação hidrogeológica efetuou-se com detalhe o levantamento dos principais pontos de água na bacia em estudo e de algumas zonas

envolventes à mesma, nomeadamente para cotas superiores à altitude da sub-bacia das Ínfias. Inventariaram-se 26 pontos de água, constituídos no essencial por poços e pontualmente por minas, nascentes, presas (pequenas represas localizadas sobre nascentes, em locais de quebras topográficas) e furos. Realça-se que o objetivo fundamental foi conhecer o tipo de recurso de cada ponto de água, de modo a esclarecer o modelo hidrogeológico com o máximo de consistência possível.

Os parâmetros *in situ* medidos foram, sempre que possível, os seguintes: profundidade/comprimento da captação, profundidade do nível de água na mesma, caudal, pH, Eh (potencial redox), condutividade (C), temperatura (T) e total de sólidos dissolvidos (TDS). De todos os registos salientam-se os resultados do recurso do Furo F2, por ser a captação das Termas, de modo a servirem de referência aos resultados dos outros pontos de água, sendo os seguintes: pH = 5,7, C = 83,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , T = 13,3°C, Eh = 16,3mV, e TDS = 77mg/L.

Em relação aos outros pontos de água consta-se uma grande variedade de situações, que a admitir-se que não há poluição química, como tudo indica, deduz-se que há várias células hidrogeológicas, abastecidas por extensas fraturas, ligando em alguns casos várias sub-bacias hidrográficas; a composição mineralógica dos materiais atravessados pelos fluxos subterrâneos condicionam grandemente o tipo de água de cada ponto registado. Realça-se o facto de se terem obtidos resultados nos seguintes intervalos: pH=5,1 a 6,5; C = 41 a 316  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; T = 10,9 a 14,4°C, Eh = -7,2 a 50,73mV, e TDS = 36,4 a 290,5 mg/L.

O Furo F2, é o resultado de uma sondagem vertical, realizada à rotopercussão, no ano de 2012, com 230m de profundidade. As litologias obtidas foram as seguintes: 0 a 7 m: aluviões, 7 a 22 m granito muito alterado (W4); 22 a 24m granito pouco alterado (W3); 24 a 49m granito levemente alterado (W2), 49 a 230m granito são a levemente alterado (W1/W2).

Para avaliar o potencial do recurso do ponto de água principal, Furo F2, foi realizado um ensaio de caudal, tendo este decorrido em duas fases; a 1ª fase consistiu na bombagem com caudal constante durante um determinado período de tempo, por patamares crescentes, até à capacidade máxima, seguindo-se a recuperação, para depois se iniciar a 2ª fase, com a bombagem de um caudal, à partida, o caudal admissível para a exploração, para depois se seguir a recuperação total.

Na Figura 4 apresentam-se os resultados de uma forma gráfica, verificando-se que o caudal máximo de bombagem foi de 4 L/s. O valor usado na segunda fase foi de 0,8 L/s, tendo este sido obtido a partir da curva característica (*caudal versus rebaixamento*) e considerado como caudal admissível ( $Q_{ad}$ ), que em regime permanente, apresenta rebaixamento de cerca de 5m.

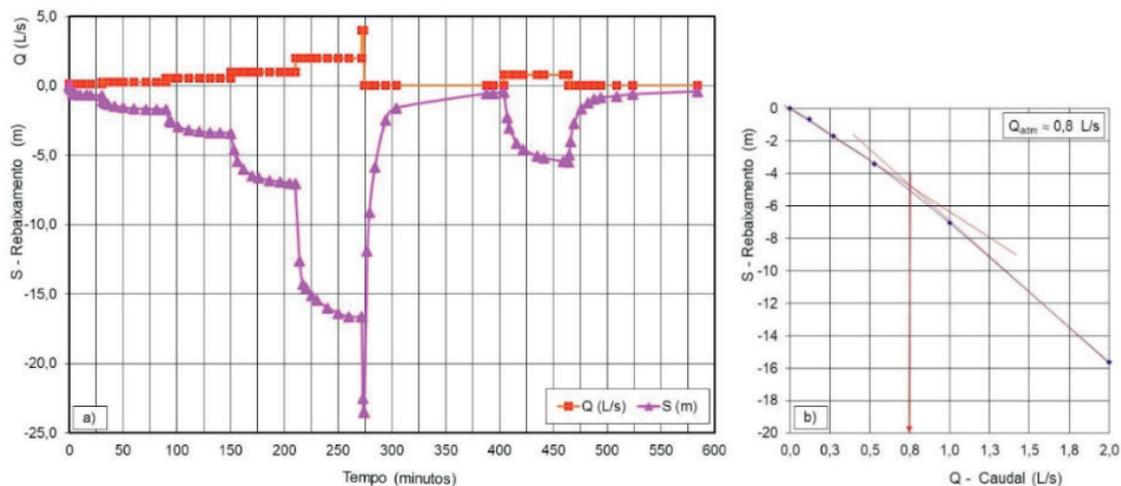


Figura 4 - Resultados do ensaio de caudal efetuado no Furo F2: a) caudais e respetivos rebaixamentos; b) curva característica.

Em termos de unidades hidrogeológicas, para a zona do Furo F2, consideram-se para o local três unidades hidrogeológicas, de acordo com o seguinte, de cima para baixo (Ferreira Gomes *et al.*, 2018): i) *Depósitos aluvionares*; apresentam permeabilidade do tipo intersticial, média, e constituem um aquífero do tipo livre, com cerca de 7 m de espessura na zona da captação; ii) *Formação granítica superficial*; constituída por granito porfiroide essencialmente biotítico, com cerca de 18 m de espessura na zona da captação; apresenta uma permeabilidade essencialmente do tipo intersticial devido ao granito estar muito alterado; na área da captação constitui um aquífero, ou seja, constitui uma formação geológica com água normal e de permeabilidade muitíssimo baixa, pois acaba por confinar o aquífero mineral que se situa por baixo deste; iii) *Formação granítica profunda*; constituída por granito porfiroide de grão grosseiro, essencialmente biotítico, a profundidade abaixo de 22 m na zona da captação; apresenta uma permeabilidade do tipo fissural devido ao granito geralmente estar *são* ou *pouco alterado*; na área da captação constitui um aquífero do tipo confinado a semi-confinado, com permeabilidade global baixa mas pontualmente ao longo de algumas fraturas de permeabilidade média e por vezes superior.

A caracterização hidráulica do aquífero de água captada pelo Furo F2, foi avançada por Ferreira Gomes (2014) com base nos resultados do ensaio de caudal, tendo em consideração geometria do maciço hidrogeológico e as características da captação, admitindo um aquífero confinado, contínuo na horizontal e equivalente a um meio poroso, aplicando o Método de Jacob (*in* Custódio e Llamas, 2001), em regime transitório. Considerando a zona produtiva entre os 30 e 48,5m, usando a média dos resultados correspondentes aos vários caudais de ensaio, obtiveram-se os seguintes parâmetros: condutividade hidráulica,  $k = 5,22 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ; transmissividade,  $T = 9,70 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ; e coeficiente de armazenamento,  $S = 3,36 \times 10^{-3}$ .

De modo a se ter uma noção sobre o modelo hidrogeológico global concetual

e sobre as reservas hídricas subterrâneas potenciais, tecem-se de seguida alguns contributos nesse sentido. A região em estudo apresenta modestas precipitações anuais e conseqüentemente modestos excedentes (Tabela 1). Por outro lado, tem-se uma situação razoavelmente favorável em termos de infiltração potencial na zona da sub-bacia da Ínfias, não só porque apresenta um vasto conjunto de fraturas relativamente abertas, como também apresenta declives pouco inclinados que favorecem a infiltração e conseqüentemente a recarga de água subterrânea. Considerando como potencial zona de recarga, as áreas a montante de F2, e a NW da falha existente (Figura 2), como sendo cerca de 0,45 km<sup>2</sup>, e considerando uma relação “G/SH” de 35%, como uma situação comum em situações de maciços graníticos, obtém-se uma recarga subterrânea anual de 64442,7m<sup>3</sup>, que a descarregar no Furo F2, leva a um valor de 2,0L/s. Considerando a ordem de grandeza do valor obtido e os resultados do ensaio de caudal no Furo F2, em que se fixou o caudal admissível de exploração de 0,8 L/s, admite-se que o caudal da captação seja no essencial resultado de infiltrações na própria bacia, apesar de se admitir que poderá haver eventuais contributos de bacias vizinhas, nomeadamente da bacia contígua a NW da sub-bacia das Ínfias. Um esboço sobre o modelo conceptual da água captada por F2, apresentou-se já na Figura 3, salientando-se que há o entendimento que apenas a água que é infiltrada a NW da Falha das Infias (Falha próxima de F2) contribui para o recurso a explorar em F2, ou seja, a zona onde aparecem os esboços de linhas de fluxo a cor azul na referida Figura 3; a bombagem em F2, potencia a ascensão do recurso a partir de zonas mais profundas, representada no referido modelo por linhas de fluxo a cor vermelha.

#### 4 | QUALIDADE DO RECURSO

No sentido de investigar sobre a qualidade do recurso e provar de sua estabilidade, de acordo com a lei portuguesa sobre o assunto (DL 86/90,1990) o recurso do Furo F2 foi submetido ao controlo físico-químico mensal, durante um ano. Uma grande variedade de parâmetros físico-químicos foram analisados, inclusive elementos químicos usualmente considerados como espécies vestigiárias. Os resultados foram apresentados com detalhe em Ferreira Gomes *et al.* (2019), tendo levado à classificação da água natural em estudo, de acordo com o seguinte: i) *Hipotermal*, em relação à temperatura (T) considerando T= 14,5°C à boca da captação (classificação segundo Herculano de Carvalho *et al.* 1961, *in* ATP,2014); ii) *Hipossalina*, em relação à mineralização total (Mt), considerando o valor médio de Mt = 77,9 mg/L obtido no período de legalização (classificação segundo Instituto de Hidrologia de Lisboa, *in* ATP,2014); iii) *Branda*, em relação à dureza (D), considerando o valor médio de D=14,8 mg/L CaCO<sub>3</sub>, obtido no período de legalização (classificação segundo Custódio e Llamas, 2001); iv) *Ácida*, em relação aos valores de pH (pH<7,0),

considerando o valor médio de 5,89, obtido no período de legalização; v) *Silicatada*, considerando a elevada percentagem de sílica (Si) na forma não ionizada, em termos relativos com a mineralização total (Mt), que foi de Si/Mt=32%, e vi) *Bicarbonatada-Sódica*, em relação aos seus iões principais.

Pelos elementos obtidos é de enfatizar uma estabilidade físico-química muito boa, pois os parâmetros globais e iões principais apresentam DPR (Desvio Padrão Relativo) genericamente inferior a 10%, com exceção do Fluoreto e do Sulfato, com 12 e 15%, respetivamente. Por outro lado, uma observação detalhada da evolução gráfica dos resultados ao longo do tempo, não evidencia qualquer tendência, situação que é consistente com o facto de se estar com um recurso de muito boa estabilidade. Em relação aos elementos secundários ou espécies vestigiárias, é de enfatizar a ocorrência dos elementos, de maior para menor importância, de acordo com o seguinte: Li>Sr>As>Rb>U>Be>Mo.

Ainda sob o ponto de vista da qualidade do recurso do Furo F2, salienta-se que durante o controlo analítico mensal, no período de legalização, também foi efetuado em termos microbiológicos, tendo-se verificado como água microbiologicamente adequada à classificação do recurso como água mineral natural.

## 5 | APLICAÇÕES DO RECURSO

Apesar da classificação do recurso como água mineral natural, resultasse no essencial com base nos elementos anteriormente apresentados, as aplicações sobre o mesmo, tendo em vista o termalismo, seria algo que só poderia surgir depois, visto que teria que se fazer um estudo médico-hidrológico com a água já classificada como mineral natural, aplicando-a em grupos de doentes voluntários, com determinadas metodologias aprovadas pela CAT - Comissão de Avaliação Técnica prevista no artigo 29º do Dec.-Lei nº142/2004 (DR 136, 2004), e num período de dois anos. Assim, no sentido de se contribuir para aquele estudo, foram logo apresentadas em Ferreira Gomes (2014) as aplicações das águas minerais portuguesas de quimismo relativamente similar à água em estudo, como se apresenta na Tabela 2.

	Fornos de Algodres	Luso (DGGM,1992)	Termas de Monfortinho (DGGM,1992)	Termas da Ladeira de Envidos (DGGM,1992)
Classificação	Hipossalina, Silicatada	Hipossalina, Silicatada	Hipossalina, Silicatada	Hipossalina, Silicatada
Utilização	-	Balneoterapia, Engarrafamento	Ingestão, Balneoterapia, Ingestão	Balneoterapia, Engarrafamento
Indicações terapêuticas	-	Aparelhos circulatório e respiratório, Doenças nefro-urinárias, reumáticas e músculo-esqueléticas	Aparelho digestivo, Pele	Aparelho digestivo, Pele, Doenças reumáticas e músculo-esqueléticas

Tabela 2. Utilização e indicações terapêuticas de algumas águas Termais Portuguesas classificadas no mesmo grupo da água em estudo (Hipossalina e Silicatada).

No sentido de averiguar sobre a similaridade do quimismo da água em estudo com outras águas já disponíveis no Termalismo Português, apresenta-se a Figura 5, onde são apresentadas as projeções de águas minerais termais de dois grupos diferentes: i) aquelas que, tal como a presente água em estudo são hipossalinas, incluindo assim as águas das Termas do Luso, das Termas de Monfortinho, e das Termas da Ladeira de Envendos, ii) e duas águas do tipo sulfúreas, devido ao facto de pertencerem ao mesmo grupo empresarial (Grupo de Desenvolvimento de Termas de Portugal) da presente água em estudo, ou seja, as Termas da Cavaca e as Termas de São Vicente. Verifica-se haver maior proximidade da qualidade da água em estudo com a água de Monfortinho, que se classifica também como a das Termas de São Miguel, por Bicarbonatada- Sódica.

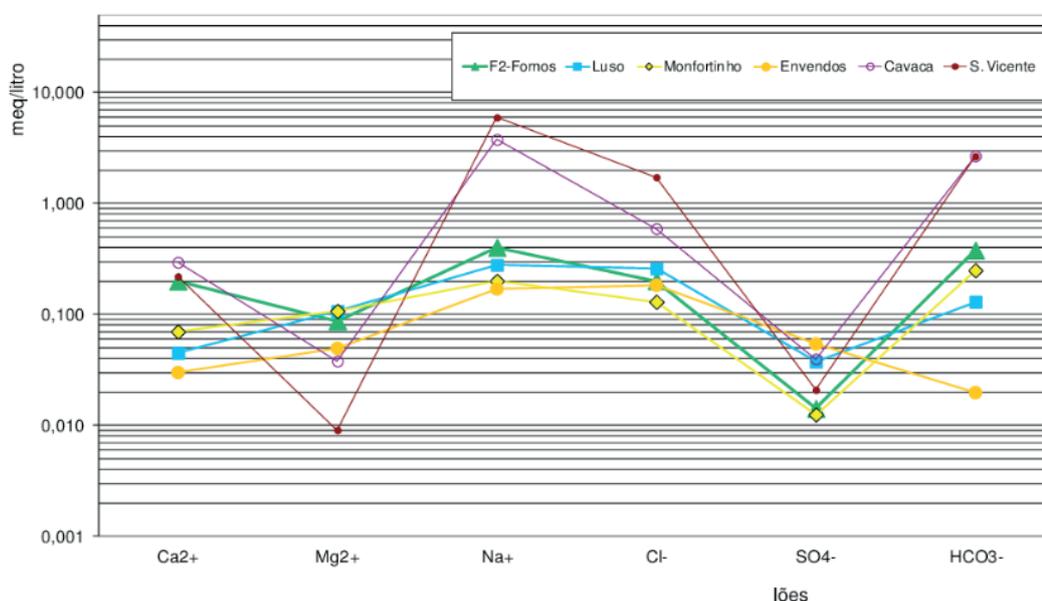


Figura 5 - Comparação do quimismo da água do Furo F2, das Termas de S. Miguel, com outras águas do termalismo português, em diagrama Scholler –Berkaloff.

Assim, no seguimento, num espaço como balneário termal provisório e de carácter experimental, equipado com técnicas adequadas a um conjunto de aplicações termais (tratamentos em: banheiras com hidromassagens, duche de jato, duche Vichy, estufa de vapor à coluna, Bertholaix, duche circular, irrigação nasal, inalação de vapor quente húmido, aerossol termal sónico, aerossol termal, de entre outros) efetuou-se uma investigação no âmbito da Hidrologia Médica. Os estudos dirigidos por Médico Hidrologia (Teixeira, 2015) incidiram sobre Rinosinusites (rinites e sinusites de etiologias diferentes), Dorsolombalgias por Espondilartrose e Gonalgias por Gonartrose. Cada doente teve a participação durante 6 meses, passando pelos passos: avaliação médica no início do estudo, seguindo-se 14 sessões de tratamento com a água termal de S. Miguel, durante 14 dias, com nova avaliação médica no final dos tratamentos, aos 3 e aos 6 meses posteriores. Como os resultados foram

francamente favoráveis, o processo culminou com a legalização da água mineral termal das Termas de S. Miguel, com indicações terapêuticas para doenças dos foros reumático e músculo-esquelético e ainda do aparelho respiratório (DR 49 2017).

Sobre o potencial do recurso revelado em estudo, com base no caudal de exploração, Ferreira Gomes (2014) refere que se se admitir que cada utente efetua em média 3 tratamentos/dia (da panóplia de tratamentos usados no estudo medico-hidrológico), há a possibilidade de frequentar o balneário 208 pessoas/dia; por outro lado, considerando a situação de termalismo clássico em que cada pessoa passa 15 dias nas termas, o balneário poderá comportar durante um ano 4992 termalistas, e que, com um pagamento por pessoa de 500 euros, em tratamentos e consultas, possibilitará obter uma receita bruta de 2496000 euros/ano.

Note-se que o número de termalistas poderá aumentar imenso se se considerasse o tempo de 1 a 2 dias por utente, como é atualmente usual no âmbito do termalismo de bem-estar, no entanto as receitas não poderão subir na mesma proporção, pois o número de tratamentos considerado foi para a máxima ocupação, podendo eventualmente a receita subir um pouco, pois usualmente o custo por tratamento em bem-estar é ligeiramente superior à situação do termalismo clássico.

Por fim, refere-se que atualmente as Termas de São Miguel são já uma realidade (Figura 6) e associam-se a um Hotel 4\* e a um Centro de Estágios e treinos para equipas e clubes de futebol, sendo este já conhecido pela sua altitude, que garante aos jogadores um treino físico mais esforçado e de melhor performance, em relação ao que é comum em Portugal.



Figura 6 – Fotografias de elementos das novas Termas de São Miguel, em Fornos de Algodres.

## 6 | NOTA FINAL

Como nota final, salienta-se que o presente artigo mostra um excelente exemplo em como um recurso hídrico especial (água mineral natural), depois de revelado e licenciado, pode levar a elevados financiamentos associados a serviços públicos de saúde em termos de termalismo clássico, mas também ao turismo de saúde e ao

desporto. Este exemplo, acredita-se que terá muito êxito, e ajudará a criar riqueza numa zona do interior de Portugal que está praticamente despovoada, mas que com o presente projeto poderá ter muitas pessoas em circulação, com estadias curtas e outras longas, dependendo naturalmente da capacidade de manter a qualidade do recurso estável, dos serviços associados e ainda da capacidade da equipa técnica, de gestão e Marketing, na promoção dos serviços, apostando em especial em utentes de várias nacionalidades.

## 7 | AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao Grupo de Desenvolvimento de Termas de Portugal e à Unidade de Investigação GEOBIOTEC-UID/GEO/ 04035/2013 pelos apoios concedidos.

## REFERÊNCIAS

ATP (2014) **Classificação de Águas**, site de Termas de Portugal: <http://www.termasdeportugal.pt/classificacao> (acedido em 20.07.2014).

CR e Rute Mainho (2014). **Relatório Final sobre Prospecção e Pesquisa de águas minerais naturais do Sistema Aquífero de Fornos de Algodres**. Terras Serranas, Desenvolvimento Turístico e Imobiliário, S.A.; 47p.

Custódio, E. e Llamas, M. R. (2001). **Hidrologia Subterranea**, 2ªed. Ed. Omega, 2 vols., 2359p.

DL 86 (1990). Dec.-Lei nº86/1990 – **Qualificação de uma água mineral natural**. Diário da República, I Série, nº 63, 16 de março de 1990, pp.1254-1264.

DGGM (1992). **Termas e Águas Engarrafadas em Portugal**. Direcção-Geral de Geologia e Minas, Ministério da Indústria e Energia; Ed. DGGM, Lisboa.

DR 136 (2004). Dec.-Lei nº142/2004 – **Lei das Termas**. Diário da República, 1ª Série -A, nº 136, 11 de junho de 2004, pp. 3632- 3640.

DR 194 (2015). Contrato (extrato) n.º 697/2015, Extrato do Contrato de Exploração. D.República, 2.ª série, nº 194, 5 de outubro de 2015, p.28503.

DR 49 (2017). Despacho nº2017/2017 - **Reconhecimento das indicações terapêuticas da água mineral das Termas de S. Miguel**. Diário da República, 2ª Série, nº 49, 9 de março de 2017, p.4304.

Ferreira Gomes, L. M. (2010) - **Parecer sobre Localização de Furos semi-verticais profundos na zona de Fornos de Algodres**, 6p.

Ferreira Gomes, L.M. (2014). **Estudo hidrogeológico para atribuição direta de concessão como Água Mineral em Atividade Termal**. Fornos de Algodres. Grupo de Desenvolvimento das Termas de Portugal; Vol.I:55p.

Ferreira Gomes, L.M. (2017a). **Perímetro de Proteção das Termas de S. Miguel**. Grupo de Desenvolvimento das Termas de Portugal. UBI, 44p.

Ferreira Gomes, L.M. (2017b). **Plano de Exploração das Termas de S. Miguel**. Grupo de

Desenvolvimento das Termas de Portugal. UBI, Agosto 2017; 37p.

Ferreira Gomes L.M., Carvalho, P.E.M., e Andrade Pais, L. (2018). **Estudos hidrogeológicos para a classificação de uma nova água mineral em Portugal - As Termas de São Miguel, Fornos de Algodres**. 14.º Cong. da Água. 7 a 9 de março, Évora, APRH; 15 p.

Ferreira Gomes L.M., Carvalho, P.E.M., e Andrade Pais, L. J. (2019). **Hydrogeochemical studies of a groundwater with a view to its classification as mineral water for a new medical spa in Portugal**. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 221 012030; IOP Publishing; 10p.

Gonçalves, L.S.M., Araújo, J.R., F., Fonseca, C., Pinto, M.S., Pinto, A.F. (1990). **Carta Geológica de Portugal**, Folha 17B. Serviços Geológicos de Portugal.

Lencastre, A. e Franco, F. M.(1984). **Lições de Hidrologia**. Univ. Nova de Lisboa,451p.

Teixeira, F. J. (2015).**Estudo Médico-Hidrológico**. Termas de São Miguel, Fornos de Algodres. 168 p.

## PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONSTITUINTES METÁLICOS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ECOSSISTEMA LÊNITICO

Data de aceite: 02/12/2019

### **Maria da Graça Vasconcelos**

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Uberlândia - MG

### **Hugo Gomes Amaral**

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Uberlândia - MG

### **Arthur Dias Freitas**

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Uberlândia - MG

### **Angélica Pereira da Cunha**

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Uberlândia - MG

### **Bruna Fernanda Faria Oliveira**

Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Uberlândia - MG

**RESUMO:** O conhecimento da composição química dos sedimentos é importante na avaliação da qualidade da água, podendo fornecer diversas informações a respeito do ambiente estudado. O reservatório da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar II, no Rio Araguari - MG, sofre a influência do uso e ocupação do solo

na área de drenagem, devido sua proximidade com três cidades, Uberlândia, Araguari e Indianópolis. O objetivo deste projeto foi avaliar a qualidade ambiental desse ecossistema em relação as alterações espaciais e temporais das concentrações dos metais dissolvidos na água e nos sedimentos marginais. As amostras foram coletadas em seis diferentes pontos da represa. Nas amostras de água foram significativas as concentrações de Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K e Li. Nas amostras de sedimentos foram quantificadas as concentrações de Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn. As análises foram realizadas utilizando-se Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP - OES). Os resultados obtidos para as amostras de água foram comparados com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Observou-se, que as concentrações dos metais Al, Cu e Fe superaram os limites estabelecidos pela legislação em pelo menos um ponto de amostragem. Os resultados das amostras de sedimentos foram comparados com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12. Concentrações maiores dos metais foram encontradas em pontos com presença de atividade humana e descarga de efluente. As características do solo da região também influenciaram nos valores encontrados. Os resultados evidenciam a importância da continuidade dessa pesquisa e do contínuo

monitoramento do reservatório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecossistema aquático; Água e sedimentos; Metais dissolvidos.

## PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS AND METAL CONSTITUENTS IN THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF LENTIC ECOSYSTEM

**ABSTRACT:** Knowing the chemical composition of sediments is important in the assessment of water quality and can provide several information about the studied environment. The Amador Aguiar II Hydroelectric Power Plant reservoir, in Rio Araguari - MG, is influenced by the land use and occupation in the drainage area, due to its proximity to three cities, Uberlândia, Araguari and Indianópolis. The aim of this project was to evaluate the environmental quality of this ecosystem in relation to spatial and temporal changes in dissolved metal concentrations in water and marginal sediments. Samples were collected at six different points of the reservoir. Concentrations of Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K and Li were significant in the water samples. In sediment samples the concentrations of Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn were quantified. Analyzes were performed using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP - OES). The results obtained for the water samples were compared with the values established by CONAMA Resolution 357/05. It was observed that the concentrations of metals Al, Cu and Fe exceeded the limits established by the legislation in at least one sampling point. The results of the sediment samples were compared with the values established by CONAMA Resolution 454/12. Higher concentrations of metals were found at points with presence of human activity and effluent discharge. The soil characteristics of the region also influenced the values found. The results show the importance of the continuity of this research and the continuous monitoring of the reservoir.

**KEYWORDS:** Aquatic ecosystem; Water and sediments; Dissolved metals.

### 1 | INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade das águas superficiais, o monitoramento e a caracterização dos sedimentos são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, como o planejamento, a outorga, a cobrança e o enquadramento dos cursos de água (ANA, 2012).

Os corpos hídricos estão susceptíveis às interferências naturais e antrópicas que acontecem na bacia em que se localizam (DIAS, 2017). A erosão do solo é uma importante questão ambiental reduzindo a capacidade dos reservatórios, intensificando o transporte de poluentes agregados às partículas de sedimentos e acelerando a redução da diversidade biológica (ARAÚJO; KNIGHT, 2005).

Segundo Von Sperling (2014), um dos parâmetros utilizados para classificar a qualidade da água é a quantidade de micropoluentes inorgânicos dissolvidos ou em

suspensão, grupo no qual se encontram os metais. Estes elementos e compostos químicos, que em pequenas concentrações são fundamentais e essenciais ao corpo humano, podem atribuir características de toxicidade à água, tornando-a inadequada para muitos dos seus potenciais usos, quando em maiores concentrações.

O conhecimento sobre os sedimentos dispostos nos ecossistemas aquáticos é importante para a caracterização do curso fluvial e da qualidade da água do local, por serem fontes de metais, pesticidas e outras substâncias químicas. Por isso, conhecer a composição química dos sedimentos é de grande relevância quando há interesse em se conhecer os fenômenos de transporte do sistema, traçando um histórico da poluição no ambiente. A determinação de concentrações metálicas neste tipo de matriz geológica pode fornecer importantes informações a respeito do ambiente estudado (SALOMONS; STIGLIANI, 1995).

Os substratos mais comuns nos sedimentos são os óxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e argilominerais. Os sedimentos podem agir como possíveis fontes de poluição de metais pesados, que podem não ser permanentemente fixados, voltando a ser disponibilizados para a coluna d'água, devido a variações nas condições ambientais, como mudanças de pH, de potencial redox, pela presença de quelantes orgânicos, oxigênio dissolvido, ação microbiana, turbidez e outros, afetando assim a qualidade da água e desenvolvendo processos bioacumulativos (LEMES et al.2003).

Os principais metais poluentes de corpos d'água são o cádmio, o cromo, o chumbo, o níquel e o zinco. Estes metais possuem a propriedade de se dissolverem na água e não são degradados pelos microrganismos presentes na biomassa dos seres vivos, se acumulando nas suas células e aumentando a sua concentração à medida que se progride na cadeia alimentar - fenômeno denominado de biomagnificação (VASCONCELOS, 2012).

Análises físico-químicas e estudo dos sedimentos são fundamentais para quantificar e identificar contaminantes, que possam estar presentes no meio aquático, possibilitando associar esses contaminantes às questões ambientais como a lavagem geológica de rochas e solos expostos à água. Sendo, que as práticas da agricultura e os despejos industriais e domésticos contribuem para o aumento das taxas de metais dissolvidos de origem antropogênica.

Essa pesquisa teve como objetivo caracterizar as alterações espaciais e temporais das amostras de água e sedimentos da Represa Amador Aguiar II, em relação aos constituintes metálicos, devido a sua elevada toxicidade, grande persistência no meio e rápida acumulação nos organismos aquáticos. Como os sedimentos podem ser fonte potencial de contaminantes do sistema aquático é importante que se mantenha o monitoramento da represa, evitando que no futuro esses metais sejam liberados para a água, podendo afetar a biota e o uso da água,

que em necessidade futura, pode suprir o abastecimento das cidades da região.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A Usina Hidrelétrica Amador Aguiar II é do tipo fio d'água seu reservatório abrange uma área de aproximadamente 45 km<sup>2</sup> e ocupa um volume próximo de 873 milhões de m<sup>3</sup>. A represa localiza-se no Rio Araguari - MG, entre os municípios de Uberlândia, Araguari e Indianópolis, conforme Figura 1.

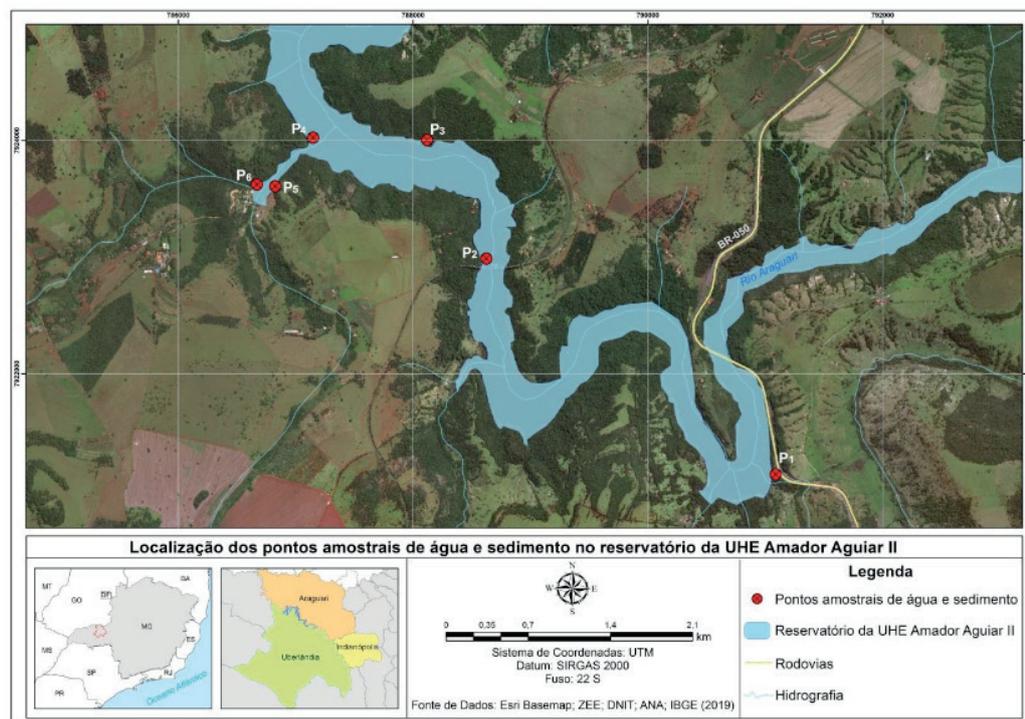


FIGURA 1. Localização dos pontos coleta de água e sedimentos na Represa Amador Aguiar II.

Fonte: Adaptado pelos autores.

A área em volta da represa possui vegetação nativa, propriedades rurais, pastagens, plantações, instituição rural de ensino e área de lazer. Os seis locais de coleta de água e sedimentos marginais foram escolhidos de modo a representar o corpo hídrico como um todo, contemplando áreas distantes de qualquer interferência humana, áreas de descarga de pequenos córregos, áreas onde são lançados efluentes e áreas de recreação.

### 2.2 Amostragem e Análise

O procedimento de coleta envolveu o traslado de barco para cada um dos pontos escolhidos, conforme Figura 2, onde amostras de água e sedimentos marginais foram coletadas.

As amostras de água foram coletadas com base nas normas técnicas da ABNT. Para as análises em campo utilizou-se o medidor multiparâmetros HANNA HI 9829, que monitorou os parâmetros oxigênio dissolvido, pH, salinidade, sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez.



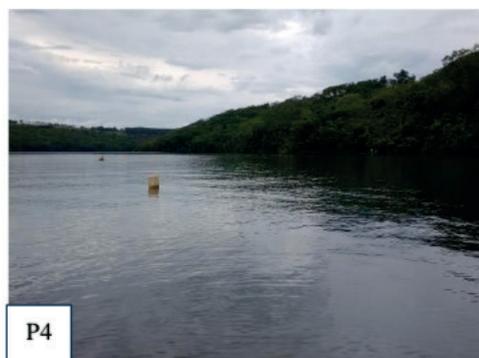
18°46'51.9"S e 48°14'19.5"W



18°45'53"S / 48°15'44.5"W



18°45'20,2" S e 48°16'02,3" W



18°45'20,0"S e 48°16'35,4"W



18°45'33,7"S e 48°16'46,2"W



18°45'33,3"S e 48°16'51,5"W

FIGURA 2: Pontos de amostragem de água e sedimentos na represa.

Fonte: Os autores.

As amostras de água foram analisadas utilizando-se Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP - OES), da Agilent Technologies, modelo 5100. As amostras de água foram submetidas aos procedimentos de acidificação e filtração. Enquanto, as amostras de sedimentos passaram por processo de digestão ácida, segundo as normas *Standard Methods for the Examination of*

*Water and Wastewater* (APHA, 2017), para reduzir a interferência causada pela matéria orgânica na leitura do ICP-OES.

Os resultados das análises dos constituintes metálicos para as amostras de água foram comparados com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005. Enquanto, que para os sedimentos foram usados os Níveis 1 e 2 de Classificação do Material a ser Dragado dispostos na Resolução CONAMA nº 454, de 2012.

Para a coleta das amostras de sedimentos, foram utilizados recipientes plásticos, que foram armazenados em local apropriado e em seguida abertos para a secagem das amostras em ambiente natural. As amostras de sedimentos secas foram levadas ao Laboratório de Qualidade Ambiental e foram analisadas utilizando-se Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP - OES), após um processo de digestão ácida, segundo as normas da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017), para reduzir a interferência ocasionada pela matéria orgânica na leitura.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em campo para as amostras de água utilizando-se o multiparâmetros foram comparados com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe 3. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores obtidos para o período chuvoso e para o período seco, respectivamente.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Classe 3
OD (mg/L)	6,39	6,92	6,59	6,93	7,21	7,08	> 4,0
pH	6,97	6,72	6,70	6,48	6,49	6,76	6,0 – 9,0
Salinidade (‰)	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	< 0,5
STD (mg/L)	35	28	18	18	21	22	500
Temperatura (°C)	22,17	22,0	26,21	26,11	26,45	26,54	20,0 – 30,0
Turbidez (UNT)	3,48	3,4	2,6	2,2	3,7	2,3	100

TABELA 1. Comparação entre os valores avaliados nos pontos de coleta com os valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357, no período chuvoso.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Classe 3
OD (mg/L)	3,17	3,26	3,4	3,45	4	3,94	> 4,0
pH	6,01	6,16	6,37	6,57	6,9	6,73	6,0 – 9,0
Salinidade (‰)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	< 0,5
STD (mg/L)	15	15	14	15	19	16	500
Temperatura (°C)	24,12	24,04	24,17	24,45	25,78	25,21	20,0 – 30,0
Turbidez (UNT)	0,4	4,2	12,7	14,5	34	0,5	100

TABELA 2. Comparação entre os valores avaliados nos pontos de coleta com os valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357, no período seco.

Com os resultados obtidos com a avaliação do multiparâmetros apresentados nas Tabelas 1 e 2, pode-se observar que a concentração de Oxigênio Dissolvido - OD na segunda coleta, período seco, foi inferior ao valor de referência da legislação. Sendo, portanto, necessários novos estudos para avaliar os motivos dessa diferença encontrada, que pode ser uma condição atípica do corpo hídrico ou se interferências antropogênicas são responsáveis por essa diminuição.

Nota-se, uma concentração maior de Sólidos Totais Dissolvidos - STD na água no período chuvoso, na primeira coleta, que pode ser explicado pelo carreamento de solo de partes mais altas da bacia para o corpo hídrico, por erosão e por maior turbulência nas águas. Os sólidos totais dissolvidos (STD) podem carregar consigo alguns elementos químicos prejudiciais à água e liberá-los, podendo afetar a qualidade da água do local, as pessoas que fazem uso dessa água para diferentes fins e a biota aquática.

Os valores médios obtidos das amostras de água coletadas em triplicatas estão relacionados nas Tabelas 3 e 5, para os metais alumínio, bário, cálcio, cobre, ferro, potássio e lítio, seguidos dos respectivos valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Nas Tabelas 4 e 5 foram apresentados os resultados médios das concentrações de metais nas amostras de sedimentos. Foram utilizados como valores de referência para cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco, valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454/2012, sendo o Nível 1: Threshold Effect Level (Nível de Efeito Limiar) ou TEL e o Nível 2 Probable Effect Level (Nível de Efeito Provável) ou PEL. O Nível 1 - TEL é caracterizado como nível de efeito limiar, abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota e o Nível 2 - PEL, nível de efeito provável acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota. (VASCONCELOS, 2017).

Os metais dissolvidos nas águas do Reservatório Amador Aguiar II que apresentaram concentrações significativas foram o alumínio, o bário, o cálcio, o cobre, o ferro, o potássio e o lítio. Sendo, que o alumínio, o cobre e o ferro apresentaram concentrações superiores às estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de Classe 3, o que torna a água imprópria para abastecimento público, sem tratamento prévio. Destaca-se a concentração elevada do cobre, metal que oferece risco à saúde humana.

Apesar de não possuírem valores estabelecidos pela legislação, o cálcio e o potássio, apresentaram concentrações elevadas, principalmente em P4, P5 e P6, que são pontos relacionados com as atividades de lazer e com a descarga de efluentes do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM.

Metais	CONAMA 357	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Al	0,1	0,124±0,035	0,206±0,024	0,127±0,012	0,114±0,000	0,107±0,005	0,188±0,074
Ba	0,7	0,027±0,003	0,038±0,011	0,019±0,005	0,021±0,009	0,017±0,001	0,043±0,005
Ca	-	1,986±0,090	6,520±0,094	2,064±0,012	1,905±0,013	2,229±0,026	4,624±0,038
Cu	0,009	0,032±0,031	0,006±0,001	0,014±0,001	0,008±0,000	0,007±0,000	0,008±0,000
Fe	0,3	0,105±0,097	0,623±0,016	0,044±0,008	0,010±0,003	0,043±0,004	0,345±0,017
K	-	6,725±0,216	8,399±0,033	2,683±0,005	19,373±0,040	13,897±0,147	12,6506±0,031
Li	2,5	0,005±0,000	0,003±0,000	0,004±0,001	0,004±0,000	0,004±0,001	0,003±0,000

TABELA 3. Valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 e valores médios das concentrações de metais nas amostras de água nos seis pontos amostrados, no período chuvoso.

Metais	CONAMA 454		P1	P2	P3	P4	P5	P6
	TEL	PEL						
Al	-	-	850,82 ± 126,09	153,73 ± 22,32	141,93 ± 30,16	188,02 ± 26,42	119,01 ± 12,46	527,88 ± 73,17
Cd	0,6 mg/kg <sup>1</sup>	3,5 mg/kg <sup>2</sup>	0,18 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,05 ± 0,001	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,01
Cr	37,3 mg/kg <sup>1</sup>	90 mg/kg <sup>2</sup>	0,71 ± 0,19	0,43 ± 0,13	0,21 ± 0,04	0,65 ± 0,05	0,52 ± 0,09	0,44 ± 0,06
Cu	35,7 mg/kg <sup>1</sup>	197 mg/kg <sup>2</sup>	0,83 ± 0,10	0,26 ± 0,04	0,13 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,82 ± 0,09
Fe	-	-	149,03 ± 32,30	231,83 ± 33,79	11,17 ± 4,94	242,99 ± 13,29	387,07 ± 17,53	500,01 ± 19,46
Ni	18 mg/kg <sup>1</sup>	35,9 mg/kg <sup>2</sup>	0,24 ± 0,07	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,20 ± 0,03
Pb	35 mg/kg <sup>1</sup>	91,3 mg/kg <sup>2</sup>	0,16 ± 0,04	0,07 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Zn	123 mg/kg <sup>1</sup>	315 mg/kg <sup>2</sup>	1,20 ± 0,06	0,36 ± 0,04	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,03	0,31 ± 0,07	0,93 ± 0,09

1: TEL - Threshold Effect Level (Nível de Efeito Limiar) 2: PEL - Probable Effect Level (Nível de Efeito Provável).

TABELA 4. Valores de Referência da Resolução CONAMA 454/2012 para TEL e PEL e valores médios das concentrações de metais nas amostras de sedimentos nos seis pontos amostrados, no período chuvoso.

Metais	CONAMA 357	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Al	0,1	0,092±0,006	-	0,154±0,000	0,042±0,001	0,033±0,001	0,075±0,001
Ba	0,7	0,024±0,000	0,017±0,000	0,026±0,000	0,024±0,000	0,020±0,000	0,040±0,000
Ca	-	2,231±0,063	1,374±0,013	1,706±0,023	1,615±0,005	2,018±0,008	3,713±0,016
Cu	0,009	0,004±0,000	0,001±0,000	0,001±0,000	0,001±0,000	0,002±0,003	0,001±0,000
Fe	0,3	1,065±0,016	0,002±0,000	0,189±0,000	0,392±0,003	0,434±0,008	0,679±0,005
K	-	1,145±0,008	1,102±0,010	1,075±0,001	1,045±0,003	1,686±0,016	1,265±0,018
Li	2,5	0,0001±0,000	0,0001±0,000	0,0001±0,000	0,0002±0,000	0,0002±0,000	0,0001±0,000

TABELA 5. Valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 e valores médios das concentrações de metais nas amostras de água nos seis pontos amostrados, no período seco.

Metais	CONAMA 454		P1	P2	P3	P4	P5	P6
	TEL	PEL						
<b>Al</b>	-	-	143,776 ± 41,598	173,479 ± 31,475	89,283 ± 0,538	161,376 ± 5,426	398,109 ± 25,937	624,982 ± 46,970
<b>Cd</b>	0,6 mg/kg <sup>1</sup>	3,5 mg/kg <sup>2</sup>	0,020 ± 0,005	0,034 ± 0,006	0,014 ± 0,001	0,034 ± 0,004	0,078 ± 0,005	0,0134 ± 0,010
<b>Cr</b>	37,3 mg/kg <sup>1</sup>	90 mg/kg <sup>2</sup>	0,227 ± 0,014	0,243 ± 0,037	0,121 ± 0,015	0,452 ± 0,88	0,573 ± 0,077	0,502 ± 0,034
<b>Cu</b>	35,7 mg/kg <sup>1</sup>	197 mg/kg <sup>2</sup>	0,105 ± 0,030	0,217 ± 0,040	0,093 ± 0,008	0,196 ± 0,012	0,388 ± 0,016	0,958 ± 0,071
<b>Fe</b>	-	-	149,032 ± 32,301	231,828 ± 33,794	11,171 ± 4,936	242,993 ± 13,288	387,069 ± 17,525	500,005 ± 19,455
<b>Ni</b>	18 mg/kg <sup>1</sup>	35,9 mg/kg <sup>2</sup>	0,070 ± 0,018	0,090 ± 0,015	0,052 ± 0,004	0,127 ± 0,002	0,220 ± 0,032	0,255 ± 0,020
<b>Pb</b>	35 mg/kg <sup>1</sup>	91,3 mg/kg <sup>2</sup>	0,070 ± 0,016	0,063 ± 0,023	0,055 ± 0,008	0,108 ± 0,053	0,114 ± 0,003	0,130 ± 0,003
<b>Zn</b>	123 mg/kg <sup>1</sup>	315 mg/kg <sup>2</sup>	0,260 ± 0,071	0,323 ± 0,072	0,234 ± 0,020	0,361 ± 0,005	0,704 ± 0,009	1,064 ± 0,077

<sup>1</sup>: TEL - Threshold Effect Level (Nível de Efeito Limiar) <sup>2</sup>: PEL - Probable Effect Level (Nível de Efeito Provável).

TABELA 6. Valores de Referência da Resolução CONAMA 454/2012 para TEL e PEL e valores médios das concentrações de metais nas amostras de sedimentos nos seis pontos amostrados, no período seco.

Na forma de cloretos, o cálcio e o potássio são utilizados no tratamento biológico de efluentes, o que pode justificar suas elevadas concentrações no corpo d'água avaliado.

Em relação a concentração de metais nos sedimentos, pode-se observar que houve diferença significativa do alumínio nos pontos P1 e P6 ao longo da represa, pode-se dizer que a concentração desse metal apresentou variação espacial significativa. Fato que pode estar relacionado à presença de matéria orgânica, poeiras de solos e erosão. Além disso, os solos da região são do tipo latossolo, ricos em alumínio.

O cádmio está presente, principalmente na área próxima à rodovia P1, contribuindo para que a concentração desse metal seja maior nessa área. Nas outras áreas a poluição pode ocorrer devido aos fertilizantes, poluição do ar ou vindo como impureza de tubulações galvanizadas e soldas. Os valores das concentrações de cádmio foram inferiores ao limiar mínimo estabelecido pelo CONAMA 454/2012.

O cromo se manteve abaixo do valor de referência, não vindo a ser caracterizado como poluição e/ou prejudicial ao ambiente. Possíveis fontes emissoras do cromo podem ser fertilizantes, tintas, pigmentos e estruturas de construção civil. O cobre apresentou suas maiores concentrações nos pontos 1 e 6, indicando possível contaminação nessas áreas próximas às atividades humanas e descarga de efluentes, respectivamente, podendo ser por efluentes de esgotos, precipitação atmosférica de fontes industriais e corrosão de tubulações (CETESB, 2009). O cobre

não apresentou valores acima dos limites de referência.

O níquel apresentou diferenças significativas de concentrações o maior valor observado foi no Ponto 1 seguido do Ponto 6, as maiores concentrações foram observadas em áreas próximas às ações antropogênicas, que podem levar esse metal ao corpo hídrico. Os valores permaneceram abaixo do limite estabelecido na legislação.

O chumbo por estar presente no ar, pode ocorrer por deposição atmosférica ou por lixiviação do solo. Os valores encontrados estão dentro dos estabelecidos. Os valores do zinco apresentaram variação significativa, sendo o P1 o de maior concentração e o P6 um dos menores. Ainda assim, os valores das concentrações foram inferiores aos valores de referência.

## 4 | CONCLUSÕES

O constituinte metálico presente nas amostras de sedimentos do reservatório Amador Aguiar II que apresentou concentração significativa foi o alumínio, pelo tipo de solo da região, que é rico em alumínio. Como a coleta foi realizada no período chuvoso, acredita-se que os processos de lixiviação, infiltração, carreamento e erosão que chegam ao reservatório contribuem para a presença de metais no reservatório, evidenciando que o local sofre com os usos e ocupações do solo na bacia.

É importante notar que P1, P5 e P6 apresentaram as maiores concentrações dos constituintes metálicos. Esses pontos sofrem muita influência de ações antropogênicas, uma vez que o P1 está localizado próximo à rodovia e P5 e P6 são próximos a área de lazer do local, justificando maiores valores nas concentrações de constituintes metálicos do que os outros pontos.

Considerando-se que, o Reservatório Amador Aguiar II pode ser, se necessário, utilizado como complementação do abastecimento de água do município de Uberlândia e região, futuramente, é necessário manter a continuidade desse estudo.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012**. Brasília, 2012.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23 rd ed. 2017.

ARAÚJO, J. C.; KNIGHT, D. W. A review of the measurement on sediment yield in different scales. **Revista Escola de Minas**, v.58, n.3, p.257-265, 2005.

BRASIL. Leis, decretos, etc. 2005. **Resolução CONAMA nº. 357, de 30/12/2013**. Brasília/DF. Diário da União n. 53, 18 de março de 2005, p. 58-63.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº454 de 01 de novembro de 2012** Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>> Acesso em 4 de setembro de 2018.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Apêndice A: **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em 28 de janeiro de 2019.

DIAS, D. F. **Processos Geoquímicos na Interface Sedimento-Água no Braço Riacho Fundo do Lago Paranoá - DF.** 88p. 2017. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 2017.

LEMES, M. J. L.; FIGUEIREDO FILHO, P. M.; PIRES, M. A. F. Influência da mineralogia dos sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo na composição química das águas de abastecimento público. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 13-20, 2003.

SALOMONS, W; STIGLIANI, W.M. **Biogeochemistry of pollutants in soils and sediments** Springer, Berlin Heidelberg. New York, 150 p.1995.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** 2ª ed. Editora UFMG. Belo Horizonte. 2014.

VASCONCELOS, M. G. **Avaliação integrada da qualidade da água do rio Uberabinha-MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécies da ictiofauna.** 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

VASCONCELOS, M. G; PAVANIN, L. A.; PAVANIN, E. V. Avaliação da qualidade da água e caracterização de sedimentos do Rio Uberabinha em Uberlândia - MG. **Caminhos de Geografia**, [S.l.], v. 18, n. 64, p. 224-235, dez 2017. ISSN 1678-6343.

## PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO EM ÁREAS DEGRADADAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS – ESECAE, DISTRITO FEDERAL

Data de aceite: 02/12/2019

### **Maria Goreth Goncalves Nobrega**

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB

### **Henrique Cruvinel Borges Filho**

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB

### **Vladimir de Alcântara Puntel Ferreira**

Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB

**RESUMO:** O plantio de espécies nativas é um importante aliado para a restauração de ecossistemas naturais e pode minimizar a perda da riqueza biológica em Unidades de Conservação. O artigo visa relatar a experiência da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - Caesb com a execução de plantios de mudas nativas em áreas degradadas, com infestação de gramíneas exóticas e invasoras na Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE. A área do plantio está localizada a montante da captação de água do córrego do Fumal, operada pela empresa. Foram executados plantios em quatro talhões, numa área de 8,81 hectares, no período de 2011 a 2014, num total de 36.130 mudas nativas do bioma Cerrado, composto por 19 famílias, 45 gêneros e 53 espécies. Dada a alta

infestação de gramíneas, bem como o estresse hídrico encontrado em diferentes locais do plantio, mesmo com intervenções de capinas e roçagens, foi observada uma sobrevivência de 43,96 %. Os dados apresentados demonstram que o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas na ESECAE está dentro do padrão esperado para o bioma Cerrado, tendo em vista que em áreas de Cerrado a sobrevivência de mudas é comprometida por vários fatores, como por exemplo, heterogeneidade espacial e estresse hídrico. Assim, o esforço em manter mudas vivas por meio de padrões tradicionais de plantios não é suficiente para garantir a sobrevivência das mudas, necessitando de pesquisas específicas, além de intervenções técnicas e atividades de manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** unidade de conservação, taxa de sobrevivência, restauração ecológica, mudas, estresse hídrico.

### 1 | INTRODUÇÃO

Recuperação de área degradada em unidade de conservação ambiental é um dos grandes desafios para a conservação da biodiversidade. Atualmente, no bioma Cerrado existem várias UCs com remanescentes inseridos em paisagens fragmentadas e degradadas, seja aquelas colonizadas por

espécies invasoras, ou que foram objeto de mineração e/ou empréstimo de solos para construção civil, ou ainda que sofreram raleamento da vegetação nativa devido a sofrerem constantes incêndios florestais originários por atividades antrópicas. Nesse contexto, a restauração da vegetação nativa tem o objetivo de potencializar o estabelecimento de florestas com riqueza de espécies vegetais condizentes com a dos ecossistemas que estão inseridos, a fim de garantir a persistência das florestas restauradas e proteger a biodiversidade nativa (Brancalion *et al.*, 2010).

O plantio de espécies nativas do bioma Cerrado em área degradadas representa uma importante ferramenta para incentivar o processo de sucessão ecológica, que com o passar dos anos, podem formar uma vegetação em que muitas das funções da floresta primária são parcialmente restabelecidas, onde a vegetação formada passa a absorver água das camadas mais profundas do solo, atuando como sumidouro de carbono atmosférico e auxiliando na transferência de nutrientes do solo para a biomassa, tornando o solo local menos susceptível à erosão, auxiliando no aumento da atividade microbiana e melhorando a estrutura e capacidade de retenção e infiltração de água, o que ajuda na rápida recuperação dessas áreas (Wadt *et al.*, 2003).

A recuperação de áreas degradadas em UCs torna-se recomendável quando comparamos o cenário de ações antrópicas que ameaça os ecossistemas nativos. O enriquecimento de áreas remanescentes de cerrado alterado dentro de UCs, por meio de plantios de espécies nativas do bioma, permite que pequenas porções representativas dos ecossistemas locais estejam verdadeiramente protegidos. Ao cobrir o solo com a vegetação nativa, permite-se retornar parte dos processos ecológicos perdidos, reestruturando populações vegetais e animais (Aquino *et al.*, 2009).

No Distrito Federal - DF existem atualmente 72 parques ecológicos e urbanos administrados pelo Instituto Brasília Ambiental – IBRAM, além de outras 22 unidades de conservação de proteção integral ou de uso sustentável (unidades Distritais e Federais). O DF também conta com outras categorias de parques, que são administrados por suas regiões administrativas, unidades de conservação sob gestão do governo federal e outras áreas de proteção de relevante interesse ecológico (GDF, 2013). Infelizmente todas as unidades, seja Distrital, seja Federal, possui áreas com algum tipo de degradação, o que compromete significativamente o equilíbrio ecológico dessas unidades.

Segundo Lacerda (2017) os processos de degradação ambiental das áreas protegidas no DF se revela também por meio do aparecimento de espécies exóticas ou do aumento desordenado de espécies vegetais nativas oportunistas, devido principalmente aos efeitos do parcelamento irregular do solo e a pressão exercida pela urbanização do território. Essas pressões são sentidas dentro das áreas de

proteção, expondo a fauna e a flora a alterações profundas. Com a introdução de espécies vegetais exóticas, as nativas perdem espaço e deixam de servir como fonte de alimento para a fauna local, uma vez que as exóticas não compõem a dieta dos animais silvestres, quebrando os elos da cadeia alimentar e influenciando drasticamente na diminuição da biodiversidade local e na manutenção dos ecossistemas naturais, além de promover a extinção local de espécies.

Neste contexto, a restauração ecológica constitui em alternativa para problemas decorrentes do uso inadequado do solo. É tema que motiva e desafia a pesquisa, discussões na mídia e preocupação de comunidades e governos, pois a vegetação é um compartimento estruturante da paisagem, que presta diversos serviços ambientais, sendo um fator de qualidade ambiental que atua em conjunto com outros fatores (ar, água e solo) como elemento de equilíbrio à conservação de nascentes e cursos d'água, de paisagens, dos solos e da biodiversidade, e, associada às questões sobre os mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) e às mudanças climáticas globais (Aquino *et al.* 2009).

A Caesb, empresa responsável pelo saneamento ambiental do Distrito Federal, tem a água como sua principal matéria prima, que é usada tanto para os sistemas de abastecimento público quanto para os de esgotamento sanitário. Obrigatoriamente, é de seu interesse direto a manutenção da boa qualidade e da quantidade de água que é distribuída à população. Para tal, é necessário que as bacias hidrográficas das captações, operadas pela Companhia, sejam protegidas e conservadas. Assim, a Caesb vem ao longo do tempo desenvolvendo ações contínuas destinadas à proteção das bacias hidrográficas de captação, envolvendo atividades de planejamento e manejo das captações, obras de cercamento, sinalização e recuperação de áreas degradadas, além de atividades de educação ambiental, prevenção e combate a incêndios florestais e ações de monitoramento preventivo.

Algumas dessas bacias hidrográficas de captação encontram-se protegidas em Unidades de Conservação, como a Estação Ecológica de Águas Emendadas, Parque Nacional de Brasília, a Área de Proteção Ambiental do Descoberto, a Estação Ecológica do Jardim Botânico, entre outras.

Nesse contexto, o presente artigo visa relatar a experiência da Caesb com a execução de plantios de mudas nativas em áreas degradadas com infestação de gramíneas exóticas e invasoras na Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE, localizada a montante da captação de água do Fumal, operada pela empresa e também contribuir com o conhecimento de restauração de áreas degradadas no bioma Cerrado.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Plantio

O plantio objeto do presente trabalho foi realizado em quatro talhões degradados que apresentam infestação de gramíneas exóticas dentro da Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE, unidade de conservação de proteção integral, numa área total de 8,81 hectares localizada em área de proteção de manancial.

A área objeto dos plantios (Figura 1) encontra-se inserida na bacia hidrográfica da *Captação do Fumal - CAP.FUM.001*, dentro da *Estação Ecológica Águas Emendadas - ESECAE*. Esta captação compõe o *Sistema Produtor de Água Sobradinho/Planaltina* e produz um volume de 120 litros de água por segundo, capaz de atender 70.000 pessoas. Situa-se próximo às coordenadas 216.127 m E e 8.274.791 m S, Datum WGS 84, Zona 23 L. A altitude local varia de 955 a 975 m do nível do mar.

O clima da região corresponde ao tipo *Cwa* da classificação de Köppen - tropical de Savana, com duas estações bem definidas: seis meses de verão chuvoso e seis meses de inverno seco. O índice de pluviosidade na região (estação pluviométrica mais próxima) varia em torno 1.500 mm/ano com a concentração da precipitação pluviométrica no verão, entre os meses de outubro a março. Nestas condições, o início dos plantios se limitou aos meses mais chuvosos.

Os dados de precipitação de chuva, relativos ao período de 2011 a 2016, para avaliação de disponibilidade hídrica para o plantio foram obtidos na Estação Pluviométrica da Caesb, localizada na Estação de Tratamento de Esgoto ETE Vale do Amanhecer (Código da estação 1547078), que se situa próxima à ESECAE.

A vegetação circunvizinha à área de plantio é representada por porções de *Mata de Galeria* (Florestas Estacional Semideciadual Aluvial) do próprio córrego Fumal, porções de *Cerrado Sentido Restrito* (Savana Arbórea Aberta) e áreas antropizadas. Constitui em antigas chácaras, que foram desapropriadas e inseridas a área da ESECAE. Devido às atividades agropecuárias exercidas no passado nessas áreas, os talhões de plantio de recuperação eram infestados por espécies exóticas e invasoras, em especial as gramíneas, com ocorrência de braquiárias (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*) e capim Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*). Também pode ser observado ao longo de toda área, a ocorrência de outras espécies exóticas introduzidas como a mucuna preta (*Mucuna pruriens*), leucena (*Leucaena leucocephala*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), pinus (*Pinus* sp.), limão-cravo (*Citrus limonium*) e bambu (*Bambusa* sp.), entre outras.

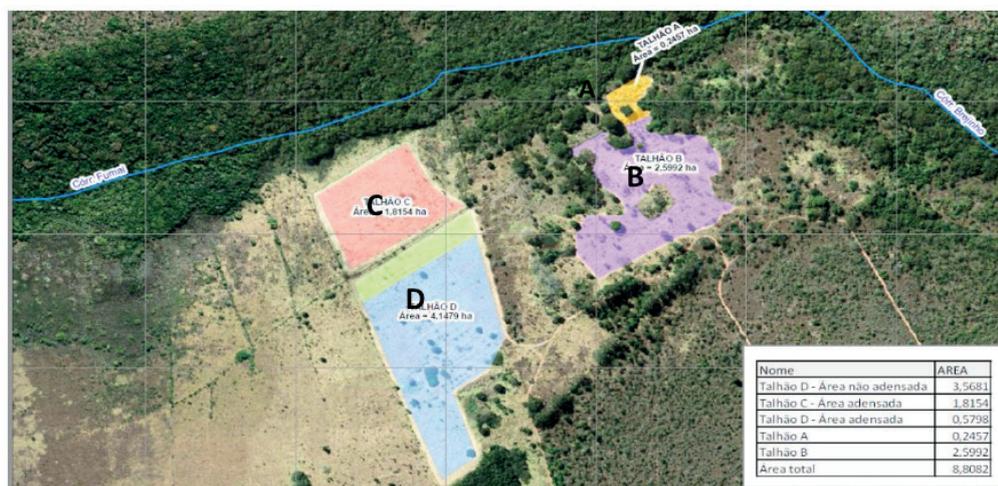


Figura 01. Área em destaque (Talhões A, B, C e D) do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD com plantio de espécies arbóreas nativas do bioma Cerrado na Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE. Área adjacente ao córrego Brejinho.

## 2.2 Atividades do Plantio

Os plantios foram executados em quatro períodos distintos e distribuídos em quatro talhões (denominados de A, B, C e D), conforme Tabela 1. Os talhões B e D estão mais próximos à ambientes savânicos enquanto que os talhões A e C adjacentes à ambientes florestais com solos mais úmidos. O talhão A possui área de 0,2457 ha, o talhão B 2,5992 ha, o talhão C 1,8154 ha e o talhão D com 4,1479 ha, perfazendo um total de 8,81 ha. Os talhões englobaram indivíduos remanescentes nativos.

Ano	Nº Mudanças plantadas	Espaçamento (m)	Talhões	Obs.
2011	5.500	3,0 x 1,0	A e B	A área de plantio englobou os indivíduos remanescentes.
2012	16.500	3,0 x 1,0	A, B, C e D	O quantitativo de mudas englobou os plantios nos talhões C e D e o replantio dos talhões A e B
2013	8.080	1,5 x 1,0	C e D	O quantitativo de mudas englobou o adensamento nas entrelinhas do Talhão C e de parte do Talhão D e reposição de mudas mortas.
2014	6.050	1,5 x 1,0	C e D	Reposição de mudas mortas
<b>Total Geral</b>	<b>36.130</b>	---		

Tabela 1. Quantitativos de mudas plantadas no projeto de recuperação de áreas degradadas na ESECAE, no período de 2011 a 2014.

As áreas objeto de plantio foram limpas com o auxílio de roçadeira acoplada à um trator agrícola. Nas áreas adensadas, a limpeza foi realizada com roçadeira semi-manual.

As mudas foram plantadas manualmente, em sucros, abertos com o auxílio de

um sulcador adubador florestal, com sucos com largura aproximada de 50 cm.

A adubação também foi realizada com o auxílio de trator, utilizando os insumos: calcário para calagem, NPK 4:14:8 e esterco de gado como condicionante do solo. A cobertura foi feita utilizando polímero de liberação lenta (Adubo Polyblem I8 - 08 -18) na quantidade de 80 gramas por muda plantada.

O controle das espécies invasoras, em especial a braquiária e a mucuna preta, foi realizado por meio de roçagens mecânicas, com roçadeira costal, no período de 2010 a dezembro de 2016, sendo quatro roçagens por ano, duas no período chuvoso e duas no período da seca.

A escolha das espécies vegetais se baseou no modelo *MDR - Módulos para Recuperação de Cerrado com Espécies Nativas de Uso Múltiplo* proposto por Felfili *et al.* (2005) e também citado por Aquino *et al* (2009), onde, em um espaçamento pré-determinado planta-se espécies arbustivas e arbóreas nativas do bioma cerrado. Esse modelo consiste em plantios mistos com espécies que ocorrem naturalmente em ambientes florestais (Matas de Galeria e Ciliares) e savânicos (Cerrado Sentido Restrito) e atenderem aos seguintes critérios: (i) nativa do Bioma Cerrado; (ii) representativa do bioma e (iii) atrativas para oferta de recursos a fauna.

### 2.3 Quantificação de Sobrevivência das Mudanças

Para avaliar a sobrevivência das mudas plantadas foi realizado censo das mudas vivas, sendo a contagem realizada no mês de fevereiro de 2015, um ano após os términos dos plantios. O anotador munido de contador caminhava entre as linhas e realizava a contagem do número de mudas vivas por linha. O registro da contagem foi anotado em formulários específicos, cujos dados foram processados em planilha EXCEL.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 02 contém a lista de espécies plantadas em área degradada na ESECAE, com a citação do habitat que a espécie ocorre. Foram plantadas um total de 36.580 mudas, composta por 19 famílias, 45 gêneros e 53 espécies.

Segundo Aquino *et al* (2009), as diferentes espécies nativas simultaneamente utilizadas em plantios de recuperação de áreas degradadas, têm a função inicial de formar a primeira cobertura de vegetação visando facilitar sua reabilitação. A mesma autora cita ainda, que as espécies arbóreas de ambientes florestais apresentam crescimento inicial mais rápido do que espécies de Cerrado sentido restrito, pois recobrem rapidamente o solo, reduzem a competição com as gramíneas exóticas e promovem os fatores de sucessão natural.

No mercado florestal não há uma variedade grande de mudas nativas do

bioma Cerrado para projetos de restauração. Entretanto, plantou-se neste projeto 53 espécies nativas, sendo o maior número de espécies pertencentes a família das Leguminosas. As Leguminosas são bem representativas no bioma, além de favorecerem a fixação de nitrogênio no solo por meio de simbiose com macrorrizas, melhorando desta forma, as características nutricionais do solo.

Família	Espécie	Nome popular	Habitat
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	Gonçalo alves	Cerradão e Mata de Galeria
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	Aroeira	Cerradão
Anacardiaceae	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl	Braúna	Mata seca, Cerradão
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau pombo	Mata de galeria
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	Guatambu	Mata de Galeria
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Peroba	Cerradão
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá açu	Mata de Galeria
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Ipê cascudo	Cerrado sentido restrito
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	Ipê amarelo	Florestas estacionais e Cerradões
Bignoniaceae	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	Caroba	Cerradão e Mata seca
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Ipê caraíba	Cerradão, Mata Seca e Mata de Galeria
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandw.	Ipê branco	Floresta semidecídua, Mata de Galeria.
Bignoniaceae	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo (= <i>Handroanthus hetaphyllus</i> (Vell.) Mattos)	Ipê-roxo-sete-folhas	Cerrado, Mata Ciliar e Mata de Galeria.
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Chá de bugre	Cerrado, Mata de Galeria
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliensis</i> Camb.	Landim	Matas de Galeria
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão-do-cerrado	Cerradão, Mata Seca e Mata de Galeria.
Combretaceae	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	Orelha-de-cachorro	Cerrado sentido restrito, Cerradão e Mata Seca.
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	Capitão	Matas Estacionais e de Galeria.
Combretaceae	<i>Terminalia</i> sp.		Matas Estacionais e de Galeria.
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Tamanqueira	Mata de Galeria e Matas Estacionais.
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Bail.	Sangra d'água	Mata de Galeria e Ciliar
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Milho torrado	Cerrado, Cerradão e Mata de Galeria.

Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr.	Garapa	Mata de galeria, Mata Ciliar e Cerradão
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan (= <i>Anadenanthera macroparca</i> Benth.)	Angico vermelho	Mata de galeria, Mata ciliar e Cerradão.
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	Mata de galeria e transição do cerrado para a floresta latifoliada semidecídua.
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vog.	Baru	Floresta latifoliada semidecídua, Cerradão e Cerrado Denso.
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	Matas de Galeria e Cerradão.
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>stilbocarpa</i>	Jatobá-da-mata	Matas de Galeria e Cerradão.
Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá-mirim	Matas de Galeria e Cerradão
Fabaceae	<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá	Matas Ciliares.
Fabaceae	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellf.	Jacarandá-de-espino	Matas de Galeria
Fabaceae	<i>Myroxylum peruiferum</i> L.f.	Bálsamo	Mata de Galeria e Ciliares.
Fabaceae	<i>Ormosia</i> sp		Mata de Galeria e Mata Seca Decídua.
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Pau-jacaré	Cerrado, Mata de Galeria e Mata Seca.
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Jacarandá branco	Cerrado.
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá	Matas de Galeria
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Pente-de-macaco	Mata de Galeria
Malvaceae	<i>Chorisia speciosa</i> A.St.-Hil.	Barriguda	Mata Seca
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Matas de Galeria
Malvaceae	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	Açoita cavalo	Matas de Galeria
Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart.&Zucc.) A. Robyns	Imbiriçu	Cerrado e Cerradão
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Chichá	Cerradão.
Meliaceae	<i>Cedrella fissilis</i> Vell.	Cedro	Mata de galeria.
Meliaceae	<i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleumer	Carrapeta	Planta característica de Matas de Galeria.
Moraceae	<i>Ficus</i> cf. <i>guaranitica</i> Chodat	Figueira	Floresta estacional semidecídua. Ocorre em Mata ciliar.
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	Cagaita	Cerrados de altitude.
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i> Weddell	Pau jáú	bioma Cerrado em borda de Mata Ciliar, Mata Seca (semidecídua e decídua) e Cerradão.
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Cafezinho	Cerradão, Mata Seca e de Galeria.

Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamica de porca	Floresta Estacional Semidecídua do Brasil Central.
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Mamoninha	Matas de Galeria
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Camboatá	Cerradão, Mata seca, Mata de Galeria.
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Saboneteiro	Cerrado, Mata Ciliar, Mata Seca Semidecídua.
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachia</i> Trécul	Embaúba	Mata de galeria

Tabela 02. Relação das espécies nativas do bioma Cerrado plantadas no Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD na Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE, no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2014.

Comparando o número total de mudas plantadas nos talhões A, B, C e D (36.130 mudas) com o número de mudas vivas no campo de 15.883 mudas, foi observada uma sobrevivência de 43,96 % e 56,04 % de mortalidade.

Um importante fator que vem sendo abordado em estudos de recuperação de áreas degradadas é a alta taxa de mortalidade das espécies florestais plantadas. Segundo Antezana *et al* (2008), a taxa de mortalidade em plantios com espécies do Cerrado é um fator a ser tratado com precaução, dada a quantidade de fatores envolvidos.

Na tabela 03 abaixo, estão citados alguns exemplos de taxas de sobrevivência e mortalidade em projetos de restauração no bioma Cerrado.

Autor	Ambiente	Sobrevivência (%)	Mortalidade (%)
Este Estudo (Caesb, 2015)	Mata ciliar e cerrado	43,96	56,04
Durigan & Silveira (1999)	Mata ciliar	80	20
Pinto <i>et al.</i> (2007)	Área antropizada (pasto de braquiária)	57	43
Pinto <i>et al.</i> (2007)	Floresta Estacional	67	33
Pinto <i>et al.</i> (2007)	Matas de galeria	54	46
Pinto <i>et al.</i> (2007)	Cerrado	49	51

Tabela 03. Exemplos de taxas de sobrevivência e mortalidade em projetos de restauração no bioma Cerrado.

Pinto *et al.* (2007), em recuperação de área degradada, invadido por *Brachiaria* spp., verificou sobrevivência das mudas em torno de 57%, após 14 meses de plantio. Os mesmos autores, citam que as taxas de sobrevivência para floresta estacional foram de 67%, 54% para matas de galeria e 49% para cerrado.

Considerando os exemplos apresentados, os plantios da ESECAE estão próximos dos padrões encontrados nas tipologias vegetacionais do bioma Cerrado. Na tabela 4 são apresentados os quantitativos de mudas vivas registradas no censo

por talhão.

Talhão	Nº de mudas vivas 2015
A	507
B	1.890
C	7792
D	5694
<b>Total Geral</b>	<b>15.883</b>

Tabela 04. Resultado do levantamento do quantitativo de mudas vivas do plantio realizado em 2015 em área degradada na Estação Ecológica de Águas Emendadas - ESECAE. Plantios realizados no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2014.

Durigan & Silveira (1999), estudando estabelecimento de mudas em projeto de recuperação de mata ciliar no domínio Cerrado, relataram sobrevivência inferior a 80% para 17 espécies de Mata e Cerrado, nove anos após o plantio, sendo que destas, 08 espécies apresentaram sobrevivência nula e apenas 04 espécies superaram 50%.

Oliveira *et al.* (2014), cita que de acordo com alguns trabalhos desenvolvidos em Cerrado sentido restrito, valores acima de 60% são considerados ótimos para espécies plantadas em locais degradados ou perturbados. Cromberg & Bovi (1992), também citado *in* Souza (2002), salientaram que apesar da porcentagem de sobrevivência acima de 60% ser relativamente alta para plantio de recuperação de área degradada, deve-se lembrar que para plantios muito jovens, com até 24 meses, os quais ainda não ultrapassaram a provável fase crítica, como por exemplo, déficit nutricional e déficit hídrico, a mortalidade poderá ser ainda maior.

Souza (2002) cita ainda, que plantios considerados jovens, podem apresentar mortalidade acima de 40%, pois as mudas ainda não atingiram a idade crítica, onde a demanda por nutrientes poderá influenciar o desenvolvimento das mudas e aumentar ainda mais a taxa de mortalidade.

De acordo com as espécies remanescentes existentes na área do plantio infere-se que a área possui uma variação gradual do ambiente, gradando de ambientes que no passado eram Cerrado Sentido Restrito para Mata de Galeria (figura 01), cuja variação pode ter afetado o desenvolvimento das mudas entre os diferentes talhões neste projeto.

De modo geral, observou-se, por exemplo, que os talhões mais próximos às matas, A e C, obtiveram resultados de sobrevivência melhores em decorrência da disponibilidade hídrica encontrada naquelas áreas. Isto pode ter afetado positivamente na altura das mudas plantadas, já que as mudas das áreas mais próximas à Mata de Galeria, onde a disponibilidade de água e fertilidade do solo é maior, apresentaram

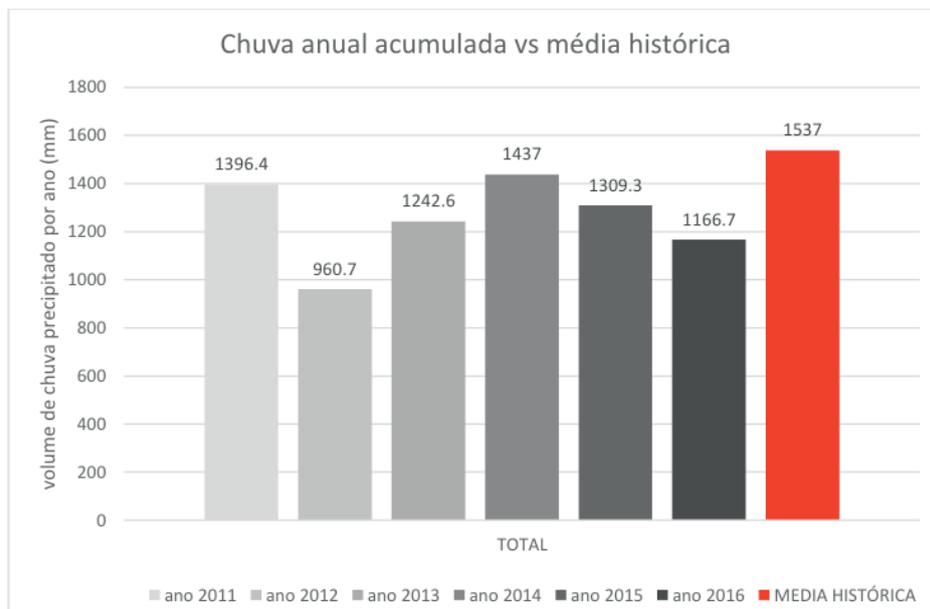
crescimento melhores. Já os talhões B e D, são talhões que se encontram mais distantes da Mata de Galeria e que no passado ocorria o Cerrado Sentido Restrito, cujo o ambiente possui naturalmente menor umidade e fertilidade do solo, as mudas apresentaram desenvolvimento menores.

Segundo Mundim (2004), o estresse hídrico é uma das maiores causas de mortalidade e deficiência de crescimento de espécies nativas em áreas degradadas de Cerrado. Devido a esse fator é importante o conhecimento do comportamento das espécies com relação a disponibilidade de água no ambiente que será objeto de plantio, pois influenciará no estabelecimento e desenvolvimento inicial das mudas plantadas.

Avaliando o volume de chuvas na área da ESECAE, no período de 2011 a 2015 (tabela 05), observou-se que a média de dias com chuva foi de aproximadamente 83 dias, o que corresponde apenas a 23% dos dias do ano. A média de chuva no citado período foi de 1.252,12 mm, abaixo da média acumulada histórica para aquela área. A figura 02 ilustra a diminuição de precipitação para o período, demonstrando que a baixa disponibilidade de água para o plantio pode ter acentuado a taxa de mortalidade, nos anos de 2012, 2013, 2015 e 2016 (anos com menor volume pluviométrico). No ano de 2012, por exemplo, observou-se o volume de chuva de 960,7 mm, muito abaixo da série histórica verificada para a área.

Mes	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Vol. chuva (mm)	Nº dias com chuva	Média Histórica
<b>ANO</b>													
	<b>2011</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2016</b>	
Jan	146,6	15	242,1	18	254,1	17	188,0	8	142,9	5	320,7	16	246,7
Fev	210,9	14	92,7	8	85,3	7	138,4	7	184,5	10	50,8	7	318,6
Mar	262,0	19	102,8	8	184,1	10	320,6	12	310,9	16	134	8	171,0
Abr	29,3	8	65	8	91,4	9	178,2	12	240,9	13	29,4	2	154,4
Mai	0,8	1	14,7	4	0	0	0	0	62,2	6	14,7	2	5,2
Jun	0	0	0,5	1	64,8	2	0	0	4,4	4	0	0	4
Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	1	0	0	0
Ago	0	0	0	0	0,6	1	0	0	0	0	4,6	2	8,9
Set	11,6	2	9,9	2	58,6	4	11,9	2	8,6	3	11,9	3	26,4
Out	283,3	14	64,8	7	124,4	8	137,5	8	63,7	3	80,3	9	101,3
Nov	227,8	10	268,2	15	122,6	10	221,5	11	166,0	9	348,5	14	244,2
Dez	224,1	15	100,0	10	256,7	15	240,9	14	124,5	13	171,8	13	256,3
<b>Total</b>	<b>1396,4</b>	<b>98</b>	<b>960,7</b>	<b>81</b>	<b>1242,6</b>	<b>83</b>	<b>1437</b>	<b>74</b>	<b>1309,3</b>	<b>83</b>	<b>1166,7</b>	<b>76</b>	<b>1537</b>

Tabela 04. Volume de chuva e dias com chuva ocorridos na área da Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE, Distrito Federal, no período de 2011 a 2016.



Mundim (2004) e Felfili et al. (2001), citam que as plantas na fase inicial são mais susceptíveis aos períodos secos do que plantas em estágios mais avançados, que desenvolveram sistema radicular substancial e relativo número de folhas maduras. Da mesma maneira, espécies que têm desenvolvimento inicial mais lento vão permanecer mais tempo susceptíveis aos estresses provocados por períodos secos ou veranicos do que aquelas que apresentaram rápido crescimento, principalmente em fitofisionomias do Cerrado com estações climáticas bem definidas com quase seis meses de seca.

Kanegae *et al.* (2000) citado *in* Mundim (2004), cita ainda, que em situação de déficit hídrico, os primeiros meses após a emergência da plântula são os mais críticos para o estabelecimento e sobrevivência da mesma.

#### 4 | CONCLUSÕES

No trabalho proposto a taxa de sobrevivência foi de 43,96 % e 56,48 % de mortalidade. Infere-se que a infestação da área por gramíneas agressivas e baixa ocorrência de chuvas na área pode ter sido os principais fatores que influenciaram na mortalidade das mudas.

Em geral os dados apresentados demonstram que o PRAD da ESECAE está próximo do padrão esperado para o bioma Cerrado, tendo em vista que em áreas de Cerrado a sobrevivência de mudas é comprometida por vários fatores, como por exemplo, heterogeneidade espacial, estresse hídrico, mato-competição, baixa fertilidade do solo, predação por formigas, patógenos e inaptidão em colonizar o sítio.

Assim, o esforço em manter mudas vivas no campo por meio de padrões tradicionais de plantios não é suficiente para garantir o seu sucesso, necessitando de

pesquisas específicas, além de intervenções técnicas e atividades de manutenção, a fim de garantir mais eficiência na recuperação de áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS

- Antezana, F. L. 2008. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem, em Planaltina – DF**. UnB. 104 fl. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília.
- Aquino, F. G.; et al. 2009. Módulos para Recuperação de Cerrado com Espécies Nativas de Uso Múltiplo. **Embrapa Cerrados Planaltina, DF. Documentos, 250**. 50p.
- Brançalion, P. H. S. et al. 2010. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.455-470**.
- Cromberg, V. U. & Bovi, M. L. 1992. A possibilidade do uso do palmitheiro (*Euterpe Edulis* Mart.) na recuperação de áreas degradadas de mineração. In: anais 2º congresso nacional sobre essências nativas: conservação da biodiversidade. **Rv. Ist. Flor., São Paulo, v. 4, único, p. 339-648.março**.
- Durigan, G. & Silveira, E. R. 1999. Recomposição da mata ciliar em domínio de Cerrado. **Scientia Forestalis, 56:135-144**. Assis-SP.
- Felfili, J. M., et al. 2001. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. In: RIBEIRO, J. F., FONSECA, C. E. L., SOUSA-SILVA, J. C. (Eds.) **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados. P. 779-811.
- Filard, F. L. R. et al. 2007. Padrões de distribuição geográfica de espécies arbóreas de Leguminosae ocorrentes no cerrado. **Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v.5, supl. 2, p. 1116-1118, jul.**
- GDF. 2013. **Guia de Parques do Distrito Federal**. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Brasília, DF. 43p.il.
- Kanegae, M. F., Braz, V. S. & Franco, A. C. 2000. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revta brasil. Bot., São Paulo, v. 23, n.4, p. 459-468**.
- Lacerda, M. 2017. Proliferação desordenada de espécies, inclusive exóticas, indica desequilíbrio ambiental. <http://www.ibram.df.gov.br/noticias/item/2973-prolifera%C3%A7%C3%A3o-desordenada-de-esp%C3%A9cies-inclusive-ex%C3%B3ticas-indica-desequil%C3%ADbrio-ambiental.html>
- Machado, J. 2008. **Águas Emendadas: sustentabilidade e conhecimento**. In: Fonseca, F. O. (Org.). **Águas Emendadas**. 1 ed. Brasília: SEDUMA, Brasília, DF. Prefácio p. 15.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 289-556. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. **Cerrado, Ambiente e Flora**. EMBRAPA CPAC, Planaltina-DF. Brasil.
- Mundim, T. G.2004. **Avaliação de espécies nativas usadas na revegetação de áreas degradadas no Cerrado**. Monografia. Universidade de Brasília – Departamento de Eng. Florestal. Brasília-DF. 98p.
- Oliveira, M. C. et al. . Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. **R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 13,n.1,p.25-32, jan./mar.**
- Pinto, J. R.; Coreia, C. R.; Fagg, C. W. & Felfili, J. M. 2007. Sobrevivência de Espécies vegetais

nativas do cerrado, implantadas segundo o modelo MDR-CERRADO para recuperação de áreas degradadas. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu – MG.**

Rezende, A. V., et.al. 2008. Flora Vascular do Bioma Cerrado: Checklist com 12356 espécies. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F. (Edt.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. vol. 2. Brasília: Embrapa, 2008.

Souza, C. C. 2002. **Estabelecimento e crescimento inicial de espécies em plantios de recuperação de matas de galeria do Distrito Federal**. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília – DF.

Wadt, P. G. S. et al. 2003. Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas. **Embrapa Acre. Documentos, 90**. 29p.il.

## PROPOSTA DE BANCO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA CILIAR EM TRECHO DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO.

Data de aceite: 02/12/2019

Data de Submissão: 10/10/2019

### **Marcelo Bento Nascimento da Silva**

Graduado em Ciências Físicas e Biológicas pela Federação das Faculdades Celso Lisboa (FEFACEL), Especialista em Avaliação Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROFÁGUA/IPH-UFRGS), Analista de Desenvolvimento Agrário da Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo "José Gomes da Silva" (Fundação ITESP) – Eldorado – SP. Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7129311324563809>

### **Ives Simões Arnone**

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestre em Zoologia pela Universidade de São Paulo (USP) e Gestor do Parque Estadual Caverna do Diabo (PECD) e Área de Proteção Ambiental dos Quilombos do Médio Ribeira (APAQMR) - Fundação para a Conservação e a Produção Florestal (Fundação Florestal) – Eldorado – SP. Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9812733967514227>

### **Hugo Portocarrero**

Graduado em Geografia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Doutor em Engenharia Civil pela

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Professor adjunto do Instituto de Geografia da UERJ, atuando como colaborador no Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGeo-UERJ, como professor do quadro permanente no mestrado profissionalizante em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA, e como coordenador do Laboratório de Geotécnica Ambiental LGA/ UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Centro de Tecnologia e Ciências, Instituto de Geografia – Rio de Janeiro – RJ. Link para o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6217260871075327>

**RESUMO:** Esse trabalho apresenta uma proposta de identificação preliminar de áreas para restauração florestal às margens do Rio Ribeira de Iguape, municípios de Eldorado e Iporanga, no Estado de São Paulo, com vista à formação de banco de áreas de 53 hectares para o plantio de mais de 88 mil espécies nativas com a genética local, respeitando as condições encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul (UGRHI 11), assim como as questões de ordem sociais, principalmente aquelas relacionadas com a tradicionalidade e geração de renda. As sugestões propostas sugerem um planejamento participativo dos envolvidos, em que possa existir a percepção dos benefícios dessas ações. Busca-se também atender à crescente

demanda da sociedade e do poder público que solicitam a recuperação de áreas degradadas em Áreas de Preservação Permanentes (APP's) em decorrência das pressões do desenvolvimento econômico na região. Essa proposta foi elaborada com base em pesquisas de campo e uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG), além de sintetizar informações disponíveis na literatura. Para o estudo foi selecionado um trecho do Rio Ribeira de Iguape localizado na Área de Proteção Ambiental dos Quilombos do Médio Ribeira (APAQMR), e que sobrepõe em sua maior parte territórios de Comunidades Remanescentes de Quilombos (CRQ's) reconhecidas pela Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo "José Gomes da Silva" (Fundação ITESP), por se tratar de áreas sobre as quais teríamos alguma gerência e/ou competência.

**PALAVRAS-CHAVE:** recuperação de áreas degradadas, restauração florestal, áreas de preservação permanente, matas ciliares, sistema de informações geográficas.

### PROPOSAL OF BANK OF AREAS FOR FOREST RESTORATION OF CILIARY FOREST IN TRECHO OF RIBEIRA DE IGUAPE RIVER, STATE OF SÃO PAULO

**ABSTRACT:** This paper presents a proposal for preliminary identification of areas for forest restoration on the banks of the Ribeira de Iguape River, municipalities of Eldorado and Iporanga, in the State of São Paulo, with a view to forming a bank of 53 hectares for the planting of more than 88 thousand native species with local genetics, respecting the conditions found in the Ribeira de Iguape River and South Coast Basin (UGRHI 11), as well as social issues, especially those related to traditionality and income generation. Participatory planning of those involved is suggested, in which there may be a perception of the benefits of these actions. It also seeks to meet the growing demand from society and the public authorities requesting the recovery of degraded areas in Permanent Preservation Areas (APP's) due to the pressures of economic development in the region. This proposal was elaborated based on field research and use of Geographic Information System (GIS), besides synthesizing information available in the literature. For the study we selected a stretch of the Ribeira de Iguape River located in the Middle Ribeira Quilombos Environmental Protection Area (APAQMR), which overlaps territories of Remnant Quilombos Communities (CRQs) recognized by the Instituto Terras do State of São Paulo "José Gomes da Silva" (ITESP Foundation), as these are areas in which we would have some management and / or competence.

**KEYWORDS:** restoration of degraded areas, forest restoration, permanent preservation areas, riparian forests, geographic information system.

## 1 | INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica que originalmente cobria cerca de 15% do território nacional (1.296.446 km<sup>2</sup>), ocorrendo por 17 estados brasileiros, hoje conta com cerca de 7% de sua cobertura original de remanescentes bem conservados, ou ainda 97.596 km<sup>2</sup> (MMA/SBF, 2010). Destaca-se que esta floresta é responsável

por fornecer abrigo e alimentação para todas as espécies da fauna, assim como por prestar um importante serviço ambiental de proteção de nascentes e rios que abastecem 67% da população brasileira (MMA/SBF, 2010). Essa vegetação também pode ser encontrada nas margens dos rios, o que chamamos de mata ciliar, ou em alguns casos de mata de galeria.

De acordo com Lima (1989), dentre os múltiplos serviços da mata ciliar estão, principalmente, as funções hidrológicas, como: estabilizar as margens dos rios evitando processos erosivos; funcionar como filtro entre as áreas mais altas e os corpos hídricos, controlando o ciclo de nutrientes no escoamento superficial e subterrâneo; impedir ou mesmo dificultar o transporte de sedimentos e poluentes difusos para os corpos hídricos; interagir com a superfície d'água, proporcionando cobertura e alimento para a fauna aquática; e manter a temperatura dos pequenos cursos d'água. Podemos ainda acrescentar que a mata ciliar tem importante função na manutenção da vazão ambiental ou ecológica dos recursos hídricos.

As matas ciliares foram incluídas em 1965 como de Proteção Permanente a partir da Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, o Código Florestal Brasileiro, e dessa forma passaram a ser protegidas. Da mesma forma, outras áreas também importantes para a conservação da água no solo, como os topos das montanhas e áreas de declividades acima de 45° foram protegidas. Destaca-se que essa lei garantiu que pudesse existir uma faixa contínua de proteção entre o rio e as áreas utilizadas para as atividades agropastoris e urbanas. A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, que substituiu o Código Florestal de 1965, em seu artigo 2º, ainda define Área de Preservação Permanente (APP), como sendo a “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Assim, podemos inferir que a disponibilidade e qualidade da água, e a proteção das matas do entorno dos rios, estão intimamente ligados, e torna-se indispensável a proteção dessa faixa marginal. Entretanto, apesar dessa importância, verifica-se um aumento da pressão sobre essa vegetação com a expansão das atividades agropastoris decorrentes do desenvolvimento econômico, sem haver o correto atendimento das legislações ambientais, e acarretando a degradação acelerada das matas ciliares. Surge daí a necessidade de fazer sua recomposição.

Segundo Carpanezzi (1998), um ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbio, mas ainda dispõe de meios de regeneração, em diferentes graus, mas suficientes para recuperar-se em um período de tempo considerado aceitável. Por outro lado, Carpanezzi et al. (1990), consideram que um ecossistema degradado seria aquele que, após algum distúrbio, teve eliminados os seus meios de regeneração natural, levando a uma baixa resiliência e, conseqüentemente, à necessidade de

intervenção antrópica para sua recuperação. Ainda de acordo com Carpanezi (1998), há vários objetivos opcionais que orientam a recuperação de um ecossistema perturbado: “restauração à sua condição original de função e de estrutura; reabilitação, pela restauração de apenas algumas características desejáveis que foram alteradas; criação de um ecossistema novo, totalmente distinto do original; e abandono, o que pode levar a um processo normal de sucessão ou, se o ecossistema está sujeito à erosão ou a outro agente debilitante, a uma degradação futura”, sendo a reabilitação o nível de recuperação mas utilizado na prática.

A edição do “novo Código Florestal”, Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, em seu artigo 4º, mantém as determinações anteriores quanto às faixas de mata ciliar para cursos d’água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, mas traz algumas novidades. A faixa marginal de APP passa a ser calculada a partir da borda da calha do leito regular, e em especial as áreas de recomposição obrigatória, descritas em seu artigo 61-A, onde é levado em consideração a existência de áreas rurais consolidadas, indiferente à largura do rio. A partir das áreas dos imóveis rurais, em módulos fiscais, são computadas essas áreas. As áreas rurais de uso consolidado são definidas pelo “novo Código Florestal” em seu artigo 3º, como sendo a “área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio”. Abaixo apresenta-se um resumo dessas dimensões de faixas de mata ciliar (tabela 1).

Cenário (largura do rio)	Faixa marginais mínimas	Recomposição obrigatória em imóveis rurais			
		≤ 1 módulo	1 > x ≤ 2 módulos	2 > x ≤ 4 módulos	> 4 módulos
Rios < 10 m	30 m de cada lado	5 m	8 m	15 m	20 a 100 m definido no PRA
Rios 10 ≥ x ≤ 50 m	50 m de cada lado				
Rios 50 ≥ x ≤ 200 m	100 m de cada lado				
Rios 200 ≥ x ≤ 600 m	200 m de cada lado				
Rios > 600 m	500 m de cada lado				

Tabela 1. Larguras mínimas de APP’s para cursos d’águas perenes e intermitentes, segundo o “novo Código Florestal”, e a condição na ocorrência de áreas rurais consolidadas.

Esta legislação tem sofrido críticas constantes por relacionar as APP’s a intervalos da largura dos rios, assim como por levar em conta somente este parâmetro, já que outros fatores como declividades, características dos solos, regimes de chuvas e densidades das matas influenciariam na determinação da faixa marginal de proteção. Também, o advento das áreas de uso consolidado e em decorrência a configuração de faixas marginais menores a serem recuperadas (áreas de recomposição obrigatória) tem sido alvo de críticas severas por parte da bancada ambiental, sendo um dos

entendimentos ser o perdão dos passivos ambientais gerados no passado, e neste sentido, motivando ações direta de inconstitucionalidade (ADIN's).

Mas por que se priorizar a recuperação da mata ciliar em um ambiente de alta disponibilidade hídrica? Considerando que os recursos hídricos estão sujeitos à dinâmica do ambiente natural e que a quantidade demandada frequentemente excede a sua disponibilidade, muitas vezes leva a um uso sem sustentabilidade ou escassez.

É neste contexto que a recuperação destas matas degradadas está entre as maiores preocupações da sociedade e do poder público, justamente devido às ameaças aos recursos hídricos. Embora existam projetos de recuperação em vários locais, observam-se dificuldades na sua implantação, principalmente devido à ocorrência de conflitos decorrentes do binômio conservação x produção. A disponibilização de informações técnicas que permita um planejamento participativo parece ser uma alternativa interessante. Nesse sentido, segundo Almeida (1993), "(...) o mais 'perfeito' plano em nada resolverá as questões ambientais, se o espaço não for entendido como uma instância social e não como um mero apoio das atividades humanas.

Explicitamente, a Lei Federal nº 9.433/1997 que estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos, traz entre seus fundamentos a gestão integrada e participativa: "a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das **comunidades**" (grifo nosso). Entretanto, em se tratando de um ambiente participativo, será essencial o gerenciamento de conflitos para que não se configure um jogo de soma zero (Fiani, 2006), onde o ganho de um jogador representa necessariamente a perda para o outro jogador, ou sobretudo leve a uma decisão que implique na perda para ambas as partes, caracterizando a tragédia dos comuns (Hardin, 1968). Pode ser, por que não, uma soma constante, onde ocorra a soma dos benefícios recebidos por todos os entes envolvidos.

Nesse contexto, o trabalho busca gerar uma contribuição prática fornecendo um plano de identificação de áreas passíveis de revegetação em Áreas de Preservação Permanente (APP's). O objetivo deste trabalho, portanto, foi elaborar uma proposta de formação de bancos áreas para a restauração da mata ciliar de um trecho do Rio Ribeira de Iguape, no Vale do Ribeira, municípios de Eldorado e Iporanga, no Estado de São Paulo, atendendo não só as expectativas da legislação ambiental, principalmente no que se refere ao Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA), instrumento do Programa de Regularização Ambiental (PRA), instituído pela Lei nº 15.684, de 14 de janeiro de 2015, e regulamentado no Estado de São Paulo pelo Decreto 61.792 de 11 de janeiro de 2016, mas também às necessidades locais das comunidades tradicionais que ocupam essas áreas. Dessa forma, acredita-se que o presente artigo contribui com informações adequadas sobre

as áreas indicadas para os interessados na elaboração de projetos de restauração florestal, e que busquem reflorestamento com espécies nativas locais, principalmente os próprios possuidores das áreas apontadas, em especial às CRQ'S.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para este artigo foram utilizados dados de pesquisa e de campo, tendo sido também congregadas informações disponíveis na literatura. O trabalho foi desenvolvido em 2016, usando como fórum de discussão o Conselho Consultivo da APAQMR, municípios de Eldorado e Iporanga, no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo. Para a análise dos dados foi utilizado o programa QGIS e banco de dados do Sistema de Cadastro Ambiental do Estado de São Paulo (SiCAR), sendo realizados todos os processamentos necessários, como demonstrados a seguir:

2.1 Foi considerado como os limites da área de estudo o perímetro da APAQMR, que abrangem as CRQ's do Bairro Sapatu, André Lopes, Nhunguara e Ivaporunduva, e outros imóveis menores, em trechos fora das CRQ's, mas dentro do território abrangido pela APAQMR. Especificamente estas áreas ficam às margens do Rio Ribeira de Iguape, limitadas na margem direita pela Rodovia SP 165 (Eldorado a Iporanga), iniciando na CRQ Sapatu e terminando na CRQ Ivaporunduva.

2.2 Foram utilizadas imagens do tipo ortofotos produzidas em 2011 pela Empresa de Paulista de Planejamento (EMPLASA), para a observação do espaço antropizado.

2.3 A partir de informações que foram produzidas para alimentar o Sistema do Cadastro Ambiental Rural do Estado de São Paulo (SiCAR/SP), foi possível utilizar o polígono do Rio Ribeira de Iguape já delimitado, e construir um *buffer* com 15 metros para as áreas coletivas situadas dentro das CRQ's. Tendo em vista a Instrução Normativa nº2/MMA de 06 de maio de 2014, as CQR's se equipararam às propriedades com 4 módulos fiscais, e assim usufruiriam desta margem de 15 metros como recuperação obrigatória. Na sobreposição de áreas declaradas por "particulares" no CAR com as áreas reconhecidas para as CRQ's, estas áreas foram a princípio desconsideradas, atribuindo-se a faixa de recuperação obrigatória de 15 metros para às áreas coletivas. Para os demais imóveis, foram observadas as suas áreas conforme declaradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), atribuindo-se a faixas marginais de 5 e 8 metros, tendo em vista que as mesmas apresentavam áreas que não ultrapassavam a dois módulos fiscais. O módulo fiscal na região representa 16 hectares. Em se tratando de áreas de recuperação obrigatória, a largura média do rio não foi considerada. Outras áreas não declaradas no CAR deverão ser alvos de levantamentos locais futuros para determinação da margem a ser restaurada.

2.4 Procurou-se investigar a existência de áreas que apresentassem

alguma restrição à restauração florestal, motivada por lei ou licenciamento, e que se sobrepusessem às áreas identificadas como de recuperação obrigatória. Assim, identificamos áreas de domínio do

Departamento de Estradas de Rodagens (DER) e as áreas de servidão administrativa da concessionária de energia elétrica (ELEKTRO). A partir dos polígonos das estradas, também produzidos para alimentar o SiCAR/SP, foi feito o *buffer* de 25 metros de área de domínio para as estradas estaduais, sob responsabilidade do DER, como é de conhecimento público, embora não se tenha conseguido levantar ainda a legislação de referência. Para as estradas municipais, trechos sob responsabilidades das prefeituras de Eldorado e Iporanga, foi verificado a existência de apenas cinco metros de faixa de domínio, o que se refere ao leito da estrada propriamente dito, e também ainda não foi possível levantar legislação em que conste área superior a este valor. Este *shapes* de áreas de domínio do DER foram sobrepostos aos *shapes* de áreas de recuperação obrigatórias. Com relação aos planos de informações da ELEKTRO, embora tivéssemos solicitado a informação, por se tratar de dados que guardam certa confidencialidade, até o momento não obtivemos a resposta sobre os dados solicitados.

A escala escolhida foi 1:1000 por se tratar de escala que permitia enquadrar todas as áreas em folha A0, e ainda assim permitir boa visualização das áreas trabalhadas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o processamento dos dados no programa de Sistema de Informação Geográfica foram confeccionados mapas da área com interesse para a restauração florestal, sendo apresentada a localização da área, as faixas de recuperação obrigatória conforme o tamanho dos módulos fiscais e áreas com sobreposição com as faixas de domínio do DER (figuras 1 a 4). Destaca-se que o banco de área apresentado representa cerca de 53 hectares de mata riparia a ser restaurada. Em uma primeira análise, considerando os métodos tradicionais de plantio com espaçamento 3 x 2 metros por hectares, ou seja, 1667 mudas/ha, a área teria capacidade de receber mais de 88 mil mudas.

A partir da observação das imagens foi possível constatar que as APP's do trecho selecionado como objeto de interesse para recuperação estava quase que em sua totalidade antropizado, principalmente em sua margem direita. Mesmo na margem esquerda foi verificada antropizações na faixa marginal de recuperação obrigatória, embora a situação piore quanto mais se aproxima da CRQ Ivaporunduva. As atividades mais comuns são a pecuária e agricultura perene, esta última em grande parte representada pela bananicultura e o cultivo de pupunha. Na CRQ

André Lopes verifica-se uma maior concentração de moradias lindeiras às áreas de recuperação obrigatória.

Cabe lembrar que, considerar apenas as áreas de recuperação obrigatória neste trabalho, e não a totalidade da faixa marginal de APP, fundamenta-se no fato de existir a sinalização de adesão ao PRA, sem a qual torna ineficaz a caracterização das áreas rurais consolidadas, e por consequência o benefício das áreas de recuperação obrigatória.

Pela sobreposição das áreas de domínio do DER aos *shapes* de áreas de recuperação obrigatória, puderam ser constatadas algumas interseções entre estes planos de informações. Estas áreas devem ser motivo de discussão junto com o DER, pois parece haver uma restrição para a permanência de vegetação nestas áreas em decorrência das atividades da rodovia ou mesmo por necessidade futura de ampliação. Outrossim, a ausência desta vegetação pode implicar em riscos de danos para própria rodovia em decorrência de processos erosivos já identificados.

Faz necessário visitas a campo, priorizando os imóveis maiores em área, como as CRQ's, para exposição de benefícios direto da restauração florestal e como estratégia para o PRA a se configurar. As visitas também serão necessárias para levantamento das áreas não declaradas no CAR e que estão dentro do trecho selecionado, não sendo ainda possível identificá-las por outros dados fundiários. Este trabalho poderá ser feito pela Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) local, ou seja, o ITESP e a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), nas competências que lhe couber, assim como em parceria com a Fundação Florestal, órgão que detém a gestão da APAQMR, e acompanhamento do Conselho Consultivo da APAQMR.

A partir da assinatura de “termo de anuência” dos possuidores das áreas, os dados poderão ser disponibilizados como banco de áreas no Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM) da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), diretamente junto a agência local da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), ou ainda gerar projetos de iniciativa dos próprios possuidores das áreas.

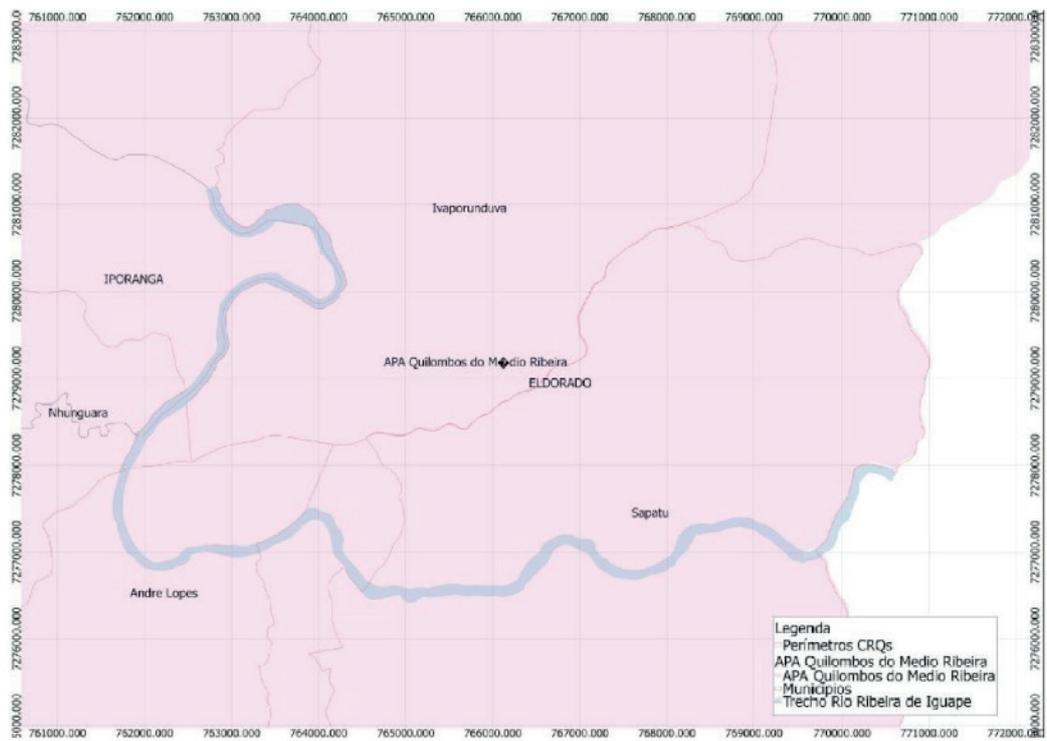


Figura 1. Distribuição geográfica das áreas de estudo.

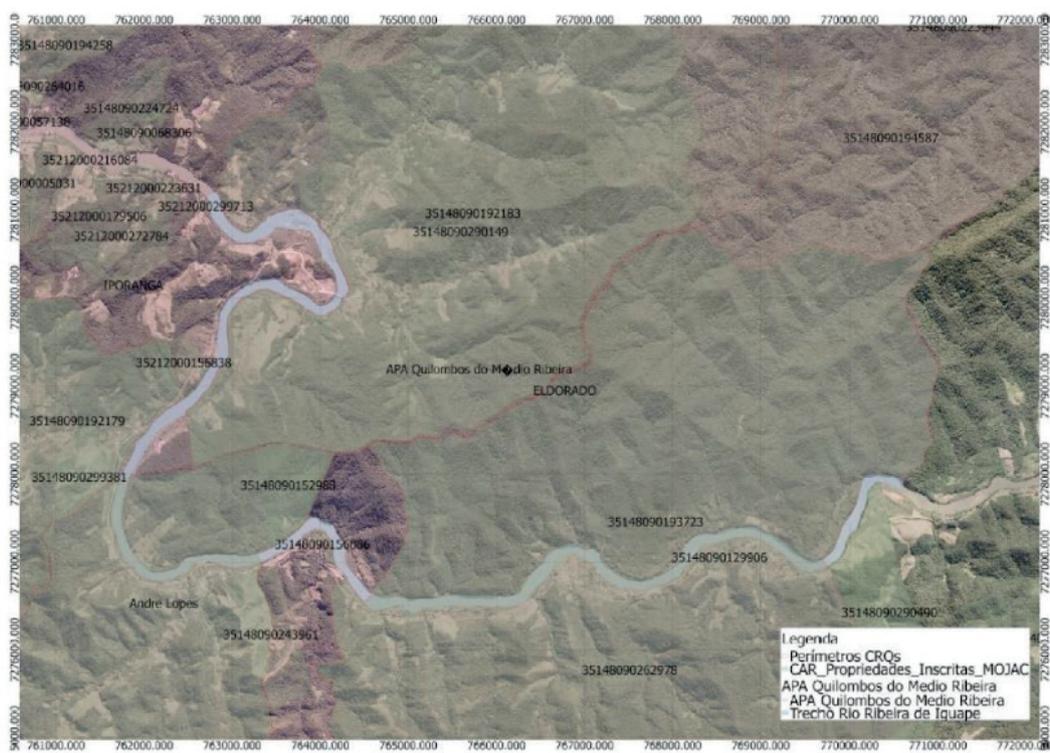


Figura 2. Carta Imagem com destaque para ao trecho do Rio Ribeira na área de estudo.

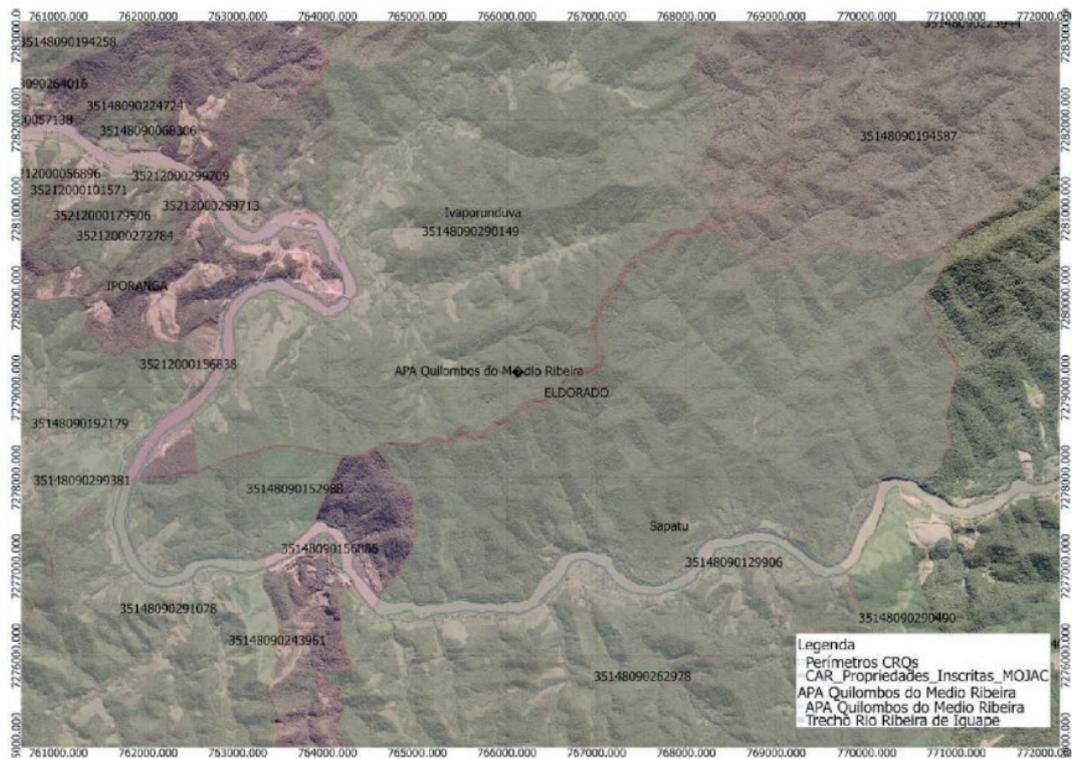


Figura 3. Áreas de recuperação obrigatória conforme os módulos fiscais da Comunidades Remanescentes de Quilombos e dos imóveis declarados no Cadastro Ambiental Rural.

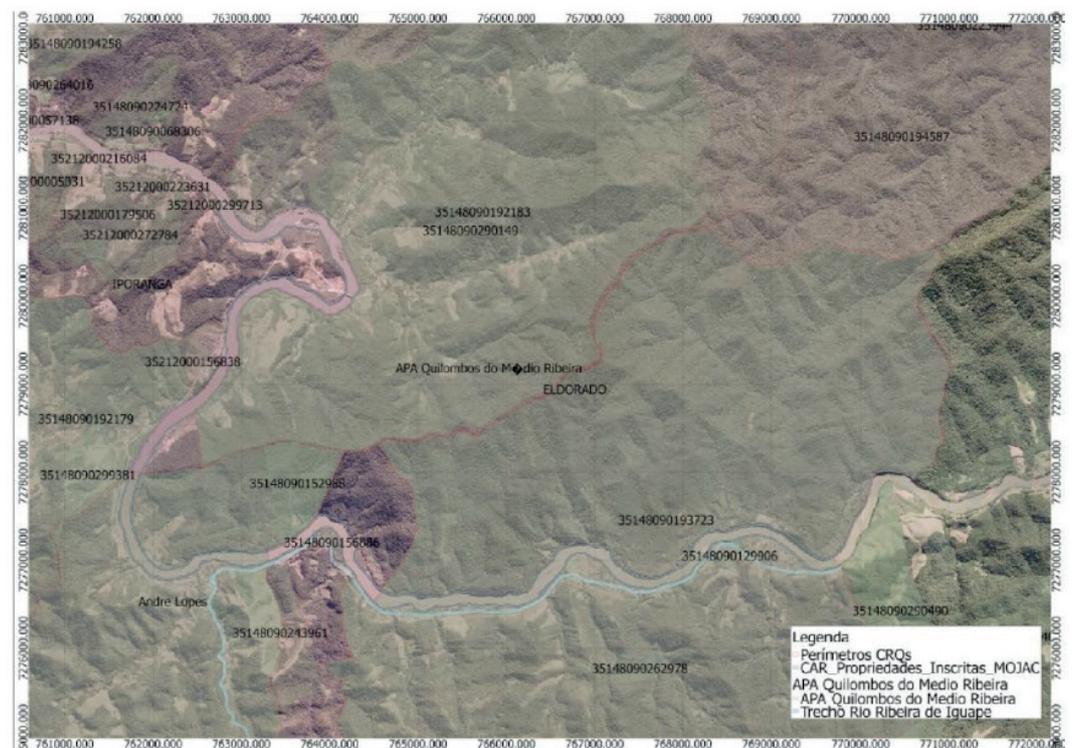


Figura 4. Sobreposição recuperação obrigatória e áreas de domínio DER.

## 4 | CONCLUSÕES

Mediante o desenvolvimento deste trabalho, além da simples indicação de áreas para restauração florestal, é possível: mostrar diferentes conceitos e alternativas

dentro das tendências mais recentes; apresentar a formação de bancos de áreas como alternativa econômica e eficiente; dar uma visão das questões operacionais envolvidas no levantamento de áreas para restauração florestal, transformando-se em um guia para a execução; fazer com que recursos aplicados na restauração florestal possam ter resultado ambiental significativo e que funcione como modelo.

A criação de banco de áreas para restauração florestal deve ser incentivada pelo poder público junto a sociedade, sejam nas comunidades possuidoras de grandes extensões territoriais, sejam entre os pequenos proprietários de imóveis rurais. Iniciativas como esta visam também aumentar o espectro de possibilidades de empreendedores que necessitam realizar suas compensações ambientais em função de suas atividades poluidoras/degradadoras, permitindo assim que estas compensações sejam realizadas em áreas próximas, dentro da mesma bacia hidrográfica e preferencialmente na mesma microbacia.

Embora a região possua alta capacidade de regeneração natural, ao observar o alto grau de degradação em que estas áreas do estudo se encontram, apesar dos níveis de restrição para sua utilização, os autores deste artigo consideram que o método apresentado pode ser ideal devido ao custo de oportunidade ao se criar um banco de áreas para que haja uma recuperação das margens dos rios, por meio da restauração da vegetação riparia, dada a importância hidrológica dessa mata.

Os autores consideram também a importância do planejamento participativo neste processo, pois embora a questão seja de interesse difuso, existem entes afetados diretamente quando da restauração florestal, pois envolve áreas que muitas das vezes são produtivas, e dessa forma podem afetar em diferentes graus a geração de renda das famílias que ali se encontram explorando essas áreas. Essas questões precisam ser muito bem compreendidas para que se concretize um processo educativo de fato. Assim, torna-se primordial para atingirmos os objetivos de recuperação das áreas degradadas, sobretudo das Áreas de Preservação Permanentes, demonstrar os benefícios com a relação adesão ao Programa de Regularização Ambiental. Considera-se ainda que, tão importante quanto o planejamento participativo, é articulação entre os órgãos de ATER, de gestão da APAQMR e de pesquisa. Assim, destaca-se a importância da realização e organização de parcerias entre as instituições públicas como prefeituras, Fundação ITESP, Fundação Florestal, DER, CETESB, sociedade civil organizada e as universidades, a fim de melhorar o meio ambiente onde vivemos.

A utilização de ferramentas modernas na gestão de áreas, como programas de Sistemas de Informações Geográficas, permite com maior exatidão o planejamento e controle de futuras ações de restauração em áreas determinadas.

Conclui-se também que a restauração da mata ciliar deva ser feita a partir de mudas florestais nativas adquiridas na própria região, dessa forma mantendo

a genética local e proporcionando geração de renda aos produtores da região. Constatou-se a existência de viveiros locais com capacidade de fornecer mudas em quantidade e qualidade desejáveis, entre eles viveiros comunitários da agricultura familiar, inclusive com o Registro Nacional de Sementes, Matrizes e Mudas (RENASEM).

Alguns pontos ficaram em aberto, pois ainda dependem de maiores levantamentos de dados, como as legislações municipais, entendimentos com o DER, e aquisição de outros planos de informações que ainda não foram considerados, como as áreas de servidão administrativas da concessionária de energia elétrica, no caso a ELEKTRO, sem esquecer que é o gerenciamento no dia-a-dia que irá definir questões não consideradas, levando em conta a influência das variáveis discutidas aqui.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.R. (coord.) **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio**. Rio de Janeiro, Thex Ed, Biblioteca Estácio de Sá, 1999.

BRASIL. **Lei nº 4771**, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo código florestal**.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, 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**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, nº 6, 8 de janeiro. 1997. Seção 1, 4-8.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**.

CARPANEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y. CASTRO, C.F.A. 1990. **Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação de laboratórios naturais**. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6. Anais...Campos de Jordão: SBS. p.16-221.

CARPANEZZI, A.A. **“Espécies para Recuperação Ambiental”**. In: Espécies Não Tradicionais para Plantios com Finalidades Produtivas e Ambientais - Curitiba –PR, EMBRAPA florestas, 1998.

FIANI, R. **Teoria dos Jogos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.

HARDIN, G. **The Tragedy of the Commons**. Science, Vol. 162. 13 dezembro, 1968, 1243-1248.  
LIMA, W.P. **“Função Hidrológica da Mata Ciliar”**. In: Simpósio sobre Mata Ciliar: Campinas – SP, Fundação Cargill, 1989.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº2 de 06 de maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SiCAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural - CAR**.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. **Mata**

**Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**, Brasília, 2010.

SÃO PAULO. **Decreto** 61.792 de 11 de janeiro de 2016. Regulamenta o Programa de Regularização Ambiental - PRA no Estado de São Paulo, instituído pela Lei nº 15.684, de 14 de janeiro de 2015, e dá providências correlatas

SÃO PAULO. **Lei** nº 15.684, de 14 de janeiro de 2015. **Dispõe sobre o Programa de Regularização Ambiental - PRA das propriedades e imóveis rurais, criado pela Lei Federal nº 12.651, de 2012 e sobre a aplicação da Lei Complementar Federal nº 140, de 2011, no âmbito do Estado de São Paulo.**

## PURIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LACASES PRODUZIDAS POR *Pleurotus ostreatus* EM CULTIVO SÓLIDO

Data de aceite: 02/12/2019

Data de submissão: 09/10/2019

### **Juliana Cristina da Silveira Vieira**

Universidade Federal do Tocantins  
Gurupi - Tocantins

### **Verônica Távilla Ferreira Silva**

Universidade Federal do Tocantins  
Gurupi - Tocantins

### **Ezequiel Marcelino da Silva**

Universidade Federal do Tocantins  
Gurupi - Tocantins

### **Adriane Maria Ferreira Milagres**

Universidade de São Paulo  
Lorena – São Paulo

**RESUMO:** Enzimas têm uma participação importante no mercado de produtos biotecnológicos, atuando como catalisadores específicos e de alto valor agregado. Os resíduos agroindustriais são subprodutos que apresentam potencial para serem aproveitados tanto em escala laboratorial quanto industrial. Dentro deste cenário, o presente trabalho visou utilizar a casca de arroz, resíduo gerado em grande proporção na região no sul do Estado do Tocantins, como substrato para o cultivo em estado sólido do fungo da podridão branca *Pleurotus ostreatus*. A casca de arroz foi aplicada utilizando como suplementos os

farelos de arroz e de soja, nas proporções 70:30 e 90:10 de substrato e farelos, respectivamente, as quais foram determinadas como ótimas para a produção enzimática em estudos anteriores. Dentre as enzimas lignolíticas produzidas por *P. ostreatus*, a Lacase foi investigada pela oxidação do reagente ABTS, a qual se mostrou presente em cada amostra coletada na forma de quatro isoenzimas (LacA1, LacA2, LacS1 e LacS2), obtendo atividade elevada após 15 dias de cultivo ( $1.372,2 \pm 78,2$  UI/L). Lacase foi isolada do extrato bruto por cromatografia de troca iônica usando resina DEAE-Sephacel, assim como a ultrafiltração em membrana (50kDa), sendo eficiente a purificação da LacS1 (Fator de purificação de 1,33). Eletroforese por SDS-PAGE apresentou única banda para cada amostra de isoenzima. Zimograma confirmou as bandas únicas com o substrato ABTS. Testes físico-químicos e termodinâmicos evidenciaram as diferenças catalíticas das enzimas LacA1 e LacS1 das demais isoenzimas em relação às suas temperaturas ideais, energia de ativação e variação de entalpia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Casca de Arroz. Farelo de Cereais. Enzimas Lignolíticas.

### PURIFICATION AND CHARACTERIZATION OF FUNGAL LACCASE FROM SOLID-STATE

*Pleurotus ostreatus*

**ABSTRACT:** Enzymes presents a major role in the market for biotechnological products, acting as catalysts, with high added value. Agro-industrial wastes are by-products of low added value, though they have the potential to be applied both in laboratory and industrial scale. In this context, the present study aimed to use the rice husk, residue generated in great proportion in the Tocantins State as substrate for solid-state cultivation of white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. The rice husk was applied using rice and soybean bran as supplements, in proportion of 70:30 and 90:10 substrate:bran, respectively, which were determined as the best proportions on previous studies. Among the ligninolytic enzymes produced by *P. ostreatus*, the laccase was investigated by oxidation of ABTS, which proved to be present in each collected sample as four isozymes (LacA1, LacA2, LacS1 e LacS2), obtaining his best after yields 15 days of cultivation ( $1.372,2 \pm 78,2$  UI/L for rice bran and  $4.606,4 \pm 366,6$  UI/L for soybean bran). The enzyme purification was initiated with ion-exchange chromatography applying the DEAE-Sephacel resin, followed by membrane ultrafiltration, which allowed the purification of LacS1 isozymes (Purification fold of 1.33). SDS-PAGE electrophoresis confirmed a single band from each sample at the end of the purification steps, and zymography confirmed this unique bands as laccase through success with ABTS. Physical-chemical and thermodynamics tests exhibited essential catalyst differences on both LacA1 and LacS1, with different ideal temperature, activation energy and enthalpy variation.

**KEYWORDS:** Rice Husk. Bran cereals. Ligninolytic Enzymes.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda alimentar e energética mundial, nota-se a necessidade de uma busca por alternativas limpas e fontes de energias sustentáveis, como a energia solar, energia hidroelétrica, energia eólica e as bioenergias, assim como o manejo adequado dos resíduos gerados nessa busca (CHU, MAJUMDAR, 2012). Anualmente, a quantidade mundial de resíduos lignocelulósicos originada é de  $2 \times 10^{11}$  toneladas, oriundos principalmente de cascas de arroz e bagaço de cana de açúcar, com geração de 120 e 220 toneladas métricas (Mt) de resíduos, respectivamente (TUCK, et al., 2012). Esta biomassa residual, no entanto, representa um recurso renovável de carbono neutro abundante para a produção de bioenergia (LEE, et al., de 2008).

Os avanços na genética, biotecnologia, processos químicos e de engenharia estão conduzindo a um novo conceito de produção e conversão de biomassa para produtos de alto valor agregado (RAGAUSKAS, et al., 2006). Uma das vertentes exploradas é a aplicação desses resíduos como substratos para o cultivo de microrganismos hábeis na degradação da matéria vegetal. O *Pleurotus* sp., fungo da podridão branca, vem tendo um papel de destaque na biodegradação de lignocelulósicos. O gênero *Pleurotus*, popularmente conhecido como Shimeji, abrange um grande número de espécies de cogumelos comestíveis, apresentando

um importante papel gastronômico, medicinal e biotecnológico a nível mundial (CARBONERO, et al., 2012).

O *Pleurotus* é preferencialmente cultivado em resíduos lignocelulósicos, visto à sua capacidade de oxidar a lignina. Nesse cenário, o Brasil se encontra em uma posição de destaque, apresentando um grande potencial para se tornar uma referência mundial na produção de cogumelos. No país, a produção anual destes resíduos chega a 96,3 milhões de toneladas de palha de cereais e outros 278,4 milhões de toneladas de outros subprodutos lignocelulósicos, os quais são, em geral, destinados à caldeiras ou para a alimentação animal (AGUIAR, et al., 2013).

A ação enzimática eficiente promovida pelos cogumelos do gênero *Pleurotus* resulta na expressão de um complexo enzimático de interesse industrial e com grande potencial a ser explorado (TUCK, et al., 2012). De acordo com o último senso realizado pelo IBGE (2007), a cidade de Gurupi possui uma produção média de 700 toneladas de arroz por ano, o que resulta em uma grande quantidade de resíduos ao final do processo de beneficiamento destes grãos. Resíduos agroindustriais oferecem matéria lignocelulósica suficiente para aplicação industrial. A proposta aqui apresentada se mostra como uma alternativa para direcionamento deste excesso de resíduo.

A Lacase (EC 1.10.3.2) é classificada como uma fenoloxidase, catalizando a oxidação de compostos fenólicos. O potencial redox da lacase, quando comparado com as demais enzimas lignocelulolíticas, é menor e isto implica na oxidação apenas das unidades fenólicas da lignina, as quais constituem apenas 10% do total desse polímero. No entanto, a produção eficaz da lacase por *P. ostreatus* a torna essencial na degradação da lignina pelo fungo (GIL, et al., 2012).

A purificação enzimática permite a caracterização da enzima produzida. A partir da amostra isolada da enzima, é possível determinar parâmetros físico-químicos da mesma, indicando a influência da temperatura, pH e presença de íons na atividade enzimática, o que estipulam as condições ótimas para a atuação da enzima, tanto em escala laboratorial quanto industrial (MOIN e OMAR, 2014). A purificação permite ainda a designação das constantes cinéticas, como  $K_m$ ,  $V_{max}$ , e  $k_{cat}$ , e dos parâmetros termodinâmicos de atuação enzimática, como energia de ativação ( $E_a$ ) e desativação ( $E_{a(d)}$ ), variação de entalpia ( $\Delta H$ ), energia livre de Gibbs ( $\Delta G$ ) e entropia ( $\Delta S$ ), essenciais para avaliar a eficiência catalítica da enzima e a energia absorvida do meio necessária para sua ação (JAVED, et al., 2009).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Inóculo

O pré-inóculo de *Pleurotus ostreatus* em meio inclinado foi reativado em placas

de Petri contendo 2% de meio BDA (batata-dextrose-ágar). O repique foi feito em capela de fluxo laminar, utilizando um plug-ágar de aproximadamente 7 mm em cada placa de Petri. As placas inoculadas foram então incubadas a temperatura de  $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 7 dias em estufa biológica (SILVA, et al., 2005).

O pré-inóculo utilizado no projeto pertence ao prof. Dr. Ezequiel Marcelino da Silva, e o processo de repique, bem como a incubação e crescimento micelial foram conduzidos inicialmente no Laboratório de Análise de Alimentos e Purificação de Produtos – LABAP, da Universidade Federal do Tocantins, e repetidos posteriormente no Laboratório de Microbiologia e Bioquímica I - USP, coordenado pela prof. Dra. Adriane Maria Ferreira Milagres.

## 2.2 Pré-tratamento da casca de arroz

A casca de arroz adquirida na cidade de Piquete-SP, cedida por um agricultor local, foi deixada em molho “*overnight*”, com a finalidade de o excesso de sujidades e compostos metálicos presentes serem retirados. Após esse período, o excesso de água foi drenado e a casca foi posta para secar em estufa, assim como proposto por Kumar, et al. (2010).

## 2.3 Cultivo em Substrato Sólido

Com a casca do arroz já seca, o meio de cultivo em substrato sólido foi elaborado misturando a casca aos farelos de arroz e soja, os quais foram adquiridos no mercado local, seguindo a proporção de 90:10 (arroz:farelo de cereal) para o cultivo suplementado com farelo de soja, e 70:30 para o suplementado com farelo de arroz, considerando a massa seca dos constituintes do composto. Após a pesagem nas proporções corretas de casca de arroz e de cada farelo individualmente, o meio de cultivo teve sua umidade ajustada para 65% com a adição de água destilada à mistura. Em seguida, essa mistura foi devidamente homogeneizada para melhor absorção da água, e pesou-se 350 g da mistura úmida para cada saco de polipropileno (15 x 25 cm). No intuito de facilitar a inoculação do fungo, foi introduzido um tubo Falcon no centro do substrato sólido, que formou um canal de inoculação. Os sacos então foram fechados com o auxílio de um anel de PVC, papel impermeável, folha de alumínio e elástico de látex, sendo identificados quanto a suplementação, farelo de soja (S) e de arroz (A). Os sacos fechados foram então autoclavados a  $121^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora, por duas vezes consecutivas, obedecendo a um intervalo de 24 horas entre cada ciclo. Após o resfriamento, fez-se a inoculação em capela de fluxo laminar, com a retirada do tubo Falcon e a introdução de 10 plugs-ágar do inóculo preparado em placa de Petri no canal formado, sendo em seguida fechados como anteriormente descrito. Finalizado a inoculação de todos os cultivos, os sacos foram

incubados em estufa biológica por 8, 15 e 30 dias à temperatura de  $28 \pm 2$  °C, para posterior extração do extrato enzimático (SILVA, et al., 2005).

## 2.4 Obtenção dos Extratos Enzimáticos

A amostragem foi realizada utilizando-se três sacos de cada cultivo (S) e (A), seguindo a metodologia adaptada de Arantes, et al. (2011). O conteúdo de cada saco foi desfragmentado em bandejas dentro da capela de fluxo laminar, homogeneizado e uma pequena fração foi coletada para quantificação da massa seca. A partir do valor de umidade obtido, foi pesado 20 g de massa seca de cada cultivo em Erlenmeyers de 250 mL. Para a extração enzimática, adicionou-se em cada Erlenmeyer 150 mL de tampão acetato de sódio pH 5.0 à 50 mM previamente autoclavado. Os Erlenmeyers identificados foram levados ao agitador orbital numa agitação de 120 rpm por 1 hora e meia à  $25 \pm 2$  °C. Após este período de agitação, o conteúdo de cada Erlenmeyer foi filtrado em gaze, em seguida, o conteúdo de cada Erlenmeyer foi distribuído em tubos Falcon e centrifugados a 2500 rpm, 4°C por 20 minutos no intuito de precipitar partículas insolúveis no meio, e o volume de cada extrato foi quantificado antes e após a centrifugação.

## 2.5 Métodos Analíticos

### 2.5.1 Determinação da Atividade de Lacase

A atividade de lacase foi determinada pela oxidação de ABTS (ácido-2,2'-azinobis-3-benzotiazolina-sulfônico) (Sigma – St. Louis, USA) 1,0 mM (NIKU-PAAVOLA, et al., 1988). Neste este ensaio, as cinéticas foram acompanhadas em cubetas de vidro de 1 mL contendo 100  $\mu$ L do substrato (ABTS), 300  $\mu$ L de tampão citrato-fosfato (50 mM, pH 3,0), 100  $\mu$ L de água destilada e 500  $\mu$ L de extrato enzimático. O aumento da absorbância, ocasionado pela oxidação do substrato, foi acompanhado durante 2 minutos em espectrofotômetro a 420 nm ( $\epsilon_{420} = 36 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ). Todos os ensaios foram realizados a 25°C.

### 2.5.2 Quantificação de Proteínas

A quantificação de proteínas foi determinada pelo método de Bradford (1976) empregando albumina bovina como padrão. A reação consiste da adição de 100  $\mu$ L da amostra de enzima livre e 1mL do reagente de Bradford por 15 min e a leitura da absorbância realizada a 595 nm.

## 2.6 Purificação Enzimática

O processo de purificação, realizado no Laboratório de Microbiologia e Bioquímica I – USP, foi procedido em coluna cromatográfica (10 x 100 mm, 10 mL)

preenchida com resina DEAE-Sephacel (Pharmacia, Uppsala, Sweden) equilibrada com tampão fosfato (pH 7,0; 50 mM) até atingir a condutividade de 2,8 mS, de acordo com o procedimento realizado por Moin e Omar (2014). Aplicou-se em seguida 10 mL da amostra de cada extrato enzimático bruto a um fluxo aproximado de 6  $\mu\text{L/s}$ , gerando um volume coletado de aproximadamente 2 mL em cada tubo de ensaio. Para a eluição da enzima de interesse, 20 mL de tampão citrato-fosfato (pH 3,0; 50 mM) foi adicionado à coluna, seguido por mais 20 mL de tampão fosfato (pH 7,0; 50 mM). Cada tubo coletado foi submetido ao ensaio enzimático para detecção de lacase e à leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 280 nm em luz UV para amostragem de proteínas totais na amostra. Por fim, as frações que apresentaram atividade enzimática foram reunidas e posteriormente concentradas em membrana Amicon de 50 kDa.

## 2.7 Concentração em Membrana

As frações reunidas após a cromatografia foram concentradas para posteriores ensaios de caracterização. A concentração foi realizada em centrífuga refrigerada a 4°C numa rotação de 3500 rpm por 10 minutos, utilizando membranas Amicon com corte de 50 kDa com capacidade para 500  $\mu\text{L}$ . Após a centrifugação, foi realizado o ensaio enzimático em ambas as partes eluídas e concentradas, visando identificar a presença da lacase em ambas as amostras.

## 2.8 Caracterização Físico-Química

As enzimas purificadas foram caracterizadas a partir das análises do efeito do pH, temperatura e de íons metálicos.

### 2.8.1 Efeito do pH

A caracterização quanto ao pH ótimo utilizou-se uma faixa experimental de pH de 3 a 9. Os pHs de 3 a 6 foram formulados com tampão citrato-fosfato (50 mM) e os pHs de 7 a 9 foram formulados com tampão fosfato (50 mM). O teste consistiu em realizar a atividade da lacase como descrito no item 2.1 alterando o tampão próprio para cada um dos pHs (KUMAR, et al., 2010).

### 2.8.2 Efeito da Temperatura

Após certificação do pH ótimo para a atividade enzimática, este valor foi mantido como pH padrão para realizar os testes variando a temperatura. As temperaturas analisadas foram de 25, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Após estabilização do banho-maria na temperatura desejada, as amostras foram incubadas, e alíquotas de 20  $\mu\text{L}$  das mesmas foram retiradas em intervalos de 5 minutos, sendo em seguida

depositadas em cubeta de vidro resfriada em banho de gelo, para realização seguinte da atividade da lacase (KUMAR, et al., 2010).

### 2.8.3 Efeito de Íons Metálicos

Para verificação do efeito dos íons metálicos, foram preparados as concentrações dos íons  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  de 0,5; 1 ; 1,5 ; 2 e 2,5 mM para cada íon, no tampão de pH ótimo determinados nas etapa anterior, a partir dos reagentes  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  e  $\text{MnCl}_2$ , respectivamente. Em seguida, realizou-se a atividade enzimáticas substituindo o tampão citrato-fosfato pH 3,0 pelas soluções de íons preparadas. Os ensaios foram feitos sob a temperatura ótima de cada enzima (ATALLA, et al., 2013).

## 2.9 Eletroforese

A eletroforese em gel de poliacrilamida 30% (SDS-PAGE) foi realizada para a caracterização da lacase, com o gel de corrida a 12% e o de concentração a 5%, conforme descrito por Sambrook e Russell (2006). Após a corrida completa das bandas no gel, este foi corado com prata (CHEVALLET, et al., 2006), escaneado e digitalizado por meio do software Epson Scan.

## 2.10 Zimograma

O zimograma foi feito seguindo o mesmo protocolo utilizado para a eletroforese, com exceção da retirada do SDS, em condições não-desnaturantes. Após corrida completa das amostras no gel, este foi lavado com água destilada e em seguida incubado por 40 minutos em 50 mL de ABTS 0,5 M (KANDASAMY, et al., 2016). O gel foi então escaneado e digitalizado utilizando o software Epson Scan.

## 2.11 Análise Estatística

Para a escolha do tempo de cultivo que apresentou a maior produção de enzimas em casca de arroz, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado. Os dados de atividade enzimática dos três períodos de crescimento foram submetidos à análise de variância múltipla “LSD de Fisher” com o objetivo de se verificar a menor diferença significativa entre as médias dos tratamentos realizados em triplicata ( $p < 0,05$ ). O mesmo procedimento foi realizado para os cultivos com as diferentes suplementações de farelo de arroz e soja. A análise dos dados foi estudada utilizando o programa estatístico STATGRAPHICS-6.0.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo do *P. ostreatus* em substrato sólido utilizando casca de arroz

suplementado com farelo de arroz e de soja mostrou-se uma alternativa conveniente para o uso destes resíduos agrícolas, além de apresentar um bom crescimento fúngico e eficiente produção de lacase, responsável pela deslignificação de resíduos lignocelulósicos. O objetivo inicial do trabalho foi induzir a produção das enzimas lacase, manganês-peroxidase, lignina-peroxidase e peroxidase versátil. No entanto, os ensaios enzimáticos realizados mostraram a produção apenas da lacase, de modo que as etapas posteriores de purificação foram no intuito de purificar e caracterizar.

Os testes realizados com 8, 15 e 30 dias mostraram que a enzima teve sua maior produção após 15 dias de cultivo (Tabela 1), sendo estes valores estatisticamente semelhantes aos cultivos de 30 dias. Devido a isto, somente as amostras de 15 dias foram utilizadas nas etapas posteriores de purificação. A escolha do tempo de cultivo ideal de 15 dias remete à viabilidade econômica do processo, visto que fermentações em estado sólido necessitam de um controle oneroso nas condições ambientais de crescimento fúngico (NETO, 2001). De acordo com Silva, et al. (2005), a suplementação com fonte de nitrogênio em meios de cultivo influencia diretamente no crescimento micelial, que pode resultar em um aumento da expressão enzimática. O farelo de soja é constituído por 40% de proteínas, frente a 9% no arroz (SILVA et al., 2006), as quais atuam como fonte de nitrogênio para o crescimento fúngico. Da Luz, et al. (2012) ainda ressalta a necessidade da suplementação com fontes adicionais de nitrogênio visando diminuir a alta proporção C:N característica dos meios lignocelulósicos.

Amostra	Tempo (dias)	Atividade Enzimática (UI/L)	$p < 0,05$
A	8	319,4 ± 27,8	a
	15	1.372,2 ± 78,2	b
	30	1.037,8 ± 51,9	b
S	8	1.310,7 ± 154,2	b
	15	4.606,4 ± 366,6	c
	30	4.351,0 ± 606,3	c

Tabela 1 - Atividade enzimática dos extratos brutos obtidos com 8, 15 e 30 dias de cultivo do *P. ostreatus* em casca de arroz suplementada com farelo de arroz (A) ou soja (S).

A etapa de purificação com a resina DEAE-Sephacel mostrou-se eficiente não apenas na purificação das enzimas como também na remoção do pigmento contido no extrato bruto. Logo, esta resina apresenta-se como um fator importante em cromatografias que objetivem a redução significativa de compostos cromófilos de baixa massa (MOIN, OMAR, 2014). A análise dos dados cromatográficos (Fig. 1) dos extratos enzimáticos dos cultivos suplementados com farelo de arroz (A) e farelo de soja (S) evidenciaram a eluição de quatro isoenzimas da lacase, duas isoenzimas em cada cultivo, sendo elas nomeadas neste trabalho como LacS1, LacS2, LacA1 e LacA2 para os cultivos S e A, respectivamente. É recorrente na literatura os relatos

que o basidiomiceto *P. ostreatus* produz diferentes isoenzimas da lacase em função do substrato utilizado, tempo e forma de cultivo (submerso ou sólido) (BALDRIAN, 2006.; ASLAM, ASGHER, 2011).

A resina DEAE-Sephacel é carregada com o grupo dietilaminoetil, que realiza troca aniônica devido à sua carga positiva (MOIN, OMAR, 2014). As isoenzimas LacS1 e LacA1 foram eluídas em tampão fosfato pH 7,0 (50 mM), o que pode ser atribuído ao fato das mesmas possuírem carga elétrica positiva neste pH, explicando assim a não adsorção à resina carregada positivamente. Quando as enzimas estão em um pH inferior ao seu ponto isoelétrico (PI), estas apresentam carga líquida positiva; logo, pode-se concluir que o PI das isoenzimas LacS1 e LacA1 encontra-se acima do pH 7,0 (NETO, 2001). Para a eluição das isoenzimas LacS2 e Lac A2, utilizou-se o tampão citrato-fosfato pH 3,0 (50 mM), caracterizando estas enzimas como carregadas positivamente neste pH, permitindo concluir que seu PI encontra-se entre os valores de pH 7,0 e 3,0.

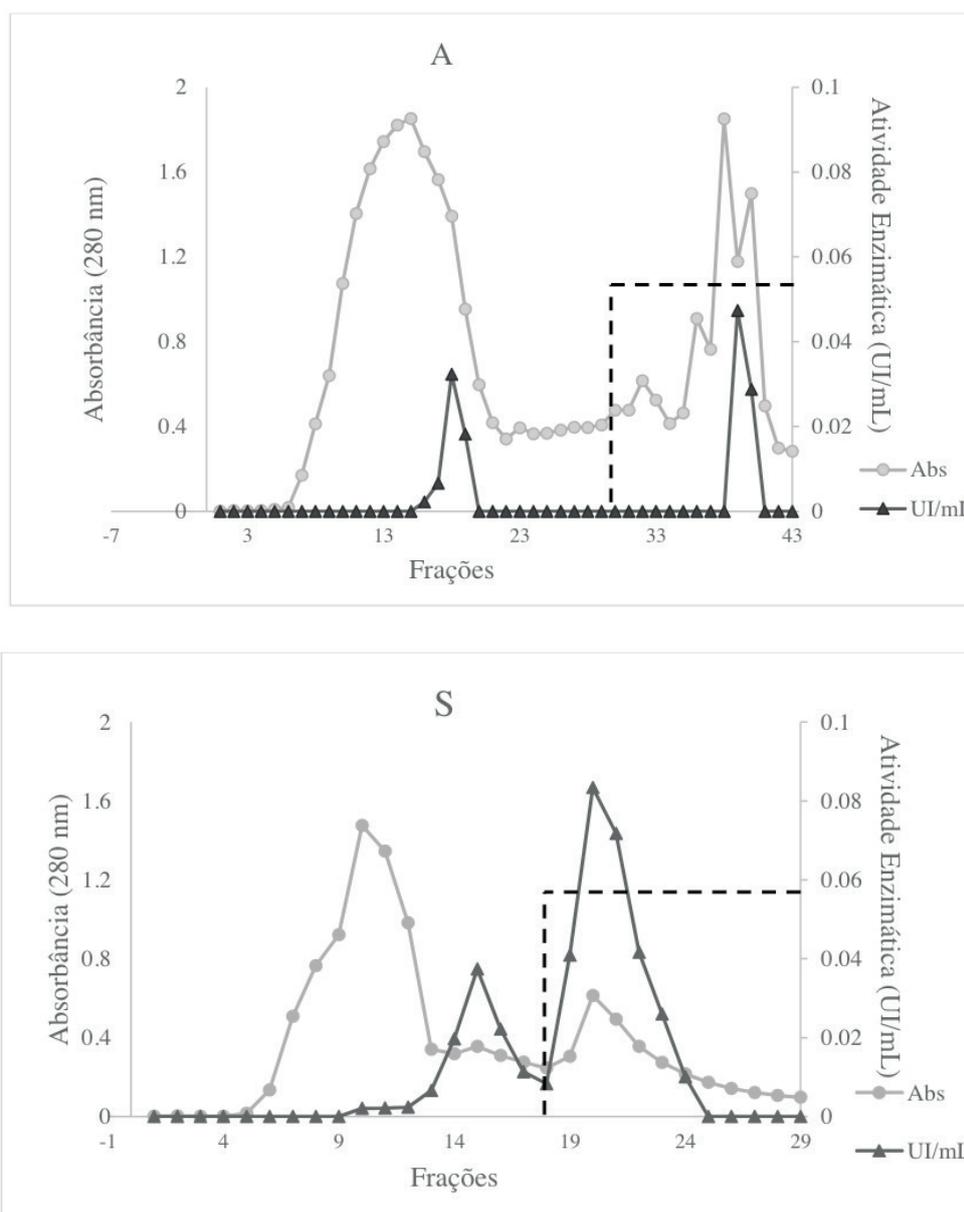


Figura 1 - Isoenzimas da lacase obtidas dos extratos enzimáticos de (A) arroz e (S) soja em DEAE-Sephacel. A linha tracejada indica a fração onde ocorreu a mudança de pH 7,0 para 3,0.

Na figura 1, observa-se a presença de dois picos distintos em ambos os cultivos (A) e (S), que representam as quatro isoenzimas descritas acima, eluídas no pH 7,0 e no pH 3,0. Com a determinação da atividade enzimática dos extratos antes e após a purificação, e das enzimas concentradas, compôs-se a tabela de purificação em função de cada suplemento utilizado (Tabelas 2 e 3), no qual nota-se um aumento na atividade específica no decorrer das etapas. Estudos anteriores determinam o peso molecular da lacase entre 58 e 110 kDa para fungos da podridão branca, de modo que a passagem das amostras purificadas por uma membrana de filtragem com corte de 50 kDa colaborou na redução da concentração de proteínas totais (ASLAM, ASGHER, 2011; GUJJALA, et al., 2016).

Etapa	Amostra	Atividade Enzimática (UI)	Proteínas Totais (mg)	Atividade Específica (U/mg)	Fator de Purificação	Rendimento (%)
<b>Extrato Bruto</b>		41,17	2,99	13,75	1	100
<b>CTI+Filtragem</b>	<b>LacA1</b>	0,294	0,045	6,507	0,4734	0,71
	<b>LacA2</b>	0,197	0,062	3,176	0,2310	0,48

Tabela 2 - Valores da purificação do extrato enzimático do meio suplementado com farelo de arroz (A) (Legenda: CTI = Cromatografia de Troca Iônica).

Etapa	Amostra	Atividade Enzimática (UI)	Proteínas Totais (mg)	Atividade Específica (U/mg)	Fator de Purificação	Rendimento (%)
<b>Extrato Bruto</b>		184,26	14,84	12,413	1	100
<b>CTI+Filtragem</b>	<b>LacS1</b>	1,73	0,104	16,531	1,340	0,94
	<b>LacS2</b>	0,93	0,089	10,356	0,8343	0,51

Tabela 3 - Valores da purificação do extrato enzimático do meio suplementado com farelo de soja (S) (Legenda: CTI = Cromatografia de Troca Iônica).

O fator de purificação indica quantas vezes a amostra enzimática foi purificada em relação ao extrato inicial (NETO, 2001). A partir dos valores deste fator apresentados nas Tabelas 2 e 3, nota-se que a única amostra eficientemente purificada foi a LacS1, a qual obteve um fator de purificação de 1,34 após a última etapa de purificação. No entanto, é necessário considerar que este fator é calculado em função da atividade enzimática do extrato bruto. Os altos valores de atividade enzimáticas obtidos nos ensaios de lacase para os extratos brutos, como descritos previamente (BALDRIAN, 2006), podem ser explicados pela presença de extrativos e derivados da lignina, os quais podem resultar em uma oxidação excessiva do substrato, superestimando os valores de atividade enzimática obtidos nestas amostras ainda não purificadas, o que resulta em um baixo fator de purificação nas etapas posteriores.

### 3.1 Eletroforese

Com os perfis de bandas obtidos na eletroforese em condições desnaturantes, foi possível determinar o tamanho aproximado para cada isoenzima. Na Figura 2, é possível observar bandas distintas para cada enzima, onde nota-se o valor aproximado de peso molecular (PM) semelhante para as isoenzimas LacA1 e LacA2. Assim, determinou-se que as enzimas LacA1 e LacA2 têm seu PM igual a 59 kDa, bem como 66 kDa para LacS2 e 70 kDa para LacS1, todas dentro dos intervalos descritos anteriormente para o PM de lacases (ASLAM, ASGHER, 2011; GUJJALA, et al., 2016).

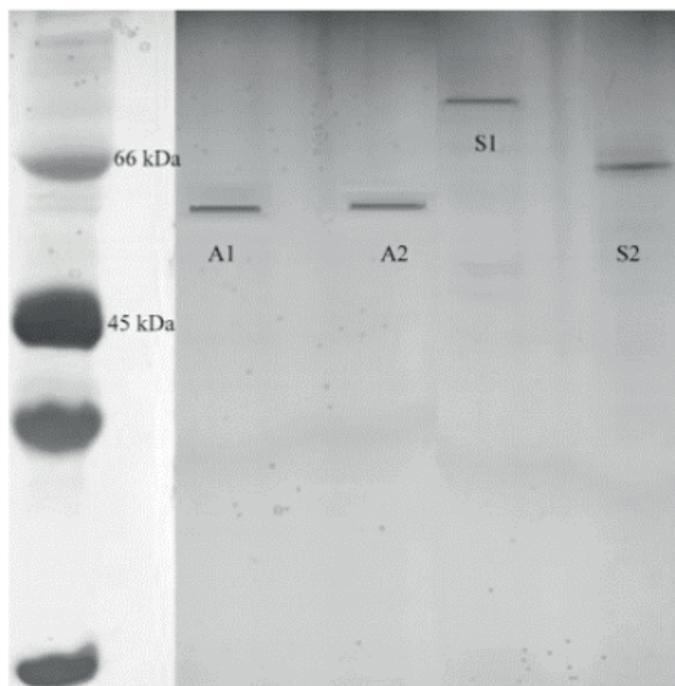


Figura 2 - Perfis de banda da eletroforese em gel de poliacrilamida das isoenzimas LacA1, LacA2, LacS1 e LacS2, destacando os valores de PM determinados pelo padrão.

### 3.2 Zimograma

Os perfis de bandas obtidos após incubação do gel em ABTS mostraram o aparecimento mais expressivo da banda LacA1, e de forma menos acentuada das enzimas LacA2 e LacS2 (Fig. 3). A banda apresentada, quando comparada com o padrão molecular, confirma o PM de 59 kDa da LacA1 (dado não apresentado). A isoenzima LacS1, apesar de apresentar dentre estas a maior atividade enzimática, não foi detectada visualmente, o que pode ter sido devido a sua degradação antes da realização do ensaio em eletroforese, degradação esta ocorrida durante as etapas de armazenamento devido a fatores externos ou instabilidade da enzima. A presença do detergente SDS no tampão de corrida do gel é outro fator que contribui com a desnaturação das enzimas, visto ser ele o agente responsável pela linearização das enzimas no ensaio SDS-PAGE (KANDASAMY, et al., 2016).

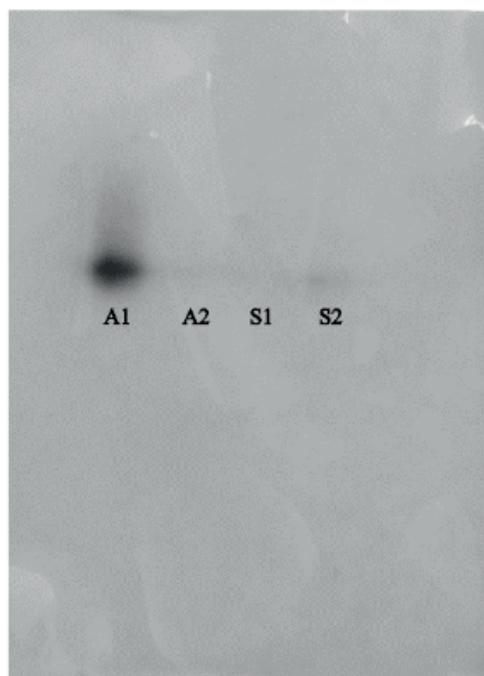


Figura 3 - Zimograma em gel de poliacrilamida após encubação em ABTS 5 mM dos cultivos S e A.

### 3.3 Efeito do pH e temperatura sobre a atividade enzimática

Os dados apresentados para o efeito do pH sobre a atividade das isoenzimas (Fig. 4) mostram um maior pico de atividade quando os ensaios foram realizados utilizando o tampão citrato-fosfato pH 3,0 (50mM) em temperatura de 25 °C (temperatura esta definida como padrão neste trabalho), sendo estas caracterizadas como acidófilas. Este dado é condizente com os encontrados na literatura, os quais destacam a característica de atuação da lacase em pH ácidos (ATALLA, et al., 2013).

A temperatura ótima definida para cada isoenzima (LacA1, LacA2, LacS1 e LacS2) foi estabelecida a partir dos ensaios de atividade enzimática utilizando o pH ótimo obtido no ensaio anterior (pH 3,0). A análise do gráfico da atividade relativa (AR) em função da temperatura apresentado na Figura 4 define a temperatura de 40°C como ótima para as enzimas LacA1, LacA2, LacS2 e 50°C para a LacS1, caracterizando as isoenzimas obtidas neste trabalho como mesófilas (NELSON, COX, 2011). A atividade ótima das isoenzimas encontradas em pH ácido e temperaturas superiores à ambiente corroboram com as características anteriormente descritas para enzimas produzidas por fungos filamentosos, as quais tendem a ser adaptadas à condições menos favoráveis de atuação (ATALLA, et al., 2013; GUJJALA, et al., 2016).

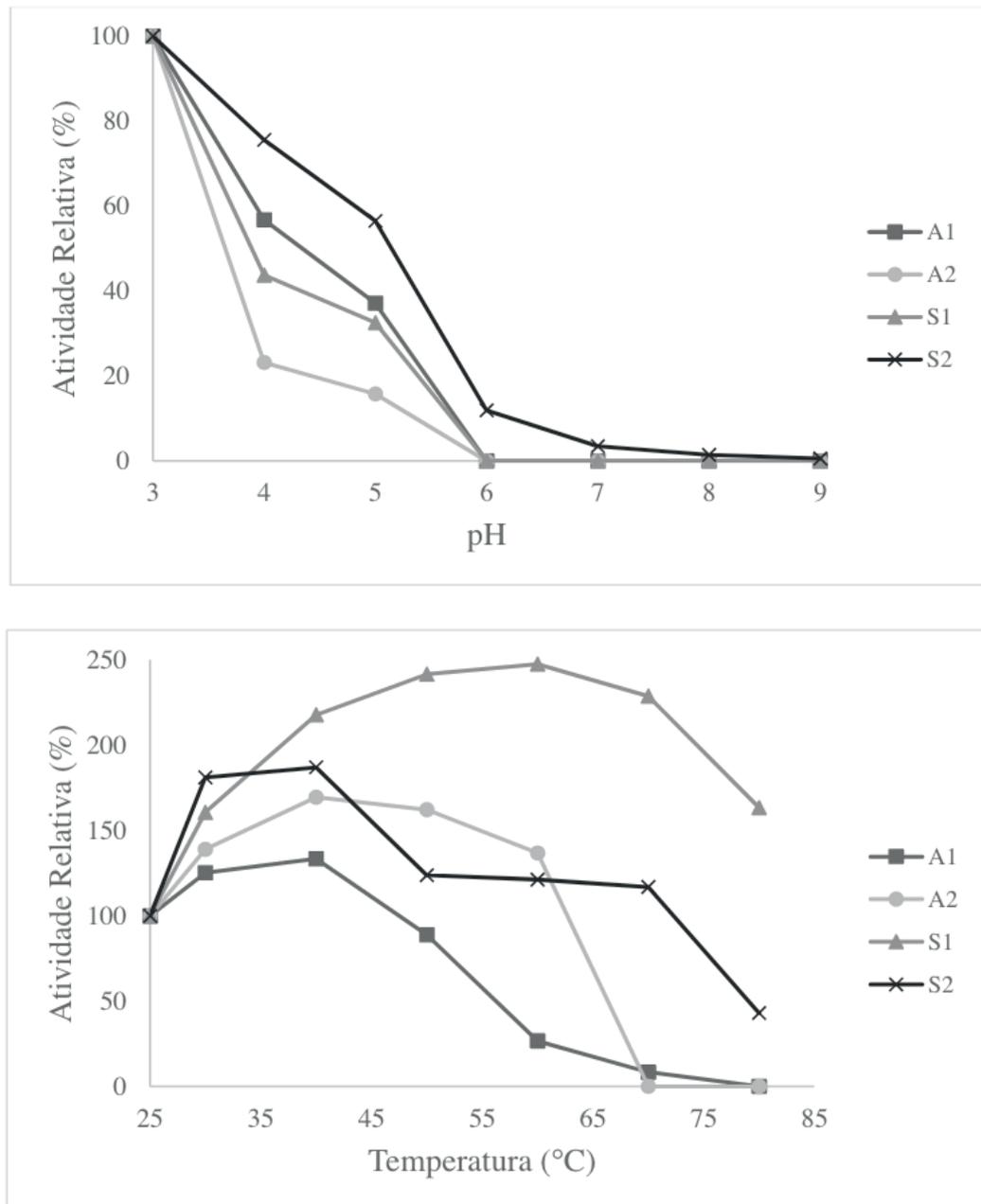


Figura 4 - Efeito de diferentes pH e Temperaturas sobre as atividades enzimáticas das isoenzimas.

### 3.4 Efeito dos íons metálicos sobre a atividade enzimática

O efeito das concentrações de 0,5 a 2,5mM dos íons  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  sobre a atividade enzimática foi avaliado apenas para a enzima LacS1, devido ao fato desta apresentar maior atividade enzimática e conseqüentemente resultar em dados mais expressivos da variação da atividade enzimática em função do íon metálico e da concentração empregada. Outro fator determinante para esta decisão foi a baixa concentração das enzimas purificadas do cultivo com farelo de arroz. Os íons metálicos são elementos de importante efeito sobre as enzimas, podendo ativar ou inativar a ação catalítica que depende de cada enzima (NELSON, COX, 2011).

A Figura 5 mostra o efeito de cada íon metálico e sua respectiva concentração sobre a atividade enzimática da LacS1, sendo possível a constatação de que, com

exceção do íon cobre, os demais íons tiveram um efeito oscilatório na atividade da enzima com o aumento gradual da concentração. Dentre as concentrações de cada íon, as maiores atividades foram observadas para as concentrações de 1,0 mM de  $Mg^{2+}$ , 0,5 mM de  $Mn^{2+}$ , 1,0 mM de  $Ca^{2+}$  e 2,5 mM de  $Cu^{2+}$ . O íon  $Cu^{2+}$  não apresenta uma variação significativa na atividade enzimática, sendo este efeito crescente com o aumento da concentração utilizada. O ensaio com este íon confirma os dados contidos na literatura (ASGHER, et al., 2012; ATALLA, et al., 2013) de que o cobre, além de indutor na produção da lacase, também age como um potencializador de sua ação catalítica quando em comparação com outros íons metálicos.

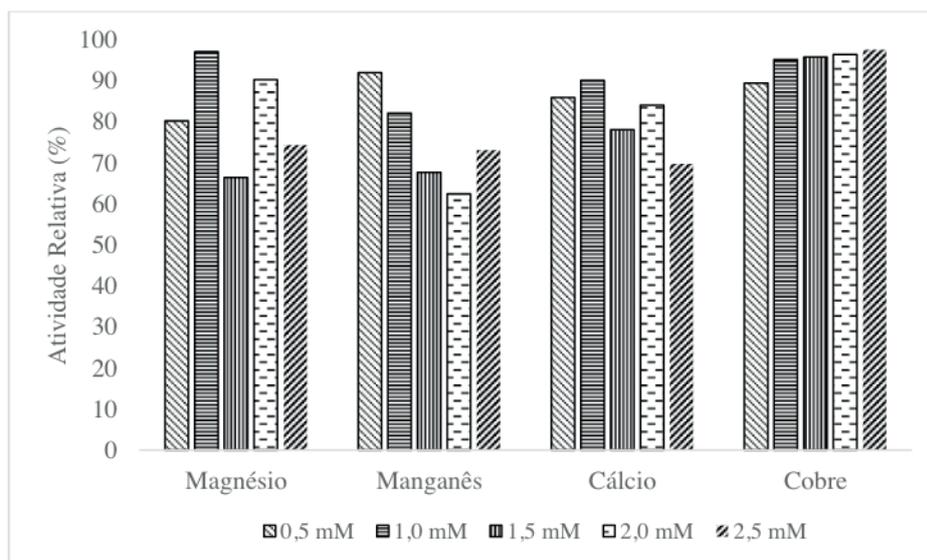


Figura 5 - Efeito de diferentes concentrações dos íons  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  sobre a atividade da enzima LacS1 comparados com a atividade sem adição de íons (100%).

### 3.5 Estabilidade térmica e Parâmetros Termodinâmicos

A Figura 6 apresenta o comportamento de cada enzima durante os ensaios de estabilidade térmica. Nos ensaios a 50°C para todas as enzimas, observou-se que a esta temperatura as enzimas LacA1, LacA2 e LacS2 demonstraram rápida queda de atividade, assim como a inativação completa da enzima LacS1. Este fato pode ser devido à mudança conformacional das enzimas pelo aumento da temperatura e conseguinte excitação das moléculas, acarretando assim na perda de sua capacidade catalítica (GUJJALA, et al., 2016).

A temperatura em que as enzimas se mostraram mais estáveis, com uma queda suave de atividade, foi a de 35°C. Já a 50°C, houve um rápido declínio na atividade das enzimas após os cinco primeiros minutos do ensaio, com uma queda similar para as enzimas LacA1 e LacA2, inativação com 5 minutos para a LacS1 e uma queda acentuada na atividade da enzima LacS2. Como já citado anteriormente, a utilização de diferentes meios ou suplementação resulta em diferentes isoenzimas. A suplementação com o farelo de soja possivelmente resultou em uma lacase menos

glicosilada (LacS1), apresentando uma menor estabilidade térmica devido ao menor número de carboidratos em sua estrutura (GUJJALA, et al., 2016). Baldrian (2006) relata ainda que fungos do gênero *Pleurotus*, quando cultivado em meios que induzam a produção de isoenzimas de lacase, tendem a produzir isoenzimas menos glicosiladas, com grau de glicosilação variando entre 7% a 1%.

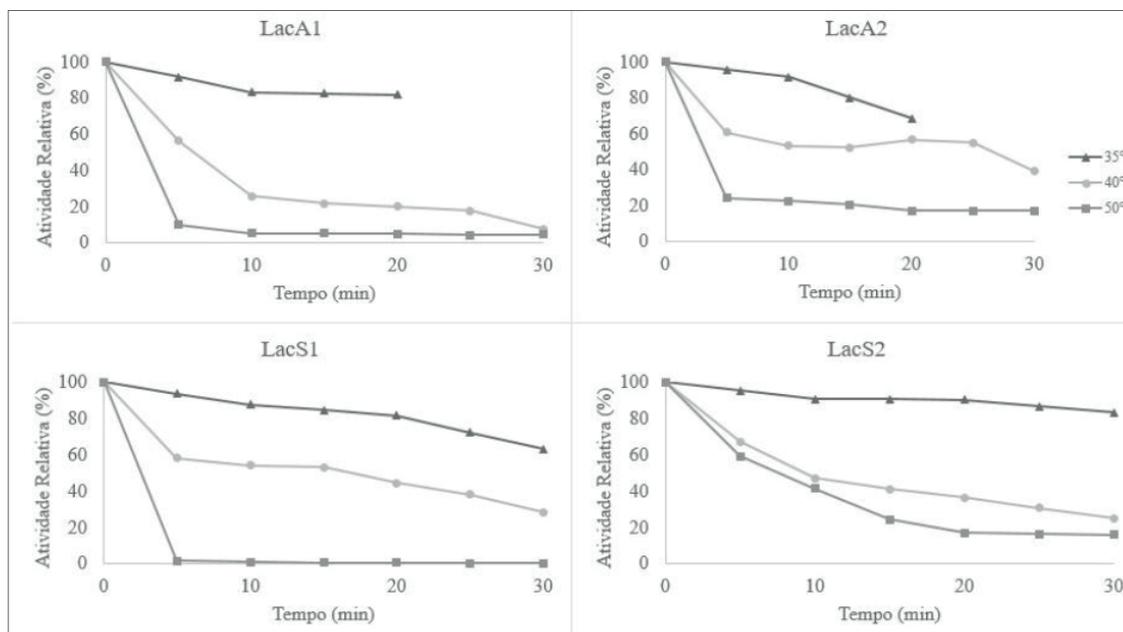


Figura 6. Estabilidade térmica para cada isoenzima nas temperaturas de 35, 40 e 50 °C por 30 minutos.

A partir dos dados de temperatura ótima (Fig. 4) e de estabilidade térmica (Fig. 6), realizou-se a caracterização termodinâmica das isoenzimas produzidas, calculando a energia de ativação ( $E_a$ ), energia de desativação ( $E_{a(d)}$ ), constante de catálise ( $k_{cat}$ ) e as variações de entalpia ( $\Delta H$ ), energia livre de Gibbs ( $\Delta G$ ) e entropia ( $\Delta S$ ) (Tabela 4). Estes valores foram calculados a partir das fórmulas apresentadas por Javed, et al. (2009). Os valores da  $E_a$  demonstram que, dentre as enzimas obtidas, a LacA1 é a que necessita de um menor gasto energético para a formação do estado de transição, resultando igualmente em um menor valor de  $\Delta H$ , caracterizando uma menor absorção de energia do meio por parte do sistema (NELSON, COX, 2011).

Amostra	$E_a$ (kJ/mol)	$E_{a(d)}$ (kJ/mol)	$k_{cat}$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$\Delta H$ (kJ/mol)	$\Delta G$ (kJ/mol)	$\Delta S$ (kJ/molK)
LacA1	13.578	123.596	383.961	10.975	61.328	-0.161
LacA2	25.763	115.764	187.373	23.160	63.196	-0.128
LacS1	26.456	159.770	1173.673	23.770	60.369	-0.113
LacS2	28.518	115.124	683.529	25.914	59.826	-0.108

Tabela 4 - Parâmetros termodinâmicos de ativação e desativação das isoenzimas produzidas pelo *P. ostreatus*.

Outro parâmetro a ser analisado referente a estabilidade térmica das enzimas é

o tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ), que corresponde ao tempo em que há perda de metade da atividade da enzima, baseando-se na atividade enzimática inicial desta (JAVED, et al., 2009). Na Tabela 5, observa-se uma diminuição mais rápida nos valores de  $t_{1/2}$  de todas as enzimas nas temperaturas de 40 e 50°C. Na temperatura de 35°C as enzimas apresentam  $t_{1/2}$  de 0,41; 0,44; 0,61 e 0,41 minutos para as enzimas LacA1, LacA2, LacS1 e LacS2, respectivamente. Já a 50°C este tempo diminui consideravelmente para 0,038; 0,045; 0,035 e 0,038 minutos, respectivamente. Estes dados corroboram a constatação de enzimas oxidativas não são estáveis em temperaturas acima de 40°C, e que esta estabilidade diminui proporcionalmente ao aumento da temperatura (DODDAPANENI, et al, 2013).

Temperatura (°C)	Lac A1	Lac A2	LacS1	LacS2
35	0,41604	0,44380	0,61106	1,43090
40	0,09342	0,08857	0,29089	0,14180
50	0,03859	0,04588	0,03522	0,13110

Tabela 5 - Tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) em minutos das amostras sob as diferentes temperaturas.

Quando analisadas a 35°C (308,15 K), nota-se que as enzimas extraídas dos meios suplementados com soja (LacS1 e LacS2) apresentaram maior  $t_{1/2}$ , em especial a LacS2, constatando uma maior estabilidade térmica desta isoenzima. Este padrão pode ser igualmente observado na queda menos acentuada desta isoenzima nos testes de estabilidade térmica (Fig. 6). A LacS1, no entanto, apresentou um  $t_{1/2}$  semelhante às demais isoenzimas a 50°C (323,15 K), o que explica a rápida queda da sua atividade sob esta temperatura (Fig. 6), assim como a sua desnaturação quando realizado o zimograma (Fig. 3).

#### 4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a casca de arroz foi eficiente na indução da produção de lacase na forma de isoenzimas pelo fungo *Pleurotus ostreatus*. A produção enzimática é acentuada pela adição do farelo de soja como fonte adicional de nitrogênio para o crescimento fúngico. Na etapa de purificação enzimática, notou-se a eficiência da resina DEAE-Sephacel como única etapa de purificação, o que se mostra importante no sentido de reduzir gastos na produção enzimática

A determinação das características físico-químicas e termodinâmicas foi importante na diferenciação das isoenzimas, atestando suas particularidades catalíticas. A produção ainda não é otimizada, mas apresenta perspectivas positivas para a aplicação do resíduo gerado em excesso.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L.; SALES, C.; DE CARVALHO, C.; MINHONI, M.; DE ANDRADE, M.. **Use of wood residues and fruit from Amazon for the in vitro cultivation of edible mushroom Shiitake.** *Interciencia*, v. 38 (8), p. 585-589. 2013.
- ARANTES, V.; SILVA, E.M.; MILAGRES, A.M. **Optimal recovery process conditions for manganese-peroxidase obtained by solid-state fermentation of eucalyptus residue using *Lentinula edodes*.** *Biomass and Bioenergy*, v. 35, p. 4040-4044. 2011.
- ASGHER, M.; IQBAL, H.; ASAD, M. **Kinetic characterization of purified laccase produced from *Trametes versicolor* IBL-04 in solid state bio-processing of corncobs.** *BioResources*, v. 7 (1), p. 1171-1188. 2012.
- ASLAM, S.; ASGHER, M. **Partial Purification and Characterization of Ligninolytic Enzymes Produced by *Pleurotus ostreatus* during Solid State Fermentation.** *African Journal of Biotechnology*, v. 10, p. 17875-17883. 2011.
- ATALLA, M.; ZEINAB, H.; EMAN, R.; AMANI, A.; ABEER, A. **Characterization and kinetic properties of the purified *Trematosphaeria mangrovei* laccase enzyme.** *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 20, p. 373-381. 2013.
- BALDRIAN, P. **Fungal laccases – occurrence and properties.** *FEMS Microbiology Letters*, v. 30, p. 215-242. 2006.
- BRADFORD, M.M. **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.** *Anal Biochemistry*, v. 7 (72), p. 248-254. 1976.
- CARBONERO, E.; RUTHES, A.; FREITAS, A.; UTRILLA, P.; GÁLVEZ, J.; SILVA, E.; SASSAKI, G.; GORIN, P.; IACOMINI, M.. **Chemical and biological properties of a highly branched -glucan from edible mushroom *Pleurotus sajor-caju*.** *Carbohydrate Polymers*, v. 90, p. 814-819. 2012.
- CHU, S.; MAJUMDAR, A. **Opportunities and challenges for a sustainable energy future.** *Nature*, v. 488, n. 7411, p. 294-303, 2012.
- DODDAPANENI, H.; SUBRAMANIAN, V.; FU, B.; CULLEN, D. **A comparative genomic analysis of the oxidative enzymes potentially involved in lignin degradation by *Agaricus bisporus*.** *Fungal Genetics and Biology*, v. 55, p. 22-31. 2013.
- GIL, L.M.; MANJARRES-PINZON, K.; PIÑEROS-CASTRO, Y.; RODRIGUEZ-SANDOVAL, E. **Influencia de la adición de una fuente de nitrógeno em La producción de ligninasas.** *Biocología em El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 10 (1), p. 173-181. 2012.
- GUJJALA, L.; GIL, L.M.; MANJARRES-PINZON, K.; PIÑEROS-CASTRO, Y.; BANDYOPADHYAY, T.; BANERJEE, R. **Kinetic modelling of laccase mediated delignification of *Lantana camara*.** *Bioresource Technology*, v. 212, p. 47-54. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2007. **Produção agrícola municipal – Cereais, leguminosas e oleaginosas.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=170950&idtema=18&search=tocantins%7Cgurupi%7Cproducao-agricola-municipal-cereais-leguminosas-e-oleaginosas-2007>. Acessado em: 18/09/2016.
- JAVED, M.R.; RASHID, M.H.; NADEEM, H.; RIAZ, M.; PERVEEN, R. **Catalytic and thermodynamic characterization of endoglucanase (CMCase) from *Aspergillus oryzae* cmc-1.** *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 157, p. 483-497. 2009.
- KANDASAMY, S.; MUNIRAJ, I.; PURUSHOTHAMAN, N.; SEKAR, A.; SHARMILA, D.; KUMARASAMY, R.; UTHANDI, S. **High Level Secretion of Laccase (LccH) from a Newly Isolated White-Rot**

**Basidiomycete, *Hexagonia hirta* MSF2.** *Frontiers in Microbiology*, v. 7, p. 707-717. 2016.

MOIN, S.; OMAR, M. **Laccase enzymes: purification, structure to catalysis and tailoring.** *Protein & Peptide Letters*, v. 12 (8), p. 7007-713. 2014.

NELSON, D.; COX, M. 2011. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, Artmed, 5ª ed., Porto Alegre.

NETO, J.A. Purificação de enzimas. In: LIMA, U.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDEL, W. **Biotecnologia Industrial – processos fermentativos e enzimáticos.** 1 ed. São Paulo: Blucher, 2001, v. 3, cap. 17, p. 377-390.

NIKU-PAAVOLA, M.-L.; KARHUNEN, E.; SALOLA, M.; RAUNIO, V. **Lignolytic enzymes of the white-rot fungus *Phlebia radiata*.** *Biochemical Journal*, v.254, p.977-984, 1988.

RAGASKAS, A.J.; WILLIAMS, C.; DAVISON, B.; BRITOVSEK, G.; CAIRNEY, J.; ECKERT, J.; TEMPLER, R.; TSCHAPLINSKI, T. **The path forward for biofuels and biomaterials.** *Science*, v. 311, n. 5760, p. 484-489, 2006.

SILVA, E.M.; MACHUCA, A.; MILAGRES, A.M. **Effect of cereal brans on *Lentinula edodes* growth and enzyme activities during cultivation on forestry waste.** *Letters in Applied Microbiology*, v. 40, p. 283–288. 2005.

SILVA, M.S.; NAVES, M.M.; OLIVEIRA, R.B.; LEITE, O.S.. **Composição Química e Valor Protéico do Resíduo de Soja em Relação ao Grão de Soja.** *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v 26(3), p. 571-576. 2006.

TUCK, C.O.; PÉREZ, E.; HORVÁTH, I.; SHELDON, R.; POLIAKOFF, M. **Valorization of biomass: deriving more value from waste.** *Science*, v. 337, n. 6095, p. 695-699, 2012.

## QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO DA CERÂMICA - CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE

Data de aceite: 02/12/2019

### **Albertina Amélia Alberto Nhavoto**

Universidade Licungo, Faculdade de Ciências Naturais e Tecnologia  
Beira – Moçambique  
betynha1976@gmail.com

### **António Guerner Dias**

Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT)  
Porto – Portugal

### **Daniel Agostinho**

Universidade Pedagógica de Moçambique, Faculdade de Ciências Naturais e Matemática  
Maputo – Moçambique

### **Nivaldo Alfredo José ZANDAMELA**

Universidade Licungo, Faculdade de Ciências e Tecnologia.  
Beira – Moçambique

**RESUMO:** Este trabalho teve como objectivo analisar a qualidade microbiológica das águas dos poços do Bairro da Cerâmica no Município da cidade da Beira, Moçambique. Foi analisada a qualidade da água de seis poços residenciais durante o período de Abril a Outubro de 2017 e Julho a Setembro de 2019. Com esta análise procurou-se verificar possíveis contaminações por coliformes totais, coliformes fecais e *Vibrio*

*cholerae*, no período seco (Abril a Setembro) e chuvoso (Outubro), bem como as condições de saneamento do meio em redor dos poços e a localização destes em relação às fossas e às latrinas. Para identificação dos poços, cada um foi numerado de 1 a 6, tendo sido realizadas cinco campanhas em meses diferentes, correspondentes aos meses de Abril, Maio e Outubro de 2017, Julho e Setembro de 2019, o que totalizou 30 amostras. Estas amostras foram analisadas no Laboratório de Higiene da Água e Alimentos (LHAA), pertencente ao Ministério da Saúde, para verificação dos parâmetros: coliformes totais, coliformes fecais e *Vibrio cholerae*. As amostras para análise de coliformes totais e de coliformes fecais seguiram a técnica dos Tubos Múltiplos e os resultados são apresentados em Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e coliformes fecais (NMP/100mL). A análise do *Vibrio cholerae* foi feita pelo método directo (método de membrana filtrante) onde as amostras foram colocadas num meio de enriquecimento (água peptonada alcalina) durante 8 horas. Com os resultados obtidos concluiu-se que o período da época das chuvas é mais propício à contaminação dos aquíferos. Assim, devido ao elevado índice de contaminação das águas subterrâneas na cidade da Beira, para diminuir a ocorrência de doenças, relacionadas com o consumo da água contaminada pela população dos bairros

suburbanos, é urgente implementar medidas para a protecção das águas subterrâneas.

**PALAVRAS-CHAVE:** água subterrânea, poços de captação, contaminação por coliformes, origem da contaminação, medidas de protecção.

## MICROBIOLOGICAL WATER QUALITY OF CERAMIC WATER WELLS - CITY OF BEIRA, MOZAMBIQUE

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyse the microbiological quality of well water of Cerâmica Neighbourhood wells in the city of Beira, Mozambique. The water quality of six residential wells was analysed during the period from April to October 2017 and July to September 2019. With this analysis we tried to verify possible contamination by total coliforms, fecal coliforms and *Vibrio cholerae* in the dry season (April to September) and rainy season (October), as well as the sanitation conditions around the wells and their location in relation to the septic tanks and latrines. To identify the wells, each one was numbered from 1 to 6, and five campaigns were carried out in different months, corresponding to April, May and October 2017, July and September 2019, which totalled 30 samples. These samples were analysed at the Food and Water Hygiene Laboratory (LHAA) belonging to the Ministry of Health, to verify the parameters: total coliforms, fecal coliforms and *Vibrio cholerae*. Samples for analysis of total and fecal coliforms followed the Multiple Tube technique and results are presented in Most Probable Number (MPN) of total and fecal coliforms (MPN/100mL). *Vibrio cholerae* analysis was done by the direct method (filter membrane method) where the samples were placed in an enrichment medium (alkaline peptone water) for 8 hours. With the results obtained it was concluded that the rainy season is more conducive to the contamination of aquifers. Therefore, due to the high rate of groundwater contamination in the city of Beira, to reduce the occurrence of diseases, related to the consumption of contaminated water by the population of suburban neighbourhoods, it is urgent to implement groundwater protection measures.

**KEYWORDS:** groundwater, wells, coliform contamination, source of contamination, protective measures.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial para a vida, sendo um recurso natural indispensável para todos os seres vivos. É utilizada para o consumo humano e para as atividades socioeconómicas, podendo ser obtida por meio de poços, furos ou minas, se de origem subterrânea, ou diretamente dos rios, lagos e represas se de origem superficial, tendo uma influência direta sobre a saúde humana.

Para que a água garanta efectivamente a manutenção da vida na Terra, é extremamente importante que sejam observadas todas as condições em termos da sua qualidade:

“A qualidade necessária à água distribuída para consumo humano é a potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou radioactiva, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana” (SCURACCHIO, 2010).

O padrão de potabilidade da água é composto por um conjunto de valores de parâmetros microbiológicos, organoléticos e físico-químicos, que lhe conferem qualidade própria para o consumo humano (Ministério da Saúde, 2004). Os padrões da qualidade da água possuem a finalidade de assegurar a saúde humana e a qualidade no meio ambiente, disciplinando a sua utilização.

O abastecimento de água potável para as necessidades humanas é um dos problemas mais acentuados de muitos países em desenvolvimento, visto que estes não possuem recursos suficientes para fornecer água potável para todas as suas comunidades. Contudo, o problema existente ao nível desses países não se restringe apenas à escassez de água e à sua necessidade pelo ser humano, mas também ao nível da sua qualidade.

A World Water Vision (2000) (citado por ZAPOROZEC, 2002), reportou que 1,2 biliões de pessoas ou 1/5 da população mundial não tem acesso a água potável, enquanto metade da população mundial não possui saneamento adequado.

Outros autores (CAPPI et al, 2012) estimam que cerca de 80% de todas as doenças humanas estejam relacionadas, directa ou indirectamente, com a água não tratada, com saneamento precário e com a falta de conhecimentos e informações básicas de higiene e transmissão de doenças.

Tucci (2002) (citado por CAPPI; AYACH, 2012) afirmou que o desenvolvimento urbano envolve duas actividades conflitantes: o aumento da demanda de água com qualidade e a degradação dos mananciais urbanos por contaminantes com origem nos resíduos urbanos e industriais.

De acordo com Donnaire (2007), a qualidade das águas da Terra – rios, lagos naturais e represas, em particular – dos ecossistemas e da vida, em geral, vem sendo degradada de uma maneira alarmante e, esse processo, pode vir a ser irreversível, sobretudo nas áreas mais densamente povoadas dos países emergentes.

Ainda de acordo com a mesma autora, a crise da água é uma ameaça permanente à humanidade e à sobrevivência da biosfera como um todo, pondo em risco a espécie humana, impondo dificuldades ao desenvolvimento socioeconómico e aumentando a tendência de ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

A contaminação das águas subterrâneas é, quase sempre, resultado de actividades humanas. Em áreas de elevada densidade populacional, como é o caso dos bairros suburbanos das grandes cidades, as águas subterrâneas são bastante vulneráveis à contaminação.

A contaminação das águas subterrâneas é a introdução de qualquer substância

na água, em concentrações indesejáveis, que normalmente não estão presentes na água, como exemplos podemos citar os microrganismos, os produtos químicos, os resíduos ou os esgotos, substâncias que tornam água imprópria para o uso humano (ZAPOROZEC, 2002).

COLVARA et al (2009) afirmaram que as fontes da contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogénicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas, geralmente tem sido o esgoto doméstico em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem de veículos e a modernização da agricultura. No meio rural e nas zonas suburbanas as principais fontes de abastecimento de água são os rios e os poços. Geralmente essas fontes não estão totalmente protegidas da contaminação e, muitas vezes, a qualidade da água é imprópria para consumo humano por estar poluída.

Para (CAPPI et al, 2012) a perfuração dos poços deve obedecer a critérios adequados de construção e de localização. E, ainda segundo os mesmos autores, as águas que são captadas em poços com muito tempo de uso, poços relativamente superficiais, ou poços localizados próximo de fossas e de escoamento de esgoto doméstico, aumentam a probabilidade de contaminação das suas águas. Se o poço estiver localizado próximo de uma fonte de contaminação, este corre sério risco de ser contaminado. Quando as águas subterrâneas são contaminadas, é difícil e muito caro o seu tratamento.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças infecciosas causadas por bactérias, vírus e protozoários, constituem o mais frequente risco para a saúde associado ao consumo de água contaminada.

O uso da água subterrânea captada de poços rasos sem tratamento, desconhecendo-se a sua qualidade bacteriológica e físico – química, pode vir a torna-se um factor de risco aos seres humanos que a utilizam, pelo seu potencial de transmitir doenças causadas pela presença de bactérias patogénicas (CAPPI et al, 2012).

Para determinação da contaminação microbiológica da água recorre-se à identificação dos microrganismos, cuja presença na água é um bom indicador de existência de matéria de origem fecal. Os principais indicadores da contaminação fecal são os coliformes totais e os coliformes fecais.

Segundo Cappi et al, 2012, a presença de coliformes totais e coliformes fecais na água não representa, por si só, um perigo para a saúde humana, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. As bactérias do grupo coliforme, por exemplo *Escherichia coli*, representam contaminação fecal recente e indicam a possível presença de bactérias patogénicas, vírus entéricos ou parasitas intestinais (AMARAL et al, 2005 citado por CAPPI et al., 2012).

Nos bairros periféricos da cidade da Beira – Moçambique, a rede de abastecimento da água tratada ainda é deficitária, o que faz com que a população recorra à água de poços artesanais para o seu consumo. Por essa razão, o objectivo deste trabalho é analisar a qualidade microbiológica da água dos poços do Bairro da Cerâmica na cidade da Beira. Neste Bairro a taxa de cobertura da água canalizada situa-se abaixo de 30% e, por isso, a principal fonte de abastecimento de água são ainda os poços artesanais.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e caracterização da área de estudo**

A cidade da Beira localiza-se no centro de Moçambique a cerca de 1.200 km da capital Maputo, na costa do Oceano Índico. É limite a Norte e a Oeste pelo distrito de Dondo, a Este com o Oceano Índico e a Sul com o distrito de Búzi. Está situada na proximidade da latitude 19° 50' 36" S e da longitude 34° 50' 20" E. Segundo o Censo Populacional de 2017, a cidade da Beira possui cerca de 533.825 habitantes. É constituída por cinco Postos Urbanos divididos em 26 Bairros. Beira localiza-se numa zona pantanosa e, em consequência, apresenta uma superfície freática muito próxima da superfície.

De acordo com DAUD et al, 2014, as características geológicas, hidrogeológicas e geográficas da cidade da Beira tornam-na vulnerável à poluição antrópica, dificultando a definição da localização geográfica e da profundidade de níveis com água de qualidade e própria para consumo humano.

Para esta pesquisa escolheu-se o Bairro da Cerâmica cito no Posto Administrativo Urbano (PAU) de Inhamízia. É um dos bairros com elevado défice no fornecimento de água da rede pública e, conseqüentemente, com muita gente a recorrer a água dos poços para consumo e outros fins.

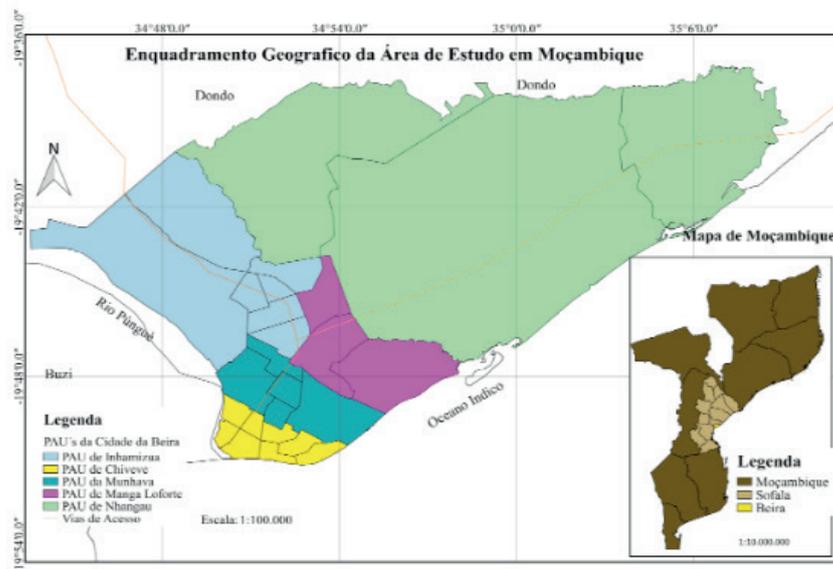


Figura 1. Mapa da cidade da Beira.

Fonte: Baloj, Vânia 2017.

É uma zona de expansão, cujo crescimento não é acompanhado pela instalação e desenvolvimento de infraestruturas básicas. Assim, neste bairro encontram-se zonas onde se pratica o cultivo de arroz, batata-doce, hortícolas e legumes, bem como a criação de animais de pequeno porte. Ambientalmente é uma área afetada pela indústria de madeira e produção de carvão a partir das sobras desta atividade.

## 2.2 Metodologia de colheita de amostras e análise da água

Foram coletadas dezoito amostras em seis poços, correspondentes a três campanhas de amostragem realizada nos meses de Abril, Maio e Outubro. As amostras foram coletadas em frascos de vidro com capacidade de 500 mL, de boca larga e tampa plástica bem ajustada, fornecidos pelo Laboratório de Higiene de Águas e Alimentos (LHAA) da cidade da Beira. A obtenção da amostra de água foi feita com o recipiente usado pelas famílias para o efeito. De seguida as amostras foram colocadas na caixa isotérmica com gelo, de forma adequada para que não ocorram perdas durante o transporte. A quantidade de gelo foi suficiente para manter as amostras refrigeradas entre 3°C e 10°C, tendo sido entregues no laboratório no mesmo dia. As amostras foram coletadas no Bairro da Cerâmica, um bairro que tem, como principais fontes de captação da água, poços e fontanários. A maior parte da população do Bairro da Cerâmica utiliza água dos poços para consumo e para outros fins, porque o acesso a água do abastecimento público é deficitário.

As amostras foram analisadas no LHAA, pertencente ao Ministério da Saúde, para verificação dos parâmetros: coliformes totais, coliformes fecais e *Vibrio cholerae*. As amostras para análise de coliformes totais e termotolerantes seguiram

a técnica dos Tubos Múltiplos e os resultados são em Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e coliformes fecais (NMP/100 mL). Inocularam-se seis tubos de ensaio contendo: a) caldo lactosado de concentração dupla com 10 mL da amostra; b) caldo lactosado de concentração simples com 1 mL de amostra; c) caldo lactosado de concentração simples com 0,1 mL de amostra. Este procedimento permitiu obter as diluições 1:1, 1:10 e 1:100 que, em seguida, foram homogeneizadas por agitação. Para o teste presuntivo as amostras foram incubadas a 37°C durante um período de 48 h. Foram considerados positivos os testes que apresentaram formação de gás dentro dos tubos de Durham e turbidez do meio. Com estes resultados, foi ainda realizada a prova confirmativa para coliformes totais e coliformes fecais, utilizando o caldo lactosado bile verde brilhante a 2% de concentração. Estas amostras foram incubadas a 37°C durante um período de 48 h para coliformes totais e em banho-maria a 37°C durante um período de 24 h para os coliformes fecais.

A análise do *Vibrio cholerae* foi feita pelo método direto (método de membrana filtrante) onde as amostras foram colocadas num meio de enriquecimento (água peptonada alcalina) durante 8 h. A partir do caldo de enriquecimento, retirou-se uma pequena porção que foi colocada em estrias de desenvolvimento numa placa do género Tiosulfato-Citrato-Bile-Sacarose (T.C.B.S.) Agar, de superfície seca, sendo incubadas a 37°C durante 24 h.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características dos poços analisados

As condições das edificações, higiénico-sanitárias e a localização dos poços constituem factores importantes que estão directamente ligados à saúde das pessoas que consomem a água, especialmente as crianças que são mais vulneráveis às doenças de veiculação hídrica.

Os poços analisados são escavados manualmente, com um diâmetro de aproximadamente um metro e uma profundidade de até três metros, sem qualquer medida de proteção sanitária como, por exemplo, cimentação na envolvente, colocação de uma laje e/ou tampa. Para evitar o desmoronamento dos solos durante a execução da captação de água, nalguns casos, coloca-se um pneu usado, sem nenhuma proteção ou com uma tampa não segura.

A figura 2 mostra as condições de um poço, com um pneu como meio de proteção, a tampa é em chapa de zinco e este localiza-se próximo de uma fossa séptica.



Figura2: Poço sem proteção adequada.

A água é captada por meio de um balde, devendo ser salientado que, neste procedimento, pode ocorrer contaminação da água pela inadequação das condições de higiene do balde coletor que, normalmente, fica exposto e não é higienizado antes de ser usado.

Silva e Araújo (2003) afirmaram que “o aumento do número de colônias de coliformes fecais estava associado, muitas vezes, a poços com até 10 metros de profundidade e captação manual da água, através de balde”. A figura 3 mostra as condições de alguns poços em que, neste caso, o poço é cimentado, mas não apresenta qualquer tipo de tampa.



Figura 3: Poço com a borda cimentada mas sem proteção.

### 3.2 Qualidade da água dos poços analisados

Todas as amostras dos seis poços analisados apresentaram coliformes. Os resultados das amostras analisadas nos meses de Abril e Maio mostraram que a água era própria para o consumo, de acordo com o Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano (RQACH), Diploma Ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro. Em cinco dos poços, os coliformes fecais estiveram abaixo de 3 NMP/100mL e no poço número 1 com cerca de 9 NMP/100 mL. Sendo o limite

máximo admissível de 10 NMP/100mL, a água do poço 1 poderia ser considerada como água imprópria para consumo, uma vez que se encontra muito próximo do limite legal. Nos resultados das amostras, obtidas nos meses de julho e setembro de 2019, apenas os poços 1 e 3 indicavam água própria para o consumo humano de acordo com RQACH, no que refere aos parâmetros para água não tratada. Assim como o poço 6 que, no mês de setembro, apresentava 5 NMP/100 mL. Importa salientar que de abril a setembro é o período seco (inverno) e de outubro a março é a época chuvosa (verão) mas, no entanto, o período chuvoso por vezes prolonga-se até ao mês de abril e no período seco pode ocorrer alguma precipitação.

Segundo o Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Drinking and Groundwater (2016):

As bactérias são apenas um dos vários contaminantes que podem afectar a água do poço. Mesmo que os resultados dos testes dos coliformes totais e coliformes fecais sejam negativos, o que significa que não há contaminação bacteriana da água do poço, segundo esses resultados não significam necessariamente que a água esteja livre da contaminação química, como nitratos e pesticidas.

Nos resultados das amostras colhidas em Outubro, período chuvoso de verão, veio a verificar-se que a água dos poços analisados era imprópria para o consumo humano, dado que os coliformes fecais e os coliformes totais estavam acima do limite admissível. Para os meses de julho e setembro de 2019, os poços 2, 4 e 5, assim como o poço 6 no mês de julho, a água indicava um índice elevado de contaminação por coliformes fecais, mostrando-se imprópria para o consumo humano. E todas amostras não se identificou o *Vibrio cholerae*.

Na tabela 1 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas da água dos poços referentes às épocas seca e chuvosa:

Campanha	Coliformes totais					Coliformes fecais				
	abr-17	mai-17	out-17	jul-19	set-19	abr-17	mai-17	out-17	jul-19	set-19
Poço 1	<3	23	≥2400	23	8	<3	9	≥2400	<3	<3
Poço 2	<3	23	≥2400	1100	1100	<3	<3	≥2400	460	423
Poço 3	<3	4	≥2400	240	87	<3	<3	≥2400	4	<3
Poço 4	<3	43	≥2400	240	240	<3	<3	≥2400	93	63
Poço 5	<3	<3	≥2400	≥2400	≥2400	<3	<3	≥2400	240	175
Poço 6	<3	9	≥2400	240	43	<3	<3	≥2400	43	5

Tabela 1: Resultados das análises microbiológicas da água dos poços.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 1 a água dos poços do Bairro da Cerâmica na cidade da Beira, é imprópria para o consumo humano, principalmente na época chuvosa (a vermelho). Embora as amostras analisadas no inverno de 2017 tenham mostrado que a água é própria para consumo de acordo com os limites estabelecidos pelo RQACH, que é parte integrante da Lei n.º 16/91

de 03 de Agosto, Lei de Águas, é sempre necessário o tratamento desta antes do seu consumo.

O RQACH, no seu Anexo I parte B, estabelece os parâmetros microbiológicos e físico-químicos, bem como os seus limites admissíveis, a que água destinada ao consumo humano deve obedecer, quando esta é captada em fontes de abastecimento público sem tratamento.

O poço 1 apresentou coliformes fecais, 9 NMP/100 mL, no período de inverno de 2017 (período seco), o que indica que há contaminação fecal e a água deve ser considerada inadequada para o consumo. Para os meses de julho e setembro de 2019, embora sendo período de inverno, a água mostrou-se contaminada, com o poço 2 a apresentar 460 NMP/100 mL e 423 NMP/ mL, o poço 4 com 93 NMP/100 mL e 63 NMP/100 mL, o poço 5 com 243 NMP/100 mL e 175 NMP/100 mL, respetivamente; o poço 6 no mês de julho apresentou 43 NMP/100 mL e 5 NMP/100 mL.

A contaminação dos poços nos meses do período seco em 2019 pode ter sido influenciada pela passagem do ciclone IDAI pela cidade da Beira, o que levou ao prolongamento da época das chuvas até ao mês Maio. Sendo a Beira uma cidade com a superfície freática próxima da superfície, as inundações decorrentes da passagem do ciclone podem ter facilitado o contacto e o transporte dos contaminantes até aos poços, quer por transporte à superfície (talvez o mais comum) quer por infiltração e escoamento subterrâneo.

Ayach et al, 2012, referem que “As bactérias patogénicas intestinais têm a sua presença indicada pela determinação do subgrupo de coliformes fecais ou termotolerantes e a sua deteção indica que houve poluição fecal proveniente de fezes humanas ou de animais de sangue quente”.

No período chuvoso (período de verão) à água subterrânea é vulnerável à contaminação, pois as chuvas facilmente arrastam os contaminantes para os poços. Os resultados obtidos nas amostras analisadas em Outubro (Verão), foram aquelas que apresentaram sempre um número mais elevado de coliformes totais e de coliformes fecais. Verificou-se, ainda, que todas as amostras analisadas na época chuvosa apresentaram um índice elevado de contaminação, o que poderá estar relacionado com as condições do saneamento. Os poços são rasos, localizados próximo de fossas sépticas e sem as melhores condições de proteção.

No gráfico da figura 4 podemos analisar o comportamento das águas dos poços analisadas, relativamente à concentração de coliformes fecais, no período compreendido entre abril de 2017 e setembro de 2019.

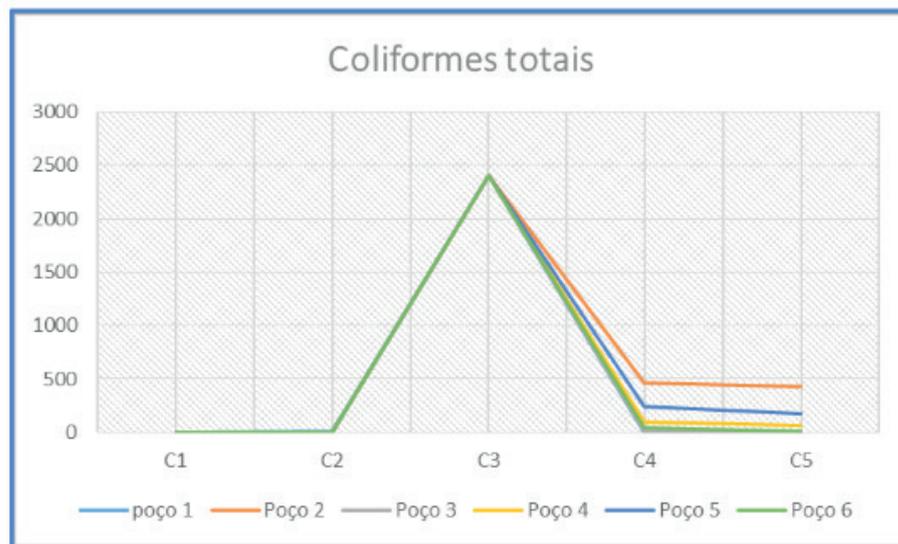


Figura 4: Gráfico com a concentração de coliformes fecais na água dos poços do Bairro da Cerâmica, ao longo das seis campanhas realizadas (C1 a C5); a campanha C3 corresponde a Outubro de 2017.

Da análise dos dados apresentados no gráfico da figura 4 e na tabela 1, podemos verificar que após Outubro de 2017, salvo algumas exceções, as águas dos seis poços analisados permanecem com má qualidade bacteriológica. Os poços mais críticos são os poços 2, 4, 5 e 6.

A contaminação das águas dos poços não pode ser considerada um fator isolado, mas antes um fenómeno de proporções generalizadas por se tratar de poços localizados em áreas urbanas.

Segundo CAPPI et al, 2012, muitos estudos mostram que o número de amostras de água de poços que apresentam contaminação de bactérias do grupo coliformes é elevado.

MUCHIMBANE (2010), analisou águas em 26 poços rasos e tubulares no Distrito Urbano 4, da cidade de Maputo em Moçambique, e verificou que 57,69% dos poços estudados estavam com problemas de contaminação por bactérias do grupo dos coliformes.

NHAVOTO, em trabalho realizado em 2010, obteve 100% de contaminação por coliformes em 70 amostras de água dos poços do Bairro de Inhamudima, igualmente na cidade da Beira. Estes resultados mostram que, genericamente, as águas dos poços da cidade da Beira não apresentam qualidade adequada para consumo humano.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os poços analisados no Bairro da Cerâmica na cidade da Beira, para lá de características hidrogeológicas locais e específicas, não apresentam as melhores

condições de proteção, o que os torna muito vulneráveis à contaminação. São poços localizados próximo de fossas ou mesmo de latrinas. Os resultados obtidos levam-nos a apresentar as seguintes considerações:

- O período da época das chuvas é claramente mais propício à contaminação dos aquíferos;
- A água das chuvas, atravessando fossas e latrinas, arrasta potenciais contaminantes para as águas subterrâneas;
- As condições de execução dos poços, com 2 a 3 metros de profundidade, torna-os muito vulneráveis aos agentes contaminantes existentes à superfície;
- A localização dos poços, muitas vezes próximo de fossas, latrinas e outras fontes contaminantes, é inadequada.

Assim, devido ao elevado índice de contaminação das águas subterrâneas no Bairro da Cerâmica, cidade da Beira, para diminuir a ocorrência de doenças relacionadas com o consumo da água contaminada pela população dos bairros suburbanos, é urgente a implementação de medidas para a proteção das águas subterrâneas. Para isso, podem/devem ser acionadas medidas que permitam:

- i) Determinar a vulnerabilidade à poluição/contaminação dos aquíferos locais;
- ii) Avaliar a vulnerabilidade à poluição/contaminação das captações existentes; e,
- iii) Definir perímetros de proteção que condicionem as atividades que se desenvolvam na envolvente das captações.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) pelo apoio; ao Laboratório de Higiene de Água e Alimentos (LHAA), em Moçambique, por ter facilitado a realização de análises de água; à Universidade Licungo – Beira por ter financiado o meu estágio na UPORTO.

## REFERÊNCIAS

Ayach L. R., de Lima Guimarães S. T., Cappi N., Ayach C. **Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos**. Caderno de Geografia, 37(22), 2012

Cappi N., Ayach L. R., Santos T. M. B., de Lima Guimarães S. T. **Qualidade da água e factores de contaminação de poços rasos na area urbana de Anastácio (MS)**. Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental. Geografia Ensino & Pesquisa 16(3), 77-92, 2012

Colvara J. G., Lima A. S., Silva W. P. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul.** BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY. IISSA, 11-14, 2009.

Daudi E., Ramalho E., Fernandes J., Batista M. J., Quental L., Dias R., Milisse D., Ussene U., Oliveira T., Cune G., Balate G., Manhiça V. **Geofísica aplicada à gestão da água subterrânea e ao ordenamento do território da cidade da beira.** Em 2º Congresso Nacional de Geologia (CoGeo02) e 12º Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa (12CGPLP). Maputo, República de Moçambique, 2014.

Donnaire, R. P. (2007). **Tratamento de água subterrânea contaminada com BTEX utilizando fotocatalise Heterogénea.** Tese de Doutorado em Ciências. Universidade de Campinas. Campinas, 101p, 2007.

Ministério da Saúde. **Regulamento Sobre a Qualidade da Água para o consumo Humano. MISAU-DNS. Moçambique,** 2004.

Moçambique. Lei nob16/91 de 03 de agosto, **Lei das águas.** Boletim da República, 2º Suplemento, 1991.

Muchimbane, A. B. **Estudo dos Indicadores de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas "in situ" - Distrito Urbano 4 de Maputo.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 144p, 2010.

Nhavoto, A. A. **Uso de Radiação solar no Tratamento de Água para consumo Humano.** Dissertação de Mestrado em Educação/ Ensino de Química. Universidade Pedagógica de Moçambique. Maputo, 109p, 2010

Scuracchio, P. A. **Qualidade da Água Utilizada para Consumo em Escolas no Município de São Carlos.** Dissertação de Mestrado em Nutrição. Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, 59, 2010.

Silva R. d., Araújo, T. M. **Qualidade de água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência e Saúde Colectiva 8(4), 1019-1028, 2003.

Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Drinking and Groundwater. **Bacteriological contamination of Drinking Water Wells.** Pub-DG-003-2016, 2016.

Zaporozec, A. **Groundwater Contamination inventory.** A Methodological Guide. IHP-VI, series on Groundwater nº 2. UNESCO, 2002.

## RECOMENDAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA O MUNICÍPIO DE SINOP-MT

*Data de aceite: 02/12/2019*

*Data de submissão: 14/10/2019*

### **Emília Garcez da Luz**

Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física  
Cuiabá – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/5960137943241493>

### **Cristiane Rossato Candido**

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Civil  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9106176065499458>

### **Érika Fernanda Toledo Borges Leão**

Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Civil  
Sinop – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/8535093780127446>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho consistiu na geração de uma base requisitos para projetos com princípios bioclimáticos para Sinop-MT. Dados fornecidos pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) foram tratados e posteriormente compilados em arquivos climáticos com base no ano de referência de 2007, o TRY e o CSV. Os arquivos foram utilizados como dados de entrada para a plotagem da carta bioclimática, da carta solar e da rosa dos ventos, fornecendo estratégias e

parâmetros de projeto. O município apresenta duas estações distintas: estação chuvosa, com ventos predominantes nas orientações norte e noroeste; e estação seca, com ventos predominantes nas orientações leste e sudeste. O relatório geral indicou 72,8% das horas do ano em desconforto, e as estratégias mais indicadas foram de sombreamento (93,2%), ventilação (57,7%), alta inércia para resfriamento (25%) e resfriamento evaporativo (24,1%).

**PALAVRAS-CHAVE:** arquitetura bioclimática; dados meteorológicos; arquivos climáticos.

### BIOCLIMATIC RECOMENDATIONS FOR THE CITY OF SINOP-MT

**ABSTRACT:** The aim of this work was to generate a base of requirements for projects with bioclimatic principles for Sinop-MT. Data provided by the National Meteorological Institute (Inmet) automatic station were processed and later compiled into climate archives based on the reference year 2007, TRY and CSV. The files were used as input data for plotting the bioclimatic chart, solar chart and wind rose, providing design strategies and parameters. Sinop has two distinct seasons: rainy season, with prevailing winds in the north and northwest orientations; and dry season, with prevailing winds in the east and southeast orientations. The overall report indicated 72.8% of hours of

the year in discomfort, and the most appropriate strategies were shading (93.2%), ventilation (57.7%), high cooling inertia (25%) and evaporative cooling (24.1%).

**KEYWORDS:** bioclimatic architecture; meteorological data; weather files.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os padrões construtivos e arquitetônicos são amplamente influenciados por conceitos naturais, em sua grande maioria importados de outras localidades, o que faz com que sejam vinculados precariamente à realidade cultural e econômica de onde se procura inserir a edificação (LASCALA apud OBATA, 2016, p. 22). Como resultado, essas construções oferecem condições precárias de clima interno da edificação, interferindo no conforto, saúde e eficiência energética. (ROSELUND, 2000).

Segundo Romero (2016), citado por Obata (2016, p. 21), as residências no Brasil não estão preparadas para as condicionantes climáticas exteriores, seja no inverno ou no verão. O principal responsável pelo desperdício de energia no país é o uso da mesma para resfriamento sem controle da eficiência da envoltória (PESSOA *et al.*, 2013). A má orientação da edificação e o desenho inadequado de suas fachadas geram um consumo de 25 a 45% da energia consumida, sendo que 20 a 30% do total consumido seriam suficientes para o funcionamento de uma edificação (MASCARÓ & MASCARÓ, 1992).

Sendo assim, o conhecimento das condições climáticas externas para se estabelecer requisitos básicos visando redução do consumo energético e o aumento do conforto do usuário é premissa básica para a elaboração de projetos. No entanto, tais condições dependem de dados meteorológicos, os quais muitas vezes não estão disponíveis ou não são direcionados para solucionar problemas de projetos de edificações (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Deste modo, este trabalho tem como objetivo a divulgação de recomendações bioclimáticas que estejam em conformidade com as condições do clima local de Sinop, Mato Grosso, a fim de facilitar a adoção de estratégias passivas na elaboração de projetos e, conseqüentemente, obter edificações mais eficientes energeticamente e que, naturalmente, promovam o conforto e o bem-estar do usuário.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Test Reference Year (TRY)*

O *Test Reference Year (TRY)*, ou Ano Climático de Referência, é um conjunto de dados climáticos de uma determinada localidade durante o período de um ano típico, com 8760 horas. O procedimento de determinação do ano é descrito por Stamper

(1977) e consiste na seleção do ano a partir da eliminação de uma série de anos contendo meses com temperaturas extremas (altas e baixas), até a permanência de um ano, somente (CRAWLEY; HUANG, 1997). O arquivo pode reunir informações como temperatura de bulbo-seco, temperatura de bulbo úmido, ponto de orvalho, direção e velocidade do vento, pressão barométrica, umidade relativa, dados de tipo e de cobertura de nuvem e marcação para radiação solar.

O TRY pode ser utilizado como parâmetro na confecção da carta bioclimática no *software* Analysis-BIO, fornecido pelo Laboratório de Eficiência Energética (LabEEE), utilizando dados de temperatura de bulbo seco (TBS) ou temperatura de bulbo úmido (TBU), e umidade relativa (UR) para a composição dos eixos do diagrama psicrométrico.

## 2.2 Arquivo CSV

De acordo com LabEEE (2017), o arquivo CSV é composto de dados obtidos de arquivos TRY, porém com cabeçalho próprio. É compatível com planilhas eletrônicas, com formato de extensão \*.csv, permitindo a manipulação de dados. As informações devem ser separadas por vírgula e sem aspas, e os números com casas decimais devem ser separados por ponto.

O *software* Analysis SOL-AR, disponibilizado pelo LabEEE, utiliza o CSV como arquivo de entrada, fornecendo a carta solar, com opções de temperaturas e radiações global e direta horizontais ao longo do ano, e a rosa dos ventos, com opções de velocidades predominantes e frequência de ocorrência dos ventos para as quatro estações, em 8 orientações. Parte da metodologia deste trabalho será pautada nos diagramas fornecidos por esse programa.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Área de estudo

O município de Sinop está localizado a região central do estado de Mato Grosso, a 500km da capital, Cuiabá, com latitude e longitude de, respectivamente, 11°58'S e 58°33'W, a uma altitude de 371 m.

Segundo Maitelli (2005), a faixa climática que compreende Sinop se trata da Unidade Climática Equatorial Continental. Nessa faixa estão contidas latitudes entre, aproximadamente, 7°30'S a 13°30'S e longitudes entre 51° a 61°30'. A maior parte desta extensão é formada por terras baixas, com altitude entre 100 a 400 m, entrecortadas longitudinalmente por planaltos e chapadas, com altitudes entre 400 a 600 metros. Em vista disso, os climas quentes - com temperatura média anual acima de 24°C, superúmidos com total anual de chuva superior a 1.800 mm, e pequena

estação seca, de 3 a 4 meses com precipitação total mensal inferior a 100 mm - são predominantes na região.

A unidade climática ainda é dividida em três subunidades, I-A, I-B e I-C, sendo a unidade I-B correspondente ao município de Sinop. Esta unidade compreende faixas de altitude entre 200 a 400 m, com temperaturas médias anuais variando entre 24,3° e 26,8°C e totais pluviométricos médios oscilando entre 1.800 e 2.200 mm, com trimestre mais chuvoso compreendido nos meses de janeiro, fevereiro e março. Este clima apresenta duas estações definidas: a estação chuvosa, que vai de outubro a março, e a estação seca, que vai de abril a setembro.

### 3.2 Levantamento e tratamento de dados

Dados de temperatura de outubro de 2006 a outubro de 2016, coletados pela estação automática do Inmet e fornecidos em UTC (*Universal Time Coordinated*), foram organizados para o horário local, subtraindo-se quatro horas.

Dados ausentes foram identificados e tratados com interpolação para períodos de até cinco horas consecutivas. Para intervalos com mais de cinco horas de dados faltantes, foi feita a análise dos dias posteriores e anteriores a estes e os espaços foram completados com seus referentes ao mesmo horário e com tendência de variação similar durante o dia, conforme metodologia adotada por Loureiro (2003). Em períodos com lacunas de dados prolongadas por vários dias consecutivos, foram descartados seus meses correspondentes, seguindo a metodologia proposta por Grigoletti *et al.* (2015). A Tabela 2 apresenta os meses eliminados.

Sendo assim, os seguintes meses foram descartados: outubro de 2006; maio, junho, julho e agosto de 2011; abril e dezembro de 2013; janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 2014; e julho e outubro de 2015. O TRY deve corresponder a um ano real, ou seja, com dados completos para as 8760 horas do ano, portanto os anos respectivos aos meses descartados também foram desconsiderados da seleção.

### 3.3 Geração do TRY

A eleição do TRY foi realizada conforme procedimentos descrito por Stamper (1977). Assim, as médias de TBS foram calculadas e os meses foram classificados por ordem de importância energética, listando-se o mês mais quente da amostra seguido do mês mais frio, prosseguindo-se para os meses mais quentes e mais frios remanescentes. Nas Tabelas 1 e 2 estão listados os resultados obtidos na etapa descrita para obtenção do TRY.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2007	25,0	24,7	25,9	25,7	24,8	25,2	24,8	25,8	27,2	26,2	25,4	24,6
2008	24,0	24,0	24,4	24,7	24,1	24,1	25,2	27,5	26,9	26,2	25,1	24,4
2009	24,9	24,8	25,4	24,8	24,5	24,0	25,3	26,3	26,1	26,0	25,6	24,3
2010	24,5	25,6	25,6	25,6	25,0	25,2	24,7	25,8	28,1	26,7	25,4	24,9
2012	23,8	24,4	24,8	25,1	24,3	24,8	24,8	26,4	27,4	26,9	25,2	25,1
Média	24,4	24,7	25,2	25,2	24,5	24,7	25,0	26,4	27,1	26,4	25,4	24,7
	1° +F	5° +F	5° +Q	6° +Q	2° +F	3° +F	6° +F	3° +Q	1°+Q	2°+Q	4° +Q	4° +F

Tabela 1. Temperaturas médias mensais de Sinop.

Fonte: Autores, 2019.

Ordem de eliminação	Classificação	TBS (°C)	Mês/Ano
1	+Q	28,1	Set/2010
2	+F	23,8	Jan/2012
3	+Q	27,5	Ago/2008
4	+F	24,0	Jun/2009
5	+Q	25,8	Ago/2007

Tabela 2. Sequência de eliminação de anos.

Fonte: Autores, 2019.

O ano remanescente foi o de 2007, sendo designado como o TRY e utilizado como parâmetro para a confecção dos arquivos climáticos. A partir dele, os dados de umidade relativa foram tratados e suas falhas foram preenchidas. Os dados de temperatura e de umidade foram dispostos em duas colunas em um arquivo de texto, sem espaçamento ou vírgulas separando os fatores climáticos.

O arquivo TRY compatível foi gerado no *software* Analysis-BIO, com a seleção do parâmetro climático utilizado no corpo do arquivo de texto. O programa, em um primeiro momento, fornece a carta vazia, permitindo a exibição dos dados psicrométricos para o ano todo, em dias/horas específicos, estações do ano, entre outros, no menu “Opções”, na lateral esquerda da carta.

### 3.4 Geração do arquivo CSV

O arquivo csv apresenta um cabeçalho que compreende 19 variáveis climatológicas, dentre as quais apenas 11 estão disponíveis com base em dados meteorológicos fornecidos pelo Inmet, como mostra a Figura 1.

Mês	Dia	Hora	TBS {°C}	TBU {°C}	T. Ponto de Orvalho {°C}	Pressão Atmosférica {kPa}
Umidade {kg/kg}	U. R. {%}	Densidade do ar {kg/m <sup>3</sup> }	Entalpia {BRU/LB}	Velocidade do Vento {m/s}	Direção do Vento {graus}	Cobertura Total de Nuvens {decimais}
Radiação Horizontal Extraterrestre {Wh/m <sup>2</sup> }	Radiação Global Horizontal {Wh/m <sup>2</sup> }	Radiação Direta {Wh/m <sup>2</sup> }	Radiação Direta Normal {Wh/m <sup>2</sup> }	Radiação Difusa Horizontal{Wh/m <sup>2</sup> }		

Figura 1. Cabeçalho do arquivo csv, com variáveis ausentes destacadas

O parâmetros psicrométricos ausentes foram calculados a partir dos elementos climáticos disponíveis, conforme as metodologias: a) Wilhelm (1976), para obter  $P_{vs}$ ; b) Hermann *et. al* (2009), citado por ASHRAE (2009),  $P_v$ ,  $U_{abs}$ ,  $E$ ,  $v$  e  $\rho$ ; c) Jensen *et. al* (1990), citado por Kuemmel (1998) para os índices  $g$  e  $d$  e  $T_{bu}$ ; d) Liu & Jordan (1960), citados por Duffie & Beckman (2013),  $I_b$ ; e e) Duffie & Beckman (2013) para obter  $I_o$ ,  $I_d$  e  $I_{bn}$ ;

Devido à ausência de dados de cobertura de nuvens na estação automática de Sinop, foi necessário recorrer aos dados de nebulosidade da estação convencional da Gleba Celeste, situada próxima ao município. A nebulosidade, indicada em décimos, foi fornecida para três períodos do dia em UTC, cujos dados foram passados pro horário local e, com eles, foi calculada a média diária, sendo adotada para seus respectivos dias.

Após calculadas as variáveis ausentes, todos os dados foram dispostos em colunas, na sequência apresentada no cabeçalho e, em seguida, transpostos para linhas, sendo, por fim, salvos em extensão \*.csv, disponível dentre as opções de extensão do programa.

O Analysis SOL-AR permite a inclusão da cidade de interesse a partir do arquivo CSV gerado. A plotagem da carta solar ocorre ao selecionar a opção “Carta Solar” no menu “Arquivo”. O programa gera o diagrama solar com opções de visualização de acordo com as temperaturas durante o ano, a radiação global horizontal ou a radiação direta normal, esta última sendo indicada para definição dos ângulos de sombreamento. Para a rosa dos ventos, marcou-se a opção “Rosa dos Ventos” no menu “Arquivo”, que pode ser visualizada com relação às velocidades predominantes ou para com a frequência de ocorrência dos mesmos.

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados obtidos para o TRY de 2007 estão em conformidade com todos os parâmetros climáticos adotados e abordados na metodologia, com temperatura média de 25°C e precipitação total anual de 1.906,8 mm.

As médias mensais de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, bem como de velocidade e rajada do vento, foram plotados em comparação com as médias de umidade relativa, como mostra Figura 2.

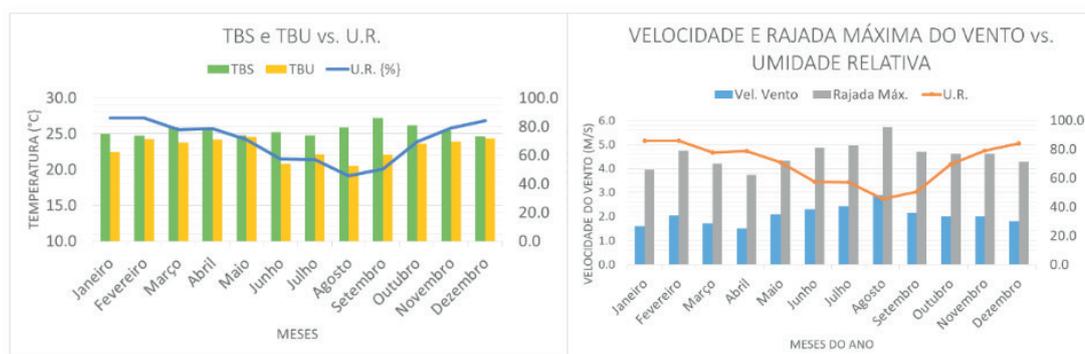


Figura 2. Médias mensais de TBS e TBU (esquerda) e de velocidade e rajada do vento (direita) em relação à umidade relativa

As médias de temperatura e de velocidade e de rajada do vento foram em períodos com índices mais baixos de umidade relativa.

A Figura 4 apresenta a frequência de ocorrência de temperatura verificadas ao longo do ano em Sinop.

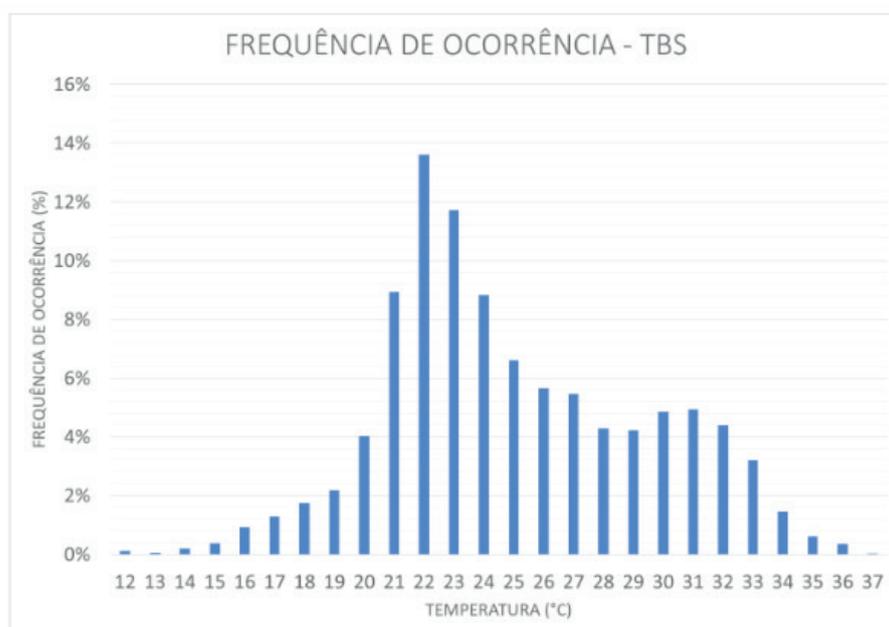


Figura 3. Frequência de ocorrência de TBS no município

A temperatura de 22°C foi a mais recorrente nos dados do ano climático de referência, verificada em 13,61% das horas do ano, seguida pelas temperaturas

de 23, 21 e 24°C, com frequências de ocorrência de 11,72%, 8,94% e 8,82%, respectivamente. Apesar de apresentarem menor frequência de ocorrência, muitos dados apresentaram temperaturas até 33°C, como pode-se notar no gráfico.

#### 4.1 Carta bioclimática

A carta bioclimática resultante é plotada em pontos, referentes aos dados horários, indicados na Figura 5 na carta plotada para o ano todo. As médias de temperatura mais recorrentes são de 22°, 23° e 24°C, com frequência de ocorrência entre 10 e 13% do total de horas do ano.

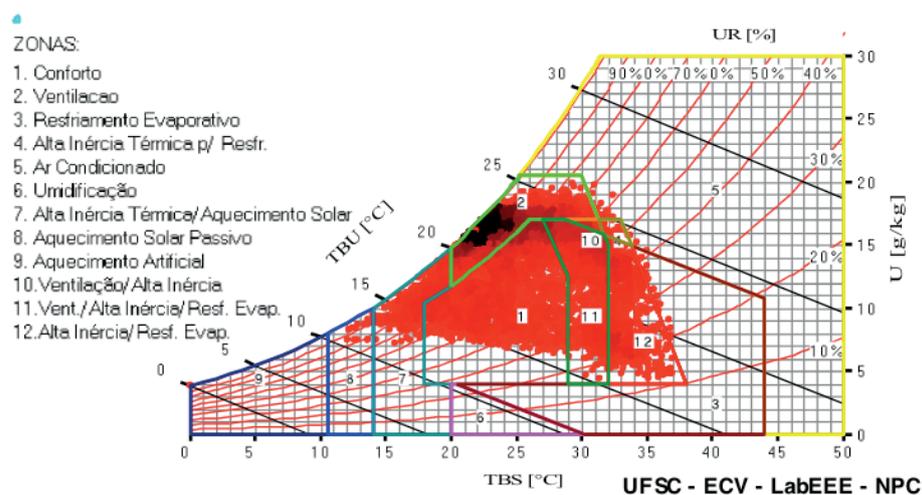


Figura 4. Carta bioclimática de Sinop plotada para o ano todo

Os dados climáticos plotados em regiões com temperaturas acima de 20°C são aqueles em que o sombreamento é imprescindível, conforme Lamberts *et. al* (2014). Na carta bioclimática de Sinop, verifica-se uma quantidade significativa de dados nessa região, indicando a relevância do sombreamento ao longo do ano.

Os dados situados em regiões com temperaturas entre 20°C e 25°C e com umidade relativa acima de 80% indicam que o projeto deve contemplar ventilação cruzada, principalmente para orientações em que há grande incidência de radiação solar e nos meses mais chuvosos, onde a temperatura e umidade são característicos.

As cartas foram plotadas para as duas estações definidas anteriormente, a fim de se verificar as estratégias mais indicadas para cada período, conforme indica a Figura 5.

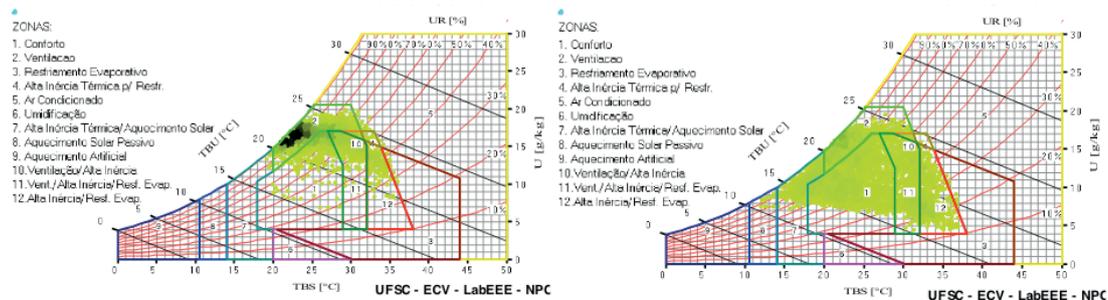


Figura 5. Carta bioclimática plotada para os meses da estação chuvosa (esquerda) e da estação seca (direita) em Sinop

Na estação chuvosa nota-se uma parcela significativa de dados situados em zonas que compreendem ventilação e alta inércia térmica. Isso ocorre em função das altas temperaturas do período associadas aos elevados índices de umidade relativa, em sua maioria superiores a 70%. O resultado é um indicativo da importância de estratégias que contemplem ventilação cruzada no período, visto que retirar a umidade de ambientes internos propicia maior conforto aos usuários.

Deve-se atentar, entretanto, quando a ventilação está associada à alta inércia térmica, onde deve-se restringir a ventilação durante o dia para que não ocorra ganhos térmicos indesejados no interior da edificação. O sombreamento da edificação deve ser considerado durante o período. As temperaturas registradas com maior frequência de ocorrência no período foram de 22° e 23°C, ocorrendo, respectivamente, em 16 e 18% das horas.

Na estação seca há mais dados na zona de conforto, em função das menores taxas de umidade relativa durante o período. Embora seja indicada, a ventilação deve ser restringida principalmente em períodos mais secos, como nos meses de agosto e setembro, quando a umidade relativa chega a médias próximas de 40%. Também foi identificada uma parcela de dados pequena com indicação de que é necessário o aquecimento solar passivo em algumas horas do ano (apenas 14 horas). O sombreamento é recomendado para a maior parte das horas do período.

Os relatórios obtidos a partir dos três diagramas, plotados por períodos, foram organizados no quadro da Tabela 3, com valores em porcentagem.

Estratégias/Período	Ano todo	Estação chuvosa	Estação seca
1. Conforto	27,2	12,8	41,6
2. Ventilação	42,4	66,8	18,2
3. Resfriamento Evaporativo	0,24	0,275	0,228
4. Ventilação/Alta Inércia	0,913	1,24	0,592
5. Ventilação/Alta Inércia/Resfr. Evaporativo	14,4	13,2	15,6
6. Alta Inércia Térmica p/ Resfriamento	0,251	0,458	0,0455
7. Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	9,49	4,56	14,4
8. Alta Inércia Térmica/ Aquecimento Solar	4,6	0,137	9,04
9. Aquecimento Artificial	0,0114	0	0

10. Aquecimento Solar Passivo	0,16	0	0,319
11. Ar Condicionado	0,274	0,549	0
12. Sombreamento	93,2	99,9	86,5

Tabela 3. Estratégias por zonas bioclimáticas indicadas, em porcentagens, por período.

## 4.2 Carta solar

Os ângulos de proteções solares são determinados pela sobreposição do transferidor auxiliar em projeção à carta solar, alinhando-se o eixo central do transferidor à orientação da fachada. Para isso, a carta de radiação solar direta é a mais indicada, pois esse tipo de radiação não é filtrado pela atmosfera e, ao alcançar as superfícies da edificação, como ondas curtas, são refletidas como ondas longas, liberando calor para o ambiente interno e, conseqüentemente, aumentando sua temperatura.

As cartas solares de radiação solar direta se encontram na Figura 7, com dados até 21 de junho e após 21 de junho, com níveis de radiação indicados na legenda.

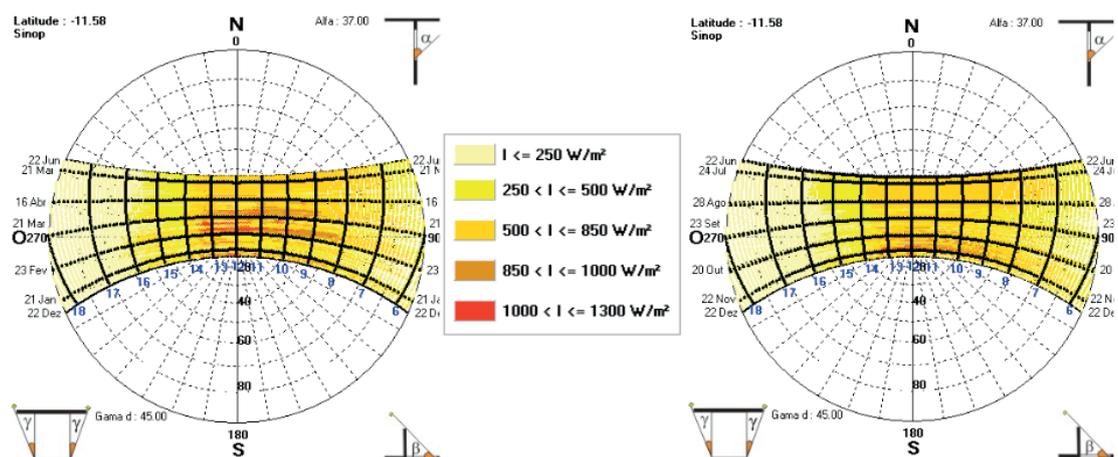


Figura 7. Carta solar de Sinop, com visualização da radiação solar direta até 21 de junho (esquerda) e após 21 de junho (direita)

Entre dezembro e março verificam-se níveis intensos de radiação solar direta horários, com valores superiores a  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Em ambas as cartas há uma grande quantidade de dados de radiação solar direta horária com valores superiores a  $500 \text{ W/m}^2$ . Segundo Hodder e Parsons (2007), a partir de estudos experimentais, a exposição do indivíduo à níveis de radiação solar direta de  $600 \text{ W/m}^2$  por 10 minutos e de  $400 \text{ W/m}^2$  por 25 minutos geram um leve desconforto, que aumenta progressivamente com o tempo de exposição.

Sendo assim, os ângulos de proteção foram estudados, principalmente, para níveis de radiação solar direta com valores acima de  $500 \text{ W/m}^2$ , com os horários mais críticos de radiação e temperatura, a fim de garantir iluminação natural sem gerar desconforto ao ocupante. Os ângulos foram obtidos dentro do Analysis SOL-

AR e estão indicados na Tabela 4, para todas as orientações.

	$\alpha^1$	$\beta d^2$	$\beta e^3$	$\gamma d^4$	$\gamma e^5$
Norte	40	-	-	60	30
Nordeste	45	-	-	50	45
Leste	50	-	-	25	40
Sudeste	35	15	-	-	15
Sul	15	-	-	30	45
Sudoeste	15	10	-	-	15
Oeste	15	-	-	40	15
Noroeste	40	50	-	-	40

Tabela 4. Ângulos de proteção solar para as fachadas de edificações localizadas em Sinop

O ângulo alfa ( $\alpha$ ) simboliza o ângulo medido a partir do plano horizontal, enquanto o beta ( $\beta$ ) simboliza o ângulo medido a partir do plano vertical, à esquerda ( $\beta e$ ) ou à direita ( $\beta d$ ) da orientação normal à fachada. A definição do ângulo  $\beta$  limita o prolongamento da placa horizontal, logo, quando não há brise vertical, este deve ser limitado pelo ângulo gama ( $\gamma$ ), podendo ser definido à esquerda ( $\gamma e$ ) ou à direita ( $\gamma d$ ) da placa horizontal.

A partir dos ângulos indicados, pode-se projetar brises unitários ou modulares diretamente na fachada, ou utilizá-los como referência para outros tipos de elementos de sombreamento, como pergolados, cobogós e, até mesmo, vegetação.

### 4.3 Rosa dos ventos

Os dados de saída do Analysis SOL-AR resultaram nas rosas dos ventos plotadas para as opções de velocidades predominantes do vento e frequência de ocorrência de ventos para oito orientações, nas quatro estações do ano, indicadas na Figura 8.

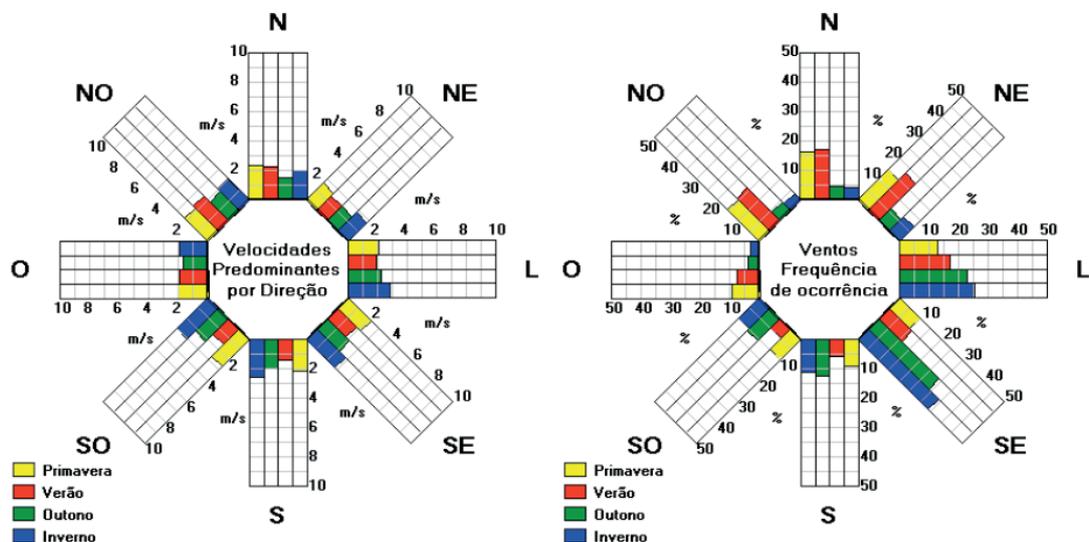


Figura 8. Rosa dos ventos para o município de Sinop-MT, na opção de velocidades predominantes por direção (esquerda) e frequência de ocorrência dos ventos (direita)

Nas estações de outono e inverno (estação seca), para todas as orientações as médias de velocidade de 1,84 a 2,34 m/s, respectivamente. Por outro lado, as estações de primavera e verão (estação chuvosa) apontaram velocidades médias, para todas as orientações, de 2,11 e 1,79 m/s, respectivamente, em cujos meses há maior incidência de chuvas, portanto, maior umidade relativa presente na atmosfera.

As orientações leste, sudeste, sul e sudoeste apresentaram velocidades médias elevadas para os meses da estação da estação seca, entre 1,94 e 2,22 m/s para os meses de outono, e entre 2,56 e 2,98 m/s para os meses de inverno. Na estação chuvosa foram verificadas velocidades médias elevadas no verão para as orientações norte e noroeste, com velocidades de 2,21 e 2,37 m/s, respectivamente, e velocidades médias entre 2,23 a 2,6 m/s respectivamente para as orientações noroeste, norte e sudoeste para a primavera. A orientação nordeste apresentou baixas velocidades médias para o ano todo.

As orientações em que se verificou maior incidência de ventos na estação seca foram leste e sudeste, respectivamente, 22,91 e 28,8% das horas no outono, e 25,31 e 33,36% no inverno. Na a estação chuvosa os ventos ocorrem, principalmente, nas orientações noroeste, norte, nordeste e leste, tanto para a primavera, 12,89 a 15,91% das horas, quanto para o verão, verificadas de 15,63 e 17,75% das horas na estação. A orientação oeste foi a que apresentou menor frequência de ocorrência de ventos ao longo do ano.

## 5 | CONCLUSÃO

A metodologia aplicada neste trabalho forneceu dados representativos para o clima de Sinop-MT, com base em uma metodologia consolidada para obtenção do ano climático de referência. A partir dele, foi possível obter diagramas auxiliares utilizando *softwares* livres, com os quais pode-se extrair informações necessárias para a elaboração de projetos com base na arquitetura bioclimática no município.

Devido às elevadas temperaturas ao longo do ano, responsáveis por grande parte do desconforto aos usuários de edificações, foram obtidas estratégias pertinentes à ambas estações, como, por exemplo, o uso de sombreamento na maior parte das horas do ano. Com os relatórios foi possível elencar as estratégias bioclimáticas recomendadas para cada estação, com o intuito de minimizar as 72,8% horas do ano em desconforto, sem, necessariamente, utilizar de energia elétrica para este fim.

Assim, recomenda-se para Sinop diretrizes aplicáveis para todas as estações, como: a) projetar as maiores fachadas para as orientações norte e sul; b) propiciar a formação de microclimas com o uso de vegetação; c) utilizar de sistemas de sombreamento permanentes como brises, cobogós (fachadas leste e oeste) e varandas cobertas; d) empregar espelhos d'água ou fontes em pátios internos;

e) projetar aberturas mais elevadas; f) utilizar de sistemas construtivos com alta inércia térmica; e g) aplicar vegetação na cobertura e em fachadas de orientações mais suscetíveis à radiação solar e/ou utilizar de vegetação arbórea para reduzir a incidência de radiação em ambientes internos.

Resumidamente, para a estação chuvosa recomenda-se, principalmente, a ventilação cruzada entre ambientes, especialmente no trimestre mais chuvoso (jan-fev-mar) e nos períodos matutino e vespertino, com captação de ventos das orientações norte e noroeste com auxílio da vegetação, e a ventilação mecânica quando não é possível alcançar o conforto de forma passiva. O sombreamento é imprescindível em todas as horas do período.

Já para a estação seca, recomenda-se limitar a ventilação nos períodos matutino e vespertino, principalmente nos meses com menor umidade relativa, de preferência associando-a com o uso microaspersores e fontes d'água para umidificar o ambiente. A ventilação durante a madrugada, por outro lado, é recomendada.

A análise dos diagramas forneceu parâmetros importantes para projetos de edificações em Sinop, MT, a partir de uma base de dados precisa e representativa das condições locais, cujos critérios resultarão em edificações com maiores índices de conforto ao usuário e menor consumo energético.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). **ASHRAE Handbook: Fundamentals**. New York, ASHRAE, 2009.

CARLO, J.; LAMBERTS, R. **Processamento de Arquivos Climáticos Para Simulação do Desempenho Energético de Edificações**. In: Arquivos Climáticos. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2005. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: 24 out. 2016.

CLARKE, J. **Energy Simulation in Building Design**. New York: Routledge, 2001. 376 p. 2nd ed.

CRAWLEY, D., HUANG, J. Does it matter which weather data you use in energy simulations? **Building energy simulation user news**, Berkeley, v. 18, n. 1, Spring 1997. Disponível em: <[http://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/1801\\_weath.pdf](http://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/1801_weath.pdf)>. Acesso em: 28 out. 2016.

DUFFIE, J.; BECKMAN, W. **Solar Engineering of Thermal Processes**. New York: John Wiley & Sons, 2013. 910p.

GRIGOLETTI, G. C.; FLORES, M. F.; SANTOS, J. C. P. **Tratamento de dados climáticos de Santa Maria, RS, para análise de desempenho térmico de edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 123-141, jan/mar. 2016.

GOULART, S., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p. 2ª ed.

HODDER, S. G.; PARSONS, K. The effects of solar radiation on thermal comfort. **International**

**Journal of Biometeorology**, v. 51, p. 233-250, 2007.

KUEMMEL, B. **Temp, Humidity & Dew Point: ONA (Often Needed Answers)**, 1998. Disponível em: <<http://www.faqs.org/faqs/meteorology/temp-dewpoint/>>. Acesso em: 17 dez. 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE). **Arquivos climáticos em formato TRY, SWERA, CSV e BIN**. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis/SC. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

LOUREIRO, K. C. G. **Análise de Desempenho Térmico e Consumo de Energia de Residências da Cidade de Manaus**. Florianópolis, 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MAITELLI, G. T. **Interações atmosfera-superfície**. In: MORENO, G; HIGA, T. C. S. Geografia de Mato Grosso. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. Cap. 13, p. 238-249.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. E. R. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. 2ª edição, Porto Alegre, Sagra-DC Luzzatto, 1992.

OBATA, S. H. **Construção Verde: Princípios e Práticas na Construção Residencial**. Tradução e adaptação de: KRUGER, A. SEVILLE, C. – Green Building: Principles and Practices in Residential Construction. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 643 p.

PESSOA, J. L. N.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Estado da arte em eficiência energética: iluminação e envoltória**. In: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), Florianópolis, 2013.

PROCEL Info. **Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

ROSELUND, R. **Climatic Design of Buildings Using Passive Techniques**. Disponível em: <[http://www.hdm.lth.se/fileadmin/hdm/BI\\_Volume\\_10\\_1\\_2000\\_Climatic\\_Design\\_of\\_Buildings.pdf](http://www.hdm.lth.se/fileadmin/hdm/BI_Volume_10_1_2000_Climatic_Design_of_Buildings.pdf)>. Acesso em: 5 nov. 2016.

STAMPER, E. Weather data. In: **ASHRAE Journal**. February 1997, p. 47.

WILHELM, L. R. **Numerical calculation of psychrometrical properties**. in SI units. Trans. of the ASAE, (19), 1976, 318-325.

## RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: COLETA E TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL

Data de aceite: 02/12/2019

**Marcela Avelina Bataghin Costa**

IFSP, São Carlos - SP

**Fernando Antonio Bataghin**

Fatec Nilo De Stéfani, Jabotical -SP

**Tatiane Fernandes Zambrano**

IFSP, São Carlos - SP

**Rita de Cássica Arruda Fajardo**

IFSP, São Carlos - SP

**RESUMO:** Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE os Resíduos de Serviços de Saúde – RSS podem ser tratados por diversos processos, sendo a incineração o mais comum no Brasil. Sabe-se que atualmente 47,7% do total de RSS gerados no país são incinerados e no sudeste este valor representa 32,4%. A incineração, porém provoca a geração de cinzas e outros poluentes sólidos, além de também ter como resultado, efluentes líquidos. As cinzas e escórias, em geral, contêm metais pesados em alta concentração não podendo, portanto, serem destinadas para aterros sanitários, o que torna necessário um aterro especial para resíduos perigosos. Os efluentes líquidos gerados pelo sistema de incineração devem atender aos limites de emissão de poluentes estabelecidos na legislação ambiental vigente.

Diante deste cenário, foi realizado uma revisão bibliográfica seguida de um estudo de caso, com objetivo identificar as unidades geradoras de RSS e a forma de tratamento destes RSS feitas por um Hospital Universitário (HU) instalado no Interior do Estado de São Paulo. Observou-se que as principais unidades geradoras são as áreas: administrativas; enfermaria masculina e feminina; urgência e emergência; pediatria e nutrição e copas. Os RSS são coletados pela prefeitura. Assim, o hospital não pode afirmar com certeza qual tratamento recebem, mas acredita ser a incineração. Os resíduos químicos são coletados por empresa terceirizada e seguem normas de tratamento da CONAMA. Papelão e materiais de escritório são doados para um catador pois, nenhuma empresa da cidade se dispôs a fazer a coleta e tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de Serviços de Saúde, Coleta, Tratamento.

### WASTE HEALTH SERVICES: COLLECTION AND TREATMENT AND FINAL DISPOSAL

**ABSTRACT:** According to the Brazilian Companies Association of Public Cleaning and Special Waste - ABRELPE, Health Care Waste - HCW can be treated by different processes, with incineration being the most common in Brazil. HCW incineration takes place through a chemical reaction in which combustible organic

materials are carbonated over a fixed period of time. It is known that currently 47.7% of the total HCW generated in the country are incinerated and in the southeast this figure represents 32.4%. The problem of incineration is that it causes the generation of ash and other solid pollutants, as well as resulting in liquid effluents. Ashes generally contain heavy metals in high concentration and can not be destined for ordinary landfills, which necessitates a special landfill for hazardous waste. The liquid effluents generated by the incineration system must comply with the pollutant emission limits established in the current environmental legislation. In view of this scenario, a bibliographic review was carried out followed by a case study, with the objective of identifying the units generating HCW and how they were treated by a University Hospital (HU) installed in the State of São Paulo. It was observed that the main generating units are the administrative areas; Male and female ward; urgency and emergency units; Pediatrics, nutrition and scullery. The HCW is collected by the city hall. In this way, the hospital can not say with certainty what type of treatment they receive, but believes that it is the incineration. The chemical residues are collected by outsourced company and follow CONAMA's treatment standards. Cardboard and office supplies are donated to a collector, since no company in the city was willing to do the collection and subsequent treatment.

**KEYWORDS:** Health Care Waste, Collection, Treatment.

## 1 | INTRODUÇÃO

Embora representem um percentual pequeno do total de resíduos produzido no Brasil os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), oferecem elevados riscos a população e ao meio ambiente, necessitando de um tratamento diferenciado (BATAGHIN *et al.* 2016). Entretanto, nem sempre recebem tratamento e desinfecção adequados sendo destinados para aterros comuns.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC nº306/2004, considera como Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) aqueles gerados em qualquer serviço prestador de assistência médica, sanitária ou estabelecimentos congêneres, provenientes de hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas e consultórios médicos e odontológicos, farmácias, laboratórios de análises clínicas e patológicas, bancos de sangue e de leite e clínicas veterinárias, entre outros (BRASIL, 2004). Já o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 358/2005, em consonância com a RDC n 306/2004, define como sendo geradores de RSS todos aqueles serviços relacionados aos atendimentos à saúde humana ou animal, incluindo os de assistência domiciliar e de trabalhos de campo, bem como laboratórios de produtos para saúde, necrotérios, funerárias e serviços onde se realizam atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação), dentre outros similares (BRASIL, 2005; BATAGHIN *et al.* 2016).

Essas duas normativas nacionais classificam os RSS em cinco grupos, de acordo com suas características (BRASIL, 2004). Os hospitais são os maiores responsáveis pela produção de RSS, quantia essa que vem aumentando anualmente. Fatores que contribuem para este aumento são: contínuo aumento da complexidade da assistência médica e desenvolvimento tecnológico, o uso de materiais descartáveis, e a segregação inadequada dos resíduos (SISINNO e MOREIRA, 2005). Segundo Magrini *et al.* (2009), o Brasil gera cerca de 3,8 kg de RSS por leito/dia.

Segundo ABRELPE (2014), dos 5.570 municípios brasileiros, 4.526 prestaram em 2014, total ou parcialmente, serviços atinentes ao manejo dos RSS, levando a um índice médio de 1,3 kg por habitante/ano. Observa-se, portanto que o total coletado cresceu 5,0% em relação a 2013 enquanto que índice médio per capita por cresceu 4,1% no mesmo período, conforme Quadro 1.

REGIÕES	2013	População Total	2014	
	RSS Coletado / Índice (Kg/hab/ano)		RSS Coletado (t/ano)	Índice (Kg/hab/ano)
Norte	9.174 / 0,539	17.261.	9.635	0,558
Nordeste	36.458 / 0,653	56.186.190	38.519	0,686
Centro-Oeste	18.894 / 1,260	15.219.608	19.625	1,289
Sudeste	174.266 / 2,063	85.115.623	182.880	2,149
Sul	13.436 / 0,467	29.016.114	14.182	0,489
<b>BRASIL</b>	<b>252.228 / 1,254</b>	<b>202.799.518</b>	<b>264.841</b>	<b>1,306</b>

Quadro 1- Coleta municipal de RSS

Fonte: ABRELPE (2014)

Por outro lado, dados da ABRELPE (2015) indicaram que 4.567 municípios prestaram os serviços de coleta, tratamento e disposição final resultando em 260.063 toneladas de RSS, o equivalente a 1,27kg por habitante/ano representando redução de 1,8% em relação ao total gerado em 2014 e de 2,6% no valor per capita.

A região Sudeste foi responsável em 2015 por 180.407 toneladas da coleta de RSS e o Estado de São Paulo por mais de 90% deste total.

Embora apresente uma leve queda o percentual per capita, a geração do Estado de São Paulo ainda é superior aos demais estados, fator que pode estar relacionado ao tamanho populacional.

Considerando os dados apresentados este trabalho teve como objetivo, diagnosticar a situação geral dos Resíduos de Serviços de Saúde avaliando e identificando os setores geradores, os mecanismos de manejo e gestão empregados e a forma de gerenciamento interno e ou externo destes em um Hospital Universitário localizado no estado de São Paulo.

## 2 | MÉTODO DE PESQUISA

Trata-se de uma revisão bibliográfica e documental, seguida por estudo de caso que segundo Yin (2005, p.32) trata-se de um procedimento que envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, neste caso o HU em São Carlos. Com relação aos instrumentos e o processo de coleta de dados, foram empregadas: observação do objeto e aplicação de questionário (LAKATOS e MARCONI, 1995)

## 3 | RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Os RSS possuem diversas definições tanto no cenário nacional quanto mundial. A definição e denominação específica do termo “Resíduos de serviço de saúde” foram empregadas pela primeira vez em Abril de 1993, com a publicação pela ABNT da NBR 12807 - Terminologia. A norma definiu resíduos de serviço de saúde como resíduos resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos de serviço de saúde destinados à prestação de assistência sanitária à população.

Segundo a Resolução CONAMA n° 358/2005, os RSS são classificados em cinco grupos, descritos no Quadro 2. Observe ainda que o grupo A é de acordo com classificação empregada atualmente tanto pela ANVISA RDC n°306/2004 (BRASIL, 2004) quanto pela Resolução CONAMA n°358/2005 subdividido em 5 subgrupos (A1, A2, A3, A4, A5) (BRASIL, 2005).

### 3.1 Acomodação, tratamento disposição final

Todos os RSS devem ser acomodados, e identificados adequadamente em embalagens resistentes e impermeáveis de acordo com a classificação e o estado físico do resíduo, (vide Tabela 1).

Após período de acomodação (necessário entre as coletas) o tratamento dos RSS pode ser feito na tanto própria instituição de saúde quanto em estabelecimentos portadores de licenciamento ambiental e passíveis de fiscalização e controle pelos órgãos de vigilância sanitária e meio ambiente. Segundo Cussioli (2008) os resíduos pertencentes aos subgrupos A1 e A2 devem obrigatoriamente ser tratados dentro do estabelecimento de saúde, com exceção das bolsas de sangue rejeitadas e vacinas de campanha de vacinação que, são submetidas a tratamento externo.

<b>Classificação</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Grupo A</b> Resíduos Potencialmente Perigosos	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que por suas características podem apresentar risco de infecção.	Placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais de sangue, sobra de amostras etc.
<b>Grupo B</b> Resíduos Químicos	Resíduos que contêm substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde ou ao meio ambiente. Depende de sua: inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.	Produtos hormonais e antimicrobianos, medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, etc.
<b>Grupo C</b> Rejeitos Radioativos	Materiais com radionuclídeos em quantidades superiores aos limites especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN 6.05	Materiais de serviços de medicina nuclear e radioterapia.
<b>Grupo D</b> Resíduos equiparados aos Resíduos Domiciliares	Não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente. Equipara-se aos resíduos domésticos.	Sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas, restos de podas, jardins etc.
<b>Grupo E</b>	Materiais perfurocortantes.	Lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, lâminas e bisturi, lancetas, espátulas, e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Quadro 2- Classificação dos RSS

Fonte: Adaptado de Bartholomeu e Caixeta (2011)

De acordo com ABRELPE (2015) os RSS podem ser tratados por: incineração, pirólise, autoclavagem, micro-ondas, radiação ionizante, desativação eletrotérmica e desinfetantes químicos.

### *3.1.1 Tratamento Térmico por Incineração*

Trata-se de um processo de tratamento de resíduos sólidos realizado mediante uma reação química na qual, materiais orgânicos combustíveis são gaseificados, num período de tempo prefixado. O processo se dá pela oxidação dos resíduos com a ajuda do oxigênio contido no ar (ANVISA, 2006).

A incineração dos resíduos é um processo físico-químico de oxidação a temperaturas elevadas que resulta na transformação de materiais com redução de volume dos resíduos, destruição de matéria orgânica, em especial de organismos patogênicos (ANVISA, 2006).

A incineração provoca geração de cinzas na câmara de incineração de resíduos além de poluentes sólidos do ECP. Além desses são gerados efluentes líquidos gerados da atividade desse sistema de tratamento. As cinzas em geral, contêm metais

pesados em alta concentração não podendo, portanto, ser destinadas para aterros sanitários, o que torna necessário um aterro especial para resíduos perigosos. Os efluentes líquidos gerados pelo sistema de incineração devem atender aos limites de emissão de poluentes estabelecidos na legislação ambiental vigente (ANVISA, 2006).

Classificação do RSS	Acondicionamento	Identificação
GRUPO A	Devem ser acondicionados em saco branco leitoso, resistente, impermeável. Para resíduos pesados e úmidos deve-se utilizar saco duplo. Todos devem ser devidamente identificados com rótulos de fundo branco, desenho e contorno preto contendo símbolo e a inscrição de "Risco Biológico".	
GRUPO B	Devem ser acondicionados em saco branco leitoso, resistente, impermeável. Para resíduos pesados e úmidos deve-se utilizar saco duplo. Todos devem ser devidamente identificados com rótulos de fundo vermelho, desenho e contornos pretos, contendo símbolo de substância tóxica e a inscrição de "Resíduo Químico".	
GRUPO C	Seguem normas de uma legislação própria da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).	
GRUPO D	Resíduos reutilizáveis e recicláveis devem ser separados e acondicionados de acordo com as normas dos serviços <b>locais</b> de limpeza. Os demais são acondicionados em sacos pretos capazes de resistir ao peso. Devem ser identificados com o símbolo de "reciclável".	
GRUPO E	Resíduos deste grupo devem ser acondicionados em recipientes resistentes, rígidos, com tampa e identificados como resíduos perfurocortantes, sendo expressamente proibido o seu reaproveitamento. O volume não deve ultrapassar 2/3 da capacidade do recipiente.	

Tabela 1- Classificação, acondicionamento e identificação dos RSS

Fonte: Adaptado de Bartholomeu e Caixeta (2011)

### 3.1.2 Tratamento de RSS por Pirólise

Trata-se de um processo de destruição térmica no qual os materiais à base de carbono são decompostos em combustíveis gasosos ou líquidos e carvão, reduzindo o volume dos resíduos tratados em até 95%. Assim como incineração a pirólise não é um processo 100% eficiente em relação problema da destinação dos RSS, pois é necessário que haja uma disposição final adequada para as cinzas e para o lodo resultante do tratamento dos gases (MONTEIRO *et al.* 2001).

### 3.1.3 Tratamento por Autoclavagem

Consiste em manter o material contaminado em contato com vapor de água, a uma temperatura elevada, durante período de tempo suficiente para destruir potenciais

agentes patogênicos ou reduzi-los a um nível que não constitua risco. Este processo tem a vantagem de ser familiar aos técnicos de saúde, que o utilizam para processar diversos tipos de materiais hospitalares (ANVISA, 2006). Porém após a desinfecção, devido á utilização de vapor d'água, pode acontecer um aumento de massa. Deste modo, as autoclaves congregam dispositivos mecânicos de compressão capazes de diminuir o volume gerado. (BARTHOLOMEU e CAIXETA, 2011).

#### *3.1.4 Tratamento de RSS por Micro- Ondas*

Neste tipo de tratamento os resíduos devem ser umidificados e triturados previamente. A partir disso o tratamento descontamina os resíduos emitindo ondas de alta ou de baixa frequência a uma elevada temperatura (95° a 105°) e produzindo o vapor que promove a destruição dos agentes patogênicos (ANVISA, 2006). Após processados devem ser encaminhados para aterro sanitário licenciado pelo órgão ambiental (KOPP et al. 2013).

#### *3.1.5 Tratamento de RSS por radiação ionizante*

A radiação ionizante excita a camada dos elétrons das moléculas, tornando-se eletricamente carregadas (raio gama, gerado por uma fonte de cobalto 60). Ocorre então o rompimento do DNA e RNA dos micro-organismos, causando a morte celular (IBAM, 2010). O processo caracteriza-se por ser contínuo, e pela não emissão de efluentes de qualquer natureza. Entretanto, sua eficiência é questionada, pois o resíduo não fica totalmente exposto aos raios gama no interior da câmara (MONTEIRO et al. 2001).

#### *3.1.6 Tratamento de RSS por Desativação Eletrotérmica*

Consiste em triturar (trituração dupla) o material e em seguida aquecê-lo campo elétrico de alta potência provocado por ondas eletromagnéticas de baixa frequência, que no final atinge uma temperatura entre 95 e 98°C. É utilizado para o tratamento dos resíduos que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos (MONTEIRO et al. 2001).

#### *3.1.7 Tratamento de RSS por Desinfetantes Químicos*

Os resíduos são triturados e, em seguida, mergulhados numa solução desinfetante. Podendo ser: hipoclorito de sódio, dióxido de cloro ou gás formaldeído. A eficácia do agente químico dependerá da temperatura, pH e da presença de outros desinfetantes, que podem causar um efeito negativo ou positivo.

Suas principais vantagens são a economia operacional e de manutenção, e

uma significativa eficiência no tratamento dos resíduos. Porém, há a necessidade de neutralizar os efluentes líquidos e reduzir o volume gerado (KOPP *et al.* 2013).

### 3.2 Disposição Final dos RSS

Após serem submetidos a um dos tratamentos mencionados, os resíduos são enviados para aterros sanitários ou aterros controlados. Segundo ANVISA (2006), o principal objetivo do aterro sanitário é dispor os resíduos no solo de forma segura e controlada, garantindo a preservação ambiental e a saúde.

Segundo a Resolução CONAMA no 358/04 admite-se para municípios ou associações de municípios com população urbana até 30.000 habitantes e que não disponham de aterro sanitário licenciado, a disposição final em solo de outras formas daquela Resolução com a devida aprovação do órgão de meio ambiente. Essa condição é admitida de forma excepcional, e tecnicamente motivada, por meio de termo de ajuste de conduta, com cronograma definido das etapas de implantação e com prazo máximo de três anos.

Segundo ABRELPE (2015), no Brasil 47, 7% dos resíduos são incinerados; 21,9% são destinados para tratamento em autoclave; 2,5% são tratados por micro-ondas e os demais 29,9% são tratados de outras maneiras. Já na Região Sudeste, 32,4% são incinerados; 18,9% são destinados para tratamento com autoclave, 7,2% micro-ondas e 41,5% por outras maneiras.

## 4 | ESTUDO DE CASO

### 4.1 Caracterização do objeto de estudo

De acordo com o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde -PGRSS do Hospital Universitário (2016), o HU foi inaugurado no final de 2007 sob administração da prefeitura municipal da cidade onde encontra-se instalado. Em 2015, sua responsabilidade administrativa foi transferida para uma Universidade Federal, localizada na mesma cidade e sua gestão operacional foi atribuída à Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH).

O HU possui um terreno com área total de 31.600m<sup>2</sup>, dispõe de uma área construída de 6.000m<sup>2</sup>, e possui 21 leitos em funcionamento. Atualmente conta com uma equipe de 267 funcionários, além de estagiários que são contratados conforme demanda temporária.

### 4.2 Análise dos Resultados

Conforme Tabela 2 as principais Unidades Geradoras (UG) são: pediatrias, urgência e emergência, apoio diagnóstico e terapêutico, central de material

esterelizados, sanitários e vestuários, área externa e nutrição.

Unidade Geradora	Grupos de Resíduos							
	A1	A2	A3	A4	A5	B	D	E
Áreas Administrativas							1	
Pediatria	2			3			11	12
Pediatria Masculina	2			3			11	12
Pediatria Feminina	2			3			11	12
Urgência e Emergência	2			3			11	12
Nutrição							5	
Depósito de Material de Limpeza						4	6	
Área Externa							7	
Farmácia						4	8	
Apoio Diagnóstico e Terapêutico						4	9	12
Central de Material Esterilizados						4	10	12
Sanitários e Vestuários							13	

Tabela 2- Classificação dos RSS por Grupo e Unidade Geradora no HU

Fonte: HU/UFSCar (2016)

Os componentes de cada grupo, estão descritos no Quadro 4. Cada uma destas áreas geram resíduos que devem ser segregados e acondicionados; coletados, transportados e armazenados de acordo com as normas específicas antes de seguirem para a destinação final.

A segregação e acondicionamento destes RSS são feitas de acordo com as normas estabelecidas pela (Resolução CONAMA nº358, 2005). Constitui-se como segregação operação que deve ser feita no momento e local de geração do RSS e de acordo com as características físicas, químicas, biológicas e radiológicas do resíduo, estado físico (sólido e líquido) e forma química. Devem-se sempre observar as exigências de compatibilidade química dos resíduos entre si para que acidentes sejam evitados. O HU busca garantir que a norma seja seguida embora.

O acondicionamento é a colocação do resíduo em embalagens adequadas para coleta, transporte, armazenamento e disposição final segura. Embora o responsável pela gerência dos RSS busque cumprir as normas fixadas em lei, já houveram casos isolados de funcionários que, por exemplo, excedem a quantidade (peso e volume) do resíduo em sua embalagem adequada. Isto além de contrário as leis pode colocar em perigo o próprio funcionário. Para que a coleta e transporte sejam feitos de maneira adequada é necessário identificar todos os resíduos. A identificação dos recipientes de acondicionamento consiste no conjunto de medidas que permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações ao correto manejo dos resíduos.

A identificação deve ser feita nos sacos de acondicionamento, nos recipientes de coleta interna e externa, nos recipientes de transporte interno e externo, e nos

locais de armazenamento, em local de fácil visualização, de forma permanente. Importante que a identificação seja feita de acordo com cada tipo de resíduo para que este seja transportado armazenado de maneira adequada. Estima-se em 2016 que o HU gerasse mensalmente em kg as quantidades de RSS mostrada no Quadro 5.

#### 4.2.1 Gerenciamento Interno dos RSS

A primeira etapa do gerenciamento interno é a coleta adequada dos resíduos. Como já mencionado estes devem ser coletados e colocados pelos funcionários do setor em recipientes adequados ao tipo de RSS. Após a coleta os sacos são enviados, por meio de um carro de transporte para um armazenamento temporário dentro do HU.

Nº RSS	Descrição do RSS
1	Copos descartáveis; pequenos restos alimentares; invólucros/embalagem de produtos de escritório; papel de uso escritório e sanitário; plástico; e material de escritório em geral.
2	Eventuais tubos contendo amostras de sangue.
3	Kits de linhas arteriais e endovenosas; bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão; gazes e compressas, e coberturas/curativos contendo secrecies.
4	Medicamentos vencidos e insumos farmacêuticos; saneantes, desinfetantes, e outros produtos químicos eventualmente desprezados pela equipe de limpeza; efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores).
5	Copos descartáveis; restos alimentares; invólucros/embalagem de produtos alimentares; papel de uso escritório; papel toalha; gorros, máscaras e outras peças descartáveis de vestuário usados no serviço de nutrição e dietética; plástico.
6	Invólucros e embalagens de produtos; papel e material de uso em escritório; gorros, máscaras e outras peças descartáveis de vestuário; plástico.
7	Copos descartáveis; restos alimentares; invólucros/embalagem de produtos; papel; plástico; material de escritório em geral; resíduos de varrição, flores, podas de jardins.
8	Invólucros/embalagem de produtos; papel e papelão; gorros, máscaras e outras peças descartáveis de vestuário; e material de escritório em geral.
9	Invólucros/embalagem de produtos utilizados na assistência à saúde; frascos e equipos de soro; material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises; papel e material de escritório em geral; papel toalha.
10	Invólucros e embalagem de produtos químicos e outros utilizados para testes; papel toalha; material de escritório em geral.
11	Invólucros e embalagens de produtos utilizados na assistência à saúde; frascos e equipos de soro; material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises; fraldas; papel e material de escritório em geral; papel toalha e papel higiênico.
12	Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas de bisturi, lancetas, e todos os utensílios/frascos de vidro quebrados na unidade.
13	Papel toalha; papel higiênico; embalagens de produtos de higiene; fraldas; absorventes íntimos.

Quadro 4- RSS das Unidades Geradoras

Fonte: HU/UFSCar (2016)

Grupo de Resíduo	Quantidade Mensal (Kg)
A - Infectante	630
B - Químico	20
C- Comum	4.800
D- Perufocortante	140

Quadro 5- Estimativas das quantidades de RSS geradas no HU

Fonte: HU/UFSCar (2016)

Os sacos plásticos devem ser fechados e recolhidos quando seu preenchimento atingir 2/3 de sua capacidade ou quando necessário. O que nem sempre acontece. Não é permitido que os sacos plásticos com resíduos sejam dispostos no chão do local de armazenamento temporário. Este também é um problema pois, em alguns casos funcionários não segue essa norma. A remoção manual deve ser realizada de forma cuidadosa para evitar o rompimento dos sacos plásticos e, no caso de acidentes ou derramamentos, realizar imediatamente a limpeza e desinfecção do local. A remoção manual deve ser realizada com os seguintes equipamentos de segurança como: uniformes, luvas para proteção das mãos contra agentes cortantes ou perfurantes, sapatos fechados sendo vedado o uso de adornos. Após é necessário a higienização das mãos é imprescindível para evitar infecções cruzadas e para a saúde ocupacional do funcionário. Acredita-se que todos os funcionários cumpram essa norma, pois caso contrário colocaria sua própria saúde em perigo. O transporte interno é realizado por meio de containers com a identificação do tipo de resíduo e com a tampa fechada em horários predeterminados. As salas devem ser identificadas com dos dizeres do tipo de resíduo presente; ser dotada de pisos e paredes laváveis; ter ralo sifonado; ponto de água; ponto de luz; mantida limpa e com controle de vetores. Apenas a ventilação não está em consonancia com a norma que determinada ventilação telada, no HU a ventilação se dá por meio de teto basculante.

#### *4.2.2 Gerenciamento Externo dos RSS*

Como o gerador do resíduo, neste caso, o HU é responsável até sua destinação final, o hospital tem o dever de garantir que os serviços contratados ou ainda os métodos utilizados como destinação final dos resíduos são seguros, tanto para a sociedade em geral como para o meio ambiente. Infelizmente este é um controle que o hospital alega não ter, pois, embora siga as normas, o HU não consegue fiscalizar o como empresa terceirizada, contratada pela prefeitura destina esses RSS.

O HU possui abrigo externo para armazenar os RSS que necessitam de armazenagem externa e segue todas as normas estabelecidas pelos órgãos regulamentadores. Atualmente a área construída 19,5m<sup>2</sup>, possuindo revestimento de azulejos, torneira para lavagem, ralo ligado à rede de esgoto, iluminação interna e externa. Além disso, o abrigo possui containeres para o acondicionamento dos resíduos com capacidade de 700l. O abrigo externo não possui area de lavagem, sendo esta a única desconformidade com a lei.

Cabe ressaltar que o O HU busca cumprir seu papel ambiental com relação a recciclagem de determinados materiais como: papel, papelão, plástico, alumínio, pilhas e baterias e tãner de impressora gerados nas unidades administrativas, copa

e recepção. A reciclagem e o encaminhamento dos resíduos são realizados nos diversos setores, porém ainda não está institucionalizada. Isto ocorre por iniciativa dos próprios funcionários dos setores geradores. Ainda não há uma caracterização efetiva dos resíduos recicláveis gerados por setor, dificultando seu destino final.

Com relação aos demais resíduos gerados pelo hospital, devido às suas características a empresa terceirizada diz cumprir as normas e destinar para os aterros adequados.

Os resíduos, pertencentes ao grupo A, conforme Tabela 2, são destinados para autoclagem ou incineração e posterior disposição final em aterro sanitário (A1 e A4). Já os resíduos infectantes do grupo A3 compostos por membros humanos e fetos, são encaminhados diretamente para incineração e posterior disposição final. A disposição de resíduos infectantes na vala séptica somente é permitida após este for submetido a tratamento prévio que assegure a eliminação das características de periculosidade do resíduo, tornando-o com características de resíduo comum.

Os resíduos do grupo B serão encaminhados para tratamento e ou envelopamento por processos de acordo com as características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e capacidade de bioacumulação. Os resíduos químicos que não apresentarem risco a saúde ou ao meio ambiente, podem ser submetidos ao processo de reutilização, recuperação ou reciclagem. Aqueles que passarem por este processo são encaminhados para aterros licenciados ou no caso dos líquidos podem ser lançados na rede coletora de esgoto desde que atendam respectivamente as diretrizes dos órgãos ambientais.

O HU não gera resíduo do grupo C por não possuir equipamentos radiativos nem trabalhar com medicamentos ou equipamentos oncológicos.

Os resíduos do grupo D considerados comuns seguem o mesmo procedimento de manejo dos resíduos domiciliares, não necessitando de tratamento e sendo encaminhados pela empresa diretamente para a disposição final em aterro sanitário.

Por fim, os resíduos do grupo E são de acordo com o contrato com a empresa, encaminhados para autoclavagem e posteriormente para disposição final em aterro sanitário.

Resíduos como papelão entre outros o HU doa de forma não institucionalizada para catadores da cidade. Este é um ponto que incomoda a gerência, visto que nenhuma empresa ou cooperativa recolhe esse material, por não considerar viável e lucrativo.

## 5 | CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar a situação geral dos Resíduos de Serviços de Saúde avaliando e identificando os setores geradores, os

mecanismos de manejo e gestão empregados e a forma de gerenciamento interno e ou externo destes em um Hospital Universitário localizado no estado de São Paulo.

Identificou-se que as principais unidades geradoras dentro do HU são: pediatrias, urgência e emergência, apoio diagnóstico e terapêutico, central de material esterelizados, sanitários e vestuários, área externa, nutrição e área administrativa. A maioria dos RSS gerados é classificada como comuns seguidos dos infectantes.

Embora o HU busque cumprir todas as normas para segregação e acondicionamento, coleta, armazenamento, tratamento e disposição final. No entanto, nem sempre todos os procedimentos são realizados de maneira correta, pois em alguns casos os funcionários por falta de treinamento, descuido ou pressa acabam não seguindo as normas. No entanto a gerência está promovendo cursos de conscientização para evitar que tais fatos voltem a acontecer.

Com relação a disposição final todos os resíduos gerados pelo HU, com exceção dos descartáveis e sem risco de contaminação, são encaminhados para uma empresa terceirizada que diz cumprir o estabelecido pela norma, ou seja autoclavagem (incineração) desinfecção e destinação final para aterros sanitários adequados. Sugere-se, portanto uma verificação junto a empresa terceirizada para verificar a consistência das informações.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil**. 2014. p.116.

ABRELPE. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil**. 2015. p.120.

BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA, J. V. Filho. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BATAGHIN, F. A; GONÇALVES, M. A; IKUTA, F.A; VARGAS, I.A; COSTA, M.A.B. O papel da Vigilância em Saúde no gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde no Estado do Mato Grosso do Sul. Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação- RINTE, v.2, n.1, p1-9, 2016. <Disponível em [http://sinte.btv.ifsp.edu.br/index.php/SInTE/article/view/121/pdf\\_8](http://sinte.btv.ifsp.edu.br/index.php/SInTE/article/view/121/pdf_8)>. Acesso em 01 de mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: MS; Anvisa, 2006. 182 p. (Série A, Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306\\_07\\_12\\_2004.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html) Acesso em 26.maio.2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>> Acesso em 21.maio.2017.

CUSSIOL, N. A. M. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Fundação Estadual

do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2008. 88 p.

KOPP, M. P. et al. Gestão dos resíduos sólidos hospitalares: estudo de casos em hospitais do Rio de Janeiro e de São Paulo. **Gestão Contemporânea**, Porto Alegre, ano 10, n. 13, p. 71-95, jan./jun. 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3a. Ed. São Paulo: Atlas, 1995. LAKATOS e MARCONI, 1995.

MAGRINI, A; VEIGA, L.B.E; MORAES, V.R. **Estudo de Sinergias de resíduos da CTR ESSENCIS** de Paracambi/RJ. PPE/COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

MONTEIRO, J. H. P.; et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos** . Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. **Ecoeficiência**: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2005, v. 21, n. 6, p. 1893-1900.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOSPITAL UNIVERISTÁRIO UFSCAR. **Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. São Carlos, 2016, 25p.

## USO DE GEOCÉLULA PEAD E GABIÃO TIPO COLCHÃO COMO REVESTIMENTOS DE CANAIS PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITO

Data de aceite: 02/12/2019

Data de submissão: 10/10/2019

### **Rafael Freitas Rodrigues**

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/9335860956839958>

### **Michel Moreira Morandini Fontes**

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/9183479256635857>

### **João Augusto de Souza Pinto**

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/4428699934157036>

### **Luiz Henrique Resende de Pádua**

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/7276807644332876>

### **Luany Maria de Oliveira**

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte – MG

### **Cristian Chacon Quispe**

Fonntes Geotécnica Ltda.

Belo Horizonte - MG

**RESUMO:** O presente artigo destina-se à apresentação dos principais aspectos relacionados ao uso de gabiões do tipo colchão

e sistemas compostos por geocélulas em PEAD e tensores multidirecionais, como alternativas para revestimentos de canais de drenagem aplicados em obras de descaracterização de barragens de rejeito/sedimentos. Buscou-se abordar as principais vantagens atribuídas ao uso dessas soluções em relação aos revestimentos convencionais, tendo por base revisão bibliográfica e a experiência prática adquirida pela empresa Fonntes Geotécnica no desenvolvimento de projetos desta natureza. A utilização destes revestimentos tem se mostrado como solução tecnicamente viável principalmente pela fácil adaptação às condições locais de implantação, à resistência atribuída à ação do escoamento, a aceitabilidade às deformações do solo de base, além da praticidade de execução e redução de custos finais de obra quando comparadas aos demais revestimentos usualmente utilizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Descaracterização, geocélula, gabião, canais, drenagem, barragem de rejeito

### USE OF GEOCELLS AND GABIONS AS CHANNEL COATINGS FOR DECARACTERIZATION OF WASTE DAMS

**ABSTRACT:** This paper presents the main aspects related to the use of gabions and systems composed by PEAD geocells and

multidirectional tensors, as alternatives for drainage channel coverings applied in tailings dam decharacterization works. We sought to address the main advantages attributed to the use of these solutions over conventional coverings, based on literature review and practical experience acquired by the company Fonntes Geotécnica in the development of projects of this nature. The use of these coverings has proven to be a technically viable solution, mainly due to their easy adaptation to the local implantation conditions, greater resistance to the flow effects, the acceptability to the base soil deformations, as well as the practicality of execution and reduction of final construction costs compared to other commonly used coverings.

**KEYWORDS:** Decharacterization, geocell, gabion, channels, drainage, tailings dam

## 1 | INTRODUÇÃO

As recentes mudanças referentes à legislação, fiscalização e gestão de barragens de rejeitos de mineração, têm demandado cada vez mais o desenvolvimento de estudos e projetos de descaracterizações e descomissionamentos de barragens de rejeitos/sedimentos, por parte das mineradoras. Tais mudanças refletem uma resposta dos agentes fiscalizadores e legisladores frente aos recentes acidentes envolvendo barragens de rejeitos, promovendo, desta forma, revisões de diretrizes construtivas e operacionais, favorecendo maior segurança estrutural e hidráulica dos empreendimentos em operação, e maior rigor técnico para os novos empreendimentos.

Como consequência, com a imposição de exigências e aspectos legais cada vez mais restritivos, os empreendedores têm buscado alternativas técnica e economicamente viáveis de disposição de seus resíduos, no sentido de reduzir seus custos operacionais.

O aumento da demanda por soluções de engenharia que sejam cada vez mais funcionais e eficazes, impulsiona a busca por melhores performances e, como consequência, os produtos de engenharia vêm sofrendo constante evolução para se tornarem mais resistentes, econômicos e duráveis.

Uma das soluções comumente utilizadas para a descaracterização de barragens consiste na eliminação da capacidade de reserva da estrutura e implantação de canais de drenagem que conduzam as vazões afluentes para jusante da estrutura.

Para a definição da descaracterização de um sistema de disposição de rejeitos, é necessário à realização de estudos hidrológicos, hidráulicos, geológicos e geotécnicos. Estes estudos consistem na definição e dimensionamento do canal superficial, avaliação da fundação para implantação do canal por meio de mapeamento superficial de campo, reavaliação dos furos de sondagens existentes na área; avaliação da instrumentação instalada e análises de estabilidade da estrutura remanescente.

É neste cenário que o gabião tipo colchão e composição de geocélulas e

tensores multidirecionais em PEAD tornam-se uma alternativa altamente atrativas para projetos de condução e/ou drenagem quando comparados aos demais revestimentos, especificamente o concreto armado. Em geral, tais revestimentos apresentam vantagens relacionadas à maior aceitabilidade de deformações, maior celeridade na execução da obra e menores custos de implantação quando comparados ao concreto armado convencional, podendo apresentar significativa redução de custos.

Deste modo, este artigo tem por objetivo apresentar os aspectos da utilização destas tecnologias como alternativas de revestimentos de canais de drenagem superficial, destacando as vantagens relacionadas ao uso destas soluções em comparação com revestimentos convencionais de concreto armado ou pedra argamassada, tendo como foco sua aplicabilidade em projetos de descaracterização de barragens de rejeito/sedimentos em mineração, conforme estudos e trabalhos desenvolvidos pela empresa Fontes Geotécnica.

## 2 | DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGEM DE REJEITO

### 2.1 Definição

Tomados como premissas no desenvolvimento de estudos de descaracterização, os critérios e definições estabelecidos pelas principais leis e normas regulamentadoras atualmente em vigência no Brasil trazem as seguintes definições:

- ✓ Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 (Política Nacional de Segurança de Barragens):

“(…) I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II-reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos.”;

- ✓ Portaria nº 70.389 de 17 de maio de 2017 (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM):

“(…)II - Barragens de Mineração: barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas (…)

VIII. Barragem de mineração descaracterizada: aquela que não opera como estrutura

de contenção de sedimentos e/ou rejeitos, não possuindo mais características de barragem de mineração sendo destinada à outra finalidade;

IX. Barragem de mineração inativa ou desativada: estrutura que não está recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim mantendo-se com características de uma barragem de mineração;”

✓ Norma Técnica ABNT/NBR 13.028:2017:

“(...) 3.11 reservatório: Espaço criado a montante da barragem, destinado à contenção de rejeitos, sedimentos e/ou reservação de água. (...)

3.17 desativações de barragem: suspensão da operação temporária ou definitivamente, quando a estrutura não está recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos.”

De acordo com Sánchez et al (2013), a descaracterização é um termo que vem sendo utilizado para designar intervenções em barragens de rejeitos tornadas disfuncionais devido ao esgotamento de sua capacidade de armazenamento. Envolvendo principalmente medidas de controle do escoamento de águas superficiais, uma estrutura é descaracterizada como barragem, sendo transformada em uma feição integrada ao relevo do entorno. Esta alternativa de uso pós-fechamento se contrapõe à alternativa clássica de desativação mantendo as barragens como obras de engenharia funcionais, desde que as estruturas de extravasão fossem habilitadas para o trânsito de cheias decamilenares. A Tabela 1 a seguir, apresenta uma síntese dos principais critérios utilizados no desenvolvimento de projetos de barragens no que diz respeito a extravasão e drenagem.

Cenários	Reservação	Tempo de retorno (anos) *	Estrutura de drenagem
Operação	Sim	500 a 10.000	Extravasor
Desativação	Sim	10.000	Extravasor
Descaracterização	Não	500	Canais de Drenagem

(\*) Valores estipulados conforme NBR 13028/2017 associado a estrutura de drenagem/extravasor

Tabela 1. Cenários e tempo de retorno associados

## 2.2 Soluções para descaracterização

Neste contexto, de acordo com conceitos e premissas normativas pontuadas no item anterior, o desenvolvimento de estudos e projetos de descaracterização de uma barragem de reservação de rejeitos/sedimentos tem por principal objetivo eliminar a capacidade de reservação de água, sedimentos e resíduos em seu reservatório. Para tanto, dispõe de soluções como e etapas construtivas visando principalmente:

Eliminação do reservatório por meio de com preenchimento de volume residual com estéril/solo/rejeito e/ou o desmonte parcial do maciço eliminando a capacidade

de amortecimento de cheias críticas;

Canalização dos afluentes de montante por meio da implantação de um canal de drenagem superficial, central ou periférico, a depender das condições de contorno e fundação observado em campo. Na maioria dos casos, o canal pode desaguar no antigo sistema extravasor do reservatório, passando esse a compor canal de drenagem periférica;

Avaliação da estabilidade estrutural do maciço remanescente.

### 3 | REVESTIMENTO DE CANAIS

O critério técnico para definição do tipo de revestimento a ser empregado em canais de drenagem e dá em função do tipo de obra e das condições de suporte e deformabilidade do solo/sedimento/rejeitos no qual será assentada a estrutura. A escolha do tipo de revestimento visa o direcionamento do escoamento por estrutura que melhor se ajusta às condições de campo consorciada à verificação de parâmetros de velocidade de escoamento, tensão de arraste, inclinação do talude, coeficiente de rugosidade, seção hidráulica admitida e as condições para a verificação da sua estabilidade frente à ação do escoamento. Deve-se considerar sempre na definição da solução mais adequada as características exigidas de permeabilidade, robustez, flexibilidade, rugosidade, durabilidade e economia e, entre elas, adotar a que proporcionar maior benefício e segurança.

Apresenta-se a seguir uma síntese das principais características que do sistema de geocélulas em PEAD consorciadas com tensores multidirecionais (Sistema TECWEB® ou similar) e dos gabiões do tipo colchão (Colchão Reno® ou similar), os quais têm se apresentado como opções atrativas para uso em revestimentos de canais de drenagem, no contexto da descaracterização de barragens.

#### 3.1 Geocélulas

A geocélula é definida como uma estrutura polimérica tridimensional, permeável, em forma de “colmeia de abelha” ou similar, produzida a partir de tiras de geossintéticos ligadas entre si. Essas aberturas são preenchidas com solo, areia, brita, solo cimento, concreto ou material local que proporcionam o aumento da capacidade de suporte do solo, uma vez que absorvem parte das tensões dos carregamentos impostos à superfície e os redistribuem às camadas adjacentes com menor intensidade (Aversani Neto e Bueno, 2010).

As geocélulas podem ser aplicadas como soluções de revestimento para diferentes fins como, revestimento de canais ou mesmo para estabilização superficial de taludes, construções de acessos sobre solos moles, substituição de concreto lançado em solos grampeados, ou construções de muro de arrimo. Na Figura 1 é

apresentado um exemplo de aplicação da geocélula para revestimento de canais.



Figura 1 – Revestimento de canais utilizando geocélula. Fonte: TDM.

### *3.1.1 Propriedades Relevantes*

Encontra-se hoje disponível no mercado uma vasta gama de modelos de geocélulas. Estas podem diferir quanto ao material composto, tipo de solda das tiras, formato, dimensões das células-abertura e relação da forma, gramatura, espessura nominal da parede, texturização, porcentagem de área aberta e dimensões dos painéis. Tais características variam de modo geral em função dos parâmetros hidráulicos de projeto relacionados ao escoamento, como: velocidade máxima permissível, altura da lâmina de água, tensão de arraste, tensão de cisalhamento e resistência à tração.

A seguir são descritas as principais propriedades físicas, mecânicas, hidráulicas, e químicas das geocélulas em PEAD. Ressalta-se que foi utilizado como fonte informações disponibilizadas pelos principais fornecedores desse tipo de produto.

### *3.1.2 Velocidades Admissíveis*

As geocélulas podem ser utilizadas em diferentes situações visto sua grande capacidade de adequação e suporte às velocidades de escoamento. Para especificação das mesmas, primeiramente é feita uma análise comparativa entre as velocidades de projeto do canal frente às velocidades admissíveis da geocélula. Estas que podem ser visualizadas na Figura 2.

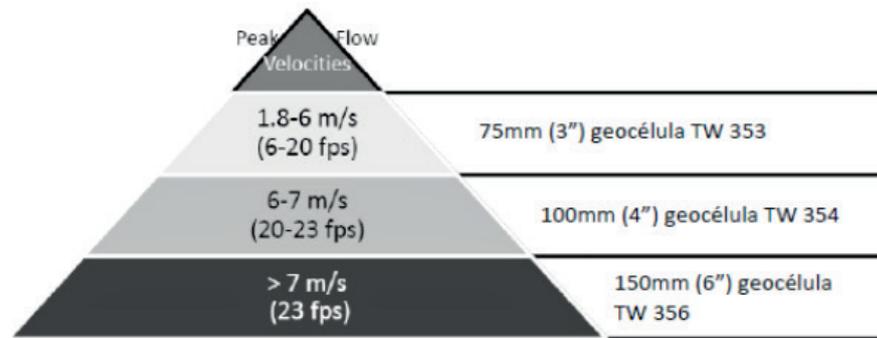


Figura 2 – Velocidades admissíveis para geocélula. Fonte: TDM.

Conforme pode ser percebido pela Figura 2, existem três tipos básicos de geocélula disponíveis, diferenciadas pela sua altura, 75 mm, 100 mm e 150 mm. A variação da altura reflete diretamente sobre a capacidade de suporte do sistema contra às velocidades de escoamento.

Para o caso de velocidades elevadas, superiores a 3,00 m/s, em geral, as geocélulas são preenchidas em concreto, gerando assim um sistema mais resistente às tensões de cisalhamento e arraste. Como referência a esse tipo de preenchimento, podem ser encontrados estudos que direcionam sobre o tipo de concreto a ser utilizado, frente a velocidade de escoamento de projeto. A exemplo, é mostrado na Tabela 2 a resistência necessária do concreto versus a velocidade máxima admissível quando utilizado em conjunto com a geocélula.

Na Tabela 2, é possível perceber uma grande possibilidade de uso para o sistema geocélula preenchida em concreto, visto poder ser utilizado em casos de velocidades próximas a 20 m/s, velocidades essas em geral encontradas somente em sistemas de drenagem de grandes barragens.

Material	Velocidade máxima Admissível (m/s)
Concreto 17 MPa	6
Concreto 20 MPa	10
Concreto 28 MPa	15
Concreto 35 MPa	20

Fonte: TDM

Tabela 2. Velocidades máximas admissíveis em canais revestidos em geocélulas preenchidas em concreto.

### 3.1.3 Tensor Multidirecional

Como complementação ao sistema composto por geocélula preenchida por concreto, pode-se ainda utilizar-se tensores multidirecionais. Estes, são materiais elaborados a partir de lâminas de resinas de polipropileno, perfuradas e estiradas uniformemente em três direções formando uma espécie de malha, acoplados as

geocélulas por meio de um sistema de amarração

Esses tensores visam integrar mecanicamente o sistema em geocélula e garantir um comportamento monolítico, assim como sua estabilidade quando submetido às cargas e esforços de cisalhamento do projeto. Dessa forma, eliminam a necessidade de uso de estacas ao longo do canal para fixação do sistema, suportando assim todo o peso da cobertura, redistribuindo de maneira uniforme as tensões e esforços atuantes.

### 3.2 Gabião tipo colchão

Os gabiões tipo colchão (Colchão Reno® ou similar) são utilizados para revestir, proteger e estabilizar canais e margens de córregos e rios. São caixas de telas metálicas, revestidas ou não, com enchimento de pedras de mão, semelhantes a um gabião. Na Figura 3 é mostrado um exemplo desse tipo de revestimento.



Figura 3 – Modelo Colchão Reno®. Fonte: Maccaferri.

O gabião tipo colchão é uma estrutura metálica, formada por elementos prismáticos retangulares, de comprimento e largura de grandezas superiores à espessura, confeccionados com malha hexagonal de dupla torção, produzida a partir de arames de aço de baixo teor de carbono, revestidos com ligas metálicas de longa vida útil e revestimento polimérico adicional.

É constituído por uma armação única que forma a base, as paredes laterais e o diafragma, que são as paredes internas, conforme Figura 4.

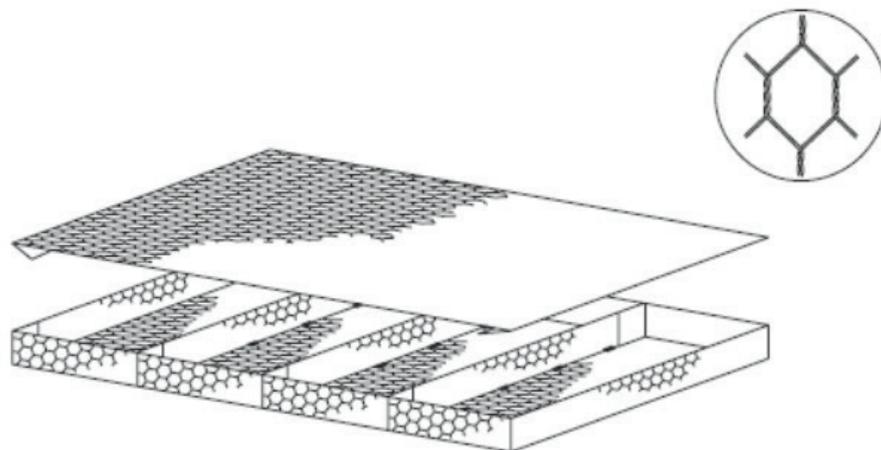


Figura 4 – Armação Gabião tipo Colchão Reno®. Fonte: Maccaferri.

Nas extremidades da armadura, há cortes que indicam os pontos de dobra para fechamento. Esta armação é preenchida com pedras de diâmetro adequadas a dimensão da malha hexagonal. A parte superior do colchão recebe uma tela que serve como tampa. O gabião tipo colchão possui dimensões padrões, com largura de 1,00 m; altura de 0,23 m e 1,00 m e comprimento de 1,50 m; 2,00 m; 3,00 m; 4,00 m e 5,00 m.

### 3.2.1 Propriedades Relevantes

A Tabela 3 a seguir, apresenta as principais propriedades: mecânicas e físicas, durabilidade dimensionais, revestimento e resistência do gabião tipo colchão (Colchão Reno® ou similar).

Percebe-se pela Tabela 3 a ampla gama de utilidades possíveis para canais revestidos em gabião do tipo colchão, baseado na elevada capacidade de resistência às tensões de arraste do escoamento. Ressalta-se a velocidade admissível para a espessura de 0,30 m, de 5,00 m/s, velocidade essa utilizada em situações mais extremas, equivalente a velocidades admissíveis para revestimento em concreto armado ou materiais em concreto pré-fabricado, conforme (Pinheiro, 2011).

Espessura (m)	Pedras de Enchimento		Velocidade máxima Admissível (m/s)
	Dimensões (mm)	d <sub>50</sub> (m)	
0,17	70 a 100	0,085	4,2
	70 a 150	0,11	4,5
0,23	70 a 100	0,085	4,5
	70 a 150	0,11	4,9
0,3	70 a 120	0,1	4,7
	100 a 150	0,125	5

Fonte: Maccaferri

Tabela 3. Velocidades máximas admissíveis em canais revestidos com Colchão Reno®.

Pode-se citar ainda algumas de suas características físicas básicas, conforme informação fornecida pela Maccaferri, mostradas nas Tabelas 4 a seguir.

Espessura (m)	Pedras de Enchimento		Velocidade máxima Admissível (m/s)
	Dimensões (mm)	d <sub>50</sub> (m)	
0,17	70 a 100	0,085	4,2
	70 a 150	0,11	4,5
0,23	70 a 100	0,085	4,5
	70 a 150	0,11	4,9
0,3	70 a 120	0,1	4,7
	100 a 150	0,125	5

Fonte: Maccaferri

Tabela 4. Propriedades mecânicas e físicas do sistema Colchão Reno®.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente a todo o exposto, relativo aos diferentes tipos de revestimento possíveis para canais, conclui-se que ambas as opções demonstradas se configuram como excelentes opções disponíveis no mercado, variando somente ao tipo de aplicação. Mais especificamente, percebeu-se que para velocidades de até 5,0 m/s de escoamento, ambos os sistemas se adequam muito bem ao proposto, com características físicas seguras, que superam os parâmetros requeridos.

Ainda em relação às velocidades de escoamento, percebeu-se a possibilidade de utilização do sistema composto por geocélula preenchida por concreto para velocidades de até 20 m/s, situações até então possíveis somente com a utilização de concreto armado de alta resistência, que em geral, vinculam-se a elevados custos de implantação.

Estes revestimentos constituem-se por elementos flexíveis, permitindo a criação de um conjunto monolítico de fácil e rápida execução, acelerando o cronograma construtivo da obra, proporcionando a redução de mão-de-obra durante a instalação, eliminando a necessidade de elementos estruturais complicados e onerosos que impactam os custos globais da obra, a depender dos locais de implantação.

Vale destacar, no entanto, que o emprego dessa tecnologia deve ser subsidiado por investigações geológico-geotécnicas prévias que permitam uma análise criteriosa e detalhada da fundação, com intuito de se estabelecer tratamentos prévios, caso necessários, que permita minimizar ou controlar as deformações dentro das faixas aceitáveis para cada revestimento, favorecendo o desempenho técnico e efetividade da solução ao longo de sua vida útil.

Por fim, em relação aos projetos de descaracterização de barragens, apesar da relevância do tema, observa-se a necessidade de legislação e normas específicas

que possam melhor estabelecer critérios e diretrizes que para o desenvolvimento de estudos e projetos.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à empresa Fonntes Geotécnica pela oportunidade concedida e disponibilidade de dados que permitiram o desenvolvimento do trabalho, incentivando a busca contínua de conhecimento e o aperfeiçoamento da capacidade técnica de seus colaboradores.

Agradecimento às empresas Maccaferri e TDM pelo apoio e parceria no desenvolvimento de estudos e projetos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT (2017). NBR 13.028 – Mineração – Elaboração e Apresentação de Projeto de Barragens para Disposição de Rejeitos, Contenção e Sedimentos e Reservação de Água.** Rio de Janeiro.

AVESANI NETO, Jose Orlando.; Bueno, B. de S. (2010) **Capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**, COBRANSEG 2010: Engenharia Geotécnica para o desenvolvimento, inovação e sustentabilidade.

BRASIL. **Decreto-lei nº 12.334 de 20 setembro de 2010. Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)**, Brasília, DF.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Portaria Nº 70.389/2017, de 17 de maio de 2017. Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.**

PINHEIRO; Mario Cicareli (2011). **Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração.** ABRH. Porto Alegre, 308p.

SÁNCHEZ, Luis Enrique.; SILVA-SÁNCHEZ, Solange Santos.; NERI, Ana Claudia (2013). **Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina.** Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 224p.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Lucio Mauro Braga Machado** - Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando na área de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidentes de trabalho 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 26

Água 33, 34, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 54, 58, 87, 88, 89, 91, 93, 97, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 150, 156, 157, 170, 171, 173, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 209, 210, 217, 218, 222, 228, 229, 231, 236

Águas sulfúreas quentes 40

Água subterrânea 115, 123, 186, 188, 194, 197

Aquíferos 45, 47, 48, 49, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 185, 196

Áreas de preservação permanente 155, 158

Arquitetura bioclimática 198, 209

Arquivos climáticos 198, 202, 210, 211

Avaliação de impacto ambiental 27, 28, 38, 39

### B

Barragem de rejeito 226, 228

### C

Cacau 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114

Canais 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Casca de arroz 167, 170, 173, 174, 182

Clandestino 55, 58

Coleta 1, 4, 7, 14, 15, 27, 29, 36, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 132, 134, 135, 138, 212, 214, 215, 220, 221, 224

Contaminação 29, 58, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 137, 185, 186, 187, 188, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 224

Contaminação por coliformes 186, 193, 195

### D

Dados meteorológicos 198, 199, 202

Descaracterização 226, 227, 228, 229, 230, 235

Destinação de resíduos 61

Drenagem 48, 79, 85, 129, 226, 227, 228, 229, 230, 232

### E

Ecossistema aquático 130

Enzimas lignolíticas 167

Estação de tratamento de esgotos sanitários 27, 39

Estresse hídrico 140, 150, 151

## F

Farelo de cereais 167

Fermentador 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

## G

Gabião 226, 227, 233, 234

Geocélula 226, 230, 231, 232, 233, 235, 236

Gestão de resíduos sólidos urbanos 61, 75

## I

Impactos ambientais 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 77, 78

Inspeção 55, 57, 58, 59, 88

## L

Licenciamento ambiental 27, 28, 29, 30, 33, 66, 74, 76, 77, 78, 215

## M

Matas ciliares 147, 155, 156

Meda 40, 41, 42, 43, 44, 54

Metais dissolvidos 129, 130, 131, 135

Método de diferenças finitas 87, 94

Minas gerais 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 74, 75, 76, 226

Modelagem computacional 87, 101

Monitoramento ambiental 27, 29, 36, 37, 38

Mudas 140, 142, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 160, 164, 165

## O

Origem da contaminação 186

## P

Poços de captação 186

Política de resíduos sólidos 61

Previdência social 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 25

## R

Recuperação de áreas degradadas 140, 141, 142, 144, 145, 148, 152, 153, 155, 165

Resíduos de serviços de saúde 212, 213, 214, 215, 219, 223, 224, 225

Restauração ecológica 140, 142

Restauração florestal 154, 155, 159, 160, 161, 163, 164

## S

Saúde do trabalhador 5, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 21, 24, 25

Sedimentos 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 156, 226, 227, 228, 229, 236

Simulação numérica 87, 99  
Sistema aquífero profundo 40  
Sistema de informações geográficas 77, 155  
Suíno 55, 56, 58

## T

Taxa de sobrevivência 140, 151  
Termas da areola 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 54  
Territórios de desenvolvimento 61, 63, 64, 65, 66, 74  
Transferência de calor 101, 103, 110, 111, 114  
Tratamento 1, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 58, 62, 75, 81, 84, 89, 125, 126, 135, 137, 143, 170, 188, 194, 197, 201, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224

## U

Unidade de conservação 140, 143

